

Tasauslaskentaopas 2012

Rakennuksen lämpöhäviön
määräystenmukaisuuden osoittaminen

24.11.2011

Esipuhe

Tämä opas käsittelee Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 lämpöhäviön vaatimustenmukaisuuden osoittamista. Aikaisemmat lämmöneristysvaatimukset (RakMk 2010 osa C3) ja ilmanvaihdon energiatehokkuusvaatimukset (RakMk 2010 osa D2) esitetään kootusti osassa D3/2012. Oppaassa käsitellään yksityiskohtaisesti lämpöhäviöiden tasauslaskenta, vaipan ilmanpitävyyden osoittaminen ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta. Opas sisältää esimerkkejä eri rakennustyyppien tasauslaskelmista. Uutena esitetään esimerkkilaskelma lomiasunnon lämpöhäviövaatimusten osoittamisesta.

Tämä opas on päivitetty versio Tasauslaskentaoppaasta 2010 (6.5.2010), Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen.

Oppaan sovellusesimerkit, suositukset ja lisätiedot eivät sellaisenaan ole rakentamismääräyskokoelman määräysten tai ohjeiden taseisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua ja rakentamista. Oppaan tarkoituksena on havainnollistaa määräystenmukaisuuden osoittamista ja selventää määräysten ja ohjeiden tulkintaa ja kohdentumista.

Oppaan ovat laatineet ympäristöministeriön toimeksiannosta Mikko Saari, Petri Kukkonen, Risto Ruotsalainen ja Mikko Nyman VTT Expert Services Oy:stä. Aiemmin julkaistun aineiston laatimiseen ovat osallistuneet myös filosofian maisteri Erkki Kokko (Ympäristöopas 106) ja tekniikan lisensiaatti Mika Vuolle (moniste 122).

Työtä ovat ympäristöministeriön puolesta valvoneet ja ohjanneet yli-insinöörit Pekka Kalliomäki ja Maarit Haakana.

Sisältö

Esipuhe	2
1 Johdanto	6
2 Määritelmiä ja käsitteitä	8
3 Määräystenmukaisuuden osoittaminen	10
3.1 Tasauslaskenta.....	10
3.1.1 Tasauslaskennan periaatteet	10
3.1.2 Lämpöhäviövaatimuksen täyttymisen ehdot.....	12
3.1.3 Esimerkki lämpöhäviövaatimuksen täyttämisestä.....	14
3.2 Rakennuksen pinta-alojen ja tilavuuksien määrittäminen	17
3.3 Rakennuksen vaipan lämpöhäviö	17
3.3.1 Rakennuksen vaipan lämpöhäviön laskenta.....	17
3.3.2 Rakennusosien pinta-alojen määrittäminen	18
3.3.3 Rakennusosien lämmönläpäisykerroimet.....	19
3.3.4 Alapohjarakenteet lämpöhäviöiden tasauslaskennassa.....	20
3.3.5 Maanvastaisten rakennusosien ja alapohjien vertailuarvot.....	20
3.3.6 Ikkunoiden, ovien ja tuuletusluukkujen vertailuarvot	21
3.3.7 Kattovalokuvut ja valoaukolliset savunpoistoluukut.....	22
3.3.8 Ovi, huoltoluukku ja tuuletusluukku	22
3.3.9 Kylmäsiltojen huomioon ottaminen	22
3.3.10 Hirsiseinän lämmönläpäisykerroin	23
3.3.11 Loma-asunnon vaipan lämpöhäviö	23
3.4 Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö.....	24
3.4.1 Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviön laskenta	24
3.4.2 Vuotoilmavirta.....	24
3.4.3 Ilmanpitävyyden osoittaminen	24
3.5 Ilmanvaihdon lämpöhäviö.....	26
3.5.1 Ilmanvaihdon lämpöhäviön laskenta	26
3.5.2 Ilmavirrat	26
3.5.3 Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	27
4 Esimerkki loma-asunnon lämpöhäviövaatimuksen täyttämisestä	29
LIITE 1 Tasauslaskentalomake ja sen täyttöohje	31
1 Määräystenmukaisuuden osoittaminen	31
2 Lämpöhäviöiden tasauslaskentataulukon käyttö	33
2.1 Kohteen tiedot ja rakennuksen laajuustiedot.....	33
2.2 Rakennusosien pinta-alat	34
2.3 Rakennusosien U-arvot.....	34
2.4 Vaipan ominaislämpöhäviöt.....	34
2.5 Vaipan ilmavuodot	34
2.6 Ilmavirrat.....	34
2.7 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.....	34
2.8 Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöt	35
3 Määräystenmukaisuuden tarkistuslistan käyttö	35
3.1 Yleistä	35
3.2 Pinta-ala- ja lämpöhäviövaatimukset.....	35

LIITE 2 Lämmönjohtavuus ja lämmönläpäisykerroin	36
1 Lämmönjohtavuus.....	36
1.1 Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja sen valintamahdollisuudet	36
2 Lämmönläpäisykerroin	37
2.1 Lämmönläpäisykerroimen laskenta	37
2.2 Kylmäsiltojen laskenta.....	37
Kirjallisuutta	37
Rakennusten lämmöneristystä koskevia standardeja.....	38
LIITE 3 Selvitys vaipan ilmanpitävyydestä	39
1 Johdanto	39
2 Vaipan ilmanpitävyyden mittaukseen perustuva selvitys.....	39
2.1 Mittausmenetelmä	39
2.2 Selvityksen sisältö	40
3 Muuhun menettelyyn perustuva selvitys vaipan ilmanpitävyydestä	40
LIITE 4 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta	41
1 Johdanto	41
2 Määritelmiä.....	43
2.1 Käsitteitä	43
2.2 Lämmöntalteenotto erikoistapauksissa	44
2.3 Liitteessä 4 käytetyt merkinnät	45
3 Rakennuksen ilmanvaihto	46
3.1 Rakennuksen ilmavirrat	46
3.2 Laskennassa käytettävät ilmavirrat.....	47
4 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteet.....	49
5 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta lämmöntarveluvuilla	51
5.1 Ilmanvaihdon lämmityksen energiantarve	51
5.2 Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia	53
5.3 Vuosihyötysuhteen laskenta.....	57
6 Säätiiedot ja lämmöntarveluvut.....	58
6.1 Ulkolämpötilojen pysyvyydetiedot.....	58
6.2 Lämmöntarveluvun laskenta	59
7 Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskentaesimerkkejä.....	60
7.1 Pientaloesimerkki	60
7.2 Toimistotaloesimerkki	62
Kirjallisuutta	64
LIITE 5 Esimerkkejä lämpöhäviöiden tasauslaskelmista	65
1 Pientaloesimerkit.....	66
1.1 Suuri ikkunapinta-ala.....	66
1.2 Ei lämmöntalteenottoa	69
1.3 Hirsitalo.....	72
1.4 Loma-asunto.....	75

2	Asuinkerrostaloesimerkki.....	77
2.1	Parempi ilmanpitävyys	77
4	Toimistotaloesimerkki.....	81
4.1	Puolet julkisivusta lasia	81
5	Teollisuusrakennusesimerkki.....	85
6	Tyhjät määräystenmukaisuuden osoittamistaulukot	88

1 Johdanto

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisen taustalla on Kioton ilmastopöytäkirja sekä Suomen energia- ja ilmastostrategia, jonka tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Rakennusten energian käyttö aiheuttaa noin 30 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Energian käytöstä rakennusten osuus oli lähes 40 % vuonna 2003. Vuonna 2003 tehdyn rakentamismääräysten muutoksen avulla rakennusten energiankulutuksesta pyrittiin säästämään 25 - 30 % aiempaan määräystasoon verrattuna. Ympäristöministeriö antoi kesällä 2007 uudet rakennuksen energiatehokkuutta ja lämpöhäviöitä koskevat vaatimukset (RakMk 2007). Tällöin vaatimuksia ei kiristetty oleellisesti. Joulukuussa 2008 annetuissa määräyksissä (RakMk 2010) energiatehokkuusvaatimukset kiristyivät noin 25 - 30 %. Maaliskuussa 2011 annetun rakentamismääräyskokoelman osa D3/2012 mukaan rakennusten energiatehokkuusmääräyksissä siirryttiin kokonaisenergiankulutukseen perustuvaan sääntelyyn ja energiamuotokertoimien käyttöön. Samassa yhteydessä kiristettiin yleistä vaatimustasoa 20 %. Vuoden 2010 määräysten lämpöhäviötaso säilyy vähimmäisvaatimuksena vuoden 2012 määräyksissä energiavaatimuksen ohella.

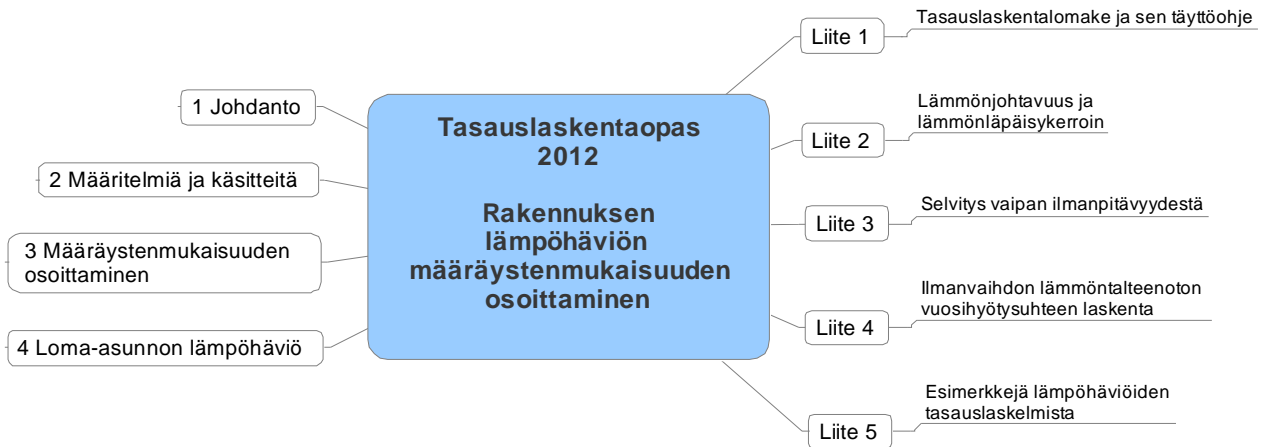
Rakennuksen energiatehokkuutta ja lämpöhäviöihin liittyviä asioita käsitellään seuraavissa Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa

- D3 Rakennuksen energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2012
- D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Ohjeet 2012.
- C4 Lämmöneristys, Ohjeet 2012

Rakentamismääräysten uudistaminen on osa rakennusten energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa Suomessa. Uudistetut määräykset mahdollistavat aiempaa suuremman joustavuuden energiatehokkuusvaatimusten täyttämiseksi suunnittelutyössä. Kokonaisenergiavaatimuksen lisäksi rakennusten tulee lämmitysenergiamuodosta riippumatta täyttää myös lämpöhäviövaatimukset. Lämpöhäviölaskennassa käytettävät vertailuarvot eivät ole juurikaan muuttuneet vuoden 2010 tasosta. Lämpöhäviön laskentaan on kuitenkin tullut muutoksia. Vaipan lämpöhäviön sallittu jousto oli aikaisemmin enintään 30 % vertailutasosta ylöspäin. Uusissa määräyksissä vaipan lämpöhäviön joustolla ei ole ylärajaa, vaan ylitys pitää pystyä tasaamaan parantamalla rakennuksen ilmanpitävyyttä tai ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa. Uusissa määräyksissä ulko-ovelle on tullut lämmönläpäisykertoimen enimmäisarvo, jota aikaisemmin ei ollut lainkaan. Lisäksi kattovalokuvut on otettu omaksi rakennusosaryhmäksi. Rakennuksen vaipan ilmanpitävyydessä on siirrytty q₅₀-lukuun (vuotoilmavirta/vaipan pinta-ala) aikaisemman n₅₀-luvun (vuotoilmavirta/tilavuus) sijasta. Lisäksi uutta on se, että tasauslaskennassa käytettävät ilmanvaihdon ominaisilmavirrat ja käyttöajat on annettu osassa D3/2012.

Lämpöhäviöiden tasaus ohjaa kokonaisvaltaiseen lämpöhäviöiden tarkasteluun, jossa vaatimusten kohteena on koko rakennuksen lämpöhäviö eikä osatekijät. Hirsiseinällä on edelleen muita seinärakenteita suurempi lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo. Helpotuksella otetaan huomioon perinteisen hirsirakentamisen turvaaminen, sen erityispiirteet ja puuhun sitoutuneen hiilen suotuisat vaikutukset ilmastonmuutoksen hillintään.

Opas käsittelee rakentamismääräyskokoelman osan D3 lämpöhäviön vaatimustenmukaisuuden osoittamista. Lisäksi se pyrkii selvittämään määräyksiin liittyviä tulkintoja. Oppaan rakenne esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Oppaan rakenne.

Oppaan liitteissä käsitellään yksityiskohtaisemmin tasauslaskentalomake, U-arvon laskenta, vaipan ilmanpitävyyden osoittaminen ja lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteen laskenta. Liitteessä 5 on esimerkkilaskelmia eri rakennustyyppien lämpöhäviöiden tasauksesta.

Ympäristöministeriön internetsivuilta (www.ymparisto.fi) löytyvät laskentatyökalut lämpöhäviöiden tasaukseen ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskentaan:

- D3 Tasauslaskin 2012
- Finska värmeförlust utjämnare 2012 (ruotsinkielinen D3 Tasauslaskin 2012)
- Finnish Heat Loss Compliance Calculator 2012 (englanninkielinen D3 Tasauslaskin 2012)
- D3 LTO-laskin 2012

2 Määritelmiä ja käsitteitä

Lämmönläpäisykerroin (U-arvo) ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen (osa D3). Lämpöhäviöiden tasauslaskennassa käytetään U-arvona rakennusosan korjattua lämmönläpäisykerrointa U_c , jossa on tarvittaessa otettu huomioon lämmönläpäisykerroimen korjaustermi (lämmöneristeen ilmarakojen korjaustekijä, mekaanisten kiinnikkeiden ja muiden säännöllisten pistemäisten kylmäsiltojen korjaustekijä sekä käännettyjen kattojen korjaustekijä).

Lämmönläpäisykerroimen vertailuarvo tarkoittaa rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdissa 2.5.4 ja 2.10.1 rakennusosalle esitettyä lämmönläpäisykerroimen arvoa.

Ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % maanpäällisten kerrosten yhteenlasketusta kerrostasosalasta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta (osa D3 kohta 2.5.4).

Ikkunapinta-ala sisältää sekä lämpimien että puolilämpimien tilojen julkisivujen ikkunat, kattoikkunat ja kattovalokuvut. Tasauslaskennassa vertailuikkunapinta-ala jaetaan näiden kesken suunniteltujen ikkunapinta-alojen suhteessa.

Jos samassa rakennuksessa on hirsiseinää ja muuta seinärakennetta, tasauslaskennassa vertailuikkunapinta-ala jaetaan hirsiseinän ja muiden seinärakenteiden kesken suunniteltujen seinäpinta-alojen suhteessa.

Poistoilman (jäteilman) lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen vertailuarvo tarkoittaa rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräyksessä 2.6.2 esitettyä ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vaatimusta, joka pienentää 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää. Jäteilma on poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos.

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemalla lämpömäärällä tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirran lämmittämiseksi ulkoilman lämpötilasta huonelämpötilaan (osa D3). Lämmöntalteenoton vähimmäisvaatimuksen täytyminen edellyttää, että poistoilmasta talteenotettu lämpömäärä käytetään vaadittavalta osaltaan rakennuksen tuloilman tai tilojen lämmitykseen lämmityskauden aikana.

Vertailuratkaisu tarkoittaa lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa vertailukohtana käytettävää suunnitelmaa, jossa kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin, yhteenlaskettu ikkunapinta-ala, rakennuksen vuotoilmakerroin ja ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ovat vertailuarvojen mukaisia. Vertailuratkaisun mukaisen rakennuksen ulottuvuudet, mitat ja pinta-alat ovat lämpöhäviön tasauslaskelmassa samat kuin suunnitellun kohderakennuksen kuitenkin niin, että yhteenlaskettu ikkunapinta-ala on vertailuarvon mukainen (vaipan kokonaispinta-ala ei muutu).

Suunnitteluratkaisu tarkoittaa kohderakennuksen toteutettavaksi aiottua suunnitelmaa.

Vertailulämpöhäviö tarkoittaa vertailuratkaisun mukaisen rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettua lämpöhäviötä, johon suunnitteluratkaisun vastaavaa lämpöhäviötä verrataan.

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus on laskennallinen menettelytapa lämpöhäviölle asetetun vaatimuksen täyttämiseksi. Jonkin osatekijän (vaippa, vuotoilma, ilmanvaihto) vertailulämpöhäviötä suurempi lämpöhäviö edellyttää vähintään vastaavaa lämpöhäviön vähentämistä toisen osatekijän kohdalla.

Määräystenmukaisuus osoitetaan erikseen lämpimille tiloille ja puolilämpimille tiloille. Lämpimien tilojen lämpöhäviöiden pienentämisestä ei voi saada etua puolilämpimien tilojen lämpöhäviöiden tasauksessa eikä päinvastoin.

Ilmoitettu lämmönjohtavuus tarkoittaa voimassa olevan SFS-EN-standardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaisesti määritettyä lämmönjohtavuutta. Ilmoitettua lämmönjohtavuutta käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon lähtötietona.

Ilmoitettu lämmönjohtavuus perustuu yleensä 10 °C keskilämpötilassa suoritettuihin lämmönjohtavuuden mittauksiin sekä mittaustulosten tilastolliseen käsittelyyn. Vaatimukset lämmönjohtavuuden mittauksille ja tilastolliselle käsittelytavalle määritellään asianomaisessa tuotestandardissa tai eurooppalaisessa teknisessä hyväksynnässä (ETA).

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo tarkoittaa rakennusaineen suunnittelukäyttöön tarkoitettua lämmönjohtavuuden arvoa, joka pätee suunnitelman mukaisessa käyttökohteessa.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo määritetään SFS-EN-standardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan tai se on SFS-EN-standardissa esitetty taulukoitettu lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, osassa C4 ohjeissa annettu lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo tai muulla tavalla määritetty, rakennusosalle soveltuva lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo (esimerkiksi tyyppihyväksyty arvo).

Rakennuksen poistoilman (jäteilman) lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistolla talteenotettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhde rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärään, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteella ei tarkoiteta yksittäisen ilmanvaihtokoneen tuloilman lämmittämisen vuosihyötysuhdetta. Vuotoilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa lämpömäärää ei oteta vuosihyötysuhteen laskennassa huomioon.

3 Määräystenmukaisuuden osoittaminen

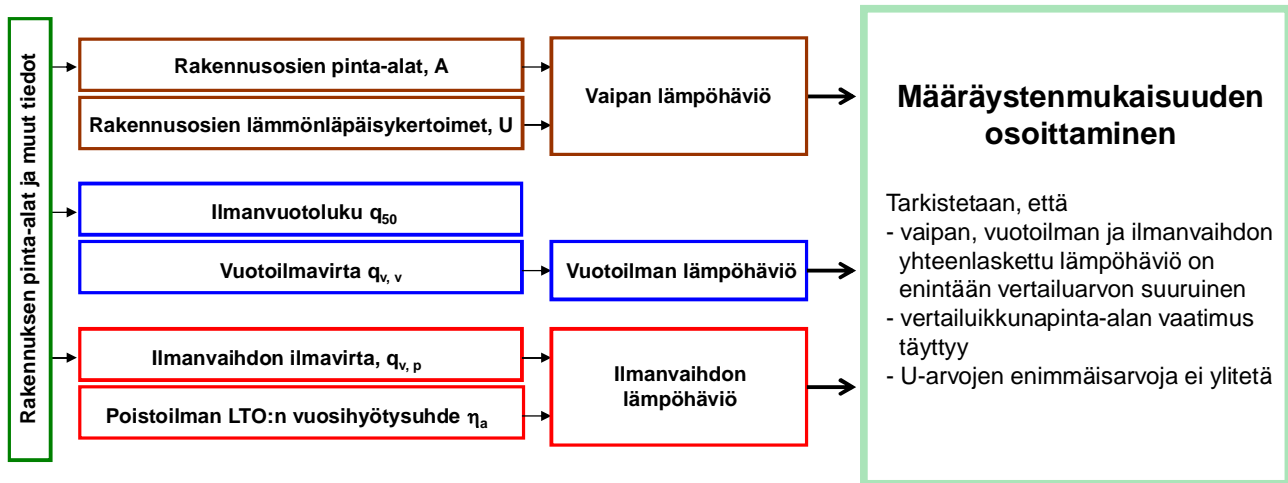
3.1 Tasauslaskenta

3.1.1 Tasauslaskennan periaatteet

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennalla osoitetaan rakennuksen lämpöhäviölle asetetun vaatimuksen täyttyminen. Jonkin osatekijän (vaippa, vuotoilma, ilmanvaihto) vertailulämpöhäviötä suurempi lämpöhäviö edellyttää vähintään vastaavaa lämpöhäviön vähentämistä toisen osatekijän kohdalla.

Rakentamismääräysten osassa D3 rakennuksen lämpöhäviölle asetettu vaatimus täytetään, kun tasauslaskelmalla osoitetaan, että rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun mukainen (D3, kohta 2.5.1).

Kuvassa 2 esitetään rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennan vaiheet ja määräystenmukaisuuden osoittaminen.



Kuva 2. Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennan vaiheet ja määräystenmukaisuuden osoittaminen.

Lämpöhäviöiden tasauskohteet ovat

- rakennusosien lämmönläpäisykertoimet (U-arvot)
- ikkunapinta-ala
- ilmanvuotoluku ja vuotoilmavirta
- ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde.

Muut lähtö- ja laskentatiedot ovat vertailuratkaisussa ja suunnitteluratkaisussa samoja eikä niitä voi käyttää lämpöhäviöiden tasaukseen.

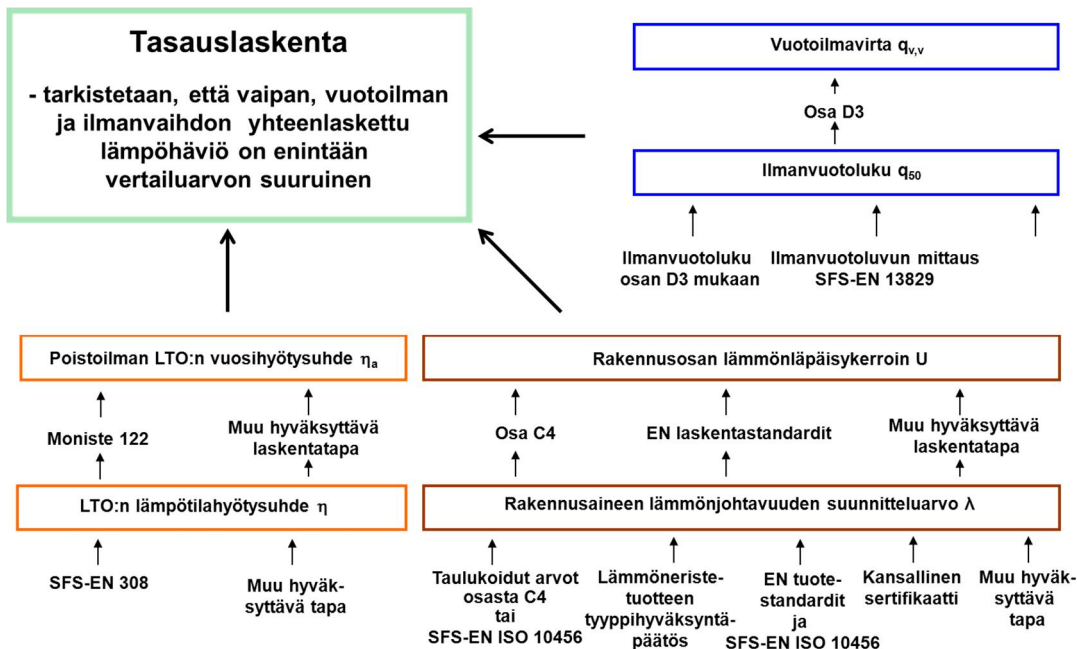
Seuraavassa on selvyyden vuoksi lueteltu sellaisia rakennuksen lämpöhäviöihin ja lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ja ratkaisuja, joita ei voi hyödyntää lämpöhäviöiden tasauksessa

- ilmanvaihtoa tulee käyttää ja ohjata tarpeen mukaan, mutta suunnitteluratkaisussa ei saa käyttää pienempää ilmanvaihdon ilmavirtaa kuin vertailuratkaisussa
- tulo- tai poistoilmaikkuna eivät ole määräysten tarkoittamia LTO-ratkaisuja, eikä niissä myöskään voi käyttää muista ikkunoista poikkeavasti määritettyjä U-arvoja tasauslaskelmissa, jollei selvityksin toisin osoiteta
- esimerkiksi lämmitysvesivaraajaa lämmittävä ilmanvaihdon LTO-ratkaisu hyväksytään LTO-ratkaisuksi vain siltä osin kuin talteenotettu lämpö käytetään tuloilman tai tilojen lämmitykseen
- laitesähkönkulutus, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon puhaltimien ja pumppujen sähkönkulutus, ei kuulu tasausmenettelyn piiriin.

