

Energiatodistuksen laadintaesimerkki: pientalo 1940-luvulta

Energiatodistusoppaan 2018 liite
1.11.2018



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2018

Sisällys

1 Johdanto	4
2 Esimerkkirakennus	6
2.1 Rakennuksen perustiedot.....	7
2.3 Laskentasuureet	8
3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus	14
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus.....	14
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus	15
3.3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä	16
4 Lämmitysenergian tarve	17
4.1 Lämmin käyttövesi.....	17
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.....	17
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt	17
4.2 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve.....	18
4.2.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	18
4.2.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	23
4.2.3 Korvausilman lämpeneminen tilassa.....	26
4.2.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä	26
4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	28
4.3.1 Lämpökuormat	28
4.3.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia.....	34
4.3.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä	35
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	37
5.1 Tulisija.....	37
5.1.1 Tulisijojen tiloihin luovuttama lämpömäärä	37
5.1.2 Tulisijojen ostoenergiankulutus	37
5.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmä	38
5.2.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve tulisija huomioituna.....	38
5.2.2 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve	38
5.2.3 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	38
5.2.4 Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve	39
5.2.5 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus	39
5.2.6 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergian kulutus	40
6 Yhteenveto laskennan tuloksista	41
6.1 Lämmitysenergian nettotarve	41
6.2 Teknisten järjestelmien energiankulutus	41
6.3 Ostoenergiankulutus	42

6.4 E-luku	43
6.5 Toteutunut energiankulutus.....	44
6.5.1 Lämmitysöljyn kulutusta vastaava lämpöenergia	44
6.5.2 Polttopuun kulutusta vastaava lämpöenergia	45
7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi.....	46
7.1 Aurinkolämpökeräinten asentaminen.....	46
7.2 Ikkunoiden uusiminen	47
7.3 Ilmalämpöpumppu lisälämmönlähteeksi	48
7.4 Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla.....	50
7.5 Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon rakentaminen	52
Liite 1: Energiatodistus	55
Liite 2: Ulkoilman keskilämpötila	63
Liite 3: Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta	64

1 Johdanto

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

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

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

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

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Havainnoinnin suorittaa pätevoitynyt energiatodistuksen

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

laatija. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perustella selvitetään lähtötiedot, joita tarvitaan rakennuksen laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-luvun määrittämisessä sekä energiatehokkuutta parantavien suositusten antamisessa.

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

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

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

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

2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on 1940-luvun loppupuolella valmistunut pientalo, johon on rakennettu laajennusosa 1986. Rakennuksen tiedot on saatu tutkimalla rakennusta paikan päällä, haastatteleamalla 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 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. Ikkunoiden auringonsäteilyn läpäisyominaisuuksina on käytetty energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 oletusarvoja. Laskennassa käytetyt tiedot on esitetty kokonaisuutena taulukoituna tämän oppaan luvussa 2.

Rakennuksen lämmitetty nettoala on yhteensä 113,1 m². Rakennuksen alkuperäinen osa on ns. rintamamiestalo, eli se on rakennettu aikakaudelle tyypillistä tyyppi-pientalomallia noudattaen. Alkuperäisessä osassa on 1 ½ lämmitettyä asuinkerrosta, lämmittämätön pieni kellari, puurunko, puurakenteinen tuuletettava kantava alapohja (rossipohja) ja harjakatto. Alkuperäinen osa on rakenteiltaan pääosin alkuperäisessä kunnossa. Alkuperäisen osan lämmitetty nettoala on 89,6 m². Laajennusosassa on yksi lämmitetty asuinkerrok, puurunko, maanvarainen betonista valettu alapohja ja harjakatto. Laajennusosan lämmitetty nettoala on 23,5 m². Energiatodistuksessa E-luvun laskennan lähtötiedoissa esitetään rakennuksen molempien osien yhteenlaskettu lämmitetty nettoala ja rakennusosien yhteenlasketut pinta-alat.

Laajennusosan rakentamisen yhteydessä koko rakennukseen on asennettu 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 liitteessä 1 annettuja oletusarvoja. Rakennuksen asukkaiden haastattelun perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2017 yhteensä 3200 kWh sähköä ja noin 4500 litraa lämmitysöljyä. Lisäksi rakennuksen takassa ja leivinuunissa on poltettu vuoden aikana yhteensä noin viisi irtokuutiometriä koivupuupilkettä.

2.1 Rakennuksen perustiedot

Taulukko 1. Rakennuksen sijainti, laskennan säävyöhyke ja käyttötarkoitukseluokka

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Tampere	
Laskennan säävyöhyke	Vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitukseluokka	1a: pienet asuinrakennukset, yhden asunnon talo	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 2

Taulukko 2. Alkuperäisen osan perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Valmistumisvuosi	1947	havainnointi paikan päällä
Kerrosten lukumäärä	kaksi (1 ½ kerrosta)	havainnointi paikan päällä
Runkorakenne	puurakenteinen	havainnointi paikan päällä
Alapohja	puurakenteinen tuulettuva kantava ala- pohja (rossipohja)	havainnointi paikan päällä
Ikkunat	alkuperäiset kaksilasiset ikkunat	havainnointi paikan päällä

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 paikan päällä
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen patterilämmitys	havainnointi paikan päällä
Lattialämmityksen meno- ja paluuv veden mitoitustilapöytä	menovesi 70 °C paluuvesi 40 °C	havainnointi paikan päällä

Taulukko 5. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	öljykattila, kierukka öljykattilan varaaajassa	havainnointi paikan päällä
Lämpimän käyttöveden kierto	ei ole	havainnointi paikan päällä
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	havainnointi paikan päällä

Taulukko 6. Alkuperäisen osan rakennusosien lämmönläpäisykertoimien lähde

RAKENNUSOSAT	Lähde
Ulkoseinä ulkoilmaan	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: –1969 ulkoseinä
Yläpohja	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: –1969 yläpohja
Alapohja	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: –1969 ryömintätilainen alapohja lämmönläpäisykerroin sisäilmasta ulkoilmaan)
Ikkunat	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: –1969 ikkunat
Ovet	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: –1969 ovet

Taulukko 7. Laajennusosan rakennusosien lämmönläpäisykertoimien lähde

RAKENNUSOSAT	Lähde
Ulkoseinä ulkoilmaan	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: 1985– ulkoseinä
Yläpohja	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: 1985– yläpohja
Alapohja	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: 1985– maanvarainen alapohja
Ikkunat	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: 1985– ikkunat
Ovet	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1: 1985– ovet

2.3 Laskentasuureet

Taulukko 8. Koko rakennuksen laskennan perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala yhteensä	113,1	m ²	havainnointi paikan päällä	A_{netto}
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	45,24	L/s	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$q_{v,poisto}$

Taulukko 9. Alkuperäisen osan laskennan perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	89,6	m ²	havainnointi paikan päällä	A_{netto}
Lämmitetty ilmatilavuus	215,1	m ³	havainnointi paikan päällä	V
Sisälämpötila (lämmitysraja)	21,0	°C	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	T_s
Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50})	6,0	m ³ /(h m ²)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4	n_{50}
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa	24	-	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.9	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	40	Wh/(m ² K)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3 → Energiatehokkuuden laskentaohje, 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 paikan päällä	A_{netto}
Lämmitetty ilmatilavuus	58,8	m ³	havainnointi paikan päällä	V
Sisälämpötila (lämmitysraja)	21,0	°C	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	T_s
Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50})	6,0	m ³ /(h m ²)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4	n_{50}
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa	24	-	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.9	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	70	Wh/(m ² K)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3 → Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6: pientalot, kevytrakenteinen	$C_{rak,omin}$

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 paikan päällä ja Energiatodistusasetus (1048/2017), 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 paikan päällä ja Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 1.

Taulukko 13. Koko rakennuksen rakennusosat yhteensä

RAKENNUSOSAT	A yhteensä m ²	UA yhteensä W/(m ² °C)	U painotettu 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	Mer- kintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakentei- neen)	m ²	2,5	2,0	4,3	1,7	havainnointi paikan päällä	A_{ikk}
Lämmönläpäisykerroin	W/(m ² °C)	2,8	2,8	2,8	2,8	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, tau- lukko 1	U
Valoaukon kohtisuoran auringonsä- teilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3	$g_{kohti-suora}$
Valoaukon auringon säteilyn koko- naisläpäisykerroin (g , TST)	-	0,54	0,54	0,54	0,54	Energiatehokkuuden las- kentaohje, kaava 5.5	g
Auringonsäteilyn läpäisyn kokonais- korjauskerroin	-	0,5	0,5	0,5	0,5	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3	$F_{läpäisy}$

Taulukko 15. Laajennusosan ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakentei- neen)	m ²	1,8	0,0	1,8	0,7	havainnointi paikan päällä	A_{ikk}
Lämmönläpäisykerroin	W/(m ² °C)	2,1	2,1	2,1	2,1	Energiatodistusase- tus (1048/2017), liite 1, taulukko 1	U
Valoaukon kohtisuoran auringonsä- teilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	Energiatodistusase- tus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3	$g_{kohtisuora}$
Valoaukon auringon säteilyn koko- naisläpäisykerroin (g , TST)	-	0,54	0,54	0,54	0,54	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.5	g
Auringonsäteilyn läpäisyn kokonais- korjauskerroin	-	0,5	0,5	0,5	0,5	Energiatodistusase- tus (1048/2017), liite 1, luku 2.2.3	$F_{läpäisy}$

Taulukko 16. Tilojen lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,9	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesiradiaattorit 70/40 °C, jakojohdot eristetty	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesiradiaattori 70/40 °C	e_{tilat}
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde	0,81	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 10: standardi öljy/kaasu	η_{tuotto}
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,99	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 10: standardi öljy/kaasu	e_{tuotto}
Tulisijan kokonaisvuosihyötysuhde tiloihin luovutetusta lämmitysenergiasta ostoonenergiaan	0,60	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), 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)	Energiatodistusasetus (1010/2017), 12 §	
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen yläraja	4200	kWh/a	Energiatodistusasetus (1010/2017), 12 §	
Lämpimän käyttöveden jakelun (siirron) hyötysuhde	0,85	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), 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	Energiatodistusasetus (1048/2017), 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	Mer- kintä
Rakennuksen vuorokautinen käyttöaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	3	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Käyttöaste, kuluttajalaitteet	0,6	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen ominaisteho	6	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Käyttöaste, valaistus	0,1	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Lämpökuorma ihmisistä	2	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Ihmisten läsnäoloaste	0,6	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-

3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen laskennassa noudatetaan energiatehokkuusasetuksessa annettuja määryksiä. Laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettuja, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi 11 §:ssä 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

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (1) \\ \\ \text{koko vuosi} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \% \end{aligned}$$

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 sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 3 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 113,1 m², joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (2) \\ \\ \text{koko vuosi} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 339,3 \text{ W} \end{aligned}$$

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan rakennuksen käyttöaika ja laitteiden käyttöaste. Laskennassa käytettävä kuukauden

tuntien lukumäärä on esitetty taulukossa 47. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa (744 tuntia)

Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 11 § jaettuna kuukausittain

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

tammikuu

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

3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatohokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 6 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 113,1 m², joten valaistuksen tehoksi saadaan

Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 11 §

$$\text{(valaistuksen teho)} = 6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

koko vuosi

$$\text{(valaistuksen teho)} = 6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 678,6 \text{ W}$$

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain

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

tammikuu

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{678,6}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 50,5 \text{ kWh}$$

3.3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

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

Taulukko 19. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	151,5	50,5	202,0
Helmikuu	136,8	45,6	182,4
Maaliskuu	151,5	50,5	202,0
Huhtikuu	146,6	48,9	195,4
Toukokuu	151,5	50,5	202,0
Kesäkuu	146,6	48,9	195,4
Heinäkuu	151,5	50,5	202,0
Elokuu	151,5	50,5	202,0
Syyskuu	146,6	48,9	195,4
Lokakuu	151,5	50,5	202,0
Marraskuu	146,6	48,9	195,4
Joulukuu	151,5	50,5	202,0
Koko vuosi	1783,4	594,5	2377,8

Taulukko 20. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	1,34	0,45	1,79
Helmikuu	1,21	0,40	1,61
Maaliskuu	1,34	0,45	1,79
Huhtikuu	1,30	0,43	1,73
Toukokuu	1,34	0,45	1,79
Kesäkuu	1,30	0,43	1,73
Heinäkuu	1,34	0,45	1,79
Elokuu	1,34	0,45	1,79
Syyskuu	1,30	0,43	1,73
Lokakuu	1,34	0,45	1,79
Marraskuu	1,30	0,43	1,73
Joulukuu	1,34	0,45	1,79
Koko vuosi	15,77	5,26	21,02

4 Lämmitysenergian tarve

4.1 Lämmin käyttövesi

4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuusasetuksen 12 §:n arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergian tarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan 35 kWh/(m² a). Rakennuksen lämmitetty nettoala on 113,1 m², joten lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 12 §} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (6)$$

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

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on pienempi kuin energiatehokkuusasetuksen 12 §:ssä esitetty rakennusluokkakohtainen yläraja 4200 kWh/a, joten edellä laskettua arvoa voidaan käyttää sellaisenaan.

4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten kiertojohtoon 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 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

$$\text{Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 10} \quad Q_{lkv,varastointi} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Kylmäsiltojen laskenta on tehty tässä esimerkissä energiatodistusasetuksen liitteessä 1, kohdassa 2.2.3 annetun 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.4. Rakennuksen molempien osien rakennusosien lämmönläpäisykertoimet 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 lämmönläpäisykertoimen laskenta ulkoseinien lämmönläpäisykerrointa esimerkkinä käyttäen. Koko rakennuksen rakennusosien yhteenlasketut pinta-alat ja rakennusosien painotetut lämmönläpäisykertoimet 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 47. Johtumislämpöhäviöiksi ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi saadaan näin tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

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

tammikuu

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

b) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{yläpohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (10)$$

tammikuu

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

c) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen 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). Energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.4 ulkolämpötilana käytetään siis vyöhykkeen I ulkolämpötilaa sellaisenaan. Johtumislämpöhäviöksi alapohjan läpi saadaan näin tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (11)$$

tammikuu

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

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (12)$$

tammikuu

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

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (13)$$

tammikuu

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

f) Rakennuksen alkuperäisen osan kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt

Kylmäsiltojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ulkovaipan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3

$$Q_{ulkovaippa} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} \quad (14)$$

tammikuu

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

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3

$$Q_{kylmäsiltilat} = 0,1 \cdot Q_{ulkovaippa} \quad (15)$$

tammikuu

$$Q_{kylmäsiltilat} = 0,1 \cdot 3476,1 = 347,6 \text{ kWh}$$

g) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsiltilat} + Q_{muu} \quad (16)$$

tammikuu

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

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

Taulukko 21. Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Kuukausi	Ulkoseinät	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat	Yhteensä
	$Q_{ulkoseinät}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alapohja}$	$Q_{ikkunat}$	Q_{ovet}	$Q_{kylmäsiilat}$	Q_{joht}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	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	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat	Yhteensä
	$Q_{ulkoseinät}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alapohja}$	$Q_{ikkunat}$	Q_{ovet}	$Q_{kylmäsiilat}$	Q_{joht}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	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	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat	Yhteensä
	Q _{ulkoseinät}	Q _{yläpohja}	Q _{alapohja}	Q _{ikkunat}	Q _{ovet}	Q _{kylmäsiilat}	Q _{joht}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	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 lämmönläpäisykertoimet on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 13. Koko rakennuksen ulkoseinien johtumislämpöhäviöt voidaan nyt laskea edellä laskettua lämmönläpäisy-kerrointa käyttäen energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavaa 3.4

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

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

tammikuu

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

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

4.2.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan energiatehokkuusasetuksen 17 § mukaan (energiatehokkuuden laskentaohjeen kaava 3.9)

**Energiatehokkuusasetus, 17 §
(Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.9)**

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

Rakennuksen molemmille osille käytetään rakennuksen alkuperäisen osan kerrointa x , jonka arvo kaksikerroksiselle rakennukselle on energiatehokkuusasetuksen 17 § mukaan 24.

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

Energiatodistusasetus, liite 1, kohta 2.2.5

$$q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_{\text{vaippa}}} \quad (21)$$

Sijoittamalla edellä esitetty muunnoskaava energiatehokkuusasetuksen 17 §:n, vuotoilmavirran laskenta-kaavaksi saadaan

Energiätehokkuusasetus, 17 §, sijoitus kaavaan

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}V}{3600x} \quad (22)$$

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 1/h. Rakennuksen alkuperäisen osan vuotoilmavirraksi saadaan siten vuoden jokaisena kuukautena

**alkuperäinen osa
kaikki kuukaudet**

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}V}{3600x} \quad (23)$$
$$q_{v,vuotoilma} = \frac{6 \cdot 215,1}{3600 \cdot 24} = 0,01494 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Rakennuksen laajennusosan vuotoilmavirta

Rakennuksen laajennusosan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 1/h. Rakennuksen alkuperäisen osan vuotoilmavirraksi saadaan siten vuoden jokaisena kuukautena

**laajennusosa
kaikki kuukaudet**

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}V}{3600x} \quad (24)$$
$$q_{v,vuotoilma} = \frac{6 \cdot 58,8}{3600 \cdot 24} = 0,004083 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 3.8

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

**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 eriteltyinä taulukossa 24.

d) Rakennuksen molempien osien yhdistetty ilmanvuotoluku

Energiatodistuksessa tulee esittää rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}). Rakennusvaipan ilmanvuotoluku voidaan ratkaista energiatehokkuusasetuksen 17 §:stä. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun kaavaksi saadaan näin

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 17 §} \quad q_{50} = \frac{3600 \times q_{v, \text{vuotoilma}}}{A_{\text{vaippa}}} \quad (26)$$

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 ilmanvuotoluvi saadaan näin

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 17 § (Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.9)} \quad q_{50} = \frac{3600 \times q_{v, \text{vuotoilma}}}{A_{\text{vaippa}}} \quad (27)$$
$$\text{koko rakennus} \quad q_{50} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,01902}{350,2} = 4,69 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

Rakennuksen molempien osien yhdistetty rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voidaan myös laskea painotettuna 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. Kaavalla voidaan laskea myös useammasta osasta koostuvan kokonaisuuden painotettu ilmanvuotoluku lisäämällä kaavaan termejä.

Rakennuksen alkuperäisen osan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 1/h. Rakennuksen alkuperäisen osan ilmanvuotoluvuksi (q_{50}) saadaan siten edellä tässä luvussa esitettyä muunnoskaavaa käyttäen

$$\text{Energiatodistusasetus (1048/2017), kohta 2.2.5} \quad q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_{\text{vaippa}}} \quad (29)$$
$$\text{alkuperäinen osa} \quad q_{50} = 6 \cdot \frac{215,1}{254,7} = 5,07 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

Rakennuksen laajennusosan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 1/h. Rakennuksen alkuperäisen osan ilmanvuotoluvuksi (q_{50}) saadaan vastaavasti

**Energiatodistusasetus
(1048/2017),
kohta 2.2.5**

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

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

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

koko rakennus

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

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 liitteen 1 kohdan 2.2.4 mukaisesti energiatehokkuusasetuksen 10 § taulukosta. 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.15 tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje,
kaava 3.15**

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

tammikuu

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

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmavirtojen oletetaan vastaavan energiatehokkuusasetuksen 10 § mukaisia standardikäytön ilmavirtoja. Käytännössä painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmavirrat ovat kuitenkin pienempiä. Tämä on yksi merkittävimmistä syistä laskennallisen ja toteutuneen energiankulutuksen eroavaisuuteen tämän tyypisessä rakennuksessa.

4.2.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa. 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

**Energiätehokkuuden
laskentaohje,
kaava 3.2**

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (33)$$

tammikuu

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

Taulukko 24. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv, korvausilma}$	Q_{tila}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	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	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{\text{vuotoilma}}$	$Q_{\text{iv,tuloilma}}$	$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	Q_{tila}
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	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 energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan 2 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 113,1 m², joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

*Energiatehokkuus-
asetus, 11 §*

$$\left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (34)$$

koko vuosi

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

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä 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 tunteista. Ihmisten aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatohokkuus-
asetus, 11 §**

$$Q_{henk} = \frac{\left(\text{ihmisten lämpöteho} \right)}{1000} \cdot \left(\frac{\text{rakennuksen käyttötuntien osuus kuukauden tunneista}}{\text{kuukauden}} \right) \cdot \left(\frac{\text{käyttöaste}}{\text{käyttöajasta}} \right) \cdot \left(\frac{\text{kuukauden tuntien lukumäärä}}{\text{kuukauden}} \right) \quad (35)$$

tammikuu

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

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 26.

b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamana lämpökuormana käytetään suoraan niiden sähköenergian kulutusta energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.1 mukaisesti. Nämä kulutukset on laskettu luvussa 3. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

**Energiatohokkuuden
laskentaohje,
kaava 5.3**

$$Q_{säh} = W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} \quad (36)$$

tammikuu

$$Q_{säh} = 151,5 + 50,5 = 202,0 \text{ kWh}$$

c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormiksi energiatodistusasetuksen 18 §:n mukaisesti. Tässä esimerkkirakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten käyttöveden kiertojohtoon lämpökuormia ei ole, jolloin

**Energiatohokkuusase-
tus, 18 §**

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (37)$$

koko vuosi

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

Tässä laskelmassa öljylämmityksen lämmöntuoton vuosihyötysuhteena käytetään energiatodistusasetuksen 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

**Energiatohokkuus-
asetus, 18 §**

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (38)$$

koko vuosi

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

d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 taulukossa L1.2. 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 liitteen 1 kohdassa 2.2.3 esitettyjä oletusarvoja. Ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen ($F_{\text{läpäisy}}$) oletusarvo on 0,5 ja ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroimen ($g_{\text{kohtisuora}}$) oletusarvo on 0,6. Kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin muunnetaan auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroimeksi energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.5.

Tämä rakennuksen ikkunoiden oletetaan olevan auringonsäteilyn läpäisyominaisuuksiltaan samanlaisia. Samaan 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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.5	$g = 0,9 \cdot g_{\text{kohtisuora}}$	(39)
koko vuosi	$g = 0,9 \cdot 0,6 = 0,54$	

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.4	$Q_{\text{aur}} = G_{\text{säteily, pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g$	(40)
tammikuu, pohjoiseen	$Q_{\text{aur}} = 6,2 \cdot 0,5 \cdot 4,3 \cdot 0,54 = 7,2 \text{ kWh}$	
tammikuu, itään	$Q_{\text{aur}} = 3,8 \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot 0,54 = 2,1 \text{ kWh}$	
tammikuu, etelään	$Q_{\text{aur}} = 12,9 \cdot 0,5 \cdot 6,1 \cdot 0,54 = 21,2 \text{ kWh}$	
tammikuu, länteen	$Q_{\text{aur}} = 3,8 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 0,54 = 2,5 \text{ kWh}$	
tammikuu, ikkunat yhteensä	$\sum Q_{\text{aur}} = 33,0 \text{ kWh}$	

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

e) Lämpökuormien kokonaismäärä

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

**Energiatoh-
kuuden las-
kentaohje,
kaava 5.9**

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (41)$$

tammikuu

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = 101,0 + 202,0 + 33,0 + 0 + 0 = 336,0 \text{ kWh}$$

Lämpökuormat vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset	Sähkölaitteet	Aurinko	LKV kierto	LKV varastointi	Yhteensä
	Q_{henk}	$Q_{\text{säh}}$	Q_{aur}	$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	$Q_{\text{lämpökuorma}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	101,0	202,0	33,0	0,0	0,0	336,0
Helmikuu	91,2	182,4	106,8	0,0	0,0	380,4
Maaliskuu	101,0	202,0	248,7	0,0	0,0	551,7
Huhtikuu	97,7	195,4	323,1	0,0	0,0	616,2
Toukokuu	101,0	202,0	386,8	0,0	0,0	689,8
Kesäkuu	97,7	195,4	380,5	0,0	0,0	673,6
Heinäkuu	101,0	202,0	410,9	0,0	0,0	713,9
Elokuu	101,0	202,0	324,0	0,0	0,0	627,0
Syyskuu	97,7	195,4	272,7	0,0	0,0	565,8
Lokakuu	101,0	202,0	103,4	0,0	0,0	406,4
Marraskuu	97,7	195,4	42,1	0,0	0,0	335,2
Joulukuu	101,0	202,0	27,6	0,0	0,0	330,6
Koko vuosi	1188,9	2377,8	2659,5	0,0	0,0	6226,6

f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.16

$$H_{tila} = \frac{1000 \cdot Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (42)$$

tammikuu (koko vuosi)

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

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdan 5.5.3 mukaisesti käyttää lämmitetyllä nettoalalla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa. Painotettu keskiarvo lasketaan seuraavalla kaavalla

Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 5.5.3

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

Kaavassa C_1 ja A_1 ovat rakennuksen osan 1 sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo ja A_1 lämmitetty nettoala 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 m² ja laajennusosan 23,5 m². Rakennuksen lämpökapasiteetin pinta-aloilla painotetuksi ominaisarvoksi saadaan edellä esitettyä kaavaa käyttäen

Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 5.5.3

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

Rakennuksen lämpökapasiteetiksi saadaan edellä esitetyn perusteella

Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 5.5.3

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

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.15. Rakennuksen aikavakioksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, 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 omi-
naislämpöhäviön arvo pysyy samana vuoden jokaisena kuukautena.

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.14. Suh-
teeksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden
laskentaohje,
kaava 5.14**

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

tammikuu

$$\gamma = \frac{336,0}{6015,6} = 0,05585$$

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.11. Ennen hyö-
dyntämisasteen laskemista pitää vielä laskea kaavassa tarvittava apusuure energiatehokkuuden laskenta-
ohjeen kaavalla 5.13. Apusuureen arvoksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden
laskentaohje,
kaava 5.14**

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

**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 aikava-
kion arvo on sama vuoden jokaisena kuukautena.

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

**Energiatehokkuu-
den laskentaohje,
kaava 5.11**

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

tammikuu

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

Taulukko 27. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	H_{tila}	τ	Υ	a	$\eta_{l\ddot{a}mp\ddot{o}}$
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	323,809	16,148	0,05585	2,0766	0,9976
Helmikuu	323,809	16,148	0,06856	2,0766	0,9964
Maaliskuu	323,809	16,148	0,09712	2,0766	0,9929
Huhtikuu	323,809	16,148	0,16019	2,0766	0,9812
Toukokuu	323,809	16,148	0,27961	2,0766	0,9479
Kesäkuu	323,809	16,148	0,42676	2,0766	0,8945
Heinäkuu	323,809	16,148	0,80088	2,0766	0,7463
Elokuu	323,809	16,148	0,52579	2,0766	0,8552
Syyskuu	323,809	16,148	0,23179	2,0766	0,9627
Lokakuu	323,809	16,148	0,11398	2,0766	0,9902
Marraskuu	323,809	16,148	0,07013	2,0766	0,9963
Joulukuu	323,809	16,148	0,05918	2,0766	0,9973

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

*Energiatehokkuuden
laskentaohje, kaava
5.10*

$$Q_{sis,l\ddot{a}mp\ddot{o}} = \eta_{l\ddot{a}mp\ddot{o}} Q_{l\ddot{a}mp\ddot{o}kuorma} \quad (50)$$

tammikuu

$$Q_{sis,l\ddot{a}mp\ddot{o}} = 0,9976 \cdot 336,0 = 335,2 \text{ kWh}$$

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	Hyödyntämisaste	Lämpökuormista hyödyksi
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis. Lämpö}}$
	kWh	-	kWh
Tammikuu	336,0	0,9976	335,2
Helmikuu	380,4	0,9964	379,0
Maaliskuu	551,7	0,9929	547,8
Huhtikuu	616,2	0,9812	604,6
Toukokuu	689,8	0,9479	653,8
Kesäkuu	673,6	0,8945	602,5
Heinäkuu	713,9	0,7463	532,8
Elokuu	627,0	0,8552	536,2
Syyskuu	565,8	0,9627	544,7
Lokakuu	406,4	0,9902	402,4
Marraskuu	335,2	0,9963	333,9
Joulukuu	330,6	0,9973	329,7
Koko vuosi	6226,6		5802,8

4.3.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 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

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}}$$

(51)

tammikuu

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 6015,6 - 335,2 = 5680,4 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve täytyy kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 29. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{\text{sis. lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	6015,6	335,2	5680,4
Helmikuu	5548,8	379,0	5169,8
Maaliskuu	5680,7	547,8	5132,9
Huhtikuu	3846,8	604,6	3242,2
Toukokuu	2467,0	653,8	1813,2
Kesäkuu	1578,4	602,5	975,9
Heinäkuu	891,4	532,8	358,6
Elokuu	1192,5	536,2	656,3
Syyskuu	2441,0	544,7	1896,3
Lokakuu	3565,5	402,4	3163,1
Marraskuu	4779,4	333,9	4445,5
Joulukuu	5586,8	329,7	5257,1
Koko vuosi	43594,0	5802,8	37791,1

Taulukko 30. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{\text{sis. lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	53,19	2,96	50,22
Helmikuu	49,06	3,35	45,71
Maaliskuu	50,23	4,84	45,38
Huhtikuu	34,01	5,35	28,67
Toukokuu	21,81	5,78	16,03
Kesäkuu	13,96	5,33	8,63
Heinäkuu	7,88	4,71	3,17
Elokuu	10,54	4,74	5,80
Syyskuu	21,58	4,82	16,77
Lokakuu	31,53	3,56	27,97
Marraskuu	42,26	2,95	39,31
Joulukuu	49,40	2,92	46,48
Koko vuosi	385,45	51,31	334,14

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

5.1 Tulisija

5.1.1 Tulisijojen tiloihin luovuttama lämpömäärä

Rakennuksessa on varaava takka sekä leivinuuni. Molemmat voidaan käsitellä energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.3.1 mukaisina varaavina tulisijoina. Energiatodistuksen laskennassa varaavan tulisijan rakennuksen tiloihin luovuttaman lämpöenergian enimmäismäärä on 3000 kWh/a varaavaa tulisijaa kohden. Tulisijojen rakennuksen tiloihin luovuttama lämpöenergia on siis yhteensä

$$\text{Energiatodistusasetus (1048/2017), kohta 2.3.1} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 2 \cdot 3000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 6000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (52)$$

5.1.2 Tulisijojen ostoenergiankulutus

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

$$\text{Energiatodistusasetus (1048/2017), kohta 2.3.1} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) \quad (53)$$
$$\left(\begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right)}{\eta_{\text{tulisija}}}$$
$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{6000}{0,60} = 10\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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 10 000 kWh edestä ja niistä saadaan 6000 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 6000 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tilojen lämmittämiseen. Tulisijat huomioivaksi tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla ja taulukossa 29 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

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

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}} = 37791,1 - 6000 = 31791,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen tilojen lämmönjakelujärjestelmän pitää siis luovuttaa noin 31791,1 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tiloihin.

5.2.2 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergiantarve

Rakennuksen tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C mitoituksella ja eristetyillä jakojohdoilla². Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakelujärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,9. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin. Lämmönjakelujärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla

$$\begin{array}{l} \text{Energiatehokkuuden} \\ \text{laskentaohje,} \\ \text{kaava 6.1} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (55)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{31791,1}{0,9} + 0 + 0 = 35323,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa patterista huoneilmaan siirtyvän lämpöenergian suhdetta lämmönjakojärjestelmään syötettyyn lämpöenergiaan. Lämmönjakelujärjestelmään (patteriverkostoon) pitää siis tässä tapauksessa syöttää vuodessa 35323 kWh lämpöenergiaa, jotta huoneilmaan saadaan 31791 kWh lämpöenergiaa.

5.2.3 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C mitoituksella ja eristetyillä jakojohdoilla. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian

² Tieto jakojohdojen eristämisestä on saatu rakennuksen nykyiseltä omistajalta.

ominaiskulutukseksi saadaan 2 kWh/(m² a). Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.4

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.4

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (56)$$

koko vuosi

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

ostettua sähköenergiaa

5.2.4 Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.5. Käyttöveden siirron (jakelun) vuosihyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen 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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.5

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

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{3958,8}{0,85} + 0 + 0 = 4657,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 4657 kWh lämmitysenergiaa käyttöveeteeen vuodessa.

5.2.5 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmöntuottolaitteena on öljykattila. Tämän esimerkkirakennuksen öljykattilan vuosihyötysuhdetta ei ole saatu luotettavasti selvitettyä rakennuksen tarkastuksen yhteydessä, joten kattilan hyötysuhteena käytetään energiatodistusasetuksen 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

Energiatehokkuuden laskentaohje, luku 7.1

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

koko vuosi tilat ja käyttövesi

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{35323,4 + 4657,4}{0,81} = 49\,359,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämmitysöljyä

Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa öljypolttimeen syötetyn lämmitysöljyn energiasisällön suhde öljykattilasta saatuun hyödynnettyyn lämpöenergiaan.

5.2.6 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on öljylämmitys. Öljykattilan apulaitteiden sähkönkulutusta ei ole saatu luotettavasti selvitettyä rakennuksen tarkastuksen yhteydessä, joten apulaitteiden sähkönkulutuksena käytetään energiatoimistuksen liitteen 1 taulukon 10 arvoa. Taulukosta lämmöntuottojärjestelmän sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0,99 kWh/(m² a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 7.4

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.4

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

koko vuosi

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

ostettua sähköenergiaa

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	37791,1	334,14	
Johtuminen	33212,4	293,65	4.2.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3072,9	27,17	0
Tuloilman lämpeneminen tilassa	0,0	0,00	-
Korvausilman lämpeneminen tilassa	7308,7	64,62	0
Lämpökuormista hyödyksi	-5802,8	-51,31	4.3.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,00	-
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00	4.1.1
Yhteensä	41749,7	369,14	

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	39980,8	353,50	
Tilojen lämmitys	226,2	2,00	35323,4	312,32	5.2.2 ja 5.2.3
Tuloilman lämmitys	-	-	0,0	0,00	-
Käyttöveden lämmitys	0,0	-	4657,4	41,18	5.2.4
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,0	0,00	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,01	-	-	
Kuluttajalaitteet	1783,4	15,77	-	-	0
Valaistus	594,5	5,26	-	-	0
Yhteensä	2604,1	23,02	39980,8	353,30	

Teknisten järjestelmien lisäksi rakennuksen varaavista tulisijoista saadaan 6000 kWh/a lämpöenergiaa tilojen lämmitykseen.

6.3 Ostoenergiankulutus

Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 2761 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa ja 44 998 kWh lämmitysöljyä vuodessa. Lisäksi rakennuksen lämmitykseen käytetään vuodessa 10 000 kWh polttopuita. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on 24,0 kWh/m², öljynkulutus 397,9 kWh/m² ja polttopuun kulutus 88,4 kWh/m² vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltyinä taulukossa 33.

Taulukko 33. Laskennallinen ostoenergiankulutus

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)
Sähkö	2761,1	24,02
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,01
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	49 359,01	436,42
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä (öljylämmitys)	49 359,01	436,42
Uusiutuva polttoaine	10 000	88,42
Varaavat tulisijat	10 000	88,42
YHTEENSÄ	62 075,11	548,85

6.4 E-luku

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Tämän esimerkkirakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden on esitetty taulukossa 33. E-luvun laskennassa käytetään kerroinasetuksessa annettuja energiamuodon kertoimia.

Sähköenergian kerroin on 1,2. Sähköenergian aiheuttamaksi osuudeksi E-luvusta saadaan näin

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (60) \\ \left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= 1,2 \cdot 24,02 = 28,82 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} \end{aligned}$$

Lämmitysöljy oletetaan tässä tarkastelussa uusiutumattomaksi polttoaineeksi. Uusiutumattoman polttoaineen kerroin on 1,0. Lämmitysöljyn aiheuttamaksi osuudeksi E-luvusta saadaan näin

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{kulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (61) \\ \left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{kulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= 1,0 \cdot 436,42 = 436,42 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} \end{aligned}$$

Rakennuksen tulisijassa poltetun polttopuun energiamuodon kerroin on 0,5. Polttopuunkäytön aiheuttamaksi osuudeksi E-luvusta saadaan näin

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \text{polttopuun käytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (62) \\ \left(\begin{array}{c} \text{polttopuun käytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) &= 0,5 \cdot 88,42 = 44,21 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} \end{aligned}$$

Tämän esimerkkirakennuksen E-luku on sähkönkulutuksen, öljynkulutuksen ja polttopuunkäytön aiheuttamien osuuksiensa summa

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

$$E\text{-luku} = (28,82 + 436,42 + 44,21) \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} = 509,45 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} \approx 510 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

E-luku pyöristetään aina ylöspäin. Tämän rakennuksen E-luku on siis **510 kWh_E/(m² a)**. Rakennus sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **G**, joka on huonoin mahdollinen energiatehokkuusluokka. E-luku ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 34.

Taulukko 34. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku.

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	2716,1	24,02	1,2	3259,3	28,82
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,01	1,2	2853,5	25,21
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0	1,2	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0	0	1,2	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,4	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0	1,2	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112	0,99	1,2	134,4	1,19
Tuloilman lämmöntuottolaite	0	0	1,2	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	49359,01	436,42	1,0	49359,01	436,42
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	49359,01	436,42	1,0	49359,01	436,42
Uusiutuva polttoaine	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
YHTEENSÄ				57618,4	509,45
				E-LUKU	510

6.5 Toteutunut energiankulutus

Energiatodistuksessa esitetään rakennuksen toteutunut energiankulutus, jos se on tiedossa. Tämän esimerkkirakennuksen ostoenergiankulutus on ollut vuonna 2017 rakennuksen asukkaiden haastattelun perusteella 3200 kWh sähköä, 4500 litraa lämmitysöljyä ja 5 pino-m³ koivupilkkeitä.

6.5.1 Lämmitysöljyn kulutusta vastaava lämpöenergia

Öljylämmityksessä käytetty öljytilavuus voidaan muuttaa poltetun öljyn luovuttamaksi lämpöenergiaksi energiatehokkuuden laskentaohjeen liitteen 3 taulukon L3.1 lämpöarvoja käyttäen. Taulukosta lämmitysöljyn lämpöarvoksi saadaan 10 kWh/litra. Lämmitysöljyn palamisesta vapautuneeksi lämpöenergiaksi saadaan siten

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

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

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen liitteen 3 taulukon L3.1 lämpöarvoja käyttäen. Taulukosta koivupilkkeen lämpöarvoksi saadaan 1700 kWh/pino-m³. Puun palamisesta vapautuneeksi lämpöenergiaksi saadaan siten

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

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

Viisi pinokuutiometriä koivu- ja sekapuupilkettä on siis energiana mitattuna 8500 kWh koivupuupilkettä (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. Negatiivinen muutos tarkoittaa energiankulutuksen vähentymistä ja positiivinen muutos energiankulutuksen kasvamista. Energiatodistuksessa ostoenegian muutokset esitettiin aiemmin kasvaneena ja pienentyneenä energian säästönä. Tästä syystä pienentynyt ostoenegian määrä esitettiin aiemmin energiato- distuksessa positiivisena lukuna (energiaa säästyy) ja lisääntynyt energiamäärä negatiivisena lukuna. Tästä käytännöstä on kuitenkin luovuttu energiato- distusasetuksessa 1048/2017. Niin tässä oppaassa kuin energiato- distuksessa muutokset merkitään samoilla etumerkeillä, eli lisääntynyt energiankulutus positiivisena ja vähentynyt energiankulutus 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 Aurinkolämpökeräinten asentaminen

Kyseisen esimerkin öljylämmitteisessä talossa sähkönkulutus on vähäistä, mutta ympäristön energioita olisi mahdollista hyödyntää aurinkolämmön muodossa. Oletetaan, että taloon asennetaan etelään päin suuntautuvat 6 m² aurinkolämpökeräimet, joiden hyötysuhde on 60%. Rakennuksen lämpöenergian tarve ei muutu, mutta nyt osa lämpöenergian tarpeesta voidaan kattaa ympäristössä olevasta energiasta otetulla energialla. Taulukossa 36 esitetään lämmitysöljyn kulutuksessa saavutettu säästö, joka on n. 1730 kW vuodessa. Uudeksi E-luvuksi saadaan **496 kWh_E/(m² a)**, eli E-luku pienenee 14 kWh_E/(m² a). Rakennus säilyisi edelleen energialuokassa G.

Taulukko 36. Laskennallinen energiankulutuksen muutos aurinkolämpökeräimien 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	385,45	0	0,00
Lämpöenergian nettotarve	41749,5	369,14	41749,5	369,14	0	0,00
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	2876,0	25,43	159,9	1,41
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	49359,0	436,42	47625,0	421,09	-1734,01	-15,33
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000,0	88,42	10000,0	88,42	0	0,00
E-luku	57618,4	509,45	56076,1	495,81	-1542,289	-13,64

7.2 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 rakennukseen vaihdetaan ikkunat, joiden lämmönläpäisykerroin on 0,8 W/(m² K). Ikkunoiden muiden ominaisuuksien oletetaan säilyvän ennallaan. Muutoksen myötä rakennuksen lämmitysenergian tarve muuttuu, koska johtumislämpöhäviöt ovat nyt pienemmät. Ikkunoiden vaihtamisen jälkeen uudeksi E-luvuksi saadaan **462 kWh_E/(m² a)**, eli E-luku pienenee 48 kWh_E/(m² a). Kuvatulla ikkunoiden muutoksella esimerkkirakennus nousisi energialuokasta G energialuokkaan F.

Taulukko 37. 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	39654	350,61	-3940	-34,84
Lämpöenergian nettotarve	41749,5	369,14	37833,5	334,51	-3916	-34,62
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	2716,1	24,02	0	0,00
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	49359,0	436,42	43987	388,92	-5372,01	-47,50
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000,0	88,42	10000	88,42	0	0,00
E-luku	57618,4	509,45	52246,545	461,95	-5371,855	-47,50

Taulukko 38. Laskennallinen lämmitysenergian nettotarve ikkunoiden vaihdon jälkeen

Lämpö	kWh/a	kWh/(m ² a)
Tilojen lämmitys	33875	299,51
Johtuminen	29274	258,83
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3071	27,15
Tuloilman lämpeneminen tilassa	0	0,00
Korvausilman lämpeneminen tilassa	7309	64,62
Lämpökuormista hyödyksi	-5779	-51,10
Ilmanvaihdon lämmitys	0	0,00
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00
Yhteensä	37833,5	334,51

Taulukko 39. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku ikkunoiden vaihdon jälkeen

Ostoenergiankulutus ja E-luku	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	2716,1	24,02	1,2	3259,3	28,82
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,02	1,2	2853,5	25,23
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,4	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Maalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Sähkölämmitys	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112	0,99	1,2	134,4	1,19
Tuloilman lämmöntuottolaite	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	43987	388,92	1	43987,0	388,92
Öljylämmitys	43987	388,92	1	43987,0	388,92
Uusiutuva polttoaine	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
YHTEENSÄ				52246,3	461,95
				E-LUKU	462

7.3 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 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 vuosikeskiarvona käytetään arvoa 2,8 energiatodistusasetuksen 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. Lämpöpumpun asennuksen jälkeen rakennuksen E-luvuksi saataisiin **473 kWh_E/(m² a)**, eli E-luku pieneni 37 kWh_E/(m² a). Energiatehokkuusluokkana säilyisi edelleen G.

Taulukko 40. Laskennallinen energiankulutuksen muutos ilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen (OK)

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	385,45	0	0,00
Lämpöenergian nettotarve	41749,5	369,14	41749,5	369,14	0	0,00
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	4332,0	38,30	1615,9	14,29
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	49359,0	436,42	43314,4	382,97	-6044,61	-53,44
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000,0	88,42	10000,0	88,42	0	0,00
E-luku	57618,4	509,45	53461,4	472,69	-4157	-36,76

Taulukko 41. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku ilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Ostoenergiankulutus ja E-luku	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	4289,1	37,92	1,2	5146,9	45,51
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,02	1,2	2853,5	25,23
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,4	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Maalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Sähkölämmitys	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	1573	13,91	1,2	1887,6	16,69
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112	0,99	1,2	134,4	1,19
Tuloilman lämmöntuottoaite	0	0,00	1,2	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	43314,5	382,98	1	43314,5	382,98
Öljylämmitys	43314,3	382,97	1	43314,3	382,97
Uusiutuva polttoaine	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
YHTEENSÄ				53461,4	472,69
				E-LUKU	473

7.4 Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla

Rakennukseen voidaan asentaa maalämpöpumppu öljykattilan tilalle. Lämpöpumpun sähkökulutuksen laskennassa käytettävä SPF-luku voidaan lukea energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 13. Tilojen lämmityksen SPF-luku valitaan taulukosta lämpöpumpun tilojen lämmitykseen tuottaman korkeimman menoveden lämpötilan sekä maapiirin paluunesteen vuotuisen keskilämpötilan perusteella. Käyttöveden lämmityksen SPF-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 SPF-luvuksi saadaan tilojen lämmityksessä 2,7 ja käyttöveden lämmityksessä 2,3. SPF-luvun lisäksi laskennassa tarvitaan lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja käyttöveden lämmitysenergiasta. Osuus voidaan lukea energiatehokkuuden laskentaohjeen liitteen 2 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

$$\frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}}}{Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}}} = \frac{35323}{4657} = 7,58 \quad (66)$$

N\u00e4ill\u00e4 arvoilla l\u00e4mp\u00f6pumpun kattamaksi osuudeksi tilojen ja l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysenergiasta saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta L2.1 arvo 0,95. Esimerkki energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon L2.1 k\u00e4yt\u00f6st\u00e4 on esitetty t\u00e4m\u00e4n oppaan liitteess\u00e4 3. Edell\u00e4 kuvatuilla arvoilla toimivan maal\u00e4mp\u00f6pumpun laskennallinen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen on esitetty seuraavissa taulukoissa. L\u00e4mmitysj\u00e4rjestelm\u00e4n vaihtamisella maal\u00e4mp\u00f6pumpuun E-luvuksi saataisiin **246 kWh_E/(m² a)**, eli E-luku pienenisi per\u00e4ti 264 kWh_E/(m² a). Energiatehokkuusluokaksi tulisi t\u00e4ll\u00f6in G:n sijasta D, eli energiatehokkuusluokitus paranisi kolme luokkaa.

Taulukko 42. Laskennallinen energiankulutuksen muutos maal\u00e4mp\u00f6pumpun asentamisen j\u00e4lkeen

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)
L\u00e4mp\u00f6energian kokonaistarve	43594	385,45	43594	385,45	0	0,00
L\u00e4mp\u00f6energian nettotarve	41749,5	369,14	41749,5	369,14	0	0,00
S\u00e4hk\u00f6nkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	18955	167,60	16238,9	143,58
L\u00e4mmitys\u00f6ljyn kulutus (ostoenergia)	49359	436,42	0	0,00	-49359	-436,42
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000	88,42	10000	88,42	0	0,00
E-luku	57618,4	509,45	27746,82	245,33	-29871,58	-264,12

Taulukko 43. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku maalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	18955	167,60	1,2	22746	201,11
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,02	1,2	2853,48	25,23
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0,00	1,2	0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0	0,00	1,2	0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,44	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	16351,3	144,57	1,2	19621,76	173,49
Maalämpöpumppu	14352,3	126,90	1,2	17222,78	152,28
Sähkölämmitys	1999,0	17,67	1,2	0	21,20
Ilmalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	0	0,00	1,2	0	0,00
Tuloilman lämmöntuottolaite	0	0,00	1,2	0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	0	0,00	1	0	0,00
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00	1	0	0,00
Uusiutuva polttoaine	10000	88,42	0,5	5000	44,21
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000	44,21
YHTEENSÄ				27746	245,32
				E-LUKU	246

7.5 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 1,8 kW/(m³ s)
- lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde 71 %
- jälkilämmitys sisäänpuhalluslämpötilaan
- sisäänpuhalluslämpötila 17 °C
- lämmöntalteenoton poiskytkentä sisäänpuhalluslämpötilaan asetusarvon ylittyessä
- lämmöntalteenotto ja jälkilämmitys pois päältä heinäkuussa ja elokuussa.

Koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon asentamisen jälkeen rakennuksen E-luku olisi **459 kWh_E/(m² a)**, eli E-luku pienenesi 51 kWh_E/(m² a). Rakennus nousisi energiatehokkuusluokasta G luokkaan F.

Taulukko 44. 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	385,45	38215	337,89	-5379	-47,56
Lämpöenergian nettotarve	41749,5	369,14	36400,5	321,84	-5349	-47,29
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	4027	35,61	1310,9	11,59
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	49359	436,42	41984	371,21	-7375	-65,21
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000	88,42	10000	88,42	0	0,00
E-luku	57618,4	509,45	51816,77	458,15	-5801,635	-51,30

Taulukko 45. Laskennallinen lämmitysenergian nettotarve ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen jälkeen

Lämpö	kWh/a	kWh/(m ² a)
Tilojen lämmitys	33014	291,90
Johtuminen	33215	293,68
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3071	27,15
Tuloilman lämpeneminen tilassa	1929	17,06
Korvausilman lämpeneminen tilassa	0	0,00
Lämpökuormista hyödyksi	-5799	-51,27
Ilmanvaihdon lämmitys	598	5,29
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00
Yhteensä	37570,5	332,19

Taulukko 46. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen jälkeen

Ostoenergiankulutus ja E-luku	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	4027	35,61	1,2	4832,4	42,73
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,02	1,2	2853,48	25,23
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	713,3	6,31	1,2	855,96	7,57
Käyttöveden kiertopumppu	0	0,00	1,2	0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,44	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00	1,2	0	0,00
Maalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0	0,00
Sähkölämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmalämpöpumppu	0	0,00	1,2	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112	0,99	1,2	134,4	1,19
Tuloilman lämmöntuottolaite	598	5,29	1,2	717,6	6,34
Uusiutumaton polttoaine	41984	371,21	1	41984	371,21
Öljylämmitys	41984	371,21	1	41984	371,21
Uusiutuva polttoaine	10000	88,42	0,5	5000	44,21
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000	44,21
YHTEENSÄ				51816,4	458,15
				E-LUKU	459

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	113,1 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys / öljylämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Painovoimainen ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	-	kWh _E /(m ² vuosi)									
sähkö	2 716	25	1,2	29									
uusiutuva polttoaine	10 000	89	0,5	45									
fossiilinen polttoaine	49 359	437	1	437									
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				510									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Pienet asuinrakennukset												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 87</td> <td>B: 88 ... 147</td> <td>C: 148 ... 184</td> </tr> <tr> <td>D: 185 ... 264</td> <td>E: 265 ... 394</td> <td>F: 395 ... 464</td> </tr> <tr> <td>G: 465 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 87	B: 88 ... 147	C: 148 ... 184	D: 185 ... 264	E: 265 ... 394	F: 395 ... 464	G: 465 ...		
A: ... 87	B: 88 ... 147	C: 148 ... 184											
D: 185 ... 264	E: 265 ... 394	F: 395 ... 464											
G: 465 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	G												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<ul style="list-style-type: none"> - ikkunoiden uusiminen - ilmalämpöpumpun asentaminen - aurinkolämpökeräinten asentaminen. - öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöpumppuun - lämmönalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen 													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".													

Todistustunnus: XXXXXX, 2/8

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947	Lämmitetty nettoala	113	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	4,7	m ³ /(h m ²)		
	A	U	U×A	Osuus lämpohavioista
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	158,9	0,67	106,5	43 %
Yläpohja	89,2	0,40	35,7	14 %
Alapohja	83,5	0,44	36,7	15 %
Ikkunat	14,8	2,60	38,5	16 %
Ulko-ovet	3,8	1,80	6,8	3 %
Kylmäsiilat	-	-	22,4	9 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	g_{kohtisuora}-arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	4,3	2,50	0,60	
Koillinen				
Itä	2,0	2,80	0,60	
Kaakko				
Etelä	6,1	2,60	0,60	
Lounas				
Länsi	2,4	2,60	0,60	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Painovoimainen ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
	(m ³ /s) / (m ³ /s)	kW / (m ³ /s)	-	°C
Pääilmanvaihtokoneet	/			
Erillispoistot	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:			0 %	
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys / 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 lämpöpumpputilastoissa voi sisältyä vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Varaava tulisija	Määrä	Tuotto		
	kpl	kWh		
Ilmalämpöpumppu	2	6 000		
Jäähdytysjärjestelmä				
Jäähdytyskauden painoteettu kylmäkerroin				
-				
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
Lämmin käyttövesi	Ominaiskulutus	Lämmitysenergian nettotarve		
	dm ³ /(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)		
	600	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	Käyttöaste	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus
	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2,0	3,0	
Valaistus	10 %			6,0

Todistustunnus: XXXXXX, 3/8

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1947			
Lämmitetty nettoala, m ²	113,1			
E-luku, kWh _e / (m ² vuosi)	510			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh _e /vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
sähkö	2 716	1,2	3 259	29
uusiutuva polttoaine	10 000	0,5	5 001	45
fossiilinen polttoaine	49 359	1	49 360	437
YHTEENSÄ	62 075		57 620	510
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹		3,0	312,3	-
Tuloilman lämmitys		0,0	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	41,2	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0,0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,0	0,0	0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21,0	-	-
YHTEENSÄ		25,0	354,0	0,0
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²		37 791	335	
Ilmanvaihdon lämmitys ³		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3 959	36	
Jäähdytys		0	0	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2 674	24	
Henkilöt		1 189	11	
Kuluttajalaitteet		1 783	16	
Valaistus		594	6	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0	0	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	Laskentaohjelma X versio 1.0			

Todistustunnus: XXXXXX, 4/8

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS					
<p>Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmitystarvelukukorjausta. Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.</p>					
Toteutunut ostoenergiankulutus					
Lämmitetty nettoala 113,1 m ²					
Energiaverkoista ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukolämpö				3 200	29
Kokonaissähkö					
Kiinteistösähkö					
Käyttäjäsähkö					
Kaukojäähdytys					
Ostetut polttoaineet¹	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy	4 500	litra	10	45 000	398
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m ³	1700		
Puupelletit		kg	4,7		
Pilkkeet	5	pino-m ³	1700	8 500	76
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				0	0
Polttoaineet yhteensä				53 500	474
Kaukojäähdytys				0	0
YHTEENSÄ				56 700	502
<p>Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen sää tiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.</p> <p>Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.</p>					

Todistustunnus: XXXXXX, 5/8

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

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

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen alkuperäisen osan ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat ovat 1940-luvun loppupuolelta. Laajennusosan ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat ovat vuodelta 1986.

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa uusimalla rakennuksen ikkunat.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Ikkunoiden vaihtaminen U-arvolle 0.8 W/m ² K			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1	-5 372	0	0	-48
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 ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Öljylämmitetyn talon energiatehokkuusluokka on huono. Lämmitysjärjestelmää muuttamalla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa merkittävästikin. Suurin parannus olisi öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla. Öljylämmityksen rinnalle voidaan myös hankkia aurinkolämpökeräimiä tai ilmalämpöpumppu

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla			
2	Ilmalämpöpumppu lisälämmönlähteeksi			
3	Aurinkolämpökeräimien asentaminen (6 m ²)			
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1	-49 359	16 239	0	-264
2	-6 045	1 616	0	-37
3	-1 734	160	0	-14

Todistustunnus: XXXXXX, 6/8

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan parantaa rakentamalla rakennukseen lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1	Lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1	-7 375	1 311	0	-51
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 ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon (eivät vaikuta E-lukuun)				
Lämmönjakojärjestelmän tasapainotus ja säätö.				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi				

Todistustunnus: XXXXXX, 7/8

LISÄMERKINTÖJÄ

RAKENNUKSEN LAAJENNUSOSA

Rakennuksessa on kaksi osaa, alkuperäinen osa ja laajennusosa.

Alkuperäinen osa on rakennettu 1940-luvunloppupuolella ja laajennusosa vuonna 1986.

E-luvun laskennan lähtötiedoissa on esitetty rakennuksen alkuperäisen osan osan rakennusosien pinta-alat ja ominaisuudet sekä rakennusvaipan ilmanvuotoluku.

Seuraavassa esitetään vastaavat tiedot rakennuksen laajennusosasta.

Rakennuksen alkuperäisen osan lämmitetty nettoala on 89,6 m² ja laajennusosan 29,5 m².

Rakennusosien pinta-alat

Ulkoseinät	42,3 m ²
Yläpohja	23,5 m ²
Alapohja	23,5 m ²
Ikkunat	4,3 m ² (pohjoiseen 1,8 m ² etelään 1,8 m ² länteen 0,7 m ²)
Ulko-ovet	1,9 m ²

Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet

Ulkoseinät	0,28 W/(m ² K)
Yläpohja	0,22 W/(m ² K)
Alapohja	0,36 W/(m ² K)
Ikkunat	2,1 W/(m ² K)
Ulko-ovet	1,4 W/(m ² K)

Ilmanvuotoluku (q₅₀): 3,7 m³/(m² h)

Ikkunoiden valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin: 0,6

TOTEUTUNEEN ENERGIANKULUTUKSEN OSTETUN POLTTOAINEEN MÄÄRÄN ARVIOINTI

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

Liite 2: Ulkoilman keskilämpötila

Taulukko 47. 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 energiatehokkuusasetuksen liitteestä 1, taulukosta L1.2.

Liite 3: Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta

Energiätehokkuuden laskentaohjeen 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 9,5 (eli > 4)
3. ilmastovyöhykkeen I ja lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkeimman lämpötilan 50 °C mukainen valinta.

1

2

3

ϕ_{ipn}/ϕ_{tia}	$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}}/$ $Q_{\text{l\u00e4mmitys,LUV}}$	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