

# **Pientalon suunnittelu ja E-luvun laskenta**

**Arto Tolonen**

Opinnäytetyö

**20.5.2012 Kuopiossa**

**Ammattikorkeakoulututkinto**



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Arto Tolonen	
Työn nimi Pientalon suunnittelu ja E-luvun laskenta	
Päiväys 27.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 52/116
Ohjaaja(t) Lehtori Ville Kuusela ja lehtori Antti Korpinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Arto ja Johanna Tolonen	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tässä opinnäytetyössä oli kaksi tavoitetta. Ensimmäinen tavoite oli suunnitella tilaajien toiveiden mukainen kaksikerroksinen omakotitalo. Toisena tavoitteena oli tutustua vuonna 2012 voimaan tuleviin rakennuksia koskeviin energiamääräyksiin ja laskea rakennukselle sen energian kulutusta kuvaava E-luku.</p> <p>Rakennuksen suunnittelun lähtötietoina pidettiin tilaajan hahmotelmia ja esittämiä toiveita rakennuksen tiloista ja koosta. Rakennus pyrittiin suunnittelemaan avaraksi ja pohjaratkaisultaan toimivaksi kokonaisuudeksi. Julkisivuiltaan toiveena oli saada rakennukseen vanhanajan henkeä ja pyrkiä sulauttamaan rakennus rakennuspaikkaansa saumattomasti. Rakennuksen suunnittelussa käytettiin luonnosteluvaiheesta lähtien Archicad-ohjelmaa. Rakennuksen E-lukua tutkittiin ja laskettiin itse tekemän Excel-taulukon avulla.</p> <p>Rakennusta suunniteltaessa ja energiamääräyksiin perehtyessä huomattiin asioiden sitoutuvan tiiviisti toisiinsa ja tästä syystä rakennussuunnittelu ja E-luvun laskenta etenivät yhtäaikaan. Työntuloksena saatiin tilaajalle suunniteltua tulevat energiamääräykset täyttävä talo ja rakennuslupaa varten tarvittavat piirustukset.</p>	
Avainsanat Pientalon suunnittelu, E-luku	
Luottamuksellisuus Julkinen	



Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Mr Arto Tolonen			
Title of Thesis Designing of Detached House and E-factor Calculation			
Date	April 4, 2012	Pages/Appendices	52/116
Supervisor(s) Mr Ville Kuusela, Lecturer and Mr Antti Korpinen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Arto ja Johanna Tolonen			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The first aim of this thesis was to plan and make drawings for the building permit of a detached house. The second aim was to familiarize with the new legislation on the energy efficiency of houses and to calculate the E-factor for the house. The work was commissioned by Arto and Johanna Tolonen.</p> <p>As a starting point of the work were the needs of the client in order to design a functional building. The architectural planning and drawings for the building permit were drawn with the Arhcad modelling 3D building design software. The E-factor calculation was made by using a self-made Excel datasheet.</p> <p>The first results were the main drawings for a detached house which include all the given requirements. The second result of this thesis was the E-factor calculation for the designed house.</p>			
Keywords building designing, E-factor			
Public			



**SAVONIA**

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	9
2	TARVESELVITYS .....	10
3	RAKENNUSPAIKKA .....	12
4	LUONNOSTELUVAIHE.....	13
4.1	Tilaajan asettamat tavoitteet rakennukselle .....	13
4.2	Luonnostelu .....	13
4.2.1	Luonnos 1. kerros .....	13
4.2.2	Luonnos 2. kerros .....	15
4.2.3	Julkisivujen luonnostelu .....	16
5	RAKENNETEKNISET RATKAISUT JA TALOTEKNIikka .....	18
5.1	Runkorakenteet.....	18
5.2	Ulkoseinä.....	18
5.3	Ylä- ja alapohja .....	19
5.4	Väliseinät.....	19
5.5	Lämmitysjärjestelmä.....	20
6	LOPULLISET PIIRUSTUKSET .....	21
6.1	Ensimmäinen kerros.....	21
6.2	Toinen kerros.....	22
6.3	Julkisivut.....	23
6.4	Pääpiirustukset.....	26
7	E-LUVUN LASKENTA.....	27
7.1	E-luvun laskennan teoria .....	27
7.2	Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve .....	28
7.3	Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.....	28
7.4	Laitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus.....	29
7.5	Lämpökuormat .....	29
7.6	Lämmitysjärjestelmän ja lämmön jakelun energiankulutus .....	30
7.7	Lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus .....	31
7.8	Rakennuksen määräysten mukaisuus .....	31
8	RAKENNUKSEN E-LUVUN LASKENTA.....	32
8.1	Tilojen lämmitysenergian nettotarve.....	32
8.2	Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	33
8.3	Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve.....	35
8.4	Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve.....	36

8.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve.....	39
8.6 Ilmanvaihdosta talteen otettu energia.....	41
8.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve .....	42
8.8 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus .....	43
8.9 Lämpökuorma henkilöistä .....	44
8.10 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista .....	44
8.11 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia.....	45
8.12 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve.....	46
8.13 Lämpökuormista hyödynnettävä energia .....	47
8.14 Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve.....	48
8.15 Rakennuksen sähköenergian kulutus.....	48
8.16 Rakennuksen laskettu E-luku.....	49
9 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
LÄHTEET .....	52

## LIITTEET

- Liite 1 D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- Liite 2 D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma
- Liite 3 Arto Tolonen. 2012. Asemapiirustus, nro 1/7
- Liite 4 Arto Tolonen. 2012. Pohjapiirustukset, nro 2/7
- Liite 5 Arto Tolonen. 2012. Julkisivut, nro 3/7
- Liite 6 Arto Tolonen. 2012. Leikkaus A-A, nro 4/7
- Liite 7 Arto Tolonen. 2012. Kattokuva, nro 5/7
- Liite 8 Arto Tolonen. 2012. Hormipiirustus, nro 6/7
- Liite 9 Arto Tolonen. 2012. Pystyleikkaus, nro 7/7



## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä ensisijaisena tavoitteena on suunnitella kaksikerroksinen omakotitalo neljähenkisen perheen käyttöön ja laatia pääpiirustukset. Pääpiirustuksilla on tarkoitus tulevaisuudessa hakea rakennuslupaa Pieksämäen rakennusvalvonnasta talon rakentamista varten suunnitellulle paikalle Naarajärvellä. Tontille on tarkoitus toisessa vaiheessa rakentaa autotalli/varastorakennus. Autotalli/varastorakennuksen piirustukset eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön.

Toinen päätavoite opinnäytetyössä on laskea rakennukselle E-luku 2012 heinäkuussa voimaan tulevien määräysten mukaisesti. Laskennassa käytetään omatekemää Excel taulukko-ohjelmaa, joka on tehty Suomen rakentamismääräyskokoelma D3:n ja Suomen rakentamismääräyskokoelma D5:n luonnoksen tietojen pohjalta.

Talo suunnitellaan rakenteiltaan ja talotekniikaltaan energiatehokkaaksi. Suunnittelussa ei keskitytä pelkästään eristeiden määrän lisäämiseen vaan pyritään kohdentamaan parannukset kohteisiin, joissa ne kustannustehokkaasti vähentävät sähkönkäyttöä. Energiatehokkuutta tutkitaan E-luku Excel-taulukon avulla muuttelemalla eri rakenteiden lämmönläpäisevyysarvoja sekä muita energiatehokkuuteen vaikuttavia kertoimia esimerkiksi rakennusvaipanilmanvuotolukua. Näin pystytään suunnittelu- vaiheessa keskittymään olennaisesti energiankulutukseen vaikuttaviin asioihin.

## 2 TARVESELVITYS

Tarveselvitysvaiheessa pyritään selvittämään rakennushankkeeseen alkavan kannalta ajateltuna kustannuksiltaan edullisin ja järkevin tapa pientalon hankkimiseen. Pitää kuitenkin muistaa jo tässä vaiheessa, että aina edullisin tapa ei aina johda parhaaseen mahdolliseen tulokseen rakennushankkeessa. Tarveselvitysvaiheessa selvitetään rakennushankkeeseen ryhtyvän toiveet ja tarpeet, joita suunniteltuun hankkeeseen kohdistuu. Tarveselvityksessä tulisi huomioida myös mahdolliset vuosien aikana muuttuvat tarpeet.

*”Tarveselvitysvaiheessa tarkastellaan tulevia asuntoon kohdistuvia vaatimuksia kuten tilantarvetta, asunnon sijaintia, rakentamisen ajankohtaa, toteutustavan valintaa, karroitetaan saatavilla olevat rakennusalan ammattilaiset ja selvitetään hankkeen rahoitusta. Oman työn osuuden kriittinen arvioiminen on myös tehtävä tässä vaiheessa. Vaiheen lopuksi tehdään päätös rakennushankkeeseen ryhtymisestä, mikäli päädyttiin siihen lopputulokseen että edellytykset hankkeen onnistuneelle läpiviennille on olemassa”. (Rakennustieto).*

*”Tarveselvitysvaiheen muistilista:*

- *aikataulu*
- *rahoitus*
- *oman työn osuus*
- *tilasuunnittelu*
- *rakennuspaikka*
- *rakentamisen ajankohta*
- *toteutustavan valinta*
- *tarvittavat rakennusalan ammattilaiset.”*

*(Rakennustieto).*

Kohteen tarveselvityksen mukaan alustava aikataulu rakentamisen aloittamiselle on syksy 2012 tai kevät 2013. Aloittamiseen vaikuttaa hankkeeseen ryhtyvien nykyisen asunnon myynti. Asunnon myynti on edellytys hankkeen aloittamiselle.

Hankkeen rahoitus katetaan pääosin hankkeeseen ryhtyvien nykyisen asunnon mynnistä saatavilla varoilla. Hankkeen kustannuksien loppuosalle haetaan pankki-

lainaa. Pankkilainan määrää suunniteltaessa otetaan huomioon myös mahdolliset yllättävät kulut rakennushankkeen aikana.

Hankkeeseen ryhtyvät ovat suunnitelleet oman työn osuuden suureksi. Rakennustöistä maansiirto-, sähkö-, LVI- ja laatanvalutyöt on suunniteltu teetetäväksi ulkopuolisilla, mutta muuten rakennushanke pyritään toteuttamaan omatoimisesti. Rakennus on suunniteltu rakennettavaksi niin sanotusti pitkästä tavarasta.

### 3 RAKENNUSPAIKKA

Rakennus on suunniteltu rakennettavaksi Pieksämäelle, Naarajärven taajaman läheisyyteen Vilhula-nimiseen kylänosaan. Rakennuspaikka ei ole kaava-alueen sisällä, joten suunnittelussa rajoittavaksi tekijäksi tulee vain rajoitettu rakennusoikeus. Rakennustontti on suunniteltu lohkaistavaksi sen päätilasta ja sen pinta-alaksi muodostuu 1,7 ha. Suunnittelun kohteen osoite on Vilhulantie 331, 78650 Naarajärvi.

Rakennustontti on muodoltaan lähes nelikulmio sen sivujen mitat on 187 metriä kertaa 123 metriä. Tontti rajoittuu Vilhulantiehen ja Seurapirtintiehen sekä länsi- ja pohjoissivuiltaan peltoon ja metsään. Tontti sijaitsee harjun laella ja se on entistä pelto- maata ja se viettää loivasti länteen. Tontille on istutettu tien puoleiselle laidalle noin 80 metrin matkalle koivua ja sen jälkeen alkaa istutetun kuusikon vyöhyke.

Suunniteltu rakennuksen paikka sijaitsee tontin pohjoiskulmassa harjun korkeimmalla kohdalla koivikon keskellä. Rakennuksen etäisyys Vilhulantiehen on noin 30 metriä. Rakennuksen tieltä joudutaan kaatamaan jonkin verran puuta, mutta kaadettavien puiden määrä pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Kuvassa 1 näkyy suunniteltu rakennuksen paikka Vilhulantieltä kuvattuna.



Kuva 1. Suunniteltu rakennuspaikka (Arto Tolonen).

## 4 LUONNOSTELUVAIHE

### 4.1 Tilaajan asettamat tavoitteet rakennukselle

Rakennus suunnitellaan nelihenkisen perheen käyttöön. Perheen koko ja harrastukset otetaan huomioon niin tilojen kuin myös pihapiirin suunnittelussa. Tarvesuunnittelun lopputuloksena päädyttiin kaksikerroksiseen rakennukseen, jossa alakertaan sijoitetaan yleiset oleskelutilat ja kodinhoitoon liittyvät tilat. Yläkerta haluttiin pelkästään perheen omaan käyttöön ja sinne sijoitettiin vanhempien ja lasten makuuhuoneet. Tilojensuunnittelussa lähtökohtana oli saada mahdollisimman avara pohjaratkaisu. Rakennuksen halutaan sijoittuvan ympäristöönsä mahdollisimman ristiriidattomasti. Rakennuspaikka sijaitsee maalaismiljöössä, tällöin luonnollinen valinta julkisivuverhoukseksi oli puu.

### 4.2 Luonnostelu

Kohteen suunnittelussa käytettiin alusta asti tietomallinnusta. Tietomallipohjaisen suunnittelun etuina on helppo muokattavuus ja mahdollisuus nähdä suunniteltava kohde 3D-mallissa. 3D-mallin avulla on helppo esittää suunniteltava kohde visuaalisesti ymmärrettävänä ja tutkia suunniteltavaa kohdetta haluamastaan kohdasta. Esimerkiksi julkisivuja suunniteltaessa muokkaaminen on helppoa ja tilaaja voi tällöin esittää haluamiaan muutoksia nähtyään 3D-mallin niin sanotusti luonnossa.

#### 4.2.1 Luonnos 1. kerros

Rakennus ja sen tilat pyrittiin sijoittamaan siten, että ruokailu ja oleskelutilat olisivat länsi-eteläsuunnalla. Kodinhoitoon ja nukkumiseen tarkoitetut tilat pyrittiin sijoittamaan itä-pohjoissuunnalle. Tällöin oleskelu tiloihin saadaan mahdollisimman paljon luonnonvaloa.

Ensimmäiseen kerrokseen suunniteltiin seuraavat tilat:

- aula
- keittiö
- ruokailutila
- olohuone
- työhuone

- kodinhoituhuone
- kylpyhuone ja sauna
- wc
- tekninen tila.

Aula suunniteltiin suhteellisen suureksi ja siihen sijoitettiin paljon kaappitilaa. Aulan yhteyteen suunniteltiin käynti yläkertaan. Rakennuksesta jätettiin pois tuulikaappi tilaajan toiveiden mukaisesti. Tällä pyritään välttämään ahtauden tunnetta sisälle tultaessa.

Keittiön paikka suunniteltiin siten, että siihen on helppo tulla ulkoa ostosten kanssa. Haluttiin myös ettei keittiö jää suljetuksi nurkaksi. Tämän vuoksi keittiön ja ruokailutilan väliin ei laitettu seinää vaan suunniteltiin jakoseinä, johon sijoitettiin liedon paikka.

Ruokailutila suunniteltiin olohuoneen yhteyteen, jolloin saadaan suuri avonainen tila oleskelua varten. Myös työhuone suunniteltiin siten, että se voidaan pariovien avulla liittää oleskelutilaksi tarpeen vaatiessa.

Kodinhoituhuone suunniteltiin suureksi tilaajan toiveen mukaan ja sinne sijoitettiin paljon kