

Energiatodistuksen laadintaesimerkki

Erillinen moottoriajoneuvosuoja

Sisällysluettelo

1 Johdanto	3
2 Esimerkkiautotalli	6
2.1 Rakennuksen tiedot.....	6
2.2 Laskentasuureet.....	7
3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus	9
4 Lämmitysenergian tarve	10
4.1 Lämmin käyttövesi.....	10
4.2 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve	10
4.2.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	10
4.2.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	14
4.2.3 Korvausilman lämpeneminen tilassa	15
4.2.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä.....	15
4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	16
4.3.1 Lämpökuorma auringon säteilystä.....	16
4.3.2 Muut lämpökuormat	16
4.3.3 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia	16
4.3.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä.....	17
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	19
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	19
6 Yhteenveto laskennan tuloksista	21
6.1 Ostoenergiankulutus.....	21
6.2 Kokonaisenergiankulutus.....	21
6.3 Energiatodistusluokka	21

1 Johdanto

Tässä oppaassa lasketaan erillisen autotallin ostoenergiankulutus ja kokonaisenergiankulutus sekä esitetään laskennan tulosten perusteella määritelty energiatodistuksen luokka. Laskentamenetelmänä tässä oppaassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 laskentamenetelmää.

Laki (326/2106) ”rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain 3 §:n muuttamisesta” on annettu 29.4.2016. Lain 3 § on nyt:

3 §

Velvollisuuksien kohteena olevat ja niistä vapautetut rakennukset

Tässä laissa säädettyt velvollisuudet hankkia energiatodistus ja käyttää sitä koskevat rakennusta, jossa käytetään energiaa rakennuksen tilojen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Velvollisuudet eivät kuitenkaan koske:

- 1) rakennusta, jonka pinta-ala on enintään 50 neliometriä;*
- 2) loma-asumiseen tarkoitettua rakennusta, jota ei käytetä majoituselinkeinon harjoittamiseen;*
- 3) väliaikaista rakennusta, jonka käyttöaika on enintään kaksi vuotta;*
- 4) teollisuus- ja korjaamorakennusta;*
- 5) muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettua maatilarakennusta, jossa energiantarve on vähäinen tai jota käytetään alalla, jota koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus;*
- 6) rakennusta, joka on suojeltu maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisella kaavalla, rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain (498/2010) tai sitä edeltävien säännösten mukaisella päätöksellä taikka rakennusta, joka sijaitsee maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn yleissopimuksen (SopS 19/1987) mukaisessa maailmanperintöluetteloon hyväksytyssä kohteessa tai on kohteena viranomaisten välisessä rakennuksen suojelua koskevassa sopimuksessa, edellyttäen, että rakennuksen luonne tai ulkonäkö muuttui vaatimusten vuoksi tavalla, jota ei voida hyväksyä;*
- 7) kirkkoa tai muuta uskonnollisen yhteisön omistamaa rakennusta, jossa on vain kokoontumiseen tai hartauden harjoittamiseen taikka näitä palvelemaan toimintaan tarkoitettuja tiloja;*
- 8) kasvihuonetta, väestönsuojaa tai muuta rakennusta, jonka käyttö tarkoituksensa vaikeutuisi kohtuuttomasti, jos niihin sovellettaisiin rakennusten energiatehokkuutta koskevia säännöksiä ja määräyksiä; eikä*

9) *sellaista puolustushallinnon käytössä olevaa rakennusta, johon tai jonka käyttöön liittyy salassa pidettävää tietoa.*

Tämä laki tulee voimaan 1. päivänä heinäkuuta 2016. Lakia sovelletaan ennen lain voimaantuloa käyttöön otettuun rakennukseen tai rakennuksen tilaan kuitenkin vasta 1. päivästä tammikuuta 2017. Siihen saakka tällaisiin rakennuksiin tai rakennuksen tiloihin sovelletaan tämän lain voimaan tullessa voimassa olleita säännöksiä.