Rakennus voidaan tarvittaessa jakaa käyttötarkoituksen mukaan itsenäisiin osiin, joiden määräystenmukaisuus osoitetaan erikseen (esimerkiksi asuinkäyttöön ja toimistokäyttöön tarkoitetut tilat tai toimistorakennuksen maanalaiset pysäköintitilat ja vastaavat). Käyttötarkoitukseltaan itsenäiset osat käsitellään kuten erilliset rakennukset, joten yhden osan kerrostasoa tai lämpöhäviötä ei voi hyödyntää toisen osan määräystenmukaisuuden osoittamisessa.

Kaikki keinot rakennuksen energiatehokkuuden ja sisäilmaston parantamiseksi ovat suositeltavia, vaikka niitä ei tasauslaskennassa voisi hyödyntää. On hyvä muistaa, että rakennuksen saa aina rakentaa myös määräysten vaatimuksia paremmaksi.

Kuvassa 3 esitetään rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennan lähtötietojen vaihtoehtoisia määrittämistapoja.



Kuva 3. Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennan lähtötietojen vaihtoehtoisia määrittämistapoja.

3.1.2 Lämpöhäviövaatimuksen täyttymisen ehdot

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö saa olla enintään vertailuratkaisun lämpöhäviön suuruinen. Tämän lisäksi tasauslaskennan tulee täyttää seuraavat ehdot:

Pinta-alat

- Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta
- Valoaukon pinta-ala on asuinhuoneissa vähintään 10 % lattiapinta-alasta (RakMk osa G1)
- Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama vertailu- ja suunnitteluratkaisuisissa

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö

- Vertailuratkaisun U-arvot ovat osan D3 vertailuarvojen suuruisia
- Suunnitteluratkaisun U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

Lisäselvitykset

- Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on pienempi kuin $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys.

Taulukossa 1 esitetään rakennusosien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot. Lisäksi esitetään suunnitteluratkaisussa käytettävien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot. Kylmäsiltoja lukuun ottamatta ei minkään yksittäisen rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa ylittää enimmäisarvoja. Kylmäsiltoja käsitellään tarkemmin kohdassa 3.3.9.

Määräaikaisen rakennuksen vaipan vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään taulukon 1 puolilämpimän tilan mukaisia vertailuarvoja.

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin taulukossa 2 esitetyillä vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö. Sellaista loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja joka on tarkoitettu majoituselinkeinon harjoittamiseen, edellä mainittu poikkeus ei koske. Rakennusten energiatehokkuusmääräykset ja niihin kuuluvat lämpöhäviövaatimukset eivät koske lainkaan lämmitetyltä nettoalaltaan alle 50 m^2 rakennuksia eivätkä loma-asuntoja, johon ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää.

Taulukko 1. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot ja suunnitteluratkaisussa käytettävien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot.

RAKENNUSOSAT	U-arvot, W/(m ² K)	
	Vertailuarvo	Enimmäisarvo
Lämpimät tilat		
Ulkoseinä	0,17	0,60
Hirsiseinä	0,40	0,60
Yläpohja	0,09	0,60
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,09	0,60
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,17	0,60
Alapohja (maanvastainen)	0,16	0,60
Muu maanvastainen rakennusosa	0,16	0,60
Ikkunat	1,0	1,8
Ulko-ovet ja tuuletusluukut	1,0	1,8
Kattoikkunat	1,0	1,8
Kattovalokuvut	1,0	2,0
Puolilämpimät tilat ja määräaikaiset rakennukset		
Ulkoseinä	0,26	0,60
Hirsiseinä	0,60	0,60
Yläpohja	0,14	0,60
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,14	0,60
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,26	0,60
Alapohja (maanvastainen)	0,24	0,60
Muu maanvastainen rakennusosa	0,24	0,60
Ikkunat	1,4	2,8
Ulko-ovet ja tuuletusluukut	1,4	2,8
Kattoikkunat	1,4	2,8
Kattovalokuvut	1,4	2,8
Lämpimän ja puolilämpimän tilan väliset rakenteet		
Seinä ja välipohja		0,60
Ikkunat ja ovet		2,80
Jäähdytettävän kylmän tilan ja muiden tilojen väliset		
Seinä ja välipohja		0,27
Ovet		1,40

Taulukko 2. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot loma-asunnolle, jota koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset.

RAKENNUSOSAT	U-arvot, W/(m ² K)	
	Vertailuarvo	
Ulkoseinä	0,24	
Hirsiseinä	0,80	
Yläpohja	0,15	
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,15	
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,19	
Alapohja (maanvastainen)	0,24	
Muu maanvastainen rakennusosa	0,24	
Ikkunat	1,4	
Ulko-ovet ja tuuletusluukut	1,4	
Kattoikkunat	1,4	
Kattovalokuvut	1,4	

3.1.3 Esimerkki lämpöhäviövaatimuksen täyttämisestä

Seuraavassa on esimerkki 1-kerroksisen erillisen pientalon lämpöhäviövaatimuksen täyttämisestä. Taulukossa 3 esitetään kohteen laajuustiedot. Taulukossa 4 esitetään rakennusosien pinta-alat ja vertailuarvoja vastaavat U-arvot. Suuren ikkunapinta-alan takia esimerkkipientalon vaipan lämpöhäviö on yli 30 % suurempi kuin vertailuratkaisun.

Vaipan suuret lämpöhäviöt tasataan ensimmäisessä vaiheessa parantamalla vaipan tiiviyyttä ja ilmanvaihdon LTO:a. Talopakettitoimittajan laadunvalvonta-asiakirjojen perusteella käytetään vaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona arvoa $q_{50} = 1,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ (vastaa arvoa $n_{50} = 1,2 \text{ 1/h}$). Ilmanvuotoluku varmennetaan ennen rakennuksen käyttöönottoa tiiviysmittauksella.

Ilmanvaihdon lämpöhäviötä pienennetään valitsemalla vertailutasoa parempi ilmanvaihdon lämmöntalteenottoalaite, jossa on tehokas vastavirtalevyllämmönsiirrin ja hyvä hyötysuhteen takaava tarpeenmukainen LTO:n sulatustoiminto. Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde oli VTT:n tuotesertifikaatin mukaan 71 %.

Taulukossa 5 esitetään tilanne sen jälkeen, kun vaipan ilmanvuotolukua on pienennetty ja ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhdetta on parannettu. Parannusten jälkeenkin lämpöhäviö on vielä 4 % suurempi kuin vertailuratkaisun lämpöhäviö. Ylimenevä osuus voidaan tasata rakenteiden ominaislämpöhäviöitä pienentämällä.

Taulukossa 6 esitetään tilanne sen jälkeen, kun vaipan lämpöhäviötä on pienennetty parantamalla ulkoseinän ja alapohjan U-arvoja.

Parannuksen jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Taulukko 3. Esimerkkipientalon laajuustiedot.

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	522 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	163 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	147 m ²
Lämmitetty nettoala, puolilämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Taulukko 4. Esimerkkipientalon vaipan ominaislämpöhäviö on suurempi kuin vertailuratkaisun ominaislämpöhäviö. Suuren ikkunapinta-alan takia vaipan lämpöhäviö on 31 % suurempi kuin vertailuratkaisun.

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden taseus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä	113	80	0,17	0,60	0,17	19,2	13,6
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,09	13,2	13,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,16	23,5	23,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	24,5	57,5	1,00	1,80	1,00	24,5	57,5
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	1,00	8,2	8,2
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	116,1

Taulukko 5. Esimerkkipientalon vaipan ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvoa on pienennetty arvoon $q_{50} = 1,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviötä on pienennetty valitsemalla tehokkaalla lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtokone. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton varmennettu vuosihyötysuhde on 71 %. Rakennuksen ominaislämpöhäviön vaatimus ei kuitenkaan vielä aivan täyty.

VAIPAN ILMAVUODOT	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
Vuotoilma						
Lämpimät tilat	2,0	1,0	0,0070	0,0035	8,4	4,2
Puolilämpimät tilat	2,0				-	-
ILMANVAIHTO	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [h _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v,p} · (1-h _a)]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto						
Lämpimät tilat		0,059	45	71	38,8	20,5
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Puolilämpimät tilat			45		-	-
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus					Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}]	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					136	141
Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					-	-

Taulukko 6. Esimerkki-pientalon vaipan ominaislämpöhäviötä on pienennetty parantamalla ulkoseinän ja alapohjan U-arvoja. Vaipan ominaislämpöhäviö on edelleen 25 % suurempi kuin vertailuratkaisun, mutta ylimenevä osuus on tasattu vuotoilman ja ilmanvaihdon ominaislämpöhäviötä pienentämällä. Kaikkien parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	[A]		[U]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A · U]	
RAKENNUSOSAT	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	113	80	0,17	0,60	0,14	19,2	11,2
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,09	13,2	13,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,14	23,5	20,6
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	24,5	57,5	1,00	1,80	1,00	24,5	57,5
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	1,00	8,2	8,2
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	110,7
						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}]	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						136	135

3.2 Rakennuksen pinta-alojen ja tilavuuksien määrittäminen

Vaatimustenmukaisuuden osoittamista varten on määritettävä seuraavat lämpöhäviöiden tasauslaskelmissa tarvittavat rakennuksen pinta-alat ja tilavuudet.

Rakennustilavuus

Rakennuksen tilavuudella tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Milloin rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Milloin rakennuksen alapohjan paksuutta ei voida arvioida, lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta. Rakennuksen tilavuuden laskenta esitetään standardissa SFS 2460.

Rakennuksen maanpäällisten kerrosten yhteenlaskettu kerrostasoala

Maanpäällisten kerrosten kerrostasoala lasketaan rakennuksen kaikkien kokonaan tai osittain maan päällä sijaitsevien kerrosten kerrostasoalojen summana. Kerrostasoalat lasketaan kokonaisina riippumatta kerrostason sijainnista ja sen sisältämien huoneiden käyttötarkoituksista.

Kerrostasoalaan lasketaan kaikki tilat riippumatta myös siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä. Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla. Kerrostasoala sisältää myös porrasaukot sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm. Rakennuksen kerrostasoalan laskenta esitetään standardissa SFS 5139.

Rakennuksen julkisivupinta-ala

Rakennuksen julkisivupinta-ala on ulkoseinien ja niissä olevien ikkunoiden ja ovien yhteenlaskettu pinta-ala. Rakennusosien pinta-alat lasketaan kokonaissisämittojen mukaan. Maanvastaiset rakenteet eivät sisälly julkisivupinta-alaan.

Vaipan pinta-ala

Vaipan pinta-ala on vaipan kaikkien rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala. Rakennusosien pinta-alat lasketaan kokonaissisämittojen mukaan.

3.3 Rakennuksen vaipan lämpöhäviö

3.3.1 Rakennuksen vaipan lämpöhäviön laskenta

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan yhtälön (1) mukaan

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (1)$$

jossa

$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ² .

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdassa 2.5.4 esitettyjä rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia ja ikkunapinta-alan vertailuarvoa.

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään suunniteltuja rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia ja ikkunapinta-aloja.

3.3.2 Rakennusosien pinta-alojen määrittäminen

Vaatumustenmukaisuutta osoitettaessa määritetään lämpöhäviöiden tasauslaskelmissa tarvittavat vaipan eri rakennusosien pinta-alat kokonaissämittojen mukaan

Ulkoseinä

Ulkoseinien pinta-ala määritetään kokonaissämittojen mukaan.

Seinän korkeus tarkastelukohdassa on alapohjan yläpinnan ja yläpohjan alapinnan välinen pystysuuntainen etäisyys. Jos yläpohjan alapuolella on ilmaväli ja sisäverhous tai ilmaväli ja alas laskettu katto, katsotaan ilmaväliä rajoittava yläpinta yläpohjan alapinnaksi. Kun yläpohja on kallistettu, lasketaan korkeudeltaan muuttuvalle ulkoseinälle keskimääräinen korkeus, jota käytetään pinta-alan laskennassa.

Ulkoseinän leveys on vaakasuora etäisyys seinän sisäpinnan nurkasta seuraavaan seinän sisäpinnan nurkkaan.

Ulkoseinällä olevien ikkunoiden ja ovien yhteenlaskettu pinta-ala ei sisälly ulkoseinän pinta-alaan, vaan tämä osuus vähennetään korkeuden ja leveyden avulla laskettavasta pinta-alasta. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän ulkomittojen mukaan.

Väliseinien ja välipohjien sekä ulkoseinän liittymän kohdat sisältyvät ulkoseinän pinta-alaan.

Ikkunat ja ovet

Yksittäisen ikkunan ja oven pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan.

Lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa ikkunaksi katsotaan läpinäkyvällä tai valoa läpäisevällä lasituksella varustettu avautumaton ja avattava ikkunarakenne. Lisäksi yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan luetaan mukaan valoaukolla varustetut ovet silloin, kun ovi ei ole tilan käyttötarkoituksen mukainen kulkutie sisätilasta ulos, ulkotilaan tai kylmään tilaan. Esimerkiksi niin sanotulle ranskalaiselle parvekkeelle johtava valoaukollinen ovi luetaan mukaan yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan, kun taas tavanomainen parvekeovi katsotaan ikkunapinta-alaan kuulumattomaksi oveksi.

Kupumaisen kattoikkunan ja valoaukollisen savunpoistoluukun kehän ulkomitat lasketaan kohdan 3.3.7 mukaisesti.

Yläpohja

Yläpohjan pinta-ala määritetään kokonaissisämittojen mukaan soveltaen edellä ulkoseinille esitettyä periaatetta. Kallistetun yläpohjan pinta-ala määritetään siten, että yläpohjan pituus ja leveys määritetään yläpohjan alapinnan suunnassa.

Kattoikkunoiden ja kattovalokupujen yhteenlaskettu pinta-ala ei sisälly yläpohjan pinta-alaan vaan ikkunoiden yhteenlaskettuun pinta-alaan, joten se vähennetään yläpohjan pituuden ja leveyden perusteella lasketusta pinta-alasta.

Väliseinien ja yläpohjan liittymien kohdat sisältyvät yläpohjan pinta-alaan.

Yläpohjan läpivientejä kuten kanavat, hormit ja tuuletusputket ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta.

Alapohja

Alapohjan pinta-ala määritetään kokonaissisämittojen mukaan soveltaen edellä ulkoseinille esitettyä periaatetta. Väliseinien ja alapohjan liittymien kohdat sisältyvät alapohjan pinta-alaan. Alapohjan läpivientejä kuten kanavat, pilarit, viemärit ja vesijohdot ei vähennetä alapohjan pinta-alasta.

Vaipan osan (julkisivu, yläpohja, alapohja) rinnakkaiset rakenteet

Kun samassa vaipan osassa (julkisivu, yläpohja, alapohja) on rinnakkain rakenteeltaan ja lämmönläpäisykertoimeltaan erilaisia osa-alueita, määritetään suunnitelman perusteella osa-alueiden väliset rajat tarkasteltavan vaipan osan (julkisivu, yläpohja, alapohja) sisäpinnan puolella. Rajaviivalle annetaan tarkka sijainti tarkoituksenmukaisella tavalla silloinkin, kun suunnitelmassa osa-alueen (esimerkiksi seinärakenteen) vaihtuminen toiseksi tapahtuu tarkkaan rajaviivaan verrattuna leveähköllä vyöhykkeellä. U-arvoltaan erilaisten osa-alueiden pinta-alat lasketaan sisämittojen ja osien välisten rajaviivojen perusteella.

3.3.3 Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 sisältää rakennuksen lämmöneristystä koskevat vaatimukset sekä vertailulämpöhäviön laskennassa käytettävät lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot. Siinä ilmoitetaan myös rakennusosien lämmönläpäisykertoimien eli U-arvojen enimmäisarvot, joita ei saa lämpöhäviöiden tasauksessa ylittää.

Rakentamismääräyskokoelman osa C4 sisältää ohjeita rakennusosien ja komponenttien lämmönläpäisykertoimen määrittämiseen. Se riittää U-arvojen suunnitteluarvojen määrittämiseen. Myös muita tarkkuudeltaan vähintäänkin yhtä hyviä menetelmiä voidaan käyttää. Erityisesti EN-standardien mukaisia menetelmiä voidaan käyttää.

Lämmönjohtavuuden ja U-arvon erilaisia laskentavaihtoehtoja käsitellään liitteessä 2.

3.3.4 Alapohjarakenteet lämpöhäviöiden tasauslaskennassa

Maanvastainen alapohja

Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

Maanvastaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin voidaan laskea tarkemmin osassa C4 esitetyn yksityiskohtaisen laskentamenetelmän mukaisesti.

Maanvastainen alapohja katsotaan lämmönläpäisykerroimen laskennassa sisä- ja ulkoilman väliseksi rakennusosaksi ja voidaan siten laskea yhteen rakennuksen vaipan muiden osien lämpöhäviöiden kanssa.

Maanvastaisen alapohjan lämmöneristys pitää suunnitella osan D3 kohdan 2.4.5 mukaisesti yhdessä routaeristyksen kanssa ja toteuttaa siten, että vältetään routavaurioilta. Asianmukaisen routaeristyksen suunnitteluun ja rakentamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota varsinkin silloin, kun maanvastainen alapohja toteutetaan vertailuarvoja paremmin eristävänä.

Ryömintätilainen alapohja

Jos alapohja rajoittuu tuuletettuun ryömintätilaan, jonka tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, voidaan osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan käyttää suunnitellun rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila. Alapohjan lämpöhäviö on redusoitu vastaamaan sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroa ja voidaan siten laskea yhteen rakennuksen vaipan muiden osien lämpöhäviöiden kanssa.

Jos ryömintätilaisen alapohjan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja käsitellään ulkoilmaan rajoittuvana alapohjana. Tällöin U-arvon vertailuarvo on 0,09 W/(m² K) eikä suunniteltua U-arvoa kerrota muuntokertoimella 0,9.

Jos ryömintätilaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin on laskettu standardin SFS-EN ISO 13370:2007 mukaisella laskelmalla niin, että laskelmassa on otettu huomioon perusmuurin ja maaperän lämmönvastukset, alapohja käsitellään ulkoilmaan rajoittuvana alapohjana. Tällöin U-arvon vertailuarvo on 0,09 W/(m² K) eikä suunniteltua U-arvoa kerrota muuntokertoimella 0,9.

3.3.5 Maanvastaisten rakennusosien ja alapohjien vertailuarvot

Rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdissa 2.5.4 ja 2.10.1 esitetään maanvastaisen rakennusosan lämmönläpäisykerroimen vertailuarvot, jotka ovat lämpimän tilan rakennusosille 0,16 W/(m² K) ja puolilämpimän tilan sekä loma-asunnon rakennusosille 0,24 W/(m² K). Nämä arvot ovat selvästi suurempia kuin ulkoilmaan rajoittuvilla alapohjarakenteilla. Taustalla on matalaan perustettujen rakennusten routavaurioriskin suureneminen, mikäli lämmön siirtyminen alapohjan läpi perusmaahan vähenee. Määräys 2.4.5 edellyttääkin, että routaeristys tulee suunnitella yhdessä alapohjan lämmöneristyksen kanssa niin, että vältetään routavauriot.

Kun alapohjan alla olevaan ryömintätilaan johtavien tuuletusaukkojen yhteenlaskettu pinta-ala on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, katsotaan alapohja ryömintätilaiseksi alapohjaksi, johon sovelletaan rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräyksessä 2.5.4 esitettyä lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Jos tuuletusaukkojen yhteenlaskettu pinta-ala on edellä mainittua suurempi, katsotaan alapohja ulkoilmaan rajoittuvaksi alapohjaksi, jolloin lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo on $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Tuuletusaukon pinta-alaksi katsotaan aukon vapaan virtauspoikkipinnan ala, joka saadaan vähentämällä säleiden, ritilöiden tms. pinta-alaosuus aukon kokonaisalasta.

Lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo on ryömintätilaiselle alapohjalle suurempi kuin ulkoilmaan rajoittuvalle alapohjalle. Perusteena on ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi lämpötila talvikautena. Täten ryömintätilaisen alapohjan määräys kohdistuu sisäilman ja ryömintätilan välissä olevaan alapohjarakenteeseen. Alapohjan lämmönläpäisykerroin lasketaan siten huoneilman ja ryömintätilan väliselle alapohjarakenteelle.

3.3.6 Ikkunoiden, ovien ja tuuletusluukkujen vertailuarvot

Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 asetetut vertailuarvot ikkunan ja oven ja tuuletusluukun lämmönläpäisykertoimelle kohdistuvat rakenteen keskimääräiseen lämmönläpäisykertoimeen, joka lasketaan kehän (karmirakenteen) ulkomittojen mukaan.

Ikkunoiden yhteenlasketulle pinta-alalle asetetaan vertailuarvo osan D3 kohdassa 2.5.4.

Poikkeaminen vertailuarvosta on mahdollista, kun noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Ikkunoiden yhteenlasketun pinta-alan ylittäessä pinta-alan vertailuarvon, tasataan ylittävästä pinta-alasta aiheutuva lämpöhäviön lisäys
- Ikkunoiden yhteenlasketun pinta-alan alittaessa pinta-alan vertailuarvon, saa alituksen käyttää lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa hyötynä.

Jos suunnittelukohteessa on rakenteeltaan samanlaisia, mutta pinta-alaltaan erilaisia ikkunoita, ovia tai tuuletusluukkuja, osoitetaan määräystenmukaisuus määrittämällä lämmönläpäisykerroin yleisimmin käytetyn pinta-alan mukaiselle rakenteelle. Saatua U-arvoa voidaan soveltaa kaikkiin samanlaisiin rakenneratkaisuihin pinta-alan vaihtelusta riippumatta. Ikkunoiden lämmönläpäisykertoimen määräystenmukaisuuden osoittamiseen riittää myös, että näyttö on annettu ikkunarakenteella, jonka pinta-ala on vähintään $1,4 \text{ m}^2$. Saatua U-arvoa voidaan soveltaa ikkunapinta-alasta riippumatta suunnittelukohteen kaikkiin rakenteeltaan samanlaisiin ikkunoihin.

Mikäli ovi on käyttötarkoituksen mukainen kulkutie tilasta toiseen ja siihen sisältyy valoaukko, katsotaan määräystenmukaisuutta osoitettaessa valoaukko ovirakenteen osaksi, eikä sitä oteta huomioon laskettaessa yhteenlaskettua ikkunapinta-alaa. Tällainen ovi on esimerkiksi valoaukollinen parvekeovi, jossa voi olla yksi tai kaksi ovilevyä lasituksineen. Sen sijaan niin sanotulle ranskalaiselle parvekkeelle johtava valoaukollinen ovi luetaan mukaan yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan.

Umpinaiset tuuletus-, savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut eivät sisälly yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan, vaan ne lasketaan ja otetaan huomioon erikseen kuten ovet.

3.3.7 Kattovalokuvut ja valoaukolliset savunpoistoluukut

Kattovalokuvut ja valoaukolliset savunpoistoluukut katsotaan myös ikkunarakenteiksi ja rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitetty ikkunan U-arvon vertailuarvo koskee myös niitä. Koska vaatimus on asetettu ikkunan keskimääräiselle lämmönläpäisykerroimelle, on määriteltävä se kattovalokuvun ja savunpoistoluukun kehärakenne, jonka lämmönläpäisykerroin otetaan huomioon laskettaessa keskimääräinen lämmönläpäisykerroin. On määriteltävä myös kehärakenteeksi katsottavan osan mitat ja niihin perustuva rakenteen kokonaispinta-ala. Käytännössä kehärakenteena on jalustarakenne tai tarkoituksenmukainen osa siitä.

Ohjeita kehärakenteen määrittelemiseksi ei esitetä rakentamismääräyskokoelman osassa C4 eikä myöskään standardissa SFS-EN ISO 10077-1. Kehärakenteen ja kattovalokuvun pinta-alan määrittelyssä voidaan noudattaa tuotteen valmistajan antamia ohjeita. Ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, kehärakenteeksi voidaan katsoa jalustarakenteen yläosa enintään 300 mm korkeudelta, koska toiminnallisista syistä jalustan yläreuna on yleensä nostettu 300 mm vesikaton yläpuolelle. Kehärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan määrittää tarkoitukseen soveltuvalla numeerisella laskentamenetelmällä.

3.3.8 Ovi, huoltoluukku ja tuuletusluukku

Oven, huoltoluukun ja tuuletusluukun lämmönläpäisykerroimen laskenta käsitellään rakentamismääräyskokoelman osan C4 luvussa 6. Mainittakoon kuitenkin, ettei ovessa olevaa valoaukkoa katsota ikkunaksi, vaan se on oven osa. Edellytyksenä on, että ovi on rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen mukainen kulkutie. Oven valoaukkoa ei siten lueta kuuluvaksi yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan.

3.3.9 Kylmäsiltojen huomioon ottaminen

Rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräys 2.4.2 sallii kylmäsilat, mikäli niistä ei aiheudu kosteusteknistä haittaa. Osan D2 määräys 2.2.3 edellyttää, etteivät ilman liike, lämpösäteily ja pintalämpötilat aiheuta epäviihtyisyyttä käytönaikana. Täten rakennusvaipan kaikki kylmäsilat tulee suunnitella kosteusteknisesti toimiviksi ja lämpöolojen kannalta haitattomiksi.

Kun osoitetaan rakennusosien lämmönläpäisykerroimen määräystenmukaisuus, ei kaikkia rakennuksen vaipan kylmäsiltoja tarvitse ottaa huomioon. Lämmönläpäisykerroimessa otetaan huomioon vain ne kylmäsilat, jotka ovat ko. rakennusosaan olennaisesti kuuluvia komponentteja kuten lämmöneristyksen läpäisevät tai sitä paikallisesti ohentavat siteet, kannakset sekä tuki- ja runkorakenteet. Tyypillistä on, että tällaisia kylmäsiltoja joudutaan tekemään ko. tyyppiseen rakennusosaan suunnittelukohteesta riippumatta ja ne ovat sen käytön välttämätön edellytys.

Kylmäsilatyypit, joita ei oteta huomioon osoitettaessa lämpöhäviön määräystenmukaisuutta, ovat seuraavat:

- rakennuksen vaipan nurkkauksiin muodostuvat rakenteelliset tai geometriasta johtuvat kylmäsilat (ulkoseinien nurkkaus, ulkoseinän ja yläpohjan nurkkaus palkistoinen)
- rakennuksen vaipan ja väliseinien tai välipohjien liitoksiin muodostuvat kylmäsilat (kantavat palkit tms. tukirakenteet)
- ikkuna- ja oviaukkojen pielirakenteiden muodostamat kylmäsilat

- ulkoseinän, alapohjan ja perusmuurin liitoksen muodostuvat kylmäsillat (esim. perusmuurin päällä oleva puurunkoseinän alaohjauspuu)
- vaipan lämmöneristyksen läpäisevä tai sitä ohentava parvekkeen kannatus, kantava pilari tms. yksittäiselle suunnittelukohteelle ominainen ratkaisu
- vaipan lämmöneristyksen läpäisevä tai sitä ohentava hormi, kanava, putki tms. rakenne, joka yleensä on osa talotekniikan järjestelmää.

3.3.10 Hirsiseinän lämmönläpäisykerroin

Hirsiseinällä tarkoitetaan seinää, jossa hirsirakenteen keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm, paitsi loma-asunnoissa, joissa se on vähintään 130 mm. Paksuudella tarkoitetaan yhtenäisen massiivirakenteen paksuutta. Hirsiseinä voi olla myös kokonaan tai osittain lämmöneristetty.

Rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdissa 2.5.4 ja 2.10.1 esitetään hirsiseinän lämmönläpäisykertoimen vertailuarvot, jotka ovat lämpimän tilan rakennusosille 0,40 W/(m² K), puolilämpimän tilan rakennusosille 0,60 W/(m² K) ja loma-asunnon rakennusosille 0,80 W/(m² K). Nämä arvot ovat selvästi suurempia kuin muiden seinärakenteiden. Näitä arvoja käytetään lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittamisessa. Taustalla on perinteisen hirsirakentamisen turvaaminen, sen erityispiirteet ja puuhun sitoutuneen hiilen suotuisat vaikutukset ilmastonmuutoksen hillintään.

Rakennusvaippaan kuuluvan hirsiseinän lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,60 W/(m² K), kuten muidenkin vaippaan kuuluvien seinärakenteiden. Poikkeuksena tästä ovat pelkän vaipan lämpöhäviövaatimuksen piirissä olevat loma-asunnot, joiden rakennusosille ei ole lainkaan lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvoja.

3.3.11 Loma-asunnon vaipan lämpöhäviö

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin taulukossa 2 esitetyillä vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö. Sellaista loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja joka on tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen, edellä mainittu poikkeus ei koske.

Rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräykset eivät koske loma-asuntoa, johon ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmää.

3.4 Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö

3.4.1 Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviön laskenta

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö lasketaan yhtälön (2) mukaan.

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} \quad (2)$$

jossa

$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,\text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s

3.4.2 Vuotoilmavirta

Vuotoilmavirta lasketaan yhtälöstä (3).

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaippa}} \quad (3)$$

jossa

$q_{v,\text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala, m ²
x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolme- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15
3600	kerroin, joka ilmavirran m ³ /h yksiköstä m ³ /s yksikköön.

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukua $q_{50} = 2,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

3.4.3 Ilmanpitävyyden osoittaminen

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa voidaan käyttää rakennusvaipan ilmanvuotolukua $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Tällöin ilmanpitävyyttä ei tarvitse erikseen osoittaa. Pienempää ilmanvuotolukua voidaan käyttää, jos ilmanpitävyys osoitetaan joko jälkikäteen mittaamalla tai muulla menettelyllä.

Rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdassa 2.3 on toiminnallisia vaatimuksia rakennuksen vaipan ilmanpitävyydelle. Määräys velvoittaa huolehtimaan siitä, että sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien

suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku.

Ikkunan ja oven liittyminen ympäröiviin rakenteisiin tulee olla ilmanpitävä. Karmin ja puitteen tiivistämiseen käytettävien tarvikkeiden tulee olla sellaisia, että ne kestävät käytössä esiintyvät rasitukset oleellisesti vaurioitumatta. Pientaloissa alapohjan ja seinän sekä yläpohjan ja seinän liitokset on tehtävä erityisen huolellisesti, jotta hyvä ilmanpitävyys voidaan saavuttaa.

Rakennuksen vaipan ilmanpitävyydelle esitetään määräyksiä myös rakentamismääräyskokoelman osassa C2 Kosteus (kohdat 1.4.2 ja 4.1.2). Määräysten taustalla on toiminnallinen vaatimus siitä, ettei kosteaa sisäilmaa saa vuotaa haitallisessa määrin rakennuksen vaipan läpi kylmään suuntaan.

Rakennusvaipan alhainen ilmanvuotoluku ei kuitenkaan takaa vaipparakenteiden moitteetonta toimintaa ilmatiiviyden osalta, koska vaipassa voi silti esiintyä paikallisesti merkittäviä ilmanvuotokohtia. Siksi ilmansulun kaikkien liitosten ja reikien huolellinen tiivistäminen on tärkeää.

Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku q_{50} määritetään standardissa SFS-EN 13829 kuvatulla tavalla. Liitteessä 3 esitetään vaipan ilmanpitävyyden osoittamiseksi vaadittavan selvityksen tiedot.

Mittaus

Jälkikäteen tehtyjen mittausten perusteella määritettyä ilmanvuotolukua voidaan käyttää sellaisenaan suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa.

Jos ilmanpitävyys osoittautuu mittauksessa paremmaksi kuin alkuperäisessä suunnitteluratkaisussa käytetty arvo, voidaan parempi arvo hyödyntää tasauslaskelman ja energiatodistuksen päivityksessä.

Ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Jos ilmanpitävyys todetaan mittaamalla tätä huonommaksi, on ilmanpitävyyden parantaminen vähintään vertailuarvon tasoon energiatehokkuuden ja toimivuuden kannalta välttämätöntä.

Jos tasauslaskelmassa on käytetty parempaa ilmanpitävyyttä kuin jälkikäteen mittaamalla voidaan osoittaa eikä rakennuksen lämpöhäviövaatimus täyty, on vaipan ilmanpitävyyttä parannettava. Vaihtoehtoisesti voidaan pienentää vaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviötä vastaavasti. Suunnitteluratkaisun ilmanvuotolukuna ei ole syytä käyttää liian optimistista arvoa, koska vaipan ja lämmöntalteenoton parantaminen jälkikäteen on vaikeaa.

Muu menettely

Ilmanvuotolukua $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ parempi ilmanpitävyys voidaan osoittaa myös muulla menettelyllä kuin jälkikäteen mittaamalla. Muulla menettelyllä tarkoitetaan esimerkiksi sellaista teollisen talonvalmistuksen laadunvarmistusmenettelyä, jolla lämpöhäviön laskennassa käytettävä ilmanpitävyys voidaan luotettavasti arvioida ennakolta.

Laadunvarmistusmenettely sisältää yleensä ilmanpitävyyteen vaikuttavat vaiheet suunnittelussa, tuotannossa ja työmaatoiminnoissa sekä ulkopuolisen laadunvalvonnan. Ulkopuoliseen laadunvalvontaan kuuluu valmistajan sisäisen laadunvalvonnan katselmus, näytteenotto ja näytteiden testaus.

3.5 Ilmanvaihdon lämpöhäviö

3.5.1 Ilmanvaihdon lämpöhäviön laskenta

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan yhtälön (4) mukaan

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d t_v (1 - \eta_a) \quad (4)$$

jossa

H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, poisto}$	standardikäytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, $\tau_d/24$, missä τ_d on käyntiaika tuntia vuorokaudessa
t_v	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, $\tau_w/7$, missä τ_w on käyntipäivien lukumäärä viikossa
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde, joka on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan tarvittaessa erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle.

3.5.2 Ilmavirrat

Ilmanvaihdon poistoilmavirta ($q_{v, poisto}$) määritetään osan D3 mukaan. Ilmanvaihdon ilmavirta on sama vertailu- ja suunnitteluratkaisussa. Tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ei oteta vertailulämpöhäviön ja suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa huomioon. Tasauslaskelmissa ilmanvaihdon käyntiaikasuhteet (t_d ja t_v) on sisällytetty ilmavirran $q_{v, p}$ lukuarvoon ($q_{v, p} = q_{v, poisto} t_d t_v$). Käyntiaikatekijä t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde ja t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde.

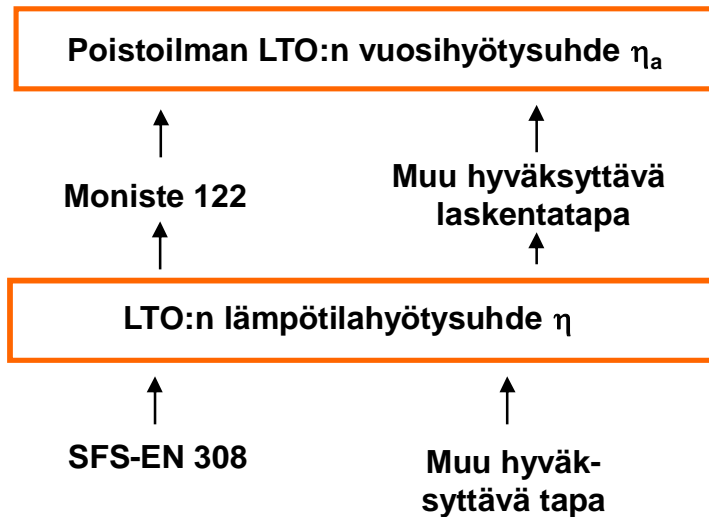
Ilmanvaihdon poistoilmavirta ja ilmanvaihdon käyntiaika määritetään osan D3 mukaan. Arvot esitetään taulukossa 7. Poistoilmavirtana voidaan käyttää taulukon ulkoilmavirtoja. Lämpöhäviön laskennassa on aikaisemmista määräyksistä poiketen käytettävä kunkin rakennustyypin käyttötarkoitukseluokan standardikäyttöä vastaavia arvoja. Näistä poikkeavia rakennuksen suunniteltua käyttöä vastaavia arvoja ei saa lämpöhäviölaskennassa käyttää lukuun ottamatta käyttötarkoitukseluokan 9 rakennuksia, joissa käytetään suunnitteluarvoja.

LTO-vaatimuksen ulkopuolelle jäävien tilojen suunnitellut poistoilmavirrat lisätään tasauslaskentaan erikseen omaan kohtaansa. Nämä ilmavirrat eivät sisälly standardikäytön kokonaisilmavirtaan.

Taulukko 7. Rakennuksen lämpöhäviön laskennassa käytettävät ilmanvaihdon ilmavirrat ja käyntiajat käyttötarkoituksittain.

Käyttötarkoitukseluokka	Käyttöajan ulkoilmavirta $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$	Käyttöajan ulkopuolinen ulkoilmavirta $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$	Käyntiaika τ_d , tuntia vuorokaudessa ¹⁾	Käyntiaika τ_w , päiviä viikossa	Käyntiajoilla painotettu ulkoilmavirta $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$
1. Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	-	24	7	0,4
2. Asuinkerrostalo	0,5	-	24	7	0,5
2. Asuinkerrostalo, ilmanvaihdon ohjaus ²⁾	0,4	-	24	7	0,4
3. Toimistorakennus	2	0,15	11 + 2 = 13	5	0,866
4. Liikerakennus	2	0,15	13 + 2 = 15	6	1,141
5. Majoitusliikerakennus	2	-	24	7	2
6. Opetusrakennus ja päiväkot	3	0,15	8 + 2 = 10	5	0,998
7. Liikuntahalli	2	0,15	14 + 2 = 16	7	1,383
8. Sairaala	4	-	24	7	4,00
9. Muut rakennukset			suunnitteluarvoilla		
¹⁾ Jos ilmanvaihto ei ole jatkuvasti päällä, lisätään rakennuksen käyttöajan alkuun ja loppuun yksi tunti lisää käyntiaikaa.					
²⁾ Käyttötarkoitukseluokan 2 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä, joissa asukkailla on mahdollisuus ohjata ilmanvaihtoa huoneistokohtaisesti, rakennuksen ulkoilmavirtana voidaan käyttää 0,4 $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$.					

3.5.3 Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde



Poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteella hyödynnettävä lämpö voidaan laskea poistoilman lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteen η avulla.

Poistoilman lämmöntalteenottolaitteistojen erityyppisten lämmönsiirtimien tuloilman lämpötilahyötysuhteet ovat tyypillisesti seuraavanlaisia:

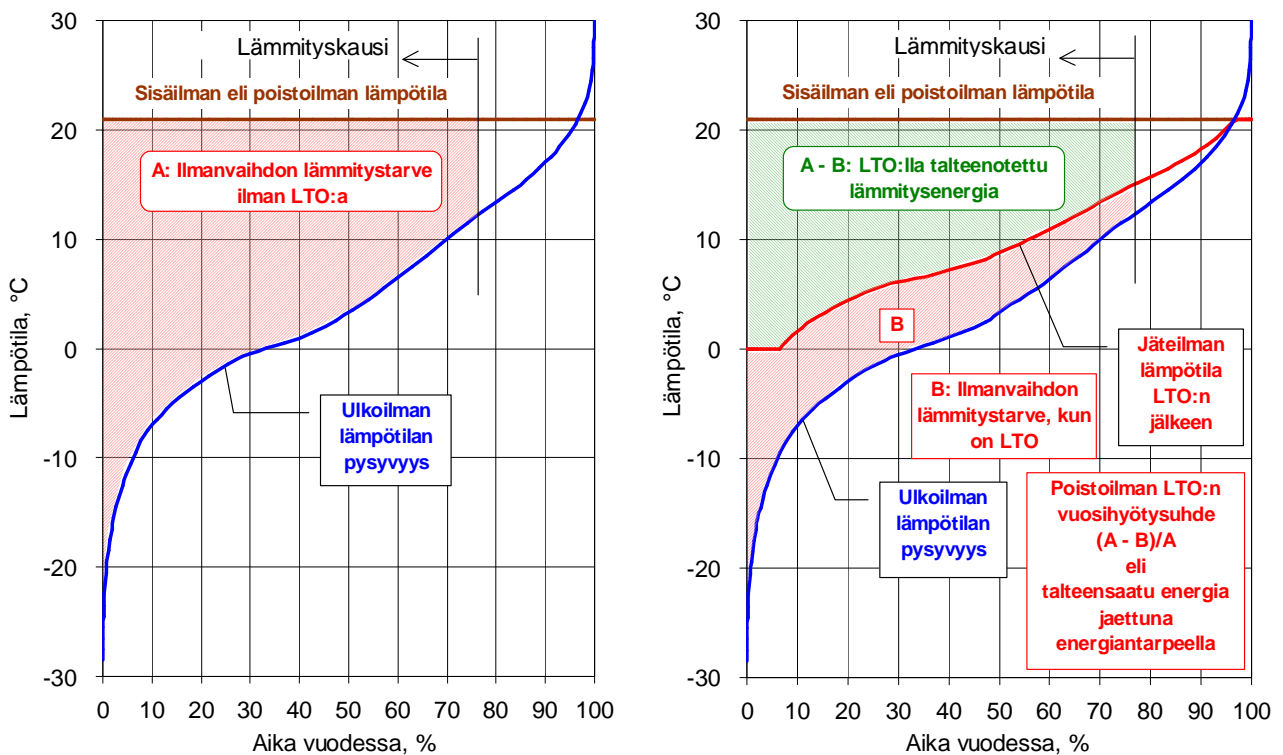
- virtaavan väliaineen välityksellä lämpöä siirtävät lämmönsiirryhdistelmät: 40 - 60 %
- ristivirtalevyllämmönsiirtimet: 50 - 70 %
- vastavirtalevyllämmönsiirtimet: 60 - 80 %
- regeneratiiviset lämmönsiirtimet: 60 - 80 %.

Laskennassa käytetään valmistajan ilmoittamaa standardin SFS-EN 308 mukaan mitattua tuloilman lämpötilahyötysuhdetta (tulo- ja poistoilman massavirrat ovat yhtä suuret). Lämpötilahyötysuhde määritetään standardikäyttöä vastaavalla suunnitteluratkaisun poistoilmavirralla.

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen osoittamisessa on otettava huomioon ainakin tulo- ja poistoilmavirtojen suhde ja jäätymissuojauksen toiminta sekä mahdollinen tuloilman lämpötilan rajoittaminen.

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde esitetään kuvassa 4. Vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian (A - B) suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan (A), kun lämmöntalteenottoa ei ole. B on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kun lämmöntalteenotto on. Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde $\eta_a = (A - B)/A$.

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteesta kerrotaan lisää oppaan liitteessä 4.



Kuva 4. Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistolla (LTO) talteenotettavan ja hyödynnettävän energian (A-B) suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan A, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

4 Esimerkki loma-asunnon lämpöhäviövaatimuksen täyttämisestä

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Rakennuksen vaipan ilmanpitävyydelle ja ilmavaihdon lämmöntalteenotolle ei ole vaatimuksia. Loma-asunnon vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin taulukossa 2 esitetyillä vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö. Sellaista loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja joka on tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen, edellä mainittu poikkeus ei koske.

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen loma-asunto, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 78 m². Loma-asuntoon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä. Loma-asuntoa ei ole tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen. Taulukossa 8 esitetään kohteen laajuustiedot. Taulukossa 9 esitetään rakennusosien pinta-alat ja alustavat U-arvot. Suunnitteluratkaisun ikkunapinta-ala on 20 % kerrostasoalasta. Julkisivusta 15 % on ikkunaa.

Taulukko 8. Loma-asunnon laajuustiedot.

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	250 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	78 m ²
Lämmitetty nettoala	71 m ²
Rakennustyyppi	Loma-asunto
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Kohteen ulkoseinät ovat pääasiassa eristämätöntä massiivista pyöröhirttä (tiheys on 550 kg/m³ ja keskimääräinen paksuus on 130 mm). Seinärakenteen U-arvo on 1,0 W/(m² K). Tämä ylittää loma-asunnon hirsiseinän U-arvon vertailuarvon, joka on 0,80 W/(m² K).

Taulukko 9. Loma-asunnon rakennusosien pinta-alat ja alustavat U-arvot. Vertailuarvon ylittävän hirsiseinän U-arvon takia lämpöhäviövaatimus ei täyty muiden rakennusosien U-arvojen vertailuarvoja käyttämällä.

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]	U-arvot, W/(m ² K) [U]		Lämpöhäviöiden tasaus	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A · U]	
				Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT					
Ulkoseinä	4	0,24	0,62	1,0	2,5
Hirsiseinä	78	0,80	1,00	62,4	78,0
Yläpohja	75	0,15	0,15	11,3	11,3
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)		0,15		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		0,19		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾	71	0,24	0,24	17,0	17,0
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾		0,24		-	-
Ikkunat	15,3	1,40	1,40	21,4	21,4
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾	5,7	1,40	1,40	8,0	8,0
Kattoikkunat		1,40		-	-
Kattovalokuvut		1,40		-	-
Yhteensä	249			121,1	138,2

Vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien U-arvoja.

Vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla

- yläpohjan U-arvoa arvosta 0,15 W/(m²K) arvoon 0,10 W/(m²K),
- alapohjan U-arvoa arvosta 0,24 W/(m²K) arvoon 0,15 W/(m²K),
- ikkunoiden U-arvoa arvosta 1,4 W/(m²K) arvoon 1,0 W/(m²K) ja
- ovien U-arvoa arvosta 1,4 W/(m²K) arvoon 1,0 W/(m²K).

Parannusten jälkeen rakennuksen vaipan yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö (taulukko 10) alittaa vertailulämpöhäviön. Suunnitteluratkaisu täyttää loma-asunnon lämpöhäviövaatimuksen.

Taulukko 10. Loma-asunnon rakennusosien pinta-alat ja parannetut U-arvot. Vertailuarvon ylittävän hirsiseinän U-arvon takia lisääntynyt lämpöhäviö on tasattu muiden rakennusosien U-arvoja parantamalla. Kohteen rakennesuunnitelmat päivitettiin vastaamaan lämpöhäviön tasaustasua.

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]	U-arvot, W/(m ² K) [U]		Lämpöhäviöiden tasaus	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A · U]	
				Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT					
Ulkoseinä	4	0,24	0,62	1,0	2,5
Hirsiseinä	78	0,80	1,00	62,4	78,0
Yläpohja	75	0,15	0,10	11,3	7,5
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)		0,15		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		0,19		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾	71	0,24	0,15	17,0	10,7
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾		0,24		-	-
Ikkunat	15,3	1,40	1,00	21,4	15,3
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾	5,7	1,40	1,00	8,0	5,7
Kattoikkunat		1,40		-	-
Kattovalokuvut		1,40		-	-
Yhteensä	249			121,1	119,6

Vaikka loma-asunnon vaipan ilmanpitävyydelle ei ole määräyksissä vaatimuksia, niin rakentamisvaiheessa kiinnitettiin erityistä huomiota hirsirakenteiden sekä ikkuna- ja oviliitosten ilmanpitävyyteen. Samoin läpiviennit pyrittiin saamaan mahdollisimman tiiviiksi.

Vaikka loma-asunnon ilmanvaihdon lämmöntalteenotolle ei ole määräyksissä vaatimuksia, niin loma-asunto varustettiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jossa on tehokas vastavirtalevyllämmönsiirtimellä varustettu lämmöntalteenotto. Tällä ratkaisulla haluttiin varmistaa hallittu ja vedoton ilmanvaihto sekä hyvä sisäilmasto kaikissa olosuhteissa. Lisäksi ratkaisulla varmistettiin tulisijan hormin hyvä veto.

LIITE 1 Tasauslaskentalomake ja sen täyttöohje

1 Määräystenmukaisuuden osoittaminen

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan osan D3 luvun 3 mukaan tasauslaskelmalla. Taulukoissa 1 ja 2 on esimerkit tasauslaskentalomakkeesta ja määräystenmukaisuuden tarkistuslistasta.

Liitteen 5 esimerkissä 1.4 esitetään tasauslaskentalomake loma-asunnolle, jota koskee vain vaipan lämpöhäviön vaatimus.

Taulukko 1. Tasaustalokentelomake rakennuskohteen lämpöhäviön laskemiseksi.

Rakennuskohte	Pientalo
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi Lue ohjeet	1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 15 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Jukka Talonen
Tasaustalokentelman tekijä	Teemu Tasa
Päiväys	1.7.2012
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	522 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	163 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	147 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliilämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 143 m²
 Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 17 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	113	113	0,17	0,60	0,17	19,2	19,2
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,09	13,2	13,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,16	23,5	23,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	21,5	21,5	1,00	1,80	1,00	21,5	21,5
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	1,00	8,2	8,2
Kattoikkunat			1,00	1,80	1,00	-	-
Kattovalokuvut	3,0	3,0	1,00	2,00	1,00	3,0	3,0
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	88,7
Puoliilämpimät tilat tai määräaikaist rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliilämpimät tilat yhteensä							
VAIPAN ILMAVUODOT							
	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	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0		0,0070	8,4	8,4	
Puoliilämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		Ilmanvaihdon LTO:n vuosiyhtösuhte, % [h _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v,p} · (1-h _a)]		
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,059	45	45	38,8	38,8	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliilämpimät tilat			45		-	-	
Puoliilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
					Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}]		
	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu			Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					136	136	
Puoliilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä							

© Ympäristöministeriö, Tasaustalokentelmä, versio marrasku 2011

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9.

Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.

Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Taulukko 2. Rakennuskohteen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista.

Rakennuskohde	Pientalo
Rakennuslupatunnus	Esimerkki

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)				
Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	v			
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa				
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	v			
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	v		4	2,00
- puoliämpimissä tiloissa			4	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	v		136 W/K	136 W/K
- puoliämpimissä tiloissa				
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	v			

© Ympäristöministeriö, Tasaustalven 2012 (versio marraskuu 2011)

Lisäselvitykset	
Rakennuksen ilmanpitävyys	
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.	
Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään 4 m ³ /(h m ²), mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.	
Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 m ³ /(h m ²).	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasaustalven oppaassa.	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).	

2 Lämpöhäviöiden tasauslaskentataulukon käyttö

2.1 Kohteen tiedot ja rakennuksen laajuustiedot

Kohteesta esitetään yleisiä tietoja tarvittavassa laajuudessa. Suunnitteluratkaisu ja käytetyt tasauskeinot kuvataan lyhyesti. Rakennuksen maanpäällisen kerrostasoalan ilmoittaminen on välttämätöntä määräystenmukaisuuden osoittamiseksi. Lämmitettyä nettoalaa ja rakennuksen käyttötarkoituksiluokkaa tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirran määrittämiseen. Kerrosmäärää tarvitaan vuotoilmavirran laskentaan.

2.2 Rakennusosien pinta-alat

Taulukkoon kirjoitetaan eri rakennusosien pinta-alat. Yleensä pinta-ala on sama vertailuratkaisussa ja suunnitteluratkaisussa. Jos suunnitteluratkaisussa käytetään vertailuratkaisusta poikkeavaa ikkunapinta-alaa, niin myös ulkoseinien tai yläpohjan pinta-alat voivat poiketa toisistaan. Rakennusosien kokonaispinta-alan (=vaipan pinta-ala) tulee kuitenkin olla sama molemmissa ratkaisuissa. Oppaan tekstiosassa kohdassa 3.3.2 kuvataan tarkemmin vaipan eri rakennusosien pinta-alojen määrittämistapoja.

2.3 Rakennusosien U-arvot

Taulukkoon kirjoitetaan eri rakennusosien U-arvot. Pääsääntöisesti käytetään varsinaiselle rakenteelle määritettyä U-arvoa. Oppaan tekstiosassa kohdassa 3.3 käsitellään yksityiskohtaisemmin U-arvojen määrittämistä ja muun muassa kylmäsiltojen huomioon ottamista. Jos suunnitteluratkaisussa rakennusosa koostuu useasta eri rakennetyypistä, käytetään taulukossa pinta-aloilla painotettua keskimääräistä U-arvoa. Taulukossa mainittuja suurimpia sallittuja U-arvoja (enimmäisarvo) ei saa ylittää. Oppaan liitteessä 2 kerrotaan lyhyesti U-arvojen määrittämistavoista, mutta tarkemmin U-arvojen määrittämistä voi lukea rakentamismääräyskokoelman osasta C4 ja aiheeseen liittyvistä oppaista.

2.4 Vaipan ominaislämpöhäviöt

Vaipan eri rakennusosien ominaislämpöhäviöt lasketaan vertailuratkaisulle ja suunnitteluratkaisulle. Rakennusosan ominaislämpöhäviö on yksinkertaisesti pinta-ala kerrottuna U-arvolla.

2.5 Vaipan ilmavuodot

Taulukkoon kirjoitetaan vaipan ilmanvuotoluku q_{50} . Vuotoilmavirta lasketaan vaipan ilmanvuotoluvun avulla. Ominaislämpöhäviö lasketaan vuotoilmavirrasta. Vaipan ilmavuotojen ominaislämpöhäviöt lasketaan vertailuratkaisulle ja suunnitteluratkaisulle.

2.6 Ilmavirrat

Lämpöhäviöiden tasauslaskelmissa käytetään hallitun ilmanvaihdon ilmavirtana yleensä poistoilmavirtaa. Poistoilmavirtana ($q_{v,p}$) käytetään käyntiajalla painotettua poistoilmavirtaa. Ilmanvaihdon ilmavirta on sama vertailu- ja suunnitteluratkaisussa. Ilmanvaihdon poistoilmavirta on osan D3 mukaan määritelty standardikäyttöä vastaava ilmavirta. Ilmavirtoja ja käyntiaikatekijöitä käsitellään tarkemmin oppaan tekstiosassa kohdassa 3.5 ja liitteessä 4.

2.7 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteella hyödynnettävä lämpö voidaan laskea poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteen η_a avulla.

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa käytetään valmistajan ilmoittamaa standardin SFS-EN 308 mukaan mitattua tai tyyppihyväksyttyä tuloilman lämpötilahyötysuhdetta

(tulo- ja poistoilman massavirrat ovat yhtä suuret). Lämpötilahyötysuhde määritetään suunnitteluratkaisun poistoilmavirralla.

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteesta kerrotaan lisää oppaan liitteessä 4. Vuosihyötysuhde (η_a) on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen osoittamisessa on otettava huomioon ainakin tulo- ja poistoilmavirtojen suhde ja jäätymissuojauksen toiminta sekä mahdollinen tuloilman lämpötilan rajoittaminen.

2.8 Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöt

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöt lasketaan vertailuratkaisulle ja suunnitteluratkaisulle. Taulukon 1 mukaisesti ja siinä käytettyjä yksiköitä käyttäen ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö on $1,2 \cdot 1000 q_{v,p} (1 - \eta_a)$.

3 Määräystenmukaisuuden tarkistuslistan käyttö

3.1 Yleistä

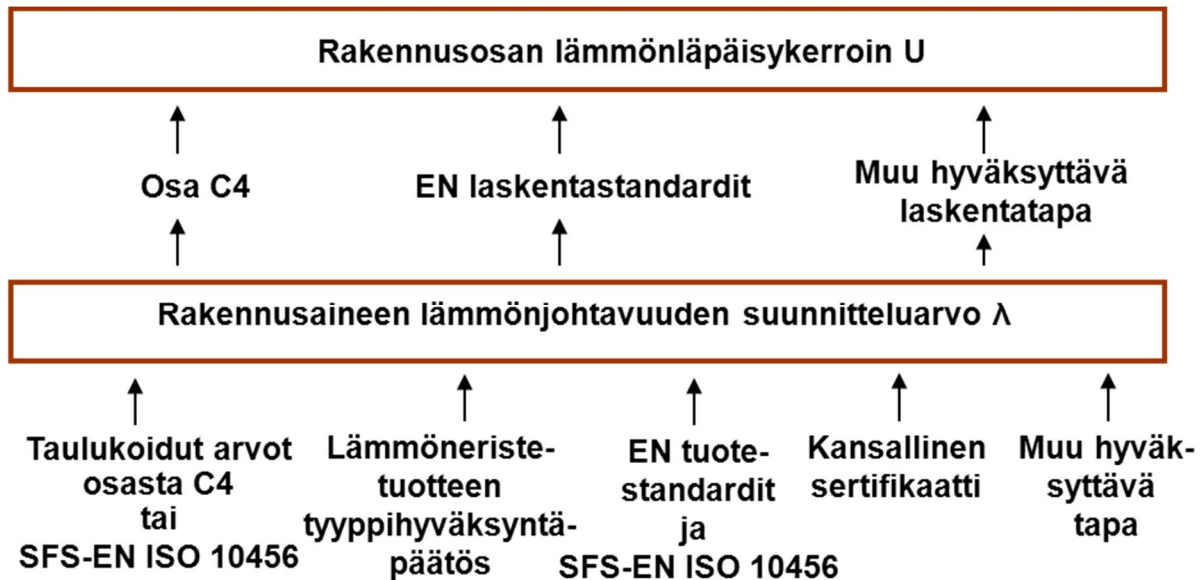
Määräystenmukaisuuden tarkistuslista on jaettu neljään osaan. Määräystenmukaisuus käydään jokaisessa osassa läpi kohta kohdalta. Jos yksikin ehto tai vaatimus ei täyty, niin suunnitteluratkaisu ei ole määräysten mukainen. Eräiden vaatimusten täyttymisen osoittamisen helpottamiseksi tarkistuslistassa on kohdat vertailu- ja suunnitteluarvoille. Numeroarvot näihin kohtiin saadaan tasauslaskentataulukosta. Vaatimusten täyttyminen osoitetaan erikseen lämpimille tiloille ja puolilämpimille tiloille. Lämpimien tilojen lämpöhäviöiden pienentämisestä ei voi saada etua puolilämpimien tilojen lämpöhäviöiden tasauksessa eikä päinvastoin.

3.2 Pinta-ala- ja lämpöhäviövaatimukset

Ikkunapinta-alavaatimus täyttyy, kun vertailuikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisten kerrosten yhteenlasketusta kerrostasosalasta, kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta.

Lämpöhäviövaatimukset täyttyvät, kun rakennusosien U-arvojen enimmäisarvovaatimukset täyttyvät, vaipan ilmanpitävyyden enimmäisarvovaatimukset täyttyvät ja suunnitteluratkaisun vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö ei ylitä vertailuratkaisun yhteenlaskettua ominaislämpöhäviötä.

LIITE 2 Lämmönjohtavuus ja lämmönläpäisykerroin



1 Lämmönjohtavuus

1.1 Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo ja sen valintamahdollisuudet

Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvona (λ_U) voidaan käyttää SFS-EN-standardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan määritettyä lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa, SFS-EN-standardissa esitettyä taulukoitua lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa, rakentamismääräyskokoelman osan C4 taulukossa annettua lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa tai muulla tavalla määritettyä, rakennusosalle soveltuvaa lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa (esimerkiksi tyyppihyväksyttyä arvoa). Ensisijaisesti käytetään SFS-EN-standardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan määritettyä lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa, tämän jälkeen taulukoitua λ_U -arvoa ja viimeisenä muulla menetelmällä määritettyä lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa. Jos samalle aineelle on annettu useita λ_U -arvoja, valitaan lämmönjohtavuudeksi parhaiten tarkasteltavaan kohteeseen soveltuva arvo. λ_U -arvo vastaa aikaisemmin käytössä ollutta λ_d -arvoa.

Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo λ_U korvaa aikaisemmin käytössä olleen kansallisen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvon λ_n (normaalinen lämmönjohtavuus). Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo λ_U sisältää aineen lämmönjohtavuuden mittaustulosten hajonnan sekä lämpötilan, kosteuspitoisuuden ja ikääntymisen vaikutukset lämmönjohtavuuteen. Nämä tekijät ovat sisältyneet myös aikaisempaan normaalisen lämmönjohtavuuden arvoon, tosin eri tavoin määritettynä. Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo λ_U ei sisällä lämmöneristeessä olevista ilmaraoista ja epäideaalisesta asennuksesta eikä lämmöneristeen suuresta ilmanläpäisevyydestä aiheutuvaan lämmön siirtymisen lisäystä ainekerroksessa. Aikaisempi normaalisen lämmönjohtavuuden arvo on

sisältänyt myös näiden tekijöiden vaikutuksen. Näiden tekijöiden vaikutukset on tarkistettava ja otettava tarvittaessa huomioon lämmöneristettä valittaessa ja rakennusosan korjattua lämmönläpäisykerrointa U_c määritettäessä.

2 Lämmönläpäisykerroin

2.1 Lämmönläpäisykerroimen laskenta

Rakentamismääräyskokoelman osassa C4 esitetään menetelmä rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykerroimen (U) ja korjatun lämmönläpäisykerroimen (U_c) laskemiseksi. Korjattu lämmönläpäisykerroin (U_c) on rakennusosan lopullinen lämmönläpäisykerroin, jota käytetään rakennuksen määräysten mukaisuutta osoittaessa sekä rakennuksen energiankulutuslaskelmissa.

Muutakin menetelmää voidaan käyttää, jos osaa C4 ei voida soveltaa tai korvaava laskentamenettely on vähintään yhtä tarkka kuin osassa C4 esitetty. Myös kokeellista tulosta voidaan käyttää, jos laskennallinen määrittäminen on kohtuuttoman vaikeaa tai laskennassa tarvittava lähtötieto määritetään kokeellisesti.

Lämmönläpäisykerroimen yksittäinen mittaustulos pätee vain tutkitulle koe-rakenteelle mittaussoloissa. Jos lämmönläpäisykerroimen laskenta on kohtuuttoman hankalaa, voidaan koetuloksen perusteella kuitenkin arvioida rakenneratkaisulle käytännön suunnitteluun soveltuva lämmönläpäisykerroimen arvo. Tällöin on pyrittävä ottamaan huomioon mittausten epätarkkuus, rakenteen ja siinä käytettävien aineiden ominaisuuksien vaihtelu käytännössä, rakennesuunnitelmien mukainen materiaalien käyttölämpötilaolosuhteiden ja -kosteuspitoisuuden vaikutus sekä rakennusaineiden mahdollinen lämmönjohtavuuden palautumaton muuttuminen käyttöiän aikana.

2.2 Kylmäsiltojen laskenta

Rakennusosissa olevat säännölliset kylmäsilat otetaan huomioon rakennusosan lämmönläpäisykerroimen laskennassa ja lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Rakennuksen vaippaan eri syistä tehtäviä yksittäisiä kylmäsiltoja ei tarvitse ottaa huomioon rakennusosan lämmönläpäisykerrointa laskettaessa. Yksittäisen kylmäsilan voi muodostaa esimerkiksi suuri läpivienti, hormi, parvekkeen kannatus, alapohjan läpäisevä pilari, rakenteeseen sijoitettu talotekniikan komponentti tai muu erikseen suunniteltu ja toteutettu yksittäinen ratkaisu. Myöskään rakennusosien välisten liitosten aiheuttamia kylmäsiltoja ei oteta huomioon lämpöhäviöiden tasauslaskennassa.

Kirjallisuutta

1. RIL 225 Rakennusosien lämmönläpäisykerroimen laskenta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y.
2. Lämmöneristetuotteiden tyyppihyväksyntä, Ohjeet 2007, Ympäristöministeriö 2007.

Rakennusten lämmöneristystä koskevia standardeja

Lämmöneristeiden tuotestandardit

SFS-EN 13162: 2008 – SFS-EN 13171:2008, Thermal insulation products for buildings - Factory made products

SFS-EN 13172:2008, Thermal insulation products – Evaluation of conformity

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo

SFS-EN ISO 10456:2007, Building materials and products. Hygrothermal properties -Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

SFS-EN ISO 10456:2007/AC:2009, Korjaus AC standardiin SFS-EN ISO 10456:2007

SFS-EN 1745:2002, Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values

Lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin

SFS-EN ISO 6946:2007, Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method

SFS-EN ISO 13370:2007, Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods

SFS-EN ISO 10077-1:2006, Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1: General

SFS-EN ISO 10077-1:2006/AC:2009, Korjaus AC standardiin SFS-EN ISO 10077-1:2006

SFS-EN ISO 10077-2:2003, Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames

Kylmäsilat

SFS-EN ISO 10211:2007, Thermal bridges in building construction. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations

SFS-EN ISO 14683:2007, Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values

Lämpöhäviöt ja pinta-alojen määrittelyt

SFS-EN ISO 13789:2007, Thermal performance of buildings. Transmission and ventilation heat transfer coefficients. Calculation method

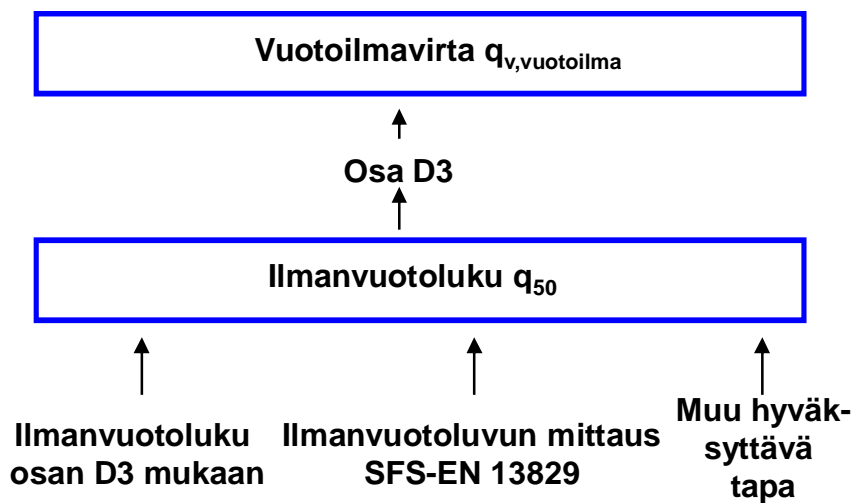
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto

SFS-EN 308:1997, Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices.

LIITE 3 Selvitys vaipan ilmanpitävyydestä

1 Johdanto

Selvitys vaipan ilmanpitävyydestä voi perustua vaipan ilmanpitävyyden mittaukseen tai muuhun menettelyyn. Ilmanpitävyyden mittaus perustuu standardiin SFS-EN 13829. Muulla menettelyllä tarkoitetaan esimerkiksi sellaista teollisen talonvalmistuksen laadunvarmistusmenettelyä, jolla lämpöhäviön laskennassa käytettävä ilmanpitävyys voidaan luotettavasti arvioida ennakolta.



2 Vaipan ilmanpitävyyden mittaukseen perustuva selvitys

2.1 Mittausmenetelmä

Tasauslaskentaa varten rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku määritetään standardin SFS-EN 13829 (menetelmä B) mukaan 50 Pa paine-erolla ulkoilmaan verrattuna. Menetelmässä suljetaan tiiviisti mittauksen ajaksi rakennuksen vaipassa olevat aukot kuten ulko- ja jäteilmalaitteet sekä savupiiput. Ulko-ovet ja ikkunat ovat mittauksen aikana kiinni.

Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku q_{50} ($m^3/(h \cdot m^2)$) lasketaan 50 Pa:n paine-erolla määritetyn vuotoilmavirran (m^3/h) ja rakennuksen vaipan pinta-alan (m^2) suhteena. Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja.

2.2 Selvityksen sisältö

Selvityksessä vaipan ilmanpitävyydestä esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- Rakennuksen tunnistetiedot ja laajuustiedot
- Rakennuksen tai sen mitatun osan ilmatilavuus ja vaipan pinta-ala
- Mittaajan nimi ja mittauspäivämäärä
- Säättiedot
 - ulkolämpötila
 - tuulen nopeus
 - tuulen suunta
 - ilmanpaine
- Tiiviysmittausten kattavuus
 - koko rakennus/osarakennus
- Tiedot mittauksissa käytetyistä laitteista ja koejärjestelyistä
 - Kalibrointitiedot
 - Paine-eron tuottamistapa
 - Apupuhallin
 - Rakennuksen oma ilmanvaihtojärjestelmä
 - Mittauspisteiden sijainti
 - Mittauksen ajaksi suljetut aukot
 - Mahdolliset poikkeamat standardista
- Mittaustulokset
 - Mittauspaine-erot
 - Mitatut vuotoilmavirrat eri paine-eroilla
 - Sisälämpötila
 - Ulkolämpötila
 - Ilmanpaine
 - Kokeessa havaitut merkittävimmät vuotokohdat
- Mittaustuloksista määritetty vuotoilmavirta 50 Pa:n alipaineella
- Vaipan ilmanvuotoluku q_{50}

3 Muuhun menettelyyn perustuva selvitys vaipan ilmanpitävyydestä

Selvityksessä esitetään talotyyppikohtainen tasauslaskennassa käytettävä rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50} 50 Pa:n paine-erolla ja perusteena oleva laadunvarmistusmenettely. Menettelyyn löytyy soveltamiskelpoisia ohjeita RT-ohjekortista RT 80-10974 (2009).

Talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun määrittäminen perustuu toteutetuista kohteista mitattuun riittävän suureen aineistoon. Talotyyppikohtaisessa ilmanvuotoluvussa on oltava riittävästi varmuutta, jotta rakennuksen toteutunut ilmanvuotoluku olisi enintään talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun suuruinen.

Laadunvarmistusmenettelystä esitetään se mittausaineisto ja tilastollinen laskenta, johon talotyyppikohtainen ilmanvuotoluku perustuu. Selvityksessä esitetään myös lyhyesti ilmanpitävyyden varmistaminen suunnittelussa, rakennusosien tuotannossa ja työmaatoiminnoissa sekä ulkopuolinen laadunvalvonta.

LIITE 4 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta

1 Johdanto

Tässä liitteessä käsitellään rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteen (η_a) laskennallista määrittämistä. Vuosihyötysuhdetta tarvitaan lämpöhäviöiden tasauslaskennassa, kun osoitetaan, että rakennuksen lämpöhäviö täyttää rakentamismääräysten vaatimukset. Tämä liite on päivitetty versio aiemmin julkaistusta ympäristöministeriön monisteesta 122 (2003). Päivitystarpeen on aiheuttanut rakentamismääräysten uudistuminen.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 "Rakennusten energiatehokkuus" määräyksessä 2.6.2 esitetään, että ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa:

- 1) rakennuksen vaipan lämmöneristystä parantamalla;
- 2) rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä parantamalla; tai
- 3) vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla.

Vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen osoitetaan rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennalla.

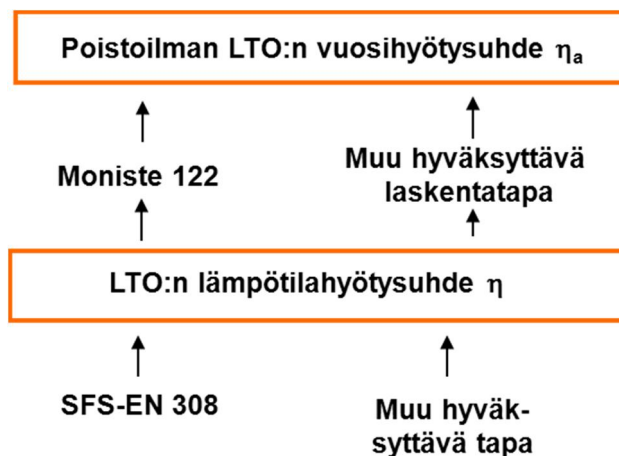
Lämpöhäviön tasauslaskennassa ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvona käytetään arvoa 45 %. Suunnitteluratkaisun ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde voidaan määrittää tämän ohjeen mukaisilla laskelmilla. Laskentaan löytyy myös työkalu ympäristöministeriön internetsivuilta osoitteesta www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset.

Laskennassa käytetään valmistajan ilmoittamaa esimerkiksi standardin SFS-EN 308 mukaan mitattua tuloilman lämpötilahyötysuhdetta (tulo- ja poistoilman massavirrat ovat yhtä suuret) tai voimassa olevan tyyppihyväksyntäohjeen mukaisella tavalla mitattua hyötysuhdetta. Lämpötilahyötysuhde määritellään todellisen suunnitteluratkaisun ilmavirralla.

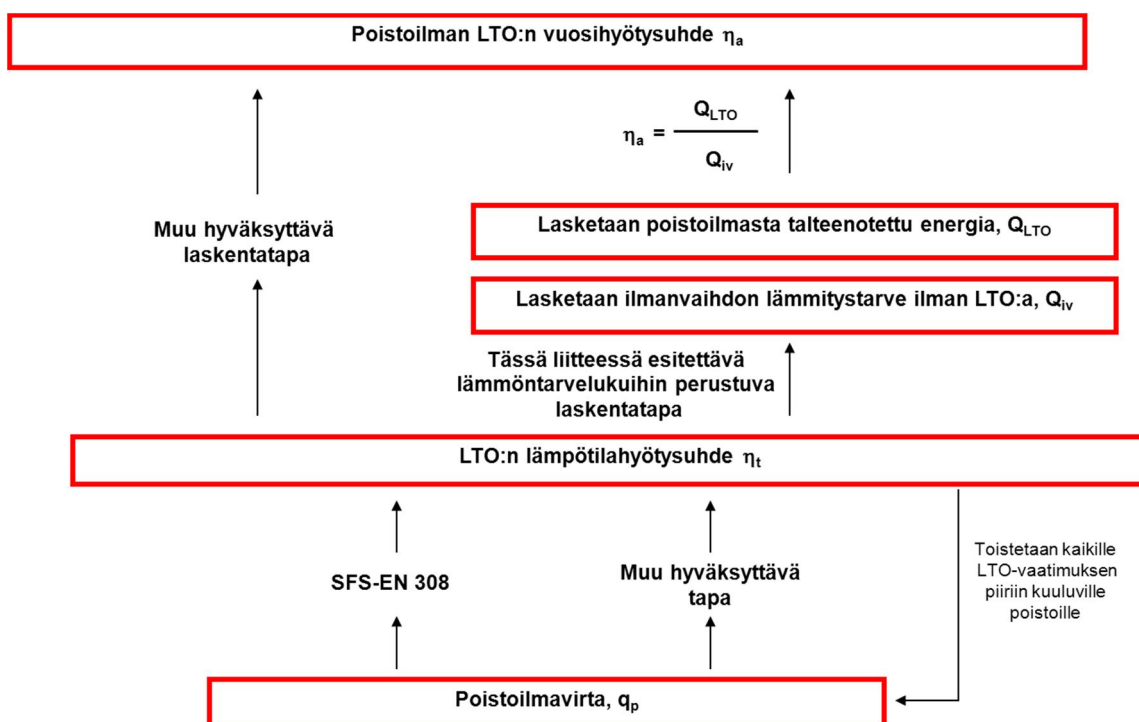
Vuosihyötysuhteen määrittämisessä on otettava huomioon tulo- ja poistoilmavirtojen suhde ja jäätymissuojauksen toiminta sekä mahdollinen tuloilman lämpötilan rajoittaminen.

Tässä liitteessä esitetään yksityiskohtaisemmat ohjeet, miten ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan laskea tuloilman lämpötilahyötysuhteen ja ulkolämpötilan pysyvyystietojen avulla.

