

Esimerkkilaskelmat 2018

Rakenteellisen energiatehokkuuden
määräystenmukaisuuden osoittaminen

27.10.2017

Esipuhe

Tässä raportissa esitettävät esimerkkilaskelmat käsittelevät ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2018 olevaa rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden osoittamista. Asetuksen velvoittavista säännöksistä käytetään tässä raportissa nimitystä määräys.

Raportin sovellusesimerkit ja esimerkkilaskelmat eivät sellaisenaan ole asetuksen määräysten tasoisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua ja rakentamista. Rakenteellisen energiatehokkuuden laskimen ja esimerkkilaskelmien tarkoituksena on havainnollistaa määräystenmukaisuuden osoittamista ja selventää omalta osaltaan määräysten tulkintaa ja kohdentumista.

Esimerkkilaskelmat on laatinut ympäristöministeriön toimeksiannosta Mikko Saari VTT Expert Services Oy:stä.

Työtä ovat ympäristöministeriöstä valvoneet ja ohjanneet rakennusneuvos Pekka Kalliomäki ja ympäristöneuvos Maarit Haakana.

Sisältö

| | |
|--|----------|
| Esipuhe | 2 |
| 1 Johdanto | 4 |
| 2 Esimerkkilaskelmia | 5 |
| 2.1 Pientalot | 6 |
| 2.1.1 Maalämpöpumppulämmitys..... | 6 |
| 2.1.2 Suuri ikkunapinta-ala | 9 |
| 2.1.3 Hirsitalo..... | 12 |
| 2.2 Asuinkerrostalo | 15 |
| 2.2.1 Yleisten tilojen ilmanvaihdossa on LTO | 15 |

1 Johdanto

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2018 sisältää uuden tavan osoittaa rakennuksen energiatehokkuuden määräystenmukaisuus. Tässä raportissa esitetään asuinrakennusten rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden osoittamista esimerkkilaskelmin. Taulukossa 1 esitetään rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset.

Vaihtoehtoisena menettelyä E-lukuvaatimukselle on asetuksessa asuinrakennuksille annettu rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset. Näiden vaatimusten täyttyminen osoitetaan pääosin lämpöhäviölaskelmilla, joissa käytettävät rakennusosien lämmönläpäisykertoimien, ilmanvuotoluvun ja poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen vertailuarvot esitetään taulukossa 1. Lisäksi on täytettävä ilmanvaihtojärjestelmälle ja sen ominaissähköteholle sekä rakennuksen lämmitysjärjestelmälle asetetut vaatimukset. Ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho on enintään 1,5 kW/(m³/s). Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma-vesilämpöpumppua.

Taulukko 1. Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset asuinrakennuksille. Lämpöhäviövaatimuksen täyttymisen osoittamisessa käytettävät rakennusosien lämmönläpäisykertoimien, ilmanvuotoluvun ja poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteen vertailuarvot. Lisäksi on täytettävä ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholle ja rakennuksen lämmitysjärjestelmälle asetetut vaatimukset. Käyttötarkoituksiluokkaan 2 kuuluvat vähintään kolmen asuinkerroksen asuinkerrostalot. Muut asuinrakennukset kuuluvat käyttötarkoituksiluokkaan 1.

| RAKENNUSOSAT | Vertailuarvo |
|---|---|
| U-arvo, W/(m² K) | |
| Ulkoseinä (käyttötarkoitukseluokka 1) | 0,12 |
| Ulkoseinä (käyttötarkoitukseluokka 2) | 0,14 |
| Yläpohja | 0,07 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | 0,07 |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva tuuletettu) | 0,10 |
| Alapohja (maanvastainen) | 0,10 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | 0,10 |
| Ikkunat | 0,70 |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut | 0,70 |
| Kattoikkunat | 0,70 |
| Kattovalokuvut | 0,70 |
| RAKENNUKSEN ILMANVUOTOLUKU | |
| q₅₀, m³/(h m²) | 0,6 |
| LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE | |
| η_a, % | 65 |
| KONEELLISEN TULO- JA POISTOILMANVAIHTO-JÄRJESTELMÄN OMINAISSÄHKÖTEHO | Enimmäisarvo |
| kW/(m³/s) | 1,5 |
| RAKENNUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ | Vaatus |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä | Kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma-vesilämpöpumppua |

2 Esimerkilaskelmia

Seuraavissa esimerkilaskelmissa esitetään käyttötarkoituserkkojen 1 ja 2 mukaisten rakennusten energiatehokkuusvaatimusten täyttymistä rakenteellisen energiatehokkuuden menetelmällä.

Käyttötarkoituserkko 1) Pienet asuinrakennukset:

Esimerkki 1: pientalo, jossa on maalämpöpumppu
Esimerkki 2: pientalo, jossa on suuri ikkunapinta-ala
Esimerkki 3: pientalo, jossa on hirsiseinät

Käyttötarkoituserkko 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa:

Esimerkki 1: kerrostalo, jonka yleisissä tiloissa on LTO

2.1 Pientalot

2.1.1 Maalämpöpumppulämmitys

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 163 m². Lämmitysjärjestelmänä on maalämpöpumppu, joka täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.

Ulkoseinien, yläpohjan ja ikkunoiden U-arvot vastasivat vertailuarvoja. Sen sijaan rakenneteknisten syiden takia alapohjan ja ovien U-arvot olivat vertailuarvoja huonompia.

Ilmanpitävyyteen kiinnitetään huomiota rakennusvaiheessa, mutta ennen rakennuksen käyttöönottoa mitattu ilmanvuotoluku q_{50} oli 1,0 m³/(h m²), mikä ylitti ilmanvuotoluvun vertailuarvon. Koska rakennuksen viimeistelytyöt oli jo tehty, ilmanpitävyyttä ei pystytty enää parantamaan tiivistysteknisin keinoin.

Vaipan ja vuotoilman yhteenlaskettu lämpöhäviö ylitti vertailutason. Ylityksen takia ilmanvaihdon lämpöhäviötä on pienennettävä vertailutason alapuolelle.

Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden osoittamisessa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua poistoilmavirtaa. Poistoilmavirtana käytetään asetuksen mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti. Lämmitetty nettopinta-ala on 147 m². Asetuksen mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhte t_d on 1. Määräystenmukaisuuden osoittamisessa käytettävä ilmavirta $q_{v,p}$ on

$$q_{v,p} = 0,4 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 147 \text{ m}^2 \cdot 24\text{h}/24\text{h} \cdot 7\text{vrk}/7\text{vrk} = 59 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,059 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suunnitellulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä ominaissähköteho on 1,0 kW/(m³/s), mikä on parempi arvo kuin rakenteellisen energiatehokkuuden enimmäisarvo 1,5 kW/(m³/s).

Ilmanvaihdon lämpöhäviötä pienennetään valitsemalla vertailutasoa parempi ilmanvaihdon lämmöntalteenottoalaite, jolla ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 75 %. Keittiön liesikuvussa on tehokas rasvasuodatin ja hyvä kärynsieppauskyky. Liesikuvun poistoilmavirta johdetaan väljän kanavan kautta kokonaisuudessaan lämmöntalteenoton kautta ulos.

Parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.

| | | |
|----------------------------|---|-------------------|
| Rakennuskohde | Lue ohjeet ✓ | Pientalo 1 |
| Rakennuslupatunnus | | Esimerkki |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 15 % kerrostasosalasta. | |
| Pääsuunnittelija | | |
| Laskelman tekijä | | |
| Päiväys | | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ RAKENTEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET | |

Rakennuksen yleistiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 522 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 163 m ² |
| Lämmitetty nettoala | 147 m ² |
| Käyttötarkoitusluokka (1 tai 2) | 1 |
| Rakennuksen kerrosmäärä | 1 kerrosta |

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 146 m²
Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 17 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta

LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET

| VAIPAN LÄMPÖHÄVIÖ | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|---|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Rakennusosat | | | | | | |
| Ulkoseinä | 113 | 113 | 0,12 | 0,12 | 13,6 | 13,6 |
| Massiivipuuseinä ¹⁾ | | | 0,12 | | - | - |
| Yläpohja | 147 | 147 | 0,07 | 0,07 | 10,3 | 10,3 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,07 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) | | | 0,10 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 147 | 0,10 | 0,12 | 14,7 | 17,6 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,10 | | - | - |
| Ikkunat | 24,5 | 24,5 | 0,70 | 0,70 | 17,2 | 17,2 |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾ | 8,2 | | 0,70 | 0,90 | 5,7 | 7,4 |
| Kattoikkunat | | | 0,70 | | - | - |
| Kattovalokuvut | | | 0,70 | | - | - |
| Yhteensä | 440 | 440 | | | 61,4 | 66,0 |

¹⁾ Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

²⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

| VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖ | Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = q ₅₀ / 35 · A/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}] | |
|--|---|----------------------|---|----------------------|---|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Vuotoilmavirta | | | | | | |
| Koko rakennusvaippa | 0,6 | 1,0 | 0,0021 | 0,0035 | 2,5 | 4,2 |
| ILMANVAIHDON LÄMPÖHÄVIÖ | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}] | | Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v,p} · (1-η _a)] | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Hallittu ilmanvaihdon ilmavirta | | | | | | |
| Tilat, LTO-vaatimus | | 0,059 | 65 | 75 | 24,7 | 17,6 |
| Tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - |

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | |
|-----------------------------------|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Ominaislämpöhäviö yhteensä | 89 | 88 |

ILMANVAIHTOJARJESTELMAN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------------------|--------------------------|
| Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä | Kyllä | Ei |
| | x | |
| Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s) | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- ratkaisu |
| | 1,5 | 1,0 |

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------|----|
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytetty: Kaukolämpöä Maalämpöpumpua Ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumpua | Kyllä | Ei |
| | | x |
| | x | |
| | | x |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Rakennuskohde | Pientalo 1 |
| Rakennuslupatunnus | Esimerkki |

Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimustenmukaisuuden tarkistuslista

| | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Pinta-alat Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | v | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| Rakennusvaipan ilmanpitävyys Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Enimmäisarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>4</td> <td>1,00</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 4 | 1,00 |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 4 | 1,00 | | | | | | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Vertailuarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>89 W/K</td> <td>88 W/K</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | v | | 89 W/K | 88 W/K |
| kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 89 W/K | 88 W/K | | | | | | |
| Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä Suunnitteluratkaisun ominaissähköteho on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Enimmäisarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>1,50 kW/(m³/s)</td> <td>1,00 kW/(m³/s)</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 1,50 kW/(m ³ /s) | 1,00 kW/(m ³ /s) |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 1,50 kW/(m ³ /s) | 1,00 kW/(m ³ /s) | | | | | | |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmän vaatimukset Lämmitysjärjestelmänä käytetään kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmapesilämpöpumppua. | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| Tarkistuslistan yhteenveto Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |

© Ympäristöministeriö, Rakenteellisen energiatehokkuuden laskin 2017 (versio lokakuu 2017)

Lisätietoja

| |
|--|
| Rakennuksen lämpöhäviö Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta löytyy lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Rakennuksen tulee olla varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Lämmitysjärjestelmän vaatimukset Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmapesilämpöpumppua. |
| Energiaselvitys Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden tarkastelu ja osoittaminen on osa energiaselvitystä. |

Huomautus

Tässä esitetyt rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset koskevat asuinrakennuksia, joiden kerrosala on 50 m² tai enemmän.

2.1.2 Suuri ikkunapinta-ala

Esimerkkikohteena on sama 1-kerroksinen pientalo, kuin kohdassa 2.1.1, mutta talossa on suuremmat ikkunat. Suuren ikkunapinta-alan takia talon vaipan lämpöhäviö olisi 23 % suurempi kuin rakenteellisen energiatehokkuuden vertailuratkaisun. Lämmitysjärjestelmänä on ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumppu, joka täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.

Koska kohteessa on paljon ikkunapinta-alaa, saavutetaan ikkunoiden parantamisella suhteessa suuri hyöty. Ikkunoiden U-arvoa parannetaan vertailuarvosta 0,7 W/(m²K) arvoon 0,59 W/(m²K). Ulkoseinän U-arvoa parannetaan vertailuarvosta 0,12 W/(m²K) arvoon 0,10 W/(m²K). Muiden rakennusosien U-arvot ovat vertailuarvojen suuruisia.

Vaipan ilmanpitävyyteen kiinnitettiin erityistä huomiota rakennusvaiheessa. Ennen rakennuksen käyttöönottoa mitattu ilmanvuotoluku q_{50} oli 0,6 m³/(h m²), mikä on yhtä suuri kuin ilmanvuotoluvun vertailuarvo.

Vaipan ja vuotoilman yhteenlaskettu lämpöhäviö ylitti vertailutason. Ylityksen takia ilmanvaihdon lämpöhäviötä on pienennettävä vertailutason alapuolelle.

Ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotetun poistoilmavirran määrittäminen esitetään kohdassa 2.1.1.

Suunnitellulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä ominaissähköteho on 1,4 kW/(m³/s), mikä on parempi arvo kuin rakenteellisen energiatehokkuuden enimmäisarvo 1,5 kW/(m³/s).

Ilmanvaihdon lämpöhäviötä pienennetään valitsemalla vertailutasoa parempi ilmanvaihdon lämmöntalteenotto-laite, jolla ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 75 %. Keittiön liesikuvussa on tehokas rasvasuodatin ja hyvä kärynsieppauskyky. Liesikuvun poistoilmavirta johdetaan väljän kanavan kautta kokonaisuudessaan lämmöntalteenoton kautta ulos.

Parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen

| | | |
|----------------------------|--------------|---|
| Rakennuskohde | Lue ohjeet ✓ | Pientalo 2 |
| Rakennuslupatunnus | | Esimerkki |
| Rakennustyyppi | | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 30 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | | |
| Laskelman tekijä | | |
| Päiväys | | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | | TÄYTTÄÄ RAKENTEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET |

Rakennuksen yleistiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 522 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 163 m ² |
| Lämmitetty nettoala | 147 m ² |
| Käyttötarkoitusluokka (1 tai 2) | 1 |
| Rakennuksen kerrosmäärä | 1 kerrosta |

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 146 m²
Ikkunapinta-ala on 30 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 34 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta

| LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET | | | | Lämpöhäviöiden tasaus | | |
|---|--|------------------|---|---|--|----------------------|
| VAIPAN LÄMPÖHÄVIÖ | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A · U] | |
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-ratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu |
| Rakennusosat | | | | | | |
| Ulkoseinä | 113 | 89 | 0,12 | 0,10 | 13,6 | 8,9 |
| Massiivipuuseinä ¹⁾ | | | 0,12 | | - | - |
| Yläpohja | 147 | 147 | 0,07 | 0,07 | 10,3 | 10,3 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,07 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) | | | 0,10 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 147 | 0,10 | 0,10 | 14,7 | 14,7 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,10 | | - | - |
| Ikkunat | 24,5 | 49,0 | 0,70 | 0,59 | 17,2 | 28,9 |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾ | 8,2 | | 0,70 | 0,70 | 5,7 | 5,7 |
| Kattoikkunat | | | 0,70 | | - | - |
| Kattovalokuvut | | | 0,70 | | - | - |
| Yhteensä | 440 | 440 | | | 61,4 | 68,5 |
| ¹⁾ Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm. ²⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut. | | | | | | |
| VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖ | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v, v}] | | |
| VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖ | Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = q ₅₀ / 35 · A/3600] | | Vertailu-ratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu |
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | | |
| Vuotoilmavirta | | | | | | |
| Koko rakennusvaippa | 0,6 | 0,6 | 0,0021 | 0,0021 | 2,5 | 2,5 |
| ILMANVAIHDON LÄMPÖHÄVIÖ | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v, p} · (1-η _a)] | | |
| ILMANVAIHDON LÄMPÖHÄVIÖ | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Vertailu-ratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu |
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | | |
| Hallittu ilmanvaihdon ilmavirta | | | | | | |
| Tilat, LTO-vaatimus | | 0,059 | 65 | 75 | 24,7 | 17,6 |
| Tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | |
| Ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 89 | 89 |

| ILMANVAIHTOJARJESTELMAN VAATIMUKSET | | Kyllä | Ei |
|---|--|--------------|----------------------|
| Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä | | X | |
| Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s) | | Enimmäisarvo | Suunnittelu-ratkaisu |
| | | 1,5 | 1,4 |

| LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET | | Kyllä | Ei |
|---|--|-------|----|
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytetty: | | | |
| Kaukolämpöä | | | X |
| Maalämpöpumppua | | | X |
| Ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumppua | | X | |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Rakennuskohde | Pientalo 2 |
| Rakennuslupatunnus | Esimerkki |

| Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimustenmukaisuuden tarkistuslista | | | |
|--|--|---|-----------------------------|
| Pinta-alat | | | |
| Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa | | <input checked="" type="checkbox"/> v | <input type="checkbox"/> |
| Rakennusvaipan ilmanpitävyys | | | |
| Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| | | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo |
| | | 4 | 0,60 |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | |
| Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| | | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo |
| | | 89 W/K | 89 W/K |
| Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset | | | |
| Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> v | <input type="checkbox"/> |
| Suunnitteluratkaisun ominaissähköteho on enintään enimmäisarvon suuruinen | | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo |
| | | 1,50 kW/(m ³ /s) | 1,40 kW/(m ³ /s) |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmän vaatimukset | | | |
| Lämmitysjärjestelmänä käytetään kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmavesilämpöpumppua. | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> v | <input type="checkbox"/> |
| Tarkistuslistan yhteenveto | | | |
| Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset | | <input checked="" type="checkbox"/> kyllä | <input type="checkbox"/> ei |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> v | <input type="checkbox"/> |

© Ympäristöministeriö, Rakenteellisen energiatehokkuuden laskin 2017 (versio lokakuu 2017)

| Lisätietoja |
|--|
| Rakennuksen lämpöhäviö Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta löytyy lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Rakennuksen tulee olla varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Lämmitysjärjestelmän vaatimukset Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmavesilämpöpumppua. |
| Energiaselvitys Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden tarkastelu ja osoittaminen on osa energiaselvitystä. |

| Huomautus |
|--|
| Tässä esitetyt rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset koskevat asuinrakennuksia, joiden kerrosala on 50 m ² tai enemmän. |

2.1.3 Hirsitalo

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 78 m². Lämmitysjärjestelmänä on ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumppu, joka täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.

Kohteessa olisi haluttu käyttää ulkoseinissä eristämätöntä massiivihirttä, mutta tällöin seinärakenteen U-arvo olisi ollut 0,53 W/(m²K). Massiivihirsiseinä eristettiin ulkopuolelta niin, että seinärakenteen U-arvo parani arvoon 0,19 W/(m²K). Tämä ylittää selvästi vertailutason. Tässä kohteessa vaipan lämpöhäviötä pienennettiin alapohjassa, ikkunoissa ja ovissa. Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan U-arvoa parannettiin vertailuarvosta 0,10 W/(m²K) arvoon 0,07 W/(m²K). Ikkunoiden U-arvoa parannetaan vertailuarvosta 0,7 W/(m²K) arvoon 0,49 W/(m²K). Ovien U-arvoa parannetaan vertailuarvosta 0,70 W/(m²K) arvoon 0,62 W/(m²K). Yläpohjan U-arvo vastasi vertailuarvoa.

Rakennuksen vaipan ilmapuotojen minimoimiseksi kiinnitettiin työn laatuun erityistä huomiota ja rakennuksen ilmanpitävyys mitattiin ennen rakennuksen käyttöönottoa. Mittausten mukaan vaipan ilmapuotoluvun q₅₀ arvoksi osoittautui 1,0 m³/(h m²), mikä on suurempi kuin vertailuarvo.

Vaipan ja vuotoilman yhteenlaskettu lämpöhäviö ylitti vertailutason. Ylityksen takia ilmanvaihdon lämpöhäviötä on pienennettävä vertailutason alapuolelle.

Poistoilmavirtana käytetään asetuksen mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti. Lämmitetty nettopinta-ala on 71 m². Asetuksen mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhde t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhde t_d on 1. Tasauslaskelmissa käytettävä ilmavirta q_{v, p} on

$$q_{v, p} = 0,4 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 71 \text{ m}^2 \cdot 24\text{h}/24\text{h} \cdot 7\text{vrk}/7\text{vrk} = 28 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,028 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suunnitellulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä ominaissähköteho on 1,0 kW/(m³/s), mikä on parempi arvo kuin rakenteellisen energiatehokkuuden enimmäisarvo 1,5 kW/(m³/s).

Lämmöntalteenoton osalta valitaan käytettäväksi ratkaisu, jonka vuosihyötysuhde on erillisen selvityksen mukaan 75 %, joka on parempi kuin rakenteellisen energiatehokkuuden vertailuarvo 65 %. Keittiön liesikuvussa on tehokas rasvasuodatin ja kuvun poistoilmavirta johdetaan lämmöntalteenoton kautta ulos.

Parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen

| | | |
|----------------------------|---|-------------------|
| Rakennuskohde | Lue ohjeet ✓ | Pientalo 3 |
| Rakennuslupatunnus | | Esimerkki |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen massiivihirsiseinäinen pientalo, ikkunapinta-ala 12 % kerrostasoalasta. | |
| Pääsuunnittelija | | |
| Laskelman tekijä | | |
| Päiväys | | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ RAKENTEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET | |

Rakennuksen yleistiedot

| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Rakennustilavuus | 250 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä | 78 m ² |
| Lämmitetty nettoala | 71 m ² |
| Käyttötarkoitusluokka (1 tai 2) | 1 |
| Rakennuksen kerrosmäärä | 1 kerrosta |

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 103 m²
Ikkunapinta-ala on 20 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta

LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET

| VAIPAN LÄMPÖHÄVIÖ | Pinta-alat, m ² | | U-arvot, W/(m ² K) | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|---|----------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Rakennusosat | | | | | | |
| Ulkoseinä | 4 | 4 | 0,12 | 0,14 | 0,5 | 0,6 |
| Massiivipuuseinä ¹⁾ | 81 | 78 | 0,12 | 0,19 | 9,8 | 14,8 |
| Yläpohja | 75 | 75 | 0,07 | 0,07 | 5,3 | 5,3 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,07 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) | | 71 | 0,10 | 0,07 | 7,1 | 5,0 |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,10 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,10 | | - | - |
| Ikkunat | 11,7 | 15,3 | 0,70 | 0,49 | 8,2 | 7,5 |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾ | 5,7 | | 0,70 | 0,62 | 4,0 | 3,5 |
| Kattoikkunat | | | 0,70 | | - | - |
| Kattovalokuvut | | | 0,70 | | - | - |
| Yhteensä | 249 | 249 | | | 34,8 | 36,6 |

¹⁾ Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

²⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

| VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖ | Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) | | Vuotoilmavirta, m ³ /s | | Ominaislämpöhäviö, W/K | |
|-----------------------|---|----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Vuotoilmavirta | | | | | | |
| Koko rakennusvaippa | 0,6 | 1,0 | 0,0012 | 0,0020 | 1,4 | 2,4 |

| ILMANVAIHDON LÄMPÖHÄVIÖ | Poistoilmavirta, m ³ /s | | Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K | |
|--|------------------------------------|----------------------|---|----------------------|------------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Hallittu ilmanvaihdon ilmavirta | | | | | | |
| Tilat, LTO-vaatimus | | 0,028 | 65 | 75 | 11,9 | 8,5 |
| Tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - |

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Ominaislämpöhäviö yhteensä | 48 | 48 |

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------------------|--------------------------|
| Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä | Kyllä | Ei |
| | X | |
| Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s) | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- ratkaisu |
| | 1,5 | 1,0 |

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------|----|
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytetty: | Kyllä | Ei |
| Kaukolämpöä | | X |
| Maalämpöpumppua | | X |
| Ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumppua | X | |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Rakennuskohde | Pientalo 3 |
| Rakennuslupatunnus | Esimerkki |

Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimustenmukaisuuden tarkistuslista

| | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Pinta-alat Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | v | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| Rakennusvaipan ilmanpitävyys Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Enimmäisarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>4</td> <td>1,00</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 4 | 1,00 |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 4 | 1,00 | | | | | | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Vertailuarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>48 W/K</td> <td>48 W/K</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | v | | 48 W/K | 48 W/K |
| kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 48 W/K | 48 W/K | | | | | | |
| Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä Suunnitteluratkaisun ominaissähköteho on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> <td>Enimmäisarvo</td> <td>Suunnitteluarvo</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> <td>1,50 kW/(m³/s)</td> <td>1,00 kW/(m³/s)</td> </tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 1,50 kW/(m ³ /s) | 1,00 kW/(m ³ /s) |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | |
| v | | 1,50 kW/(m ³ /s) | 1,00 kW/(m ³ /s) | | | | | | |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmän vaatimukset Lämmitysjärjestelmänä käytetään kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma-vesilämpöpumppua. | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |
| Tarkistuslistan yhteenveto Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset | <table border="1"> <tr> <td>kyllä</td> <td>ei</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td></td> </tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | |

© Ympäristöministeriö, Rakenteellisen energiatehokkuuden laskin 2017 (versio lokakuu 2017)

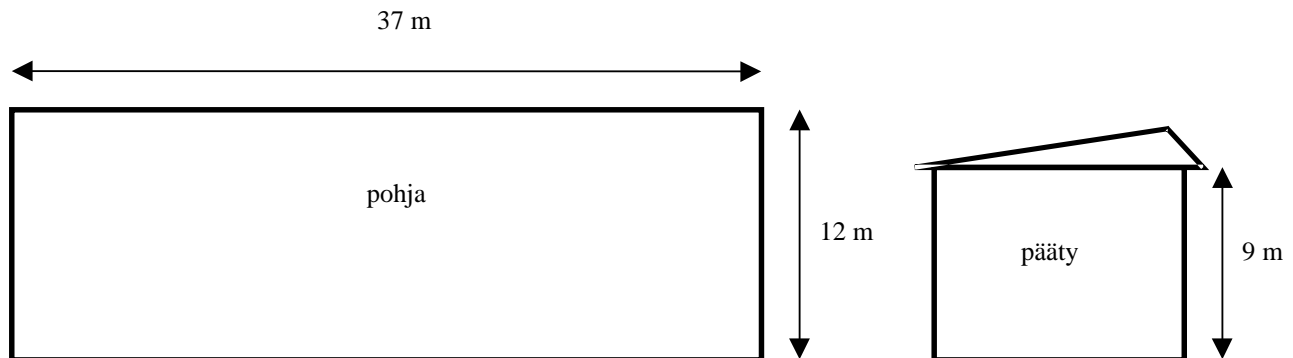
| |
|--|
| Lisätietoja |
| Rakennuksen lämpöhäviö Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta löytyy lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Rakennuksen tulee olla varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Lämmitysjärjestelmän vaatimukset Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma-vesilämpöpumppua. |
| Energiaselvitys Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden tarkastelu ja osoittaminen on osa energiaselvitystä. |

| |
|--|
| Huomautus Tässä esitetyt rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset koskevat asuinrakennuksia, joiden kerrosala on 50 m ² tai enemmän. |
|--|

2.2 Asuinkerrostalo

2.2.1 Yleisten tilojen ilmanvaihdossa on LTO

Esimerkkikohteena on 3-kerroksinen asuinkerrostalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 1 330 m². Talossa on 17 huoneistoa. Lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpö, joka täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.



Ulkoseinät ovat puuelementtirakenteisia ja niiden U-arvo on 0,14 W/(m²K). Muidenkin vaipan rakennusosien U-arvot ovat rakenteellisen energiatehokkuuden vertailuarvojen mukaisia.

Rakennuksen vaipan ilmapuotojen minimoimiseksi kiinnitettiin työn laatuun erityistä huomiota ja rakennuksen ilmanpitävyys mitattiin ennen rakennuksen käyttöönottoa. Mittausten mukaan vaipan ilmapuotoluvun q_{50} arvoksi osoittautui 2,0 m³/(h m²), joka on huonompi kuin rakenteellisen energiatehokkuuden vertailuarvo 0,6 m³/(h m²).

Vuotoilman lämpöhäviö ylitti vertailutason. Ylityksen takia ilmanvaihdon lämpöhäviötä on pienennettävä vertailutason alapuolelle.

Rakenteellisen energiatehokkuuden lämpöhäviölaskennassa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua poistoilmavirtaa. Poistoilmavirtana käytetään asetuksen mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti, koska ilmanvaihto on asukkaiden ohjattavissa huoneistokohtaisesti. Todellinen suunniteltu ilmavirta poikkesi tästä ilmavirrasta. Lämmitetty nettopinta-ala on 1215 m². Asetuksen mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhte t_d on 1. Lämpöhäviölaskelmissa käytettävä ilmavirta $q_{v,p}$ on

$$q_{v,p} = 0,4 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 1215 \text{ m}^2 \cdot 24\text{h}/24\text{h} \cdot 7\text{vrk}/7\text{vrk} = 486 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,486 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suunnitellulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä ominaisräköteho on 1,5 kW/(m³/s), mikä on sama kuin rakenteellisen energiatehokkuuden enimmäisarvo 1,5 kW/(m³/s).

Asuinhuoneistojen ilmanvaihto on toteutettu huoneistokohtaisilla tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla, joiden lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde on 75 %. Myös yleisten tilojen ilmanvaihto on toteutettu hajautetuilla tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla, joiden lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde on 65 %. Koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde laskettiin ympäristöministeriö www-sivuilta löytyvällä LTO-laskimella (oheinen taulukko). LTO:n vuosihyötysuhdetta määritettäessä ilmavirtoina käytetään suunniteltuja ilmavirtoja. Koko

rakennuksen ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteeksi saadaan 73,5 %. Tätä arvoa käytetään rakenteellisen energiatehokkuuden lämpöhäviölaskennassa.

Rakenteellisen energiatehokkuuden lämpöhäviölaskelman mukaan rakennuksen ominaislämpöhäviö on 2 % pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimuksen.

Aputaulukot, joilla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskennassa tarvittavat keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteet,

kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
 Taulukko 2. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
 Taulukko 3. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat puoliämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
 Taulukko 4. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat puoliämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

| | |
|--------------------|---|
| Rakennuskohde | Asuinkerrostalo 1 |
| Rakennuslupatunnus | Esimerkki |
| Rakennustyyppi | 3-kerroksinen asuinkerrostalo, huoneistokohtaiset |
| Pääsuunnittelija | ilmanvaihtokoneet, myös yleisissä tiloissa LTO |
| Laskelman tekijä | |
| Päiväys | |

| TASAUUSLASKENTA-LOMAKKEESEEN | |
|--|---|
| Poistoilmavirta, m ³ [q _{v,s}] | Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] |
| 0,578 | 73,5 % |

Taulukko 1. Lämpimät tilat

| Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet | | Käyttötapa | Mitoitus- tuloilmavirta m ³ /s | Mitoitus- poistoilmavirta m ³ /s | Käyttö- ilmavirta- kerroin | Käyttöajan keskimääräinen poistoilmavirta, m ³ /s | Käyntiaikatekijät | | Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m ³ /s | Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _{a, ikkone}] |
|---|------------------------------|------------|---|---|----------------------------------|--|-------------------|----------------|---|--|
| Kone | Palvelualue | | | | | | τ _d | τ _w | | |
| TK/PK1-17 | Huoneistot | Jatkuva | 0,468 | 0,493 | 1 | 0,493 | 24 | 7 | 0,493 | 75 % |
| TK/PK18-20 | Porras, hissi, varastot, VSS | Jatkuva | | 0,085 | 1 | 0,085 | 24 | 7 | 0,085 | 65 % |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |
| | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | |

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2017 (versio maaliskuu 2017)

| | | |
|----------------------------|--------------|--|
| Rakennuskohde | Lue ohjeet ✓ | Asuinkerrostalo 1 |
| Rakennuslupatunnus | | Esimerkki |
| Rakennustyyppi | | 3-kerroksinen asuinkerrostalo, myös yleisissä tiloissa LTO |
| Pääsuunnittelija | | |
| Laskelman tekijä | | |
| Päiväys | | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | | TÄYTTÄÄ RAKENTEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET |

Rakennuksen yleistiedot

| | |
|--|--------------------------|
| Rakennustilavuus | 4 220 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä | 1 330 m ² |
| Lämmitetty nettoala | 1 215 m ² |
| Käyttötarkoitusluokka (1 tai 2) | 2 |
| Ilmanvaihdon huoneistokohtainen ohjausmahdollisuus (0 tai 1) | 1 |
| Rakennuksen kerrosmäärä | 3 kerrosta |

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 826 m²
Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
Ikkunapinta-ala on 24 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 98 % vertailutasosta

LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET

| VAIPAN LÄMPÖHÄVIÖ | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|---|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Rakennusosat | | | | | | |
| Ulkoseinä | 580 | 580 | 0,14 | 0,14 | 81,2 | 81,2 |
| Massiivipuuseinä ¹⁾ | | | 0,14 | | - | - |
| Yläpohja | 405 | 405 | 0,07 | 0,07 | 28,4 | 28,4 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,07 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) | | 405 | 0,10 | 0,10 | 40,5 | 40,5 |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,10 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,10 | | - | - |
| Ikkunat | 199,5 | 199,5 | 0,70 | 0,70 | 139,7 | 139,7 |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾ | 46,0 | | 0,70 | 0,70 | 32,2 | 32,2 |
| Kattoikkunat | | | 0,70 | | - | - |
| Kattovalokuvut | | | 0,70 | | - | - |
| Yhteensä | 1 636 | 1 636 | | | 321,9 | 321,9 |

¹⁾ Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

²⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

| VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖ | Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = q ₅₀ / 20 · A/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}] | |
|--|---|----------------------|---|----------------------|---|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Vuotoilmavirta | | | | | | |
| Koko rakennusvaippa | 0,6 | 2,0 | 0,0136 | 0,0454 | 16,4 | 54,5 |
| ILMANVAIHDON LÄMPÖHÄVIÖ | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}] | | Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v,p} · (1-η _a)] | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Hallittu ilmanvaihdon ilmavirta | | | | | | |
| Tilat, LTO-vaatimus | | 0,486 | 65 | 73,5 | 204,1 | 154,5 |
| Tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - |

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | |
|-----------------------------------|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Ominaislämpöhäviö yhteensä | 542 | 531 |

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMAN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------------------|--------------------------|
| Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä | Kyllä | Ei |
| | X | |
| Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s) | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- ratkaisu |
| | 1,5 | 1,5 |

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

| | | |
|---|-------|----|
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytetty: Kaukolämpöä Maalämpöpumppua Ulkoilmasta veteen lämpöä siirtävä lämpöpumppua | Kyllä | Ei |
| | X | |
| | | X |
| | | X |

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Rakennuskohde | Asuinkerrostalo 1 |
| Rakennuslupatunnus | Esimerkki |

| Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimustenmukaisuuden tarkistuslista | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-----------------|--------------|-----------------|---|--|----------------|----------------|--|--|
| Pinta-alat Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuisissa | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td></tr> <tr><td>v</td><td></td></tr> <tr><td>v</td><td></td></tr> </table> | kyllä | ei | v | | v | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | | | |
| Rakennusvaipan ilmanpitävyys Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td><td>Enimmäisarvo</td><td>Suunnitteluarvo</td></tr> <tr><td>v</td><td></td><td>4</td><td>2,00</td></tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 4 | 2,00 | | |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | | | |
| v | | 4 | 2,00 | | | | | | | | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td><td>Vertailuarvo</td><td>Suunnitteluarvo</td></tr> <tr><td>v</td><td></td><td>542 W/K</td><td>531 W/K</td></tr> </table> | kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | v | | 542 W/K | 531 W/K | | |
| kyllä | ei | Vertailuarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | | | |
| v | | 542 W/K | 531 W/K | | | | | | | | |
| Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä Suunnitteluratkaisun ominaissähköteho on enintään enimmäisarvon suuruinen | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td><td>Enimmäisarvo</td><td>Suunnitteluarvo</td></tr> <tr><td>v</td><td></td><td>1,50 kW/(m³/s)</td><td>1,50 kW/(m³/s)</td></tr> </table> | kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | v | | 1,50 kW/(m³/s) | 1,50 kW/(m³/s) | | |
| kyllä | ei | Enimmäisarvo | Suunnitteluarvo | | | | | | | | |
| v | | 1,50 kW/(m³/s) | 1,50 kW/(m³/s) | | | | | | | | |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmän vaatimukset Lämmitysjärjestelmänä käytetään kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmavesilämpöpumppua. | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td></tr> <tr><td>v</td><td></td></tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | | | |
| Tarkistuslistan yhteenveto Suunnitteluratkaisu täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset | <table border="1"> <tr><td>kyllä</td><td>ei</td></tr> <tr><td>v</td><td></td></tr> </table> | kyllä | ei | v | | | | | | | |
| kyllä | ei | | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | | | |

© Ympäristöministeriö, Rakenteellisen energiatehokkuuden laskin 2017 (versio lokakuu 2017)

| Lisätietoja |
|--|
| Rakennuksen lämpöhäviö Rakennuksen lämpöhäviön laskennasta löytyy lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset Rakennuksen tulee olla varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Lisätietoa asetuksesta ja Tasauslaskentaoppaasta 2017. |
| Lämmitysjärjestelmän vaatimukset Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilmavesilämpöpumppua. |
| Energiaselvitys Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden tarkastelu ja osoittaminen on osa energiaselvitystä. |

| Huomautus |
|--|
| Tässä esitetyt rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset koskevat asuinrakennuksia, joiden kerrosala on 50 m ² tai enemmän. |