Ympäristöministeriön asetus (353/2016) ”*rakennuksen energiatodistuksesta annetun ympäristöministeriön asetuksen liitteen 1 ja 2 muuttamisesta*” on julkaistu 17.5.2016 ja korvaa täten liitteet 1 ja 2 ”*Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta*” (176/2013).

Energiatodistuksen lainmuutoksessa erilliset moottoriajoneuvosuojat, esimerkiksi autotallit ja -hallit, tulevat lainsäädännön piiriin, jos ne ovat yli 50 m² ja lämmitettyjä. Valaistus lämmittämättömässä moottoriajoneuvosuojassa ei riitä tuomaan sitä energiatodistuslainsäädännön piiriin. Alle 50 m² erilliset moottoriajoneuvosuojat eivät tarvitse energiatodistusta myynti- tai vuokraustilanteessa. Energiatodistusta ei myöskään tarvita yksittäisten autohallipaikkojen myynti- tai vuokraustilanteessa.

Esimerkiksi erillinen lämmitetty autotallirakennuksen, jonka pinta-ala on 60 m² ja josta 20 m² on varastoa, käyttötarkoitus on moottoriajoneuvosuoja ja täten kuuluu energiatodistuslainsäädännön piiriin. Rakennuksen varasto-osa voidaan katsoa kuuluvaksi moottoriajoneuvosuojan toimintoihin ja täten laatia yksi todistus koko rakennukselle, vaikka varasto-osuus on yli 10 %:ia lämmitetystä nettopinta-alasta.

Rakennuksen sisällä sijaitsevien tai rakennukseen rakenteellisesti liittyvien moottoriajoneuvosuojien pinta-ala ei edelleenkään sisälly rakennuksen lämmitettyyn nettoalaan energiatodistuksen laadinnassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi asuinrakennuksen energiatodistus laaditaan ilman autotallia, mutta todistus kattaa koko rakennuksen. Asuintiloihin esimerkiksi yhteisellä seinällä yhteydessä oleva autotalli tulee laskentaan mukaan sitä kautta, että yhteisen seinän osalta asuintilojen lämpöhäviöt lasketaan ulkoilmanlämpötilan asemasta autotallin suunnittelulämpötilaan. Tämä on käsitelty uudispientalon energiatodistuksen laadintaesimerkissä.

Olemassa olevan rakennuksen yhteydessä olevalle moottoriajoneuvosuojalle pitää suorittaa havainnointi ja antaa energiatehostamistoimenpiteitä myös autotalliosalle, vaikka ne eivät vaikutakaan energiatodistuksen luokkaan ja muuta sen laskentatuloksia.

Energiatodistusvelvoitteen piirissä oleville moottoriajoneuvosuojille on oma käyttötarkoitluokka ja energialuokka-asteikko. Erillisten moottoriajoneuvosuojien ostoenergiankulutus lasketaan YM asetuksen 353/2016 liitteen 1 kohdan 2.1 mukaisesti suunnitelluilla tai toteutuneilla tai arvioituilla ilmanvaihdon ilmamäärillä, sisälämpötiloilla, käyntiajoilla ja sisäisillä lämpökuormilla. Laskennan lähtötietojen määrittäminen siis poikkeaa tältä osin muista rakennusluokista, joille on annettu vakioitu käyttö. Lämpimän käyttöveden kuluusta ei oteta laskentaan mukaan.

Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 annetaan ohjeet kuukausitasolla tehtävään rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Laskennan kulku ja tulokset on esitetty tässä oppaassa taulukkoina ja yhtälöinä. Taulukoissa on esitetty eriteltyinä vuoden kaikkien kuukausien laskentatulokset ja yhtälöinä yhden esimerkki-kuukauden laskentatulokset sekä koko vuotta koskevat laskentatulokset. Yhtälöissä käytetyt merkinnät noudattavat rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 merkintöjä. Pääasiallisesti esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat poiketa pyöristyksistä johtuen hieman taulukoissa

esitetystä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa on syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perusteella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehdyt havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa voidaan lasketun osto- ja kokonaisenergiankulutuksen lisäksi esittää rakennuksen toteutunut energiankulutus, mikäli rakennuksessa käytetty sähköenergia, kaukolämpöenergia, polttopuumäärä ja laatu sekä lämmitysöljymäärä ovat tiedossa edellisen vuoden tai vuosien osalta.

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

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimilla.

2 Esimerkkiautotalli

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on olemassa oleva erillinen autotallirakennus, jonka lämmitetty netto-ala on 55 m². Se on vuonna 1990 rakennettu puolilämmin autotalli, jonka suunnittelulämpötila on 17 °C ja joka on toteutettu pääsääntöisesti puolilämpimien tilojen rakenteiden vertailuarvojen mukaisesti. Autotallissa on sähköpatterit sekä painovoimainen ilmanvaihto.

Autotallirakennuksen sähköenergiakulutusta ei mitata erikseen, joten kulutusta ei tiedetä.

2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Tampere	havainnointi paikan päällä
Rakennusluvan vireilletulovuosi	1990	havainnointi paikan päällä
Valmistumisvuosi	1990	havainnointi paikan päällä
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 353/2016, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	Erilliset moottoriajoneuvosuojat	havainnointi paikan päällä, YM asetus 353/2016
Kerrosten lukumäärä	yksi	havainnointi paikan päällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikan päällä
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, keskiraskas I	havainnointi paikan päällä
Puolilämpimän autotallin sisälämpötila	17 °C	havainnointi paikan päällä

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	Suora sähkö	havainnointi paikanpäällä
Lämmönjakojärjestelmä	Sähköpatterit	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 3. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	Painovoimainen ilmanvaihto	havainnointi paikanpäällä

2.2 Laskentasuureet

Taulukko 4. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	55,0	m ²	havainnointi paikanpäällä	A_{netto}
Sisälämpötila	17	°C	havainnointi paikanpäällä	T_s
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	6,0	1/h	YM asetus 353/2016, liite 1, taulukko 4	n_{50}
Rakennuksen ilmatilavuus	165	m ³	havainnointi paikanpäällä	V
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	35	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	70	Wh/(m ² K)	D5/2012 taulukko 5.6: Keskiraskas I	$C_{rak,omin}$

Taulukko 5. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	U W/(m ² °C)	A m ²	T_u °C	UA W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	0,45	88,0	Ulkolämpötila	39,6
Yläpohja	0,45	55,0	Ulkolämpötila	24,75
Alapohja	0,45	55,0	Maaperä	24,75
Ikkunat	1,8	3,0	Ulkolämpötila	5,4
Ovet	2,00	5,0	Ulkolämpötila	10,0
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)		206,0		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin, jotka on mitattu paikan päällä. Ikkunan U-arvo havainnoitu paikan päällä, muut U-arvot ovat taulukosta YM asetus 353/2016, liite 1, taulukko 1.

Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,95	-	YM asetus 353/2016, liite 1, taulukko 9: Sähköpatterilämmitys	$\eta_{lämmitys,tilat}$
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,5	kWh/(m ² a)	YM asetus 353/2016, liite 1, taulukko 9: Sähköpatterilämmitys	e_{tilat}

Taulukko 7. Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	9,2	L/s	Arvio (0,2 1/h)	$q_{v,poisto}$

Taulukko 8. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m ²	3	havainnointi paikan päällä	A_{ikk}
Valoaukon auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,50	havainnointi paikan päällä	g
Kehäkerroin	-	0,75	havainnointi paikan päällä	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	1,00	havainnointi paikan päällä	F_{verho}
Yläpuolisten varjostusten korjauskertoimet	-	1,0	havainnointi paikan päällä	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	havainnointi paikan päällä: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$

3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Tehdyn havainnoinnin mukaan autotallissa ei ole mainittavia kuluttajalaitteita ja valaistus on päällä vain satunnaisesti.

Autotallissa on painovoimainen ilmanvaihto, joten puhallinenergian kulutus on 0 kWh.

4 Lämmitysenergian tarve

4.1 Lämmin käyttövesi

Energiatodistusasetuksen mukaisesti lämpimän käyttöveden kulutusta ei oteta laskentaan mukaan.

4.2 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

4.2.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt muodostuvat ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä sekä viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamista lämpöhäviöistä. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan D5/2012 kaavalla 3.4. Kylmäsiltojen laskenta on tehty tässä esimerkissä energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % rakennuksen ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 10.

a) Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi

Rakennuksen kaikkien ulkoseinien lämmönläpäisykerroin on yhtä suuri. Pinta-alana voidaan näin käyttää rakennuksen kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien yhteenlaskettua pinta-alaa. Jos rakennuksessa on lämmönläpäisykerroimeltaan toisistaan poikkeavia ulkoseiniä, lasketaan kunkin lämmönläpäisykerroimeltaan samanlaisen osan johtumislämpöhäviöt erikseen D5/2012 kaavalla 3.4 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista. Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa.

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (1)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,45 \cdot 88,0 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 617,8 \text{ kWh}$$

b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (2)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{0,45 \cdot 55 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 386,1 \text{ kWh}$$

c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

Alapohjan lämpöhäviöiden laskennassa käytettävä ulkolämpötila riippuu alapohjan toteutustavasta. Tässä rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jolloin ulkolämpötilana käytetään alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.6.

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.6 \quad Q_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (3)$$

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

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan D5/2012 taulukosta 3.4. Nämä molemmat edellä mainitut arvot on esitetty taulukossa 9. Tammikuussa vuosi- ja kuukausikeskilämpötilojen ero on 0 °C. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila on siten tammikuussa.

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.7 \quad Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (4)$$

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

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (5)$$

$$tammikuu \quad Q_{alapohja} = \frac{0,45 \cdot 55 \cdot (17 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 118,4 \text{ kWh}$$

Taulukko 9. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

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

d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (6)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{ikkunat} = \frac{1,8 \cdot 3,0 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 84,2 \text{ kWh}$$

e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (7)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{ovet} = \frac{2,0 \cdot 5,0 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 156,0 \text{ kWh}$$

f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kylmäsillojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsillojen vaikutus arvioi-

daan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ulkovaipan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa.

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{ulkovaippa}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} \quad (8)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkovaippa}} = 617,8 + 386,1 + 119,6 + 84,2 + 156,0 = 1363,7 \text{ kWh}$$

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa.

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{kylmäsilto}} = 0,1 \cdot Q_{\text{ulkovaippa}} \quad (9)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{kylmäsilto}} = 0,1 \cdot 1363,7 = 136,4 \text{ kWh}$$

g) Johtumislämpöhäviöiden summa

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

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} + Q_{\text{kylmäsilto}} + Q_{\text{muu}} \quad (10)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{joht}} = 617,8 + 386,1 + 118,4 + 84,2 + 156,0 + 136,4 + 0 = 1498,9 \text{ kWh}$$

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt.

Kuukausi	Yhteensä Q_{joht} kWh
Tammikuu	1498,9
Helmikuu	1403,4
Maaliskuu	1448,7
Huhtikuu	974,4
Toukokuu	598,3
Kesäkuu	340,2
Heinäkuu	130,2
Elokuu	172,0
Syyskuu	498,5
Lokakuu	774,4
Marraskuu	1109,4
Joulukuu	1342,2
Koko vuosi	10 288

4.2.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan D3/2012 kaavalla 5 (D5/2012 kaava 3.9). Rakennuksessa on yksi kerros, joten kaavassa tarvittavan kertoimen x arvo on 35. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta ei ole tehty erillistä selvitystä, joten rakennusvaipan ilmanvuotolukuna (n_{50}) käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 6 l/h). Tätä arvoa käytetään, jos rakennuslupa on laitettu vireille vuonna 1985 tai sen jälkeen. Rakennusvaipan pinta-ala ja rakennuksen ilmatilavuus saadaan taulukosta 5.

D5/2012 kaava 3.10

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} V \quad (11)$$

$$q_{50} = \frac{6}{206} 165 = 4,81 \frac{m^3}{h m^2}$$

Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena.

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

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaippa}}{3600x} \quad (12)$$

$$\text{kaikki kuukaudet} \quad q_{v,vuotoilma} = \frac{4,81 \cdot 206}{3600 \cdot 35} = 0,0079 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa.

$$\text{D5/2012 kaava 3.8} \quad Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (13)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0079 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 147,1 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltyinä taulukossa 11.

4.2.3 Korvausilman lämpeneminen tilassa

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kaikki tuloilma tulee tiloihin korvausilmana. Korvausilmavirta on siten painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä yhtä suuri kuin poistoilmavirta. Rakennuksen ilmanvaihdon keskimääräiseksi ilmanvaihtuvuudeksi on arvioitu 0,2 1/h. Korvausilmavirta on siten 9,2 L/s. Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan nyt D5/2012 kaavasta 3.15 tammikuussa.

$$\text{D5/2012 kaava 3.15} \quad Q_{iv,korvausilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (14)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{iv,korvausilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0092 \cdot (17 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 172,2 \text{ kWh}$$

4.2.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti D5/2012 kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa. Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kaikki tuloilma tulee tiloihin korvausilmana, joten ilmanvaihdon tuloilman lämpenemisen lämmöntarvetta ei ole. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 11. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa.

$$\text{D5/2012 kaava 3.2} \quad Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (15)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{tila} = 1498,9 + 147,1 + 0 + 172,2 = 1818,2 \text{ kWh}$$

Taulukko 11. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen Q_{joht} kWh	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh	Korvausilma $Q_{iv, korvausilma}$ kWh	Yhteensä Q_{tila} kWh
Tammikuu	1498,9	147,1	172,2	1818,2
Helmikuu	1403,4	136,3	159,5	1699,2
Maaliskuu	1448,7	137,5	160,8	1747
Huhtikuu	974,4	84,9	99,4	1158,7
Toukokuu	598,3	43,8	51,3	693,4
Kesäkuu	340,2	18,8	22,0	381
Heinäkuu	130,2	0,00	0,0	130,2
Elokuu	172,0	6,7	7,8	186,5
Syyskuu	498,5	44,0	51,4	593,9
Lokakuu	774,4	75,8	88,7	88,7
Marraskuu	1109,4	112,1	131,2	1352,7
Joulukuu	1342,2	134,7	157,6	1634,5
Koko vuosi	10288	942	1102	12332

4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

4.3.1 Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 liitteen 2 taulukossa L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi D5/2012 kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskertoimen lasketaan D5/2012 kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskertoimen, ylävarjostuskertoimen ja sivuvarjostuskertoimen on esitetty D5/2012 taulukoissa 5.3–5.5. Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskertoimen riippuvat pinnan suunnasta. Ikkunoiden pinta-alat ja muut ominaisuudet on esitetty taulukossa 8. Laskentaa ei esitetä tässä oppaassa, koska se on käsitelty yksityiskohtaisesti muissa energiatodistuksen laadintaesimerkeissä.

4.3.2 Muut lämpökuormat

Tässä autotallirakennuksessa ei ole muita lämpökuormia.

4.3.3 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

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

D5/2012 kaava
5.10

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (16)$$

tammikuu

$$Q_{sis,lämpö} = 1,0 \cdot 491,2 = 491,2 \text{ kWh}$$

Taulukko 12. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia.

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{lämpökuorma}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{lämpö}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{sis, Lämpö}$ kWh
Tammikuu	3,7	1,00	3,7
Helmikuu	14,6	1,00	14,6
Maaliskuu	40,8	1,00	40,8
Huhtikuu	75,3	1,00	75,3
Toukokuu	99,9	1,00	99,9
Kesäkuu	103,8	0,97	100,2
Heinäkuu	117,3	0,00	0,0
Elokuu	70,9	0,90	64,0
Syyskuu	55,4	1,00	55,3
Lokakuu	18,0	1,00	18,0
Marraskuu	4,9	1,00	4,9
Joulukuu	3,0	1,00	3,0
koko vuosi	607,6		479,7

4.3.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 4.2.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohta 4.3.3. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 13 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa.

D5/2012 kaava 3.1

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{tila} - Q_{sis,lämpö} \quad (17)$$

tammikuu

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = 1818,2 - 3,7 = 1814,7 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 13. Tilojen lämmitysenergian nettotarve.

Kuukausi	Kokonaistarve Q_{tila} kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	1818,2	3,7	1814,7
Helmikuu	1699,2	14,6	1684,7
Maaliskuu	1747	40,8	1706,2
Huhtikuu	1158,7	75,2	1083,4
Toukokuu	693,4	99,5	593,9
Kesäkuu	381	100,2	280,9
Heinäkuu	130,2	0,0	130,2
Elokuu	186,5	64,0	122,5
Syyskuu	593,9	55,3	535,5
Lokakuu	88,7	18,0	920,9
Marraskuu	1352,7	4,9	1347,7
Joulukuu	1634,5	3,0	1631,5
koko vuosi	12332	479	11852

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on tilakohtainen suora sähkölämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,95. Järjestelmässä ei ole jakelun häviöitä lämmittämättömiin tiloihin tai varastointihäviöitä.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla D5/2012 kaavan 6.1 ja taulukossa 13 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla.

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.1} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (18)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{11852}{0,95} + 0 + 0 = 12475,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0,5 kWh/(m² a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

$$\text{D5/2012 kaava 6.2} \quad W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (19)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{\text{tilat}} = 0,5 \cdot 55 = 27,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on huonekohtainen sähkölämmitys (sähköpatterilämmitys). Energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 taulukosta 10 sähköpatterilämmityksen vuosihyötysuhteeksi saadaan 1,00. Tilojen lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten.

$$\text{D5/2012 kaava 6.7} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (20)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat,kulutus}} = \frac{12476}{1,00} = 12476 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua s\u00e4hk\u00f6energiaa.

Tilojen l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n hy\u00f6tysuhde on t\u00e4ss\u00e4 tapauksessa s\u00e4hk\u00f6pattereihin sy\u00f6tetyn s\u00e4hk\u00f6energian suhde s\u00e4hk\u00f6vastuksesta saatavaan l\u00e4mp\u00f6energiaan.

d) Tiloja l\u00e4mm\u00f6ntuottolaitteiston apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6energian kulutus

Rakennuksessa on s\u00e4hk\u00f6patteril\u00e4mmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteen 1 taulukosta 10 l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n s\u00e4hk\u00f6energian ominaiskulutukseksi saadaan $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. L\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutukseksi saadaan n\u00e4in D5/2012 kaavalla 6.9

D5/2012 kaava 6.9

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (21)$$

koko vuosi

$$W_{\text{tilat}} = 0 \cdot 55 = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua s\u00e4hk\u00f6energiaa.

6 Yhteenveto laskennan tuloksista

6.1 Ostoenergiankulutus

Autotallirakennuksen ostoenergiakulutus on 12476+27,5 kWh eli 12503 kWh.

6.2 Kokonaisenergiankulutus

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Sähköenergian kerroin on 1,7. Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin.

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (22)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 12503 = 21\,255,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Tässä rakennuksessa ostoenergiana käytetään vain sähköenergiaa. Kokonaisenergiankulutus on tässä rakennuksessa yhtä suuri kuin sähkönkulutuksen aiheuttama kokonaisenergiankulutus. Tämän rakennuksen E-luku on siis 387 kWh_E/(m² a). (= 21 255,1/55).

6.3 Energiatodistusluokka

Energiatodistusasetuksen (YM asetus 353/2016) liitteessä 2 on määritelty energiatodistuksen luokitusasteikko ”varastorakennukset ja erilliset moottoriajoneuvosuojat”-käyttötarkoituluokalle. Rakennus saa energiatehokkuusluokan G.