Tässä kuvatut yksinkertaistetut menetelmät on tarkoitettu rakennuksen suunnitteluratkaisun määräystenmukaisuuden osoittamiseen. Menetelmät eivät pyri ottamaan huomioon kaikkia lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä todellisessa rakennuksessa ja todellisessa käytössä. Kuvassa 1 esitetään kaavio rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämistavoista. Kuvassa 2 esitetään yksityiskohtaisempi kaavio rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämiseksi.



Kuva 1. Kaavio rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämistavoista.



Kuva 2. Kaavio rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämiseksi määräystenmukaisuuden osoittamista ja siihen liittyvää tasauslaskelmaa varten.

2 Määritelmiä

2.1 Käsitteitä

Poistoilman (jäteilman) lämmöntalteenoton vertailuvaatimus tarkoittaa rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 määräyksessä 2.6.2 esitettyä ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vähimmäisvaatimusta, joka on 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Jäteilma on poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos. Lämmöntalteenoton vaatimuksen täytyminen edellyttää, että poistoilmasta talteenotettu lämpömäärä käytetään vaadittavalta osaltaan rakennuksen tuloilman tai tilojen lämmitykseen lämmityskauden aikana.

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemalla lämpömäärällä tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirran lämmittämiseksi ulkoilman lämpötilasta huonelämpötilaan. Tasauslaskelmissa ei siis oteta huomioon rakennukseen tulevia tai rakennuksessa syntyviä ilmaislämpöjä, joten lämpömäärän lämpötilaerona käytetään sisälämpötilan ja ulkolämpötilan välistä erotusta ja sisälämpötilan oletetaan olevan koko vuoden ajan vakio. Mitoittava sisälämpötila on +21 °C, jollei rakennuksen käyttötarkoituksesta tai muusta vastaavasta syystä johtuen ole perusteltua käyttää muuta arvoa.

Rakennuksen poistoilman (jäteilman) lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistolla talteenotettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhde rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärään, kun rakennuksessa ei ole lämmöntalteenottoa. Rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteella ei siis tarkoiteta yksittäisen ilmanvaihtokoneen tuloilman lämmittämisen vuosihyötysuhdetta. Vuotoilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa lämpömäärää ei oteta vuosihyötysuhteen laskennassa huomioon.

Lämmöntalteenottolaitteisto (LTO) on laitteisto, jonka avulla poistoilmasta siirtyy lämpöä joko tuloilmaan taikka muuhun rakennuksen tiloja lämmittävään järjestelmään ja joka näin alentaa rakennuksen lämmitysenergiakulutusta.

Lämmön talteenottovaatimuksen piiriin kuuluva poistoilmavirta sisältää kaikki muut kuin osan D3/2012 kohdan 2.6.3 mukaan epätarkoituksenmukaiseksi osoitetut poistoilmavirrat. Näitä yksittäisten tilojen epätarkoituksenmukaisia poistoilmavirtoja voivat olla esimerkiksi ammattimaisten keittiöiden ja vetokaappien poistoilmavirrat, joissa poistoilman poikkeuksellinen likaisuus estää lämmöntalteenoton toiminnan, tai jos tilan lämpötila on alle +10 °C eikä poistoilmasta ole saatavissa lämpöä talteen kustannustehokkaasti.

Sisälämpötilalla tasauslaskelmissa tarkoitetaan poistoilman keskimääräistä lämpötilaa lämmityskaudella. Näin ollen esimerkiksi jaksoittaisessa lämmityksessä keskimääräinen sisälämpötila on määritettävä erikseen. Samoin samaan ilmavaihtokoneeseen kytkettyjen eri lämpöisten tilojen poistoilmavirroilla painotettu keskimääräinen poistoilman lämpötila on laskettava.

Tuloilman lämpötilahyötysuhde on tuloilman lämpenemisen suhde poistoilman ja ulkoilman väliseen lämpötilaerotukseen. Tuloilman lämpötilahyötysuhteeseen vaikuttaa lämmöntalteenottolaitteen rakenteen lisäksi tulo- ja poistoilmavirtojen suhde. Poistoilman lämmöntalteenottolaitteistojen erityyppisten lämmönsiirtimien tuloilman lämpötilahyötysuhteet ovat tyypillisesti:

- virtaavan väliaineen välityksellä lämpöä siirtävät lämmönsiirryhdistelmät: 40 - 60 %
- ristivirtalevyllämmönsiirtimet: 50 - 70 %
- vastavirtalevyllämmönsiirtimet: 60 - 80 %
- regeneratiiviset lämmönsiirtimet: 60 - 80 %.

Poistoilman lämpötilahyötysuhde on poistoilman jäähtymisen suhde poistoilman ja ulkoilman väliseen lämpötilaerotukseen.

Lämmöntarveluku on lämmitysenergiantarvetta kuvaava lämpötilaeron ja esiintymisajan tulo. Tässä oppaassa lämmöntarveluvut lasketaan lämmityskaudelle eli jaksolle, jolla ulkoilman lämpötila on alle +12 °C.

2.2 Lämmöntalteenotto erikoistapauksissa

Lämpöhäviövaatimusten täyttämiseksi on käytössä rajalliset keinot. Poistoilman lämmöntalteenotossa puhutaan yleensä poistoilmasta tuloilmaan lämpöä siirtävistä lämmöntalteenottolaitteista. Muille lämmöntalteenottotavoille voidaan käyttää tässä liitteessä esitettyä menettelytapaa soveltuvin osin. Oppaassa on kuvattu määräystenmukaisuuden osoittamistavat yksityiskohtaisesti. Seuraavassa esitetään muutamia rajoituksia, jotka tulee ottaa huomioon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta määriteltäessä

Tarpeenmukainen ilmanvaihto ei ole poistoilman lämmöntalteenottoratkaisu

- ilmanvaihtoa tulee käyttää ja ohjata tarpeen mukaan, suunnitteluratkaisussa ei saa käyttää pienempää ilmanvaihdon ilmavirtaa kuin vertailuratkaisussa vaan kummassakin tapauksessa käytetään samoja ilmavirtoja

Tulo- tai poistoilmaikkuna eivät ole poistoilman lämmöntalteenottoratkaisuja

- tulo- tai poistoilmaikkunassa ei voi myöskään käyttää muista ikkunoista poikkeavasti määritettyjä U-arvoja tasauslaskelmissa, jollei selvityksin toisin osoiteta

Varaajaan poistoilmasta lämpöä siirtävät lämmöntalteenottoratkaisut

- esimerkiksi lämmitysvesivaraajaa lämmittävä ilmanvaihdon lämmöntalteenottoratkaisu hyväksytään LTO-ratkaisuksi tasauslaskennassa vain siltä osin kuin talteen otettu lämpö käytetään tuloilman tai tilojen lämmitykseen. Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytettyä talteenotettua energiaa ei oteta lämpöhäviön tasauslaskelmassa huomioon.

Lämpöpumppu poistoilman lämmöntalteenottoratkaisuna

- jos poistoilman lämmöntalteenotossa käytetään lämpöpumppua, otetaan vuosihyötysuhdetta laskettaessa huomioon ainoastaan poistoilmasta höyrystimeen siirtyvä (talteen otettu) lämpöenergia. Kompressorin tekemää työtä ei oteta huomioon. Tuloilmaan, huoneilmaan tai varaajaan siirtyvä lämpömäärä lauhduttimesta on siis suurempi kuin höyrystimellä talteenotettu lämpömäärä. Mahdollista varaajaa koskevat edellä esitetyt rajoitukset.

Laitesähkönkulutus ei kuulu lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisen ja tasauslaskennan piiriin

- esimerkiksi ilmanvaihdon puhaltimien ja pumppujen sähkönkulutus

Määräystenmukaisuus osoitetaan ja ilmanvaihdon lämmitysenergiantarve lasketaan erikseen lämpimille tiloille ja puolilämpimille tiloille. Lämpimien tilojen lämpöhäviöiden pienentämisestä ei voi saada etua puolilämpimien tilojen tasauslaskennassa. Samaa periaatetta voidaan soveltaa myös esimerkiksi erityisen lämpimiin tiloihin, jos niiden osuus rakennuksen tiloista on merkittävä. Niille tiloille voidaan tarvittaessa tehdä erillinen lämpöhäviölaskenta sekä vaipan että ilmanvaihdon osalta. Erityisen lämpimien tilojen lämpöhäviöiden pienentämisestä ei voi saada etua muiden tilojen tasauslaskennassa.

2.3 Liitteessä 4 käytetyt merkinnät

c_p	ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK, (= 1006 J/kgK)
Q_{iv}	ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia lämmityskaudella, kWh
Q_{LTO}	poistoilmasta talteenotettu energia lämmityskaudella, kWh
q_p	lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summa, m ³ /s
	HUOM. Muualla oppaassa käytetään merkintää $q_{v,p}$
$q_{p,i}$	lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluva poistoilmavirta (i), m ³ /s
q_{pLTO}	lämmöntalteenoton läpi kulkeva poistoilmavirta, m ³ /s
q_{ep1}	lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin <u>kuuluvan</u> erillispoiston ilmavirta, m ³ /s
q_{ep2}	lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin <u>kuulumattoman</u> erillispoiston ilmavirta, m ³ /s
q_{LTO}	lämmöntalteenoton läpi kulkevan tuloilmavirran tilavuusvirta, m ³ /s
R_T	ilmanvaihtokoneen tuloilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde, -
R_p	ilmanvaihtokoneen poistoilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde, -
R_{LTO}	lämmöntalteenoton läpi kulkevan tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde, -
S_S	sisäilman lämpötilan t_s ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku, Kd
S_T	tuloilman lämpötilan t_{LTO} (LTO:n jälkeen) ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku, Kd
S_J	jäteilman lämpötilan t_j (poistoilma LTO:n jälkeen) ja sisäilman lämpötilan t_s välinen lämmöntarveluku, Kd
t_s	sisäilman lämpötila, °C (on tässä monisteessa sama kuin t_p eli poistoilman lämpötila)
t_j	jäteilman lämpötila (poistoilma LTO:n jälkeen), °C
t_{LTO}	tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, °C
t_u	ulkoilman lämpötila, °C
η_a	ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, -
η_p	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilahyötysuhde, -
η_t	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilahyötysuhde, -
$\Delta\tau$	aikajakso, jolloin ko. lämpötilaero esiintyy, d
ρ	ilman tiheys, kg / m ³ , (= 1,2 kg/m ³)
	HUOM. kaikki esitetyt ilmavirrat vastaavat ilman tiheyttä 1,2 kg/m ³ .

3 Rakennuksen ilmanvaihto

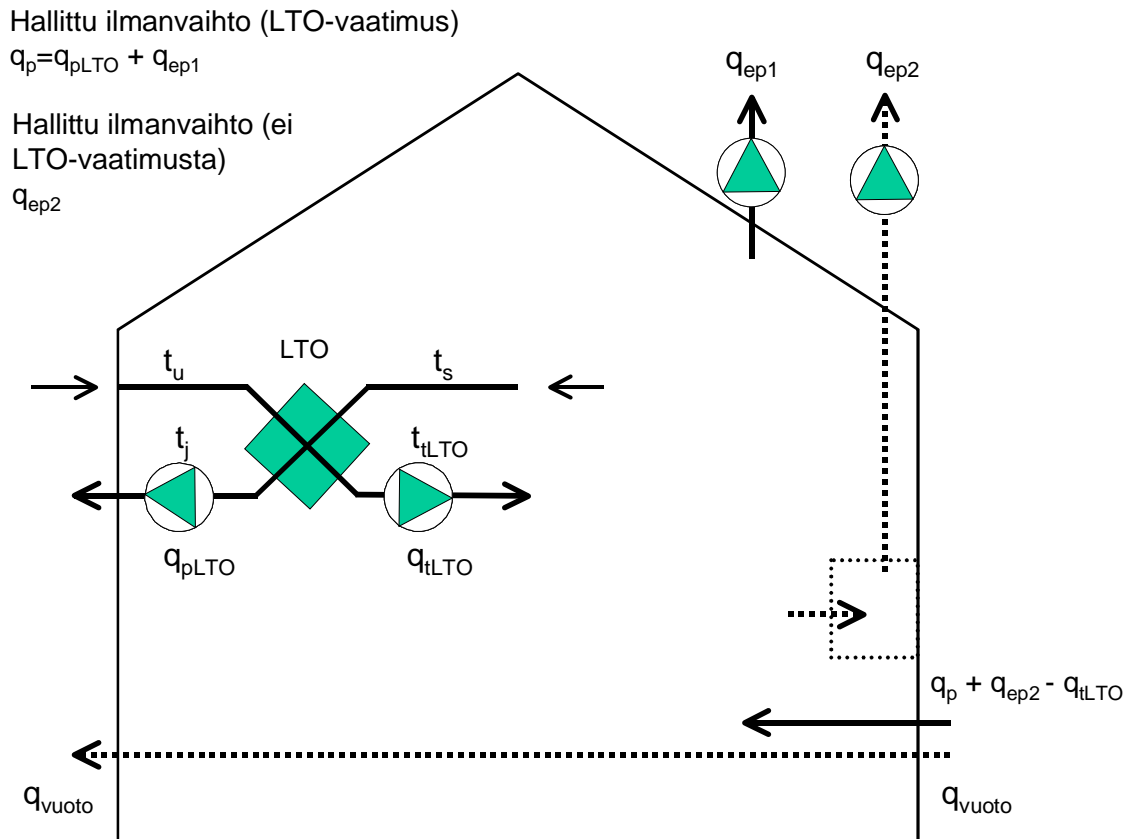
3.1 Rakennuksen ilmavirrat

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisessä ja määräystenmukaisuuden osoittamisessa käytetään kuvassa 3 määriteltyjä ilmavirtoja.

Lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluva kokonaispoistoilmavirta (q_p) koostuu lämmöntalteenoton kautta menevistä poistoilmavirroista (q_{pLTO}) ja niistä erillisistä poistoilmavirroista (q_{ep1}), jotka kuuluvat lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin. Lisäksi rakennuksessa voi olla tiloja, joissa lämmöntalteenotto on osoitettu epätarkoituksenmukaiseksi osan D3 mukaisesti (esim. poistoilman likaisuus tai kylmyys). Näiden tilojen erilliset poistot (q_{ep2}) esitetään määräystenmukaisuutta osoittaessa erikseen.

Koska rakennukset tulee suunnitella lämmityskaudella yleensä aina alipaineisiksi ulkoilmaan verrattuna, hallittu tuloilmavirta on aina hieman pienempi kuin hallittu poistoilmavirta. Tällöin osa ilmasta tulee vuotoina ($q_p + q_{ep2} - q_{tLTO}$) rakenteiden kautta tai ulkoilmalaitteiden kautta. Tulo- ja poistoilmavirtojen ero otetaan huomioon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteessa.

Lisäksi rakennuksissa on aina hallitsematonta vuotoilmanvaihtoa (q_{vuoto}), joka riippuu vaipan ilmanpitävyydestä, lämpötila- ja paine-eroista, tuulesta, rakennuksen korkeudesta ym. Vuotoilmanvaihto on ns. "läpituulemista". Yhtä suuri vuotoilmavirta virtaa sisään rakennukseen kuin virtaa ulos rakennuksesta. Vuotoilmavirta (q_{vuoto}) esitetään määräystenmukaisuutta osoittaessa erikseen.



Kuva 3. Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisessä ja määräystenmukaisuuden osoittamisessa käytettävät ilmavirrat.

3.2 Laskennassa käytettävät ilmavirrat

Aikaisemmasta käytännöstä poiketen osassa D3/2012 esitetään rakennustyyppikohtaiset standardikäytön ilmavirrat ja ilmanvaihdon käyntiajat, joita on käytettävä lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Ilmanvaihdon ilmavirta on sama vertailu- ja suunnitteluratkaisussa. Rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisessä käytetään kuitenkin edelleen suunniteltuja ilmavirtoja. Tämä siksi, että standardikäytön kokonaisilmavirtaa ei ole mielekästä jakaa rakennuksen eri tilojen ja ilmanvaihtokoneiden kesken. Myöskään suunnitteluilmavirtojen perusteella valittujen ilmanvaihtokoneiden suoritusarvojen määrittäminen kuvitteellisessa standardikäytön toimintapisteessä ei olisi ongelmattonta.

Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmavirta q määritetään osan D2/2012 mukaan lähtien ilmanvaihdon tila- ja toimintakohtaisista tarpeista ja ilmavirtojen ohjeistoista.

Tasauslaskennassa käytettävän ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa käytettävät ominaisilmavirrat ja käyntiajat esitetään tämän oppaan tekstiosan kohdassa 3.5.2. LTO-vaatimuksen ulkopuolelle jäävien tilojen suunnitellut poistoilmavirrat lisätään tasauslaskentaan erikseen omaan kohtaansa. Nämä ilmavirrat eivät sisälly standardikäytön kokonaisilmavirtaan.

Seuraavalla sivulla olevassa laskentaesimerkissä esitetään keskimääräisten suunnitteluilmavirtojen laskenta. Muuttuvilmavirtaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä voidaan käyttää arvioitua keskimääräistä ilmavirtaa, mikäli tarkempaa tietoa tarpeenmukaisuudesta ei ole.

Ilmanvaihtolaitoksen käyntiaikojen on vastattava mahdollisimman hyvin rakennuksen tulevaa käyttöä.

Esimerkki:

Pienehkössä virastotalossa toimii poliisilaitos ja verotoimisto. Taulukoissa 1 ja 2 esitetään rakennuksen eri ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ja poistoilmavirrat. Lähtötiedot ovat kuvitteellisia.

Taulukko 1. Rakennuksen eri ilmanvaihtokoneiden tiedot.

Tila	Ilmanvaihdon käyntiaika	Poistoilmavirta q , m^3/s	LTO
Poliisilaitos			
kanslia	ma-pe 6-18	0,6	on
muut tilat	ma-su 0-24	1,5	on
erillispoistot	ma-su 0-24	0,2	ei
Verotoimisto			
toimistotilat	ma-pe 6-18	1,2	on
erillispoistot	ma-su 0-24	0,3	ei
Yhteensä		3,8	
Jätehuone	ma-su 0-24	0,1	ei vaad.

Taulukko 2. Rakennuksen eri ilmanvaihtokoneiden käyttöajoilla painotetun poistoilmavirran laskenta.

Tila	Vuorokautinen käyntiaikasuhde, t_d	Viikottainen käyntiaikasuhde, t_v	Käyttöajoilla painotettu poistoilmavirta, m^3/s $t_d \times t_v \times q = q_p$
Poliisilaitos			
kanslia	12/24	5/7	$12/24 \times 5/7 \times 0,6 = 0,2$
muut tilat	24/24	7/7	1,5
erillispoistot	24/24	7/7	0,2
Verotoimisto			
toimistotilat	12/24	5/7	$12/24 \times 5/7 \times 1,2 = 0,4$
erillispoistot	24/24	7/7	0,3
Yhteensä			2,6
Tilat, jotka eivät kuulu lämmöntalteenoton piiriin			Poistoilmavirta, m^3/s $t_d \times t_v \times q = q_{ep2}$
Jätehuone	24/24	7/7	0,1

Virastotalon suunniteltu kokonaispoistoilmavirta q_p on 2,6 m^3/s . Tätä käytetään vuosihyötysuhdetta laskettaessa. Jätehuoneen suunniteltu poistoilmavirta, joka ei kuulu LTO-vaatimuksen piiriin, esitetään määräystenmukaisuutta osoitettaessa tasauslaskennassa kohdassa "Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta".

4 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteet

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteen kykyä ottaa poistoilmasta lämpöä talteen voidaan kuvata tuloilman lämpötilahyötysuhteella ja poistoilman lämpötilahyötysuhteella.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tuloilman ja poistoilman lämpötilahyötysuhteet soveltuvat molemmat käytettäviksi lämmöntalteenotolla varustettujen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneiden laskennassa. Jos poistoilman lämmöntalteenotto toteutetaan erillisenä esimerkiksi nestekiertoisena järjestelmänä, laskenta suositellaan tehtäväksi selvyyden vuoksi poistoilman lämpötilahyötysuhteen avulla. Tällaisessa järjestelmässä ei aina ole löydettävissä selviä poisto- ja tuloilmavirtapareja. Pääsääntöisesti lämmöntalteenoton laskelmissa käytetään valmistajan ilmoittamaa standardin SFS-EN 308:1997 mukaan laskettua tuloilman lämpötilahyötysuhdetta. Hyötysuhde määritetään yhtä suurilla tuloilman ja poistoilman massavirroilla, lämmönsiirtimet kuivina ja ilman jäätyminen estoja tai tuloilman lämpötilan rajoituksia. Tällöin tulo- ja poistoilman lämpötilahyötysuhteet ovat yhtä suuria.

Jäteilmapuhaltimen vaikutusta jäteilman lämpötilaan ei tarvitse ottaa tämän monisteen laskelmissa huomioon. Kanavistossa tapahtuva ilmapvirran lämpeneminen ja jäähtyminen on otettava laskelmissa huomioon, jos ne vaikuttavat rakennuksen lämpötaseeseen oleellisesti. Määräystenmukaisuuden osoittamisessa asianmukaisesti lämpöeristettyjen ulko- ja jäteilmakanavan lämpöhäviöt voidaan yleensä jättää huomioon ottamatta. Poistoilman lämpötilahyötysuhdetta tarvitaan, kun lasketaan jäätyminen estoon tarvittavaa lämpötilanhyötysuhteen säätämistä poistopuolella. Tuloilman lämpötilahyötysuhdetta tarvitaan, jos tuloilman lämpötilaa rajoitetaan lämmityskaudella lämmöntalteenottoa heikentämällä.

Tuloilman lämpötilahyötysuhde on

$$\eta_t = \frac{(t_{LTO} - t_u)}{(t_s - t_u)} \quad (1)$$

Poistoilman lämpötilahyötysuhde on

$$\eta_p = \frac{(t_s - t_j)}{(t_s - t_u)} \quad (2)$$

Esimerkki:

Eräs valmistaja ilmoittaa seuraavat lämpötilat ilmanvaihtokoneen mitoituslaskelmassa, joka on tehty ulkoilman lämpötilalla t_u on 0 °C.

Sisäilman lämpötila t_s on 21 °C

Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen t_{LTO} on 15 °C

Jäteilman lämpötila LTO:n jälkeen t_j on 8 °C

Tuloilman lämpötilahyötysuhde $\eta_t = (15 - 0)/(21 - 0) = 71 \%$

Poistoilman lämpötilahyötysuhde $\eta_p = (21 - 8)/(21 - 0) = 62 \%$

Tuloilman lämpötilahyötysuhteen ja poistoilman lämpötilahyötysuhteen yhteys saadaan lämpötaseen perusteella asettamalla poistoilmasta otettu lämpöteho samaksi kuin tuloilmaan siirtyvä lämpöteho

$$c \rho q_{pLTO} (t_s - t_j) = c \rho q_{tLTO} (t_{LTO} - t_u) \quad (3)$$

Korvaamalla molempien puolien lämpötilaerot poisto- ja tuloilman lämpötilahyötysuhteilla (1) ja (2) saadaan yhtälö (3) muotoon

$$c \rho q_{pLTO} \eta_p (t_s - t_u) = c \rho q_{iLTO} \eta_t (t_s - t_u) \quad (4)$$

olettamalla ominaislämpökapasiteetit ja tiheydet yhtä suuriksi saadaan yhtälö muotoon

$$\eta_p = \eta_t R_{LTO} \quad (5)$$

missä R_{LTO} on lämmöntalteenoton läpi kulkevien tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde

$$R_{LTO} = \frac{q_{iLTO}}{q_{pLTO}} \quad (6)$$

Jos lämmöntalteenottolaitteen valmistaja ilmoittaa tuloilman lämpötilahyötysuhteen epäsuhteisilla ilmavirroilla, niin poistoilman lämpötilahyötysuhde voidaan laskea siitä yhtälöllä (5). Tuloilman lämpötilahyötysuhde yhtä suurilla ilmavirroilla voidaan laskea epäsuhteisilla ilmavirroilla ilmoitetusta lämpötilahyötysuhteesta riittävällä tarkkuudella seuraavasti

$$\eta_{t(R_{LTO}=1)} = \frac{(1 + R_{LTO})}{2} \eta_{t(R_{LTO})} \quad (7)$$

ja päinvastoin

$$\eta_{t(R_{LTO})} = \frac{2}{(1 + R_{LTO})} \eta_{t(R_{LTO}=1)} \quad (8)$$

Esimerkki:

Edellisen esimerkin ilmanvaihtokoneen ilmavirrat eivät olleet tasapainossa, koska tulo- ja poistoilman lämpötilahyötysuhteet poikkesivat toisistaan. Tuloilmavirta on 1,3 m³/s ja poistoilmavirta on 1,5 m³/s. Seuraavassa lasketaan samalle koneelle yhtä suuria ilmavirtoja vastaava tuloilman lämpötilahyötysuhde.

Lasketaan tulo- ja poistoilmavirran suhde R_{LTO} lasketaan yhtälön (6) mukaan

$$R_{LTO} = q_i/q_p = 1,3 / 1,5 = 0,87$$

Yhtälön (7) mukaan

$$\eta_{u(R_{LTO}=1)} = (1 + 0,87)/2 \times 71 \% = \underline{66 \%}$$

5 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta lämmöntarveluvuilla

5.1 Ilmanvaihdon lämmityksen energiantarve

Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia lämmityskaudella Q_{iv} määritellään rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämistä varten osan D2 mukaisesti kaikkien lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen tarvitsemana lämmitysenergiana siinä tapauksessa, että lämmöntalteenottoa ei ole eli

$$Q_{iv} = \sum_i Q_{iv,i} = Q_{iv,1} + Q_{iv,2} + Q_{iv,3} + \dots \quad (9)$$

$$Q_{iv,i} = c_p \rho q_{p,i} \sum (t_s - t_u) \Delta \tau \quad (10)$$

missä	c_p	on ilman ominaislämpökapasiteetti, J / kg K
	ρ	ilman tiheys, kg / m ³
	$q_{p,i}$	lämmöntalteenoton vaatimusten piiriin kuuluva poistoilmavirta (i), m ³ / s
	t_s	sisäilman lämpötila (= poistoilman lämpötila), °C
	t_u	ulkoilman lämpötila, °C
	$\Delta \tau$	aikajakso vuodesta, jolloin lämpötilaero ($t_s - t_u$) esiintyy, d

Yhtälössä (10) summalausekkeen sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron ja aikajakson tulo vastaa sisäilman ja ulkoilman lämpötilan välistä lämmöntarvelukua S_s

$$S_s = \sum (t_s - t_u) \Delta \tau \quad (\text{pinta-ala } A \text{ kuvassa 4}) \quad (11)$$

missä	S_s	on sisäilman lämpötilan t_s ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd
-------	-------	--

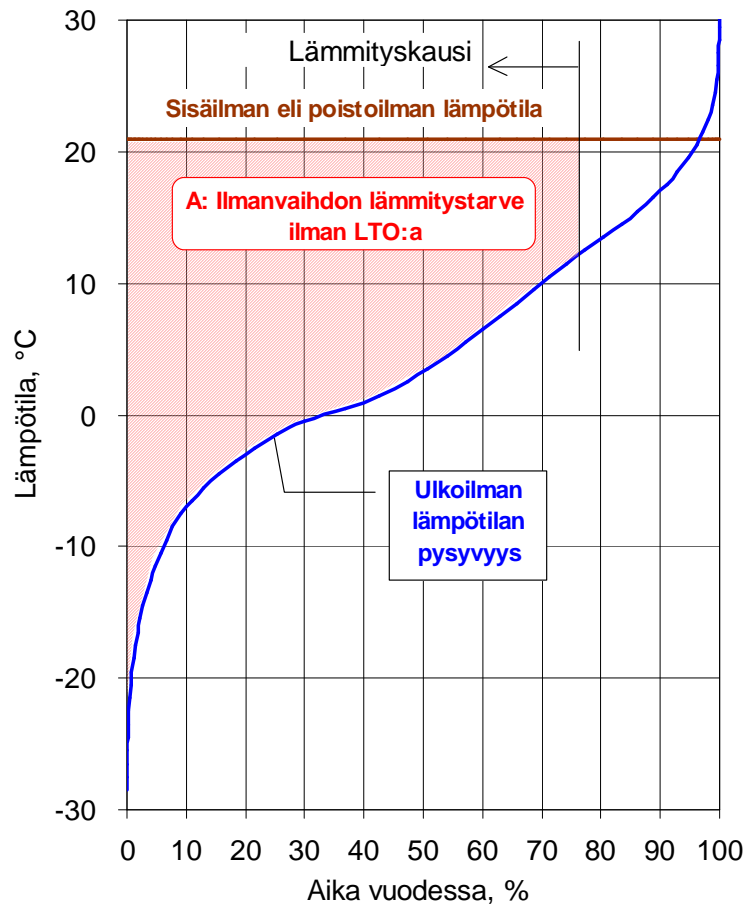
Yhtälö (10) voidaan esittää lämmöntarveluvun avulla myös yksinkertaisemmassa muodossa

$$Q_{iv} = c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{s,i} \quad (12)$$

tai

$$Q_{iv} = c_p \rho q_p S_s \quad (13)$$

missä	q_p	on lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summa, m ³ /s
-------	-------	---



Kuva 4. Ulkoilman ja sisäilman välinen viivoitettu alue (A) on ilmanvaihdon vuotuinen lämmitystarve, kun LTO:a ei ole. Pinta-ala A vastaa lämmöntarvelukua S_s . Lämmitystarvelaskelmat tehdään lämmityskaudelle, joka päättyy, kun ulkoilman lämpötila ylittää 12 °C .

Yleensä rakennuksen määräystenmukaisuuden osoittamiseen riittää sisäilman lämpötilassa 21 °C tai vastaavassa keskilämpötilassa tehty tarkastelu. Useimmissa tapauksissa on perusteltua käyttää mitoittavaa sisälämpötilaa 21 °C koko rakennukselle, vaikka rakennuksessa olisikin eri lämpöisiä tiloja. Laskentaa suoritettaessa ei välttämättä ole tarkempia tietoja käytettävissä. Vakiolämpötilaa käytettäessä ei synny ristiriitaa ilmanvaihdon ja vaipan rakennusosien lämpöhäviöiden käsittelytapojen välille määräystenmukaisuutta osoitettaessa.

Jos rakennuksessa on useamman lämpöisiä tiloja, voidaan tarvittaessa laskea pinta-alalla tai yhtälön (16) mukaisesti tilojen poistoilmavirroilla painotettu keskilämpötila, jota käytetään lämmöntarveluvun määrittämiseen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta laskettaessa.

$$t_s = \frac{\sum_i q_{p,i} t_{s,i}}{\sum_i q_{p,i}} \quad (14)$$

5.2 Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia

Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia lämmityskaudella Q_{LTO} voidaan esittää poistoilmavirtakohtaisesti yhtälöitä (9) ja (10) muistuttavissa muodoissa eli

$$Q_{LTO} = \sum_i Q_{LTO,i} = Q_{LTO,1} + Q_{LTO,2} + Q_{LTO,3} + \dots \quad (15)$$

$$Q_{LTO,i} = c_p \rho q_{p,i} \sum (t_s - t_j) \Delta\tau \quad (16)$$

missä	c_p	on ilman ominaislämpökapasiteetti, J / kg K
	ρ	ilman tiheys, kg / m ³
	$q_{p,i}$	lämmöntalteenoton vaatimusten piiriin kuuluva poistoilmavirta (i), m ³ / s
	t_s	sisäilman lämpötila (= poistoilman lämpötila), °C
	t_j	jäteilman lämpötila (= poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen), °C
	$\Delta\tau$	aikajakso vuodesta, jolloin lämpötilaero ($t_s - t_j$) esiintyy, d

Jos koneellisen poiston jäteilma puhalletaan rakennuksesta ulos sisäilman lämpötilassa, poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia on 0. Jos jäteilma pystyttäisiin puhaltamaan rakennuksesta ulos aina ulkoilman lämpötilassa, poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia olisi sama kuin ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia Q_{iv} .

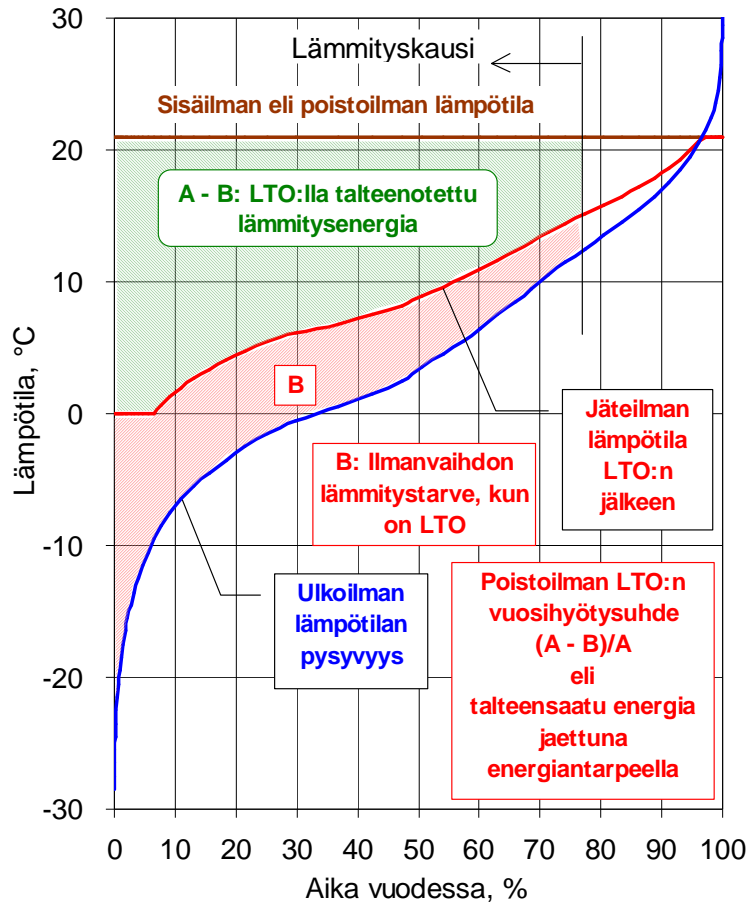
Yhtälössä (16) summalausekkeen sisälämpötilan ja jäteilman lämpötilan erotuksen ja aikajakson tulo vastaa sisäilman ja jäteilman välistä lämmöntarvelukua S_J

$$S_J = \sum (t_s - t_j) \Delta\tau \quad (\text{pinta-ala A - B kuvassa 5}) \quad (17)$$

missä	S_J	on sisäilman lämpötilan t_s ja jäteilman lämpötilan t_j välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd
-------	-------	--

Yhtälö (16) voidaan esittää lämmöntarveluvun avulla myös yksinkertaisemmassa muodossa

$$Q_{LTO} = c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{J,i} \quad (18)$$



Kuva 5. Jäteilman ja sisäilman välinen viivoitettu alue (A - B) on ilmanvaihdon poistoilmasta talteenotettu vuotuinen lämpöenergia. Pinta-ala A - B vastaa lämmöntarvelukua S_J . Ulkoilman ja jäteilman välinen viivoitettu alue (B) on ilmanvaihdon vuotuinen lämmitystarve, kun on LTO. LTO:n huurtumisenesto on toteutettu rajoittamalla jäteilman lämpötila $0\text{ }^\circ\text{C}$:een. Tuloilman lämpötilaa kuvan tapauksessa ei ole rajoitettu.

Yksittäiselle tulo- ja poistoilmanvaihtokoneelle lämmöntalteenoton lämmönsiirtimessä toteutuvan lämpötaseen perusteella talteenotetun lämpöenergian $Q_{LTO,i}$ laskenta voidaan tehdä myös tuloilmapuolelle, mikä on ilmastointialalla yleisemmin käytetty tapa kuin poistoilmapuolelle tehty tarkastelu. Tarkastelun perusteet on esitetty useissa oppikirjoissa mm. Seppänen 1996. Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia voidaan esittää myös tuloilman lämmitysenergiana eli

$$Q_{LTO,i} = c_p \rho q_{iLTO,i} \sum (t_{iLTO} - t_u) \Delta\tau \quad (19)$$

missä	c_p	on ilman ominaislämpökapasiteetti, J / kg K
	ρ	ilman tiheys, kg / m ³
	$q_{iLTO,i}$	lämmöntalteenoton läpi kulkeva tuloilmavirta (i), m ³ /s
	t_{iLTO}	tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, °C
	t_u	ulkoilma lämpötila, °C
	$\Delta\tau$	aikajakso vuodesta, jolloin lämpötilaero ($t_{iLTO} - t_u$) esiintyy, d

Yhtälössä (19) summalausekkeen tuloilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan erotuksen ja aikajakson tulo vastaa tuloilman ja ulkoilman välistä lämmöntarvelukua lämmityskaudella S_T

$$S_T = \sum (t_{iLTO} - t_u) \Delta\tau \quad (\text{pinta-ala A - B kuvassa 6}) \quad (20)$$

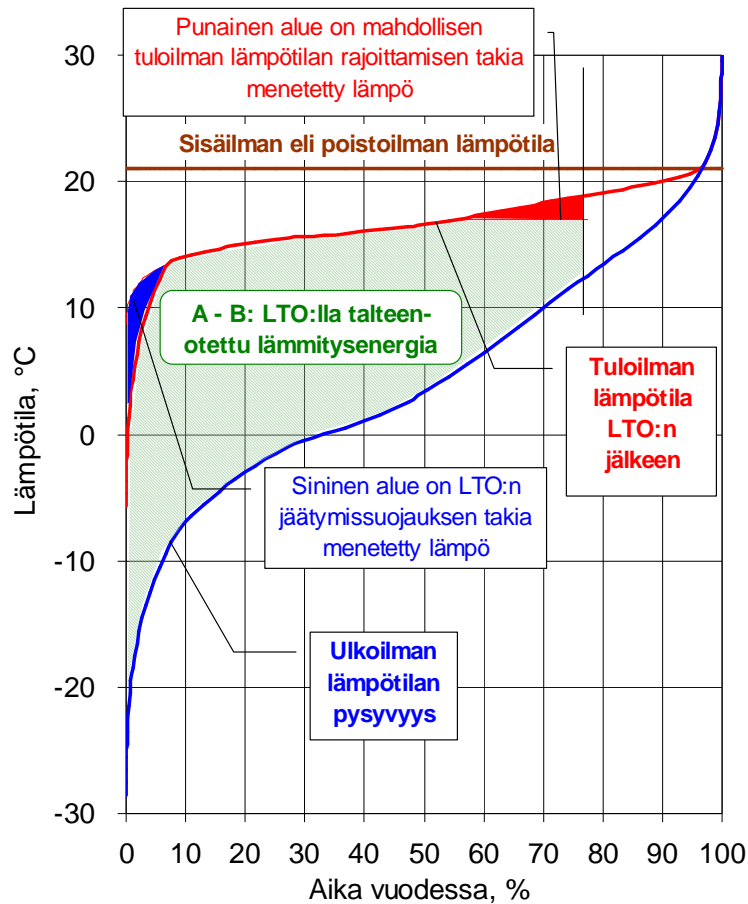
missä	S_T	on LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan t_{iLTO} ja ulkoilma lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd
-------	-------	--

Yhtälö (19) voidaan esittää myös yksinkertaisemmassa muodossa

$$Q_{LTO,i} = c_p \rho q_{iLTO,i} S_{T,i} \quad (21)$$

Talteenotettu lämpöenergia voidaan esittää myös yhtälöä (18) vastaavassa muodossa

$$Q_{LTO} = c_p \rho \sum_i q_{iLTO,i} S_{T,i} \quad (22)$$



Kuva 6. Ulkoilman ja tuloilman välinen viivoitettu alue (A - B) on ilmanvaihdon poistoilmasta tuloilmaan talteenotettu vuotuinen lämpöenergia. Pinta-ala A - B vastaa lämmöntarvelukua S_T . LTO:n jäätyminenesto on toteutettu rajoittamalla jäteilman lämpötila $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Sininen alue vastaa jäätymineneston vuoksi menetettyä energiaa. Tuloilman lämpötila on kuvan tapauksessa rajoitettu $17\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Punainen alue vastaa tuloilman lämpötilarajoituksen vuoksi menetettyä energiaa. Tuloilman lämpötilaa ei ole syytä rajoittaa LTO:a heikentämällä, jos rakennuksessa on lämmitystarvetta.

Laskennassa on otettava huomioon lämpötilahyötysuhteen heikentäminen esimerkiksi ohittamalla LTO, jotta lämmönsiirrin ei jäätyisi. Lisäksi joissain tapauksissa lämpötilahyötysuhdetta heikennetään, jotta LTO:n jälkeinen tuloilman lämpötila ei ylittäisi annettua raja-arvoa. Jäätyminenestossa tarvitaan tulo- ja poistoilmavirtojen ja hyötysuhteiden yhteyttä, joka on esitetty kohdassa 4.

Jäteilman jäätymineneston rajoituslämpötilan asettaminen on ongelmallista, koska siihen vaikuttaa sekä rakennus ja sen sisäiset lämpö- ja kosteuskuormat että ilmanvaihtojärjestelmä ja lämmöntalteenottolaitteen tyyppi. Useat edellä mainitut asiat eivät ole tiedossa siinä suunnitteluvaiheessa, kun laskelmat suoritetaan. Jäätymineneston rajoituslämpötilan pienillä muutoksilla ei ole kovin suurta merkitystä rakennuksen vuosihyötysuhteessa. Vuosihyötysuhteen laskennassa voidaan jäätymineneston ohjeellisena rajoituslämpötilana käyttää kuivissa toimistotiloissa jäteilman lämpötilaa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tavanomaisissa asuintiloissa $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, jos laitteen valmistaja, jäätyssuojaus ja käyttöolosuhteet sen sallivat [Nyman 2003].

Vaikka jäteilmän keskilämpötila olisikin yli 0 °C, voi osa jäteilmasta jäähtyä alle 0 °C:een, koska jäteilmavirtauksen lämpötilajakautuma lämmöntalteenoton lämmönsiirtimessä on epätasainen. Jäätymissuojauksen vaikutus suurenee paremmilla lämpötilahyötysuhteilla ja Helsinkiä kylmemmissä sääoloissa.

5.3 Vuosihyötysuhteen laskenta

Rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritellään talteenotetun lämpöenergian Q_{LTO} ja kaikkien lämmöntalteenottovaatimusten piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen mukana rakennuksesta poiskulkeutuvan lämpöenergian Q_{iv} suhteena eli

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{iv}} \quad (23)$$

eli

$$\eta_a = \frac{c_p \rho \sum_i q_{iLTO,i} S_{T,i}}{c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{S,i}} = \frac{c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{J,i}}{c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{S,i}} \quad (24)$$

$$\eta_a = \frac{c_p \rho \sum_i q_{iLTO,i} S_{T,i}}{c_p \rho q_p S_S} = \frac{c_p \rho \sum_i q_{p,i} S_{J,i}}{c_p \rho q_p S_S} \quad (25)$$

Koska ilmavirtojen ominaislämpökapasiteettien ja tiheyksien oletetaan olevan yhtä suuret, yhtälö saa muodon

$$\eta_a = \frac{\sum_i q_{iLTO,i} S_{T,i}}{q_p S_S} = \frac{\sum_i q_{p,i} S_{J,i}}{q_p S_S} \quad (26)$$

Yhtälö (26) voidaan myös kirjoittaa muotoon

$$\eta_a = \frac{\sum_i R_{T,i} S_{T,i}}{S_S} = \frac{\sum_i R_{P,i} S_{J,i}}{S_S} \quad (27)$$

missä $R_{T,i}$ on ilmanvaihtokoneen (i) tuloilmavirran ja kaikkien lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen suhde, -.
 $R_{P,i}$ on ilmanvaihtokoneen (i) poistoilmavirran ja kaikkien lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen suhde, -.

6 Säätiiedot ja lämmöntarveluvut

6.1 Ulkolämpötilojen pysyvyystiedot

Taulukossa 3 olevat ulkolämpötilojen pysyvyystiedot ovat Ilmatieteen laitoksen uuden testivuoden TRY 2012 tietoja. Rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta tehdään säävyöhykkeen I -II ulkolämpötilatiedoilla.

Taulukko 3. Rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa käytetään alla olevia Ilmatieteen laitoksen testivuoden TRY 2012 [RakMk osa D3/2012] säävyöhykkeen I-II ulkoilman lämpötilasta laskettuja pysyvyystietoja. Prosenttiosuus ilmoittaa, kuinka suuri osuus vuodesta on kyseistä ulkoilman lämpötilaa kylmempi.

Ulkoilman lämpötila, °C	Helsinki TRY 2012, %
-21	0
-20	0,07991
-19	0,3311
-18	0,5594
-17	0,8333
-16	1,199
-15	1,872
-14	2,763
-13	3,550
-12	4,349
-11	4,932
-10	5,445
-9	6,050
-8	7,032
-7	8,459
-6	10,11
-5	12,00
-4	14,12
-3	16,29
-2	18,76
-1	21,45
0	25,03
1	31,24
2	36,80
3	41,97
4	45,86
5	49,08
6	52,36
7	55,71
8	59,01
9	62,24
10	65,56
11	68,80
12	72,20

6.2 Lämmöntarveluvun laskenta

Lämmöntarveluvut lasketaan pysyvyyssäyrän avulla lämpötila-alue kerrallaan alla olevilla kaavoilla

$$S_S = \sum_n (\tau_n - \tau_{n-1}) (t_s - t_{u,n}) \quad (28)$$

$$S_T = \sum_n (\tau_n - \tau_{n-1}) (t_{LTO,n} - t_{u,n}) \quad (29)$$

$$S_J = \sum_n (\tau_n - \tau_{n-1}) (t_s - t_{j,n}) \quad (30)$$

missä	S_S	on sisäilman lämpötilan t_s ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku, Kd
	S_T	LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan t_{LTO} ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku, Kd
	S_J	sisäilman lämpötilan t_s ja jäteilman lämpötilan t_j välinen lämmöntarveluku, Kd
	τ_n	tarkasteltavan ajanhetken aika, d
	τ_{n-1}	tarkasteltavaa ajanhetkeä edeltävän ajanhetken aika, d

Jos ulkolämpötilan pysyvyydet ilmaistaan prosentteina vuodesta, pitää yllä yhtälöiden (28) - (30) oikea puoli kertoa luvulla 365 ja jakaa luvulla 100, jotta lämmöntarveluvun yksiköksi tulee Kd.

Laskennassa voidaan käyttää esimerkiksi kohdassa 6.1 esitettyjä ulkolämpötilan pysyvyyden arvoja. Tässä monisteessa lämmöntarveluvut lasketaan lämmityskaudelle eli ulkoilman lämpötilaan +12 °C saakka.

7 Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskentaesimerkkejä

7.1 Pientaloesimerkki

Lähtötiedot:

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 163 m². Ulkoseinän vertailuarvoa suuremman U-arvon ja suuren ikkunapinta-alan takia muiden rakennusosien lämpöhäviöitä pitää pienentää ja/tai LTO:a pitää parantaa.

Rakennuksessa on ilmanvaihtolaitteisto, jonka poistoilmavirta on 0,5 l/h eli 0,053 m³/s. Tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on 90 % ($R_T = 0,9$), mikä edellyttää hyvää rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä. Kaikki lämmöntalteenoton piiriin kuuluvat ilmavirrat kulkevat LTO:n kautta ($R_{LTO} = 0,9$). Rakennus sijaitsee Ivalossa. Laskennassa käytetään kuitenkin Helsingin testivuoden TRY 2012 ulkolämpötilan pysyvyystietoja, jotka on esitetty kohdassa 6.1.

Suunnitteluratkaisussa ilmanvaihdon LTO:a parannetaan. LTO-ratkaisuksi valitaan lämpötilahyötysuhteeltaan 63 %:n laite (yhtä suurilla ilmavirroilla), jonka LTO:n jälkeinen poistoilman lämpötila saa olla minimissään +5 °C. Seuraavassa esitetään rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta.

Laskenta:

Tuloilman lämpötilahyötysuhde 90 %:n ilmavirtasuhteella on $2 / (1 + 0,90) \times 63 \% = 66 \%$. Poistoilman lämpötilahyötysuhde on $0,90 \times 66 \% = 60 \%$, kun jäätymissuojaus tai tuloilman lämpötilan rajoitus eivät heikennä hyötysuhdetta.

Lämmöntalteenoton jäätyminenesto lämmöntalteenottoa heikentämällä

Esimerkiksi ulkolämpötilalla -20 °C ja poistoilman lämpötilahyötysuhteella 60,0 % saadaan jäteilman lämpötilaksi $t_j = t_s - \eta_p \times (t_s - t_u) = 21 - 0,60 \times (21 - (-20)) = -3,6$ °C. Koska LTO:n jälkeinen poistoilman lämpötila on liian alhainen, hyötysuhdetta on säädettävä niin, että lämpötila on minimissään +5 °C.

Jäätyminenestosta johtuen ulkolämpötilalla -20 °C poistoilman lämpötilahyötysuhde voi maksimissaan olla $\eta_p = (21 - 5)/(21 - (-20)) = 39,0 \%$. Tällöin tulopuolen lämpötilahyötysuhde kyseisellä ulkolämpötilalla voi olla maksimissaan $39,0 \% / 0,90 = 43,4 \%$. Eli tuloilma lämpenee jäätyminenestosta johtuen vain -2,2 °C:een eikä +7,3 °C:een.

Näin ollen kyseisen lämpötilan aikainen tuloilman lämmöntarveluku (S_T) ilmanvaihdon LTO:n säästämälle energialle on $(0,080 \% - 0) \times 365 \times (-2,2$ °C - (-20 °C)) = 5,2 Kd.

Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan rajoittaminen lämmöntalteenottoa heikentämällä

Esimerkissä $t_{LTO} = 17$ °C. Jäätymissuojauksesta poiketen tuloilman lämpötilan rajoittaminen ei ole välttämätön toimenpide varsinkaan asuinrakennuksissa.

Kun ulkolämpötila on 12 °C, niin tuloilman lämpötilahyötysuhde voi maksimissaan olla $(17 - 12)/(21 - 12) = 56 \%$. LTO:ta on säädettävä. Näin ollen kyseisen lämpötilan aikainen tuloilman lämmöntarveluku (S_T) ilmanvaihdon LTO:n säästämälle energialle on $(72,20 \% - 68,80) \times 365 \times (17,0$ °C - 12 °C) = 62,1 Kd.

Laskemalla osissa taulukon 4 mukaisesti koko lämpötilapysyvyyden yli ottamalla edellä esitetyt asiat huomioon niin LTO:n jälkeisen tuloilman ja ulkolämpötilan väliseksi lämmöntarveluvuksi

(S_T) saadaan Helsingin (TRY 2012) säätiedoilla 3 207 Kd. Helsingin säätiedoilla sisälämpötilan ja ulkolämpötilan välinen lämmöntarveluku on 5 050 Kd. Rakennuksen tulo- ja poistoilmavirtojen suhde (R_T) on 0,90. Näin ollen rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 57 %.

$$\eta_a = \frac{R_T S_T}{S_S} = \frac{0,9 * 3\,207}{5\,050} = 57 \% \quad (\eta_a = \frac{R_p S_J}{S_S} = \frac{1,0 * 2\,886}{5\,050} = 57 \%)$$

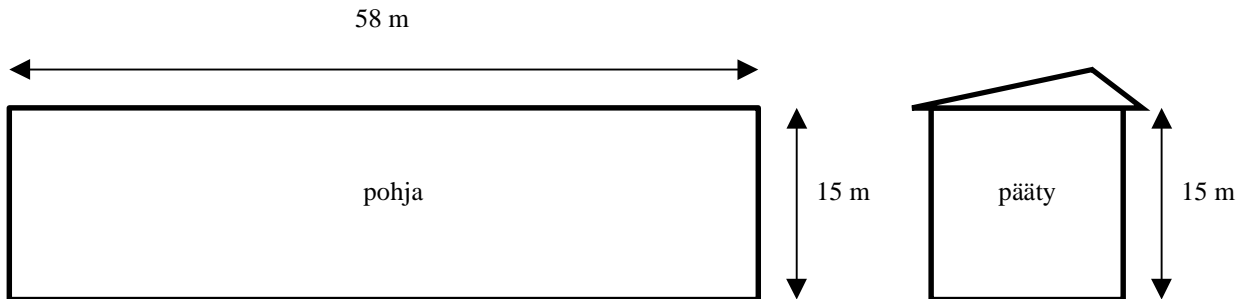
Laskelmat on tehty vain lämmityskaudelle eli kun ulkolämpötila on alle 12 °C. Näin määritettyä LTO:n vuosihyötysuhdetta käytetään lämpöhäviöiden tasauslaskennassa ja rakennus täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Taulukko 4. Pientalon poistoilman lämmöntalteenoton esimerkkilaskelma.

t_u °C	Aika vuodesta, %	$t_{LTO}, ^\circ\text{C}$ maks.	$t_j, ^\circ\text{C}$ min.	t_s °C	t_j °C	t_{LTO} °C	R_{LTO}	η_i	η_p	S_s , Kd ($t_s - t_u$)	S_T , Kd ($t_{LTO} - t_u$)	S_J , Kd ($t_s - t_j$)
-21	0	17	5	21	5,0	-3,2	0,9	0,42	0,38	0	0	0
-20	0,080	17	5	21	5,0	-2,2	0,9	0,43	0,39	12	5	5
-19	0,331	17	5	21	5,0	-1,2	0,9	0,44	0,40	37	16	15
-18	0,559	17	5	21	5,0	-0,2	0,9	0,46	0,41	33	15	13
-17	0,833	17	5	21	5,0	0,8	0,9	0,47	0,42	38	18	16
-16	1,199	17	5	21	5,0	1,8	0,9	0,48	0,43	49	24	21
-15	1,872	17	5	21	5,0	2,8	0,9	0,49	0,44	89	44	39
-14	2,763	17	5	21	5,0	3,8	0,9	0,51	0,46	114	58	52
-13	3,550	17	5	21	5,0	4,8	0,9	0,52	0,47	98	51	46
-12	4,349	17	5	21	5,0	5,8	0,9	0,54	0,48	96	52	47
-11	4,932	17	5	21	5,0	6,8	0,9	0,56	0,50	68	38	34
-10	5,445	17	5	21	5,0	7,8	0,9	0,57	0,52	58	33	30
-9	6,050	17	5	21	5,0	8,8	0,9	0,59	0,53	66	39	35
-8	7,032	17	5	21	5,0	9,8	0,9	0,61	0,55	104	64	57
-7	8,459	17	5	21	5,0	10,8	0,9	0,63	0,57	146	93	83
-6	10,11	17	5	21	5,0	11,8	0,9	0,66	0,59	163	107	97
-5	12,00	17	5	21	5,5	12,2	0,9	0,66	0,60	179	119	107
-4	14,12	17	5	21	6,1	12,6	0,9	0,66	0,60	194	128	116
-3	16,29	17	5	21	6,7	12,9	0,9	0,66	0,60	190	126	113
-2	18,76	17	5	21	7,3	13,3	0,9	0,66	0,60	207	137	124
-1	21,45	17	5	21	7,9	13,6	0,9	0,66	0,60	216	143	129
0	25,03	17	5	21	8,5	13,9	0,9	0,66	0,60	275	182	164
1	31,24	17	5	21	9,1	14,3	0,9	0,66	0,60	453	301	271
2	36,80	17	5	21	9,7	14,6	0,9	0,66	0,60	386	256	230
3	41,97	17	5	21	10,3	14,9	0,9	0,66	0,60	340	225	203
4	45,86	17	5	21	10,9	15,3	0,9	0,66	0,60	241	160	144
5	49,08	17	5	21	11,5	15,6	0,9	0,66	0,60	188	125	112
6	52,36	17	5	21	12,0	15,9	0,9	0,66	0,60	180	119	107
7	55,71	17	5	21	12,6	16,3	0,9	0,66	0,60	171	113	102
8	59,01	17	5	21	13,2	16,6	0,9	0,66	0,60	157	104	93
9	62,24	17	5	21	13,8	17,0	0,9	0,66	0,60	142	94	84
10	65,56	17	5	21	14,7	17,0	0,9	0,64	0,57	133	85	76
11	68,80	17	5	21	15,6	17,0	0,9	0,60	0,54	118	71	64
12	72,20	17	5	21	16,5	17,0	0,9	0,56	0,50	112	62	56
Yhteensä										5050	3207	2886

7.2 Toimistotaloesimerkki

Esimerkkikohteena on 4-kerroksinen toimistotalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 3 480 m².



Puolet talon julkisivusta on ikkunaa tai muuta lasirakennetta. Vertailuarvoa suuremmasta ikkunapinta-alasta johtuvan suuremman lämpöhäviön takia rakennusosien lämpöhäviöitä pitää pienentää tai LTO:a pitää parantaa.

Suunnitteluratkaisussa pienennetään ulkoseinän, ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvoja. Lisäksi ilmanvaihdon LTO:a parannetaan. LTO-ratkaisuksi valitaan lämpötilahyötysuhteeltaan 55 %:n laite, jonka LTO:n jälkeinen poistoilman lämpötila saa olla minimissään 0 °C. Seuraavassa esitetään rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta.

Laskelmissa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua mitoituspoistoilmavirtaa. Mitoitusilmavirta on 2 dm³/s neliötä kohti. Huonepinta-ala on 3 248 m². Ilmanvaihtolaitos on käynnissä viisi päivää viikossa eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 5 vrk/7 vrk. Laitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika on 12 tuntia (klo 6 - 18). Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirtoina käytetään ilmavirtaa q_{pLTO} . Laskelmissa LTO:n jälkeinen tuloilman lämpötila on rajoitettu +17 °C:een (huom. rajoituslämpötilaa ei ylitetä tässä esimerkissä).

$$q_{pLTO} = 2 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \times 3\,248 \text{ m}^2 \times 12 \text{ h}/24 \text{ h} \times 5 \text{ vrk}/7 \text{ vrk} = 2\,320 \text{ dm}^3/\text{s} = 2,320 \text{ m}^3/\text{s}$$

Oletetaan, että rakennus on likaisten tilojen poiston verran alipaineinen ja että käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto on hoidettu likaisten tilojen erillispoistoilla, joiden ilmavirta on määräysten mukainen 0,15 dm³/(s m²) eli

$$q_{ep1} = 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \times 3\,248 \text{ m}^2 = 487 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,487 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Näin ollen } R_{LTO} = 1 \text{ ja } R_T = 2,320 / (2,320 + 0,487) = 2,320 / 2,807 = 0,83$$

Lisäksi rakennuksen joissakin tiloissa (mm. jätehuone, viileät varastot) LTO osoitettiin epätarkoituksenmukaiseksi osan D3/2012 mukaisesti ja tilat varustettiin koneellisella poistoilmavaihdolla ilman LTO:a. Näiden tilojen yhteenlaskettu poistoilmavirta q_{ep2} on 0,3 m³/s.

Kun ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen laskenta suoritetaan edellä mainituilla arvoilla pysyvyyssäyrän yli (taulukko 5) kuten edellisessäkin esimerkissä, saadaan laskettua rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on 1, mutta erillispoistojen takia rakennuksen tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on 0,83.

Näin ollen rakennuksen ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteeksi tulee

$$\eta_a = \frac{R_T S_T}{S_S} = \frac{0,83 * 2\,776}{5\,050} = 46 \%$$

Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 55 % (=S_T/S_S).

Rakennuksen ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhdetta käytetään lämpöhäviöiden taseuslaskennassa ja rakennus täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Taulukko 5. Toimistotalon poistoilman lämmöntalteenoton esimerkkilaskelma.

t _u °C	Aika vuodesta, %	t _{LTO} , °C maks.	t _j , °C min.	t _s °C	t _j °C	t _{LTO} °C	R _{LTO}	η _t	η _p	S _S , Kd (t _s - t _u)	S _T , Kd (t _{LTO} - t _u)	S _J , Kd (t _s - t _j)
-21	0	17	0	21	0,0	0,0	1	0,50	0,50	0	0	0
-20	0,080	17	0	21	0,0	1,0	1	0,51	0,51	12	6	6
-19	0,331	17	0	21	0,0	2,0	1	0,53	0,53	37	19	19
-18	0,559	17	0	21	0,0	3,0	1	0,54	0,54	33	18	18
-17	0,833	17	0	21	0,0	4,0	1	0,55	0,55	38	21	21
-16	1,199	17	0	21	0,6	4,4	1	0,55	0,55	49	27	27
-15	1,872	17	0	21	1,2	4,8	1	0,55	0,55	89	49	49
-14	2,763	17	0	21	1,8	5,3	1	0,55	0,55	114	63	63
-13	3,550	17	0	21	2,3	5,7	1	0,55	0,55	98	54	54
-12	4,349	17	0	21	2,9	6,2	1	0,55	0,55	96	53	53
-11	4,932	17	0	21	3,4	6,6	1	0,55	0,55	68	37	37
-10	5,445	17	0	21	4,0	7,1	1	0,55	0,55	58	32	32
-9	6,050	17	0	21	4,5	7,5	1	0,55	0,55	66	36	36
-8	7,032	17	0	21	5,1	8,0	1	0,55	0,55	104	57	57
-7	8,459	17	0	21	5,6	8,4	1	0,55	0,55	146	80	80
-6	10,11	17	0	21	6,2	8,9	1	0,55	0,55	163	90	90
-5	12,00	17	0	21	6,7	9,3	1	0,55	0,55	179	98	98
-4	14,12	17	0	21	7,3	9,8	1	0,55	0,55	194	107	107
-3	16,29	17	0	21	7,8	10,2	1	0,55	0,55	190	105	105
-2	18,76	17	0	21	8,4	10,7	1	0,55	0,55	207	114	114
-1	21,45	17	0	21	8,9	11,1	1	0,55	0,55	216	119	119
0	25,03	17	0	21	9,5	11,6	1	0,55	0,55	275	151	151
1	31,24	17	0	21	10,0	12,0	1	0,55	0,55	453	249	249
2	36,80	17	0	21	10,6	12,5	1	0,55	0,55	386	212	212
3	41,97	17	0	21	11,1	12,9	1	0,55	0,55	340	187	187
4	45,86	17	0	21	11,7	13,4	1	0,55	0,55	241	132	132
5	49,08	17	0	21	12,2	13,8	1	0,55	0,55	188	103	103
6	52,36	17	0	21	12,8	14,3	1	0,55	0,55	180	99	99
7	55,71	17	0	21	13,3	14,7	1	0,55	0,55	171	94	94
8	59,01	17	0	21	13,9	15,2	1	0,55	0,55	157	86	86
9	62,24	17	0	21	14,4	15,6	1	0,55	0,55	142	78	78
10	65,56	17	0	21	15,0	16,1	1	0,55	0,55	133	73	73
11	68,80	17	0	21	15,5	16,5	1	0,55	0,55	118	65	65
12	72,20	17	0	21	16,1	17,0	1	0,55	0,55	112	61	61
Yhteensä										5050	2776	2776

Kirjallisuutta

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Ympäristöministeriön moniste 122. Helsinki 2003. 35 s. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9298&lan=fi>

Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki. 348 s. ISBN 951-96098-0-6

SFS-EN ISO 13789:2007, Thermal performance of buildings. Transmission and ventilation heat transfer coefficients. Calculation method. 18 s.

SFS-EN 308:1997, Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices. 12 s.

SFS-EN ISO 13790:2008. Rakennusten lämpötekniset ominaisuudet. lämmityksen ja jäähdytyksen energiantarpeen laskenta. Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling. 162 s.

Ympäristöministeriön asetus pienten ilmankäsittelykoneiden tyyppihyväksynnästä. Tyyppihyväksyntäohjeet 2008. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2008. 12 s.

Ympäristöministeriön asetus ilmankäsittelykoneiden tyyppihyväksynnästä. Tyyppihyväksyntäohjeet 2008. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2008. 12 s.

Nyman, Mikko. 2003 (1987). Ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteiden jäätyminen. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Espoo. 45 s. (Tutkimusraportti RTE3344/03)

LIITE 5 Esimerkkejä lämpöhäviöiden tasauslaskelmista

Tässä liitteessä esitetään eri rakennustyypeille lämpöhäviöiden tasaukseen liittyviä esimerkkilaskelmia. Esimerkkien rakennukset ovat kuvitteellisia. Tasauslaskelmilla voidaan osoittaa suunnitteluratkaisun lämpöhäviön määräystenmukaisuus.

Liitteen sisältö:

1 Pientaloesimerkit

- Esimerkki 1: pientalo, jossa on suuri ikkunapinta-ala
Esimerkki 2: pientalo, jonka ilmanvaihto on toteutettu ilman LTO:a
Esimerkki 3: pientalo, jossa on hirsiseinät, U-arvo 0,53 W/(m²K)
Esimerkki 4: loma-asunto

2. Kerrostaloesimerkki

- Esimerkki 1: kerrostalo, jonka ilmanpitävyys on vertailutasoa parempi, $q_{50} = 0,9$ l/h

3. Toimistotaloesimerkki

- Esimerkki 1: toimistotalo, jonka julkisivuista puolet on lasia

4. Teollisuusrakennusesimerkki

- Esimerkki 1: vertailutasoa pienempi ikkunapinta-ala, vaippa on kevytbetonirakenteinen, U-arvo 0,28 W/(m²K)

5. Tyhjät määräystenmukaisuuden osoittamistaulukot

Liitteenä on esimerkkilaskelmissa käytetyt taulukkopohjat tyhjinä. Niitä voi käyttää erilaisten suunnittelukohteiden määräystenmukaisuuden osoittamiseen.

1 Pientaloesimerkit

1.1 Suuri ikkunapinta-ala

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 163 m².

Kohteessa on haluttu käyttää suuria ikkunapintoja. Suuren ikkunapinta-alan takia talon vaipan lämpöhäviö olisi 23 % suurempi kuin vertailuratkaisun. Syntyneitä lämpöhäviötä tasataan vaippaa parantamalla, jotta yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö saadaan pysymään vertailuarvon alapuolella.

Koska kohteessa on paljon ikkunapinta-alaa, saavutetaan ikkunoiden parantamisella suhteessa suuri hyöty. Ikkunoiden U-arvoa parannetaan arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,8 W/(m²K). Ovien U-arvoa parannetaan arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,7 W/(m²K). Ilmanpitävyyteen kiinnitetään huomiota rakennusvaiheessa ja ennen rakennuksen käyttöönottoa mitattu ilmanvuotoluku q₅₀ on 2,0 m³/(h m²), mikä on yhtä suuri kuin ilmanvuotoluvun vertailuarvo.

Tasauslaskennassa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua poistoilmavirtaa. Poistoilmavirtana käytetään RakMk osan D3/2012 mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti. Lämmitetty nettopinta-ala on 147 m². RakMk osan D3/2012 mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhte t_d on 1. Tasauslaskelmissa käytettävä ilmavirta q_{v, p} on

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

Ilmanvaihdon lämpöhäviötä pienennetään valitsemalla vertailutasoa parempi ilmanvaihdon lämmöntalteenottoalaite, jolla ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde saadaan nostettua 45 %:sta 60 %:iin. Ilmanvaihtokoneesta tehdyn erillisen selvityksen mukaan LTO:n vuosihyötysuhde on 60 %, jota voidaan käyttää lämpöhäviöiden tasauksessa. Keittiön liesikuvussa on tehokas rasvasuodatin ja hyvä kärynsieppauskyky. Liesikuvun poistoilmavirta johdetaan kokonaisuudessaan lämmöntalteenoton kautta ulos.

Parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Rakennuskohde	Pientalo 1
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 30 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	522 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	163 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	147 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	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 98 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	114	89	0,17	0,60	0,17	19,3	15,1
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,09	13,2	13,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,16	23,5	23,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	24,5	49,0	1,00	1,80	0,80	24,5	39,2
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	0,70	8,2	5,7
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	96,8
Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0070	0,0070		8,4	8,4
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,059	45	60		38,8	28,2
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						136	133
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistettusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.
- Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

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

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	2,00
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		136 W/K	133 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menetellyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

1.2 Ei lämmöntalteenottoa

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 163 m².

Kohde on haluttu toteuttaa ilman lämmöntalteenottoa poistoilmasta (LTO). Ilmanvaihdon suuremman lämpöhäviön takia parannetaan rakennuksen vaippaa. Rakennuksen vaipan ilmavuotojen minimoimiseksi kiinnitettiin työn laatuun erityistä huomiota ja rakennuksen ilmanpitävyys mitattiin ennen rakennuksen käyttöönottoa. Mittausten mukaan vaipan ilmanvuotoluvun q_{50} arvoksi osoittautui 0,8 m³/(h m²), joka on parempi kuin vertailuarvo 2,0 m³/(h m²).

Poistoilmavirta on laskettu esimerkissä 1.1.

Vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla yläpohjan U-arvoa arvosta 0,09 W/(m²K) arvoon 0,07 W/(m²K), alapohjan U-arvoa arvosta 0,16 W/(m²K) arvoon 0,10 W/(m²K), ulkoseinän U-arvoa arvosta 0,17 W/(m²K) arvoon 0,10 W/(m²K), ikkunoiden U-arvoa arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,8 W/(m²K) ja ovien U-arvoa arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,7 W/(m²K).

Näiden parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on yhtä suuri kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Rakennuskohde	Pientalo 2
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	1-kerroksinen pientalo, ilmanvaihto on toteutettu ilman LTO:a
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	522 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	163 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	147 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 146 m²
Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
Ikkunapinta-ala on 17 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	113	113	0,17	0,60	0,10	19,2	11,3
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,07	13,2	10,3
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,10	23,5	14,7
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	24,5	24,5	1,00	1,80	0,80	24,5	19,6
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	0,70	8,2	5,7
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	61,6
<i>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	0,8	0,0070		0,0028	8,4	3,4
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,059	45		0	38,8	70,6
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						136	136
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.
- Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoaukukset sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuskohde	Pientalo 2
Rakennuslupatunnus	Esimerkki

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	0,80
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden taseas

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		136 W/K	136 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja taseaslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

1.3 Hirsitalo

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen pientalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 78 m².

Kohteessa on haluttu käyttää ulkoseinissä eristämätöntä massiivihirttä. Seinärakenteen U-arvo on 0,53 W/(m²K). Tässä kohteessa vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla alapohjan, ovien ja ikkunoiden U-arvoja.

Rakennuksen vaipan ilmavuotojen minimoimiseksi kiinnitettiin työn laatuun erityistä huomiota ja rakennuksen ilmanpitävyys mitattiin ennen rakennuksen käyttöönottoa. Mittausten mukaan vaipan ilmanvuotoluvun q₅₀ arvoksi osoittautui 2,0 m³/(h m²), joka on sama kuin vertailuarvo.

Lämmöntalteenoton osalta valitaan käytettäväksi ratkaisu, jonka vuosihyötysuhde on erillisen selvityksen mukaan 65 %. Keittiön liesikuvussa on tehokas rasvasuodatin ja kuvun poistoilmavirta johdetaan lämmöntalteenoton kautta ulos. Poistoilmavirtana käytetään RakMk osan D3/2012 mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti. Lämmitetty nettopinta-ala on 71 m². RakMk osan D3/2012 mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhte t_d on 1. Tasauslaskelmissa käytettävä ilmavirta q_{v, p} on

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

Vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla alapohjan U-arvoa arvosta 0,16 W/(m²K) arvoon 0,12 W/(m²K), ikkunoiden U-arvoa arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,9 W/(m²K) ja ovien U-arvoa arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,7 W/(m²K).

Parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on yhtä suuri kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Rakennuskohde	Pientalo 3
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	1-kerroksinen hirsirakenteinen pientalo, ulkoseinät massiivihirttä, U-arvo on 0,53 W/(m²K)
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	250 rak-m³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	78 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	71 m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m²
Rakennusluokka (1 - 9)	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 (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m²		U-arvot, W/(m² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	4	4	0,17	0,60	0,16	0,7	0,6
Hirsiseinä	81	78	0,40	0,60	0,53	32,6	41,3
Yläpohja	75	75	0,09	0,60	0,09	6,8	6,8
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		71	0,16	0,60	0,12	11,4	8,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	11,7	15,3	1,00	1,80	0,90	11,7	13,8
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		5,7	1,00	1,80	0,70	5,7	4,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	249	249				68,8	75,0
Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0040		0,0040	4,7	4,7
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,028	45		65	18,7	11,9
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						92	92
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistettusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.
- Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuskohde	Pientalo 3
Rakennuslupatunnus	Esimerkki

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	2,00
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		92 W/K	92 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhyke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

1.4 Loma-asunto

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen loma-asunto, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 78 m². Loma-asuntoon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä. Loma-asuntoa ei ole tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen.

Kohteen ulkoseinät ovat pääasiassa eristämätöntä massiivista pyöröhirttä (keskimääräinen paksuus on 130 mm). Seinärakenteen U-arvo on 1,0 W/(m²K). Tässä kohteessa vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien U-arvoja.

Vaipan lämpöhäviötä pienennetään parantamalla yläpohjan U-arvoa arvosta 0,15 W/(m²K) arvoon 0,10 W/(m²K), alapohjan U-arvoa arvosta 0,24 W/(m²K) arvoon 0,15 W/(m²K), ikkunoiden U-arvoa arvosta 1,4 W/(m²K) arvoon 1,0 W/(m²K) ja ovien U-arvoa arvosta 1,4 W/(m²K) arvoon 1,0 W/(m²K).

Parannusten jälkeen rakennuksen vaipan yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö alittaa vertailulämpöhäviön. Suunnitteluratkaisu täyttää loma-asunnon lämpöhäviövaatimuksen.

Vaikka loma-asunnon vaipan ilmanpitävyydelle ei ole määräyksissä vaatimuksia, niin rakentamisvaiheessa kiinnitettiin erityistä huomiota hirsirakenteiden sekä ikkuna- ja oviliitosten ilmanpitävyyteen. Samoin läpiviennit pyrittiin saamaan mahdollisimman tiiviiksi.

Vaikka loma-asunnon ilmanvaihdon lämmöntalteenotolle ei ole määräyksissä vaatimuksia, niin loma-asunto varustettiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jossa on tehokas vastavirtalevyylämmönsiirtimellä varustettu lämmöntalteenotto. Tällä ratkaisulla haluttiin varmistaa hallittu ja vedoton ilmanvaihto sekä hyvä sisäilmasto kaikissa olosuhteissa. Lisäksi ratkaisulla varmistettiin tulisijan hormin hyvä veto.

Rakennuskohde	Loma-asunto
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	1-kerroksinen hirsirakenteinen loma-asunto
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	250 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	78 m ²
Lämmitetty nettoala	71 m ²
Rakennustyyppi	Loma-asunto
Rakennuksen kerros määrä	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

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]	U-arvot, W/(m ² K) [U]		Lämpöhäviöiden tasaus	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{poht} = A · U]	Vertailu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT					
Ulkoseinä	4	0,24	0,62	1,0	2,5
Hirsiseinä	78	0,80	1,00	62,4	78,0
Yläpohja	75	0,15	0,10	11,3	7,5
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)		0,15		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		0,19		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾	71	0,24	0,15	17,0	10,7
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾		0,24		-	-
Ikkunat	15,3	1,40	1,00	21,4	15,3
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾	5,7	1,40	1,00	8,0	5,7
Kattoikkunat		1,40		-	-
Kattovalokuvut		1,40		-	-
Yhteensä	249			121,1	119,6

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistettuna kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Loma-asunnon vaipan lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistus (osa D3)**Loma-asunnon vaipan lämpöhäviövaatimus**

Suunnitteluratkaisun vaipan ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnittelu-arvo
V		121 W/K	120 W/K

Tarkistuksen yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen

kyllä	ei
V	

Lisätietoja**Rakennuksen ilmanpitävyys**

Loma-asunnon rakennusvaipan ilmanpitävyydelle ei ole asetettu vaatimuksia, mutta hyvää ilmanpitävyyttä suositellaan tavoiteltavana. Sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. Rakennusten kosteusteknisestä suunnittelusta on määrittäviä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa C2.

Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto

Loma-asunnon ilmanvaihdon lämmöntalteenotolle ei ole asetettu vaatimuksia, mutta lämmöntalteenotolla varustettua tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää suositellaan myös loma-asuntoihin. Rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on määrittäviä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa D2, jonka määräykset ja ohjeet koskevat myös kokovuotiseen käyttöön tarkoitettuja loma-asuntoja. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huoneluämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle.

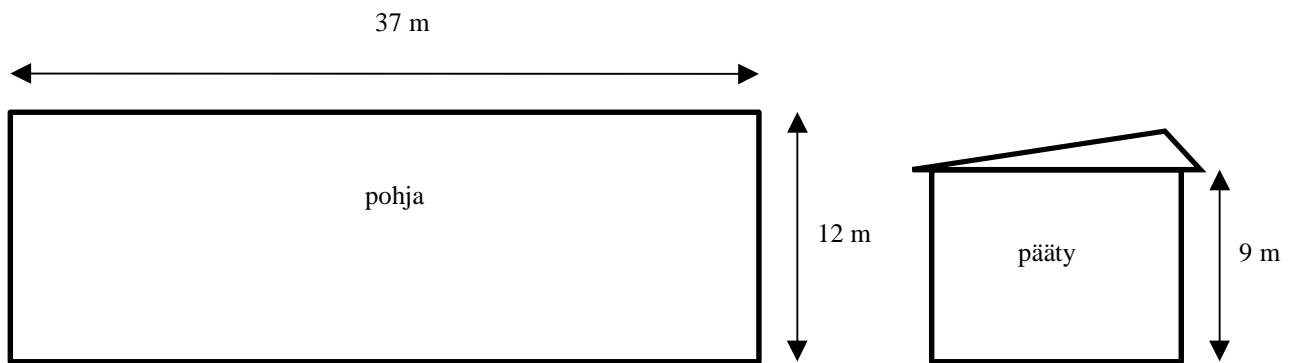
Huomautus

Tällä lomakkeella voidaan osoittaa sellaisen loma-asunnon lämpöhäviön määräystenmukaisuus, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja jota ei ole tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen.

2 Asuinkerrostaloesimerkki

2.1 Parempi ilmanpitävyys

Esimerkkikohteena on 3-kerroksinen asuinkerrostalo, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 1 330 m². Talossa on 17 huoneistoa.



Ulkoseinät ovat betonielementtirakenteisia ja niiden U-arvo on 0,17 W/(m²K). Muidenkin vaipan rakennusosien U-arvot ovat vertailuarvojen mukaisia.

Asuinhuoneistojen ilmanvaihto toteutettiin huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla, joiden lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde on 55 %. Ilmanvaihto on asukkaan ohjattavissa. Muissa tiloissa oli koneellinen poistoilmanvaihto ilman LTO:a. Näissä ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhteena käytetään arvoa 0 %. Koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde laskettiin ympäristöministeriön www-sivuilta löytyvällä LTO-laskimella (oheinen taulukko). Ilmavirtoina käytettiin suunniteltuja ilmavirtoja. Koko rakennuksen ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteeksi saatiin 45 %. Tätä arvoa käytetään tasauslaskennassa.

Tasauslaskennassa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua poistoilmavirtaa. Poistoilmavirtana käytetään RakMk osan D3/2012 mukaista ominaisilmavirtaa 0,4 dm³/s neliötä kohti. Mikäli ilmanvaihto ei olisi ollut asukkaiden ohjattavissa huoneistokohtaisesti, niin ominaisilmavirtana käytettäisiin arvoa 0,5 dm³/s neliötä kohti. Todellinen suunniteltu ilmavirta poikkesi tästä ilmavirrasta. Lämmitetty nettopinta-ala on 1215 m². RakMk osan D3/2012 mukaisesti ilmanvaihto on käynnissä jatkuvasti eli viikoittainen käyntiaikasuhte t_v on 1 ja vuorokautinen käyntiaikasuhte t_d on 1. Tasauslaskelmissa käytettävä ilmavirta $q_{v,p}$ on

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

Rakennuksen vaipan ilmapuotojen minimoimiseksi kiinnitettiin työn laatuun erityistä huomiota ja rakennuksen ilmanpitävyys mitattiin ennen rakennuksen käyttöönottoa. Mittausten mukaan vaipan ilmapuotoluvun q_{50} arvoksi osoittautui $0,9 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, joka on parempi kuin vertailuarvo $2,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Lämpöhäviön tasauslaskelma päivitettiin käyttämällä mitattua ilmanpitävyyttä. Laskelman mukaan rakennuksen ominaislämpöhäviö on 4 % pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Mitattua ilmapuotoluvun arvoa voidaan käyttää myös rakennuksen E-luvun ja energiatodistuksen ET-luvun päivityksessä.

Aputaulukot, joilla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskennassa tarvittavat keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.

Rakennuskohde	Asuinkerrostalo 1
Rakennuslupatunnus	esimerkki
Rakennustyyppi	3-kerroksinen asuinkerrostalo, huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	
Päiväys	

- 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

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	Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η_{LTO} , η_{kone}]
Kone	Palvelualue						τ_{d}	τ_{w}		
TK/PK1-17	Huoneistot	Jatkuva	0,363	0,382	1	0,382	24	7	0,382	55 %
Huippumurit 1-5	Porras, hissi, varastot, VSS	Jatkuva		0,085	1	0,085	24	7	0,085	0 %
						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 2012 (versio marraskuu 2011)

Rakennuskohde	Asuinkerrostalo 1
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	3-kerroksinen asuinkerrostalo, ilmanpitävyys on mitattu ennen rakennuksen käyttöönottoa
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	4 220 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	1 330 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	1 215 m ²
Lämmitetty nettoala, puolilämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	2
Ilmanvaihdon huoneistokohtainen ohjausmahdollisuus (0 tai 1)	1
Rakennuksen kerros määrä	3 kerrosta

Lasketatuloksia

Julkisivupinta-ala on 826 m²
Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 24 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 96 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot						Lämpöhäviöiden tasaus	
RAKENNUSOSAT	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Ominaislämpöhäviö, W/K	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä	580	580	0,17	0,60	0,17	98,6	98,6
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	405	405	0,09	0,60	0,09	36,5	36,5
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		405	0,17	0,60	0,17	68,9	68,9
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,16	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	199,5	199,5	1,00	1,80	1,00	199,5	199,5
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		46,0	1,00	1,80	1,00	46,0	46,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	1 636	1 636				449,4	449,4
<i>Puolilämpimät tilat tai määräaikaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puolilämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT	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	
<i>Vuotoilma</i>							
Lämpimät tilat	2,0	0,9	0,0454	0,0204	54,5	24,5	
Puolilämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO	Poistoilmavirta, m ³ /s		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [h _v]		Ominaislämpöhäviö, W/K		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
<i>Hallittu ilmanvaihto</i>							
Lämpimät tilat		0,486	45	45	320,8	320,8	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puolilämpimät tilat			45		-	-	
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus					Ominaislämpöhäviö, W/K		
					Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					825	795	
Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					-	-	

© Ympäristöministeriö, Tasaustietäminen 2012 (versio marrasku 2011)

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvaihduksen.

Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuskohde	Asuinkerrostalo 1
Rakennuslupatunnus	Esimerkki

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	0,90
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		825 W/K	795 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

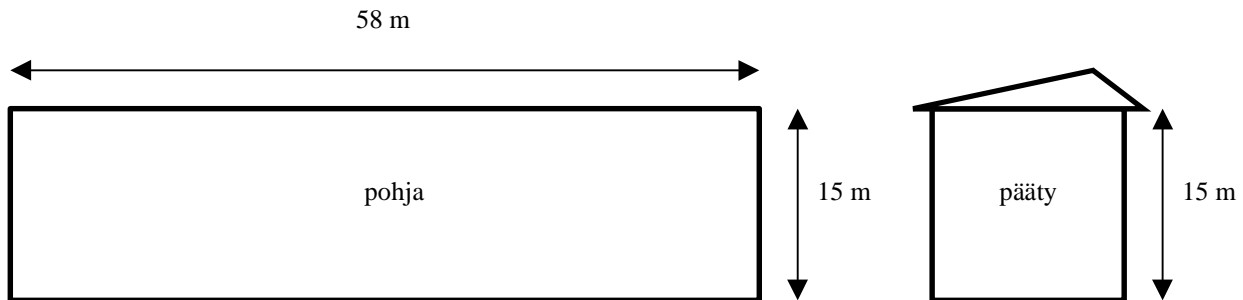
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

4 Toimistotaloesimerkki

4.1 Puolet julkisivusta lasia

Esimerkkikohteena on 4-kerroksinen toimistorakennus, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 3 480 m².



Puolet talon julkisivusta on perinteistä ikkunaa tai muuta lasirakennetta. Ikkunoiden kokonaispinta-ala on 50 % julkisivun pinta-alasta. Suuresta ikkunapinta-alasta johtuvan lämpöhäviön takia rakennusosien lämpöhäviöitä pitää pienentää tai LTO:a pitää parantaa.

Suunnitteluratkaisussa pienennetään vaipan U-arvoja valitsemalla laadukkaat ikkunat ja ovet. Ikkunoiden U-arvo paranee arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,8 W/(m²K) ja ulko-ovien arvosta 1,0 W/(m²K) arvoon 0,7 W/(m²K). Kokemuspohjasta tiedettiin, että suunnitellun rakennuksen ilmanvuotoluku ei tulisi ylittämään ainakaan arvoa 3,0 m³/(h m²), joten sitä käytettiin suunnitteluarvona. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on erillisen selvityksen mukaan 52 % (oheinen taulukko).

Tasauslaskelmissa käytetään ilmanvaihtolaitoksen käyttöajoilla painotettua poistoilmavirtaa. Toimistorakennuksen standardikäytön mukainen poistoilmavirta on 2 dm³/s neliötä kohti. Huonepinta-ala on 3 248 m². Ilmanvaihtolaitos on käynnissä standardikäytön mukaisesti viisi päivää viikossa eli viikoittainen käyntiaikasuhde t_v on 5vrk/7vrk. Laitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika on standardikäytön mukaisesti 11 tuntia (klo 6 - 18). Lisäksi ilmanvaihtoa käytetään standardikäytön mukaisesti yksi tunti ennen rakennuksen käyttöä ja yksi tunti rakennuksen käytön jälkeen. Vuorokautinen käyntiaikasuhde t_d on 13h/24h. Käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto on standardikäytön mukaisesti 0,15 dm³/s neliötä kohti. Tasauslaskelmissa käytettävä ilmavirta $q_{v,p}$ on

$$q_{v,p} = 2 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 3\,248 \text{ m}^2 \cdot 13\text{h}/24\text{h} \cdot 5\text{vrk}/7\text{vrk} + 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 3\,248 \text{ m}^2 \cdot (11\text{h}/24\text{h} \cdot 5\text{vrk}/7\text{vrk} + 24\text{h}/24\text{h} \cdot 2\text{vrk}/7\text{vrk}) = 2\,513 + 299 \text{ dm}^3/\text{s} = 2,812 \text{ m}^3/\text{s}$$

Energiatohokkuuden parannusten jälkeen rakennuksen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Aputaulukot, joilla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskennassa tarvittavat keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosiyötysuhteet, 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 puoli-lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
Taulukko 4. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat puoli-lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

Rakennuskohde	Toimistalo 1
Rakennuslupatunnus	esimerkki
Rakennustyyppi	4-kerroksinen toimistotalo
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	
Päiväys	

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	Ilmanvaihdon LTO:n vuosiyötysuhde, % [η _a]
Kone	Palvelualue						τ _d	τ _w		
1TK/PK1-5	Toimistot ym.	päiväkäyttö	4,6	4,6	1	4,600	10	5	1,369	70 %
1PK6	Likainen poisto, WC ym.	päiväkäyttö		0,2	1	0,200	10	5	0,060	0 %
-,-	-,-	yökäyttö		0,2	1	0,200	14	5	0,083	0 %
-,-	-,-	viikonlopum		0,2	0,5	0,100	24	2	0,029	0 %
2TK/PK1-3	Liiketilat ym.	päiväkäyttö	2	2	0,8	1,600	12	6	0,686	70 %
2PK4	Likainen poisto, WC ym.	päiväkäyttö		0,2	1	0,200	10	5	0,060	0 %
-,-	-,-	yökäyttö		0,2	0,5	0,100	14	5	0,042	0 %
-,-	-,-	viikonlopum		0,2	0,5	0,100	24	2	0,029	0 %
4PK	Porraskuulut	jatkuva käyttö		0,4	1	0,400	24	7	0,400	0 %
						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 2012 (versio marraskuu 2011)

Rakennuskohde	Toimistotalo 1
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	4-kerroksinen toimistotalo, jossa 50 % julkisivusta on ikkunaa
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	12 790 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	3 480 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	3 248 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	3
Rakennuksen kerrosmäärä	4 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 1970 m²
Ikkunapinta-ala on 28 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
Ikkunapinta-ala on 50 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	1 408	945	0,17	0,60	0,17	239,4	160,7
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	812	812	0,09	0,60	0,09	73,1	73,1
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		812	0,17	0,60	0,15	138,0	121,8
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,16	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	522,0	985,0	1,00	1,80	0,80	522,0	788,0
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		40,0	1,00	1,80	0,70	40,0	28,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	3 594	3 594				1 012,5	1 171,5
<i>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	3,0	0,0998	0,1498		119,8	179,7
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		2,812	45	52		1 855,9	1 619,7
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						2 988	2 971
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistettusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.
- Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoaukukset sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuskohde Rakennuslupatunnus	Toimistotalo 1 Esimerkki
---	---

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	3,00
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		2 988 W/K	2 971 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

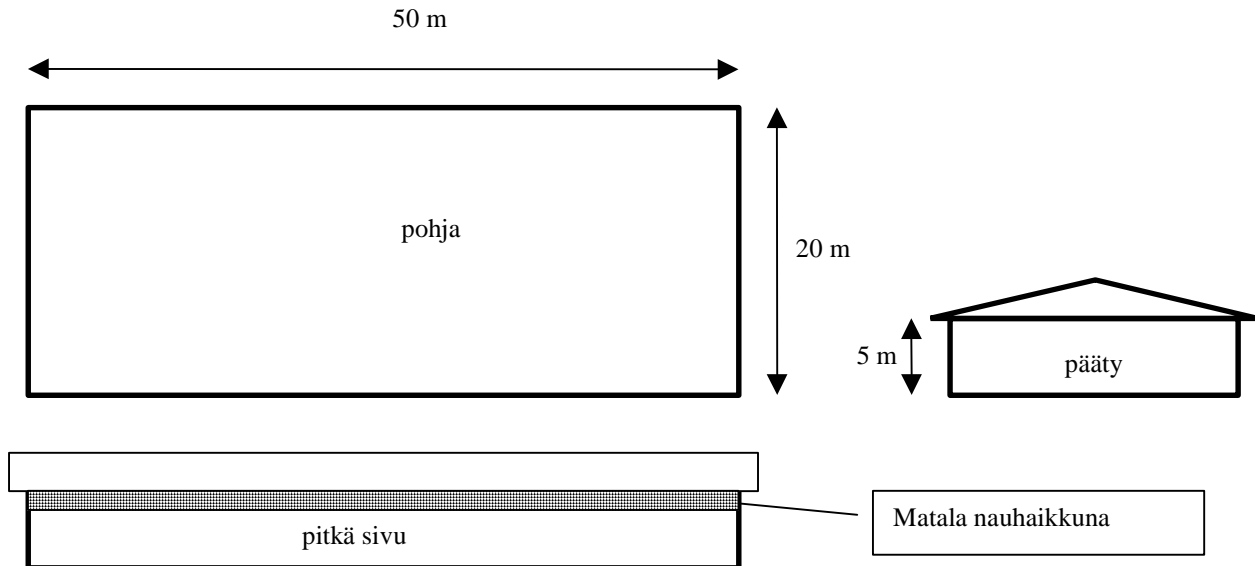
Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

5 Teollisuusrakennusesimerkki

Esimerkkikohteena on 1-kerroksinen teollisuusrakennus, jonka maanpäällisten kerrosten kerrostasoala on 1 000 m².



Ulkoseinät ja yläpohja ovat kevytbetonia. Ulkoseinän U-arvo on 0,28 W/(m²K). Rakennuksessa on pitkän sivuseinän mittaiset nauhaikkunat. Ikkunoiden kokonaispinta-ala on 5 % kerrostasoalasta. Tämä pienentää ikkunoiden lämpöhäviötä vertailutasoon verrattuna. Ulkoseinän ja yläpohjan suuren lämpöhäviön takia muiden rakennusosien lämpöhäviöitä pitää pienentää tai LTO:a pitää parantaa.

Suunnitteluratkaisussa kevytbetoninen yläpohja eristetään niin, että sen U-arvoksi saadaan 0,14 W/(m²K), joka on vielä vertailuarvoa huonompi. Vaipan muiden rakennusosien osien U-arvot ovat vertailuarvojen mukaisia. Rakennuksen ilmanpitävyyttä ei mitattu, joten ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona käytetään arvoa q₅₀ on 4,0 m³/(h m²).

Koska teollisuusrakennus kuuluu osan D3/2012 mukaan käyttötarkoitukseluokkaan 9 (Muut rakennukset ja määräaikaiset rakennukset), tasauslaskennassa käytetään suunniteltuja ilmanvaihdon ilmavirtoja ja käyntiaikoja. Tuotantotilojen (927 m²) ilmanvaihdon käyntiaika on 14 tuntia vuorokaudessa, viisi päivää viikossa. Suunniteltu käyttöajan poistoilmavirta on 1,5 dm³/s neliötä kohti. Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto on toteutettu taukokäytöllä niin, että keskimääräinen ilmavirta on 150 dm³/s. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on erillisen selvityksen mukaan 55 %. Tuotantotilojen lisäksi rakennuksessa on 20 m² liuotin- ja happovarasto, jonka ilmanvaihto on toteutettu poistoilmanvaihdolla (jatkuvasti 50 dm³/s) ilman LTO:a. Syövyttävien aineiden ja muiden epäpuhtauksien sekä pienen ilmavirran takia LTO:n rakentaminen on epätarkoituksenmukaista. Lisäksi tila pidetään poistoilmanvaihdolla alipaineisena muihin tiloihin verrattuna.

$$q_{v,p} = 1,5 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2) \cdot 927 \text{ m}^2 \cdot 14\text{h}/24\text{h} \cdot 5\text{vrk}/7\text{vrk} + 150 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot (10\text{h}/24\text{h} \cdot 5\text{vrk}/7\text{vrk} + 24\text{h}/24\text{h} \cdot 2\text{vrk}/7\text{vrk}) = 579 + 88 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,667 \text{ m}^3/\text{s}$$

Näillä suunnitteluratkaisuilla rakennuksen ominaislämpöhäviö on pienempi kuin vertailulämpöhäviö. Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen.

Rakennuskohde	Teollisuusrakennus
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	1-kerroksinen teollisuusrakennus, ulkoseinät ja yläpohja kevytbetonia
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	60 000 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	1 000 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	947 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	9
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 685 m²
Ikkunapinta-ala on 5 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
Ikkunapinta-ala on 7 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	[A]		[U]			Ominaislämpöhäviö, W/K	
RAKENNUSOSAT	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	495	595	0,17	0,60	0,28	84,2	166,6
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	947	947	0,09	0,60	0,14	85,2	132,6
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		947	0,17	0,60	0,17	161,0	161,0
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,16	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	150,0	50,0	1,00	1,80	1,00	150,0	50,0
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		40,0	1,00	1,80	1,00	40,0	40,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	2 579	2 579				520,4	550,2
Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	4,0	0,0409		0,0819	49,1	98,2
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,667	45		55	440,2	360,2
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta		0,050	0		0	60,0	60,0
Puoliämpimät tilat			45		0	-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		0	-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						1 070	1 069
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistettusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuskohde	Teollisuusrakennus
Rakennuslupatunnus	Esimerkki

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
v	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

v	

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
v	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
v		4	4,00
		4	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
v		1 070 W/K	1 069 W/K

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
v	

Lisäselvitykset
Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.

Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykke I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

6 Tyhjät määräystenmukaisuuden osoittamistaulukot

Liitteenä ovat esimerkkilaskelmissa käytetyt taulukkopohjat tyhjinä. Niitä voidaan käyttää erilaisten suunnittelukohteiden lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittamiseen.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde	
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	<input type="checkbox"/> täyttää vaatimukset, <input type="checkbox"/> ei täytä vaatimuksia

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	
Ilmanvaihdon huoneistokohtainen ohjausmahdollisuus (0 tai 1)	
Rakennuksen kerrosmäärä	kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on _____ m²
 Ikkunapinta-ala on _____ % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on _____ % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on _____ % vertailutasosta (lämpimät tilat)
 Lämpöhäviö on _____ % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	[A]		[U]			Ominaislämpöhäviö, W/K	
RAKENNUSOSAT	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä			0,17	0,60			
Hirsiseinä			0,40	0,60			
Yläpohja			0,09	0,60			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60			
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,16	0,60			
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60			
Ikkunat			1,00	1,80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,00	1,80			
Kattoikkunat			1,00	1,80			
Kattovalokuvut			1,00	2,00			
Lämpimät tilat yhteensä							
Puoliämpimät tilat tai määräaikaisten rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60			
Hirsiseinä			0,60	0,60			
Yläpohja			0,14	0,60			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60			
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60			
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60			
Ikkunat			1,40	2,80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80			
Kattoikkunat			1,40	2,80			
Kattovalokuvut			1,40	2,80			
Puoliämpimät tilat yhteensä							
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)		Vuotoilmavirta, m ³ /s			Ominaislämpöhäviö, W/K	
	[q ₅₀]		[q _{v,v} = q ₅₀ / _____ · A/3600] ⁴⁾			[H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0						
Puoliämpimät tilat	2,0						
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [h _a]			Ominaislämpöhäviö, W/K	
	[q _{v,p}]		[h _a = 1200 · q _{v,p} · (1-h _a)]			[H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat			45				
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0				
Puoliämpimät tilat			45				
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0				
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä							

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvaihduksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

⁴⁾ Vuotoilmavirran laskentakaavasta puuttuva kerroin (x) on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolme- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde
Rakennuslupatunnus

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)
--

Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasooaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puolilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	
- puolilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puolilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2012 (versio marraskuu 2011)

Lisäselvitykset

Rakennuksen ilmanpitävyys
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykkeen I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

Loma-asunnon vaipan lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde
Rakennuslupatunnus
Rakennustyyppi
Pääsuunnittelija
Tasauslaskelman tekijä
Päiväys
Tulos: Suunnitteluratkaisu <input type="checkbox"/> täyttää vaatimukset, <input type="checkbox"/> ei täytä vaatimuksia

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	m ²
Lämmitetty nettoala	m ²
Rakennustyyppi	Loma-asunto
Rakennuksen kerros määrä	kerrosta

Lasketatuloksia

Julkisivun pinta-ala on _____ m²
 Ikkunapinta-ala on _____ % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on _____ % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on _____ % vertailutasosta

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]	U-arvot, W/(m ² K) [U]		Lämpöhäviöiden tasaus	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A · U]	
				Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT					
Ulkoseinä		0,24			
Hirsiseinä		0,80			
Yläpohja		0,15			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)		0,15			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾		0,19			
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		0,24			
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾		0,24			
Ikkunat		1,40			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		1,40			
Kattoikkunat		1,40			
Kattovalokuvut		1,40			
Yhteensä					

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen.

³⁾ Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-oviin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Loma-asunnon vaipan lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistus (osa D3)					
Loma-asunnon vaipan lämpöhäviövaatimus					
Suunnitteluratkaisun vaipan ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnittelu-arvo	
Tarkistuksen yhteenveto					
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimuksen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Lisätietoja
Rakennuksen ilmanpitävyys Loma-asunnon rakennusvaipan ilmanpitävyydelle ei ole asetettu vaatimuksia, mutta hyvää ilmanpitävyyttä suositellaan tavoiteltavan. Sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. Rakennusten kosteusteknisestä suunnittelusta on määräyksiä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa C2.
Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto Loma-asunnon ilmanvaihdon lämmöntalteenotolle ei ole asetettu vaatimuksia, mutta lämmöntalteenotolla varustettua tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää suositellaan myös loma-asuntoihin. Rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on määräyksiä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa D2, jonka määräykset ja ohjeet koskevat myös kokovuotiseen käyttöön tarkoitettuja loma-asuntoja. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle.
Huomautus Tällä lomakkeella voidaan osoittaa sellaisen loma-asunnon lämpöhäviön määräystenmukaisuus, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja jota ei ole tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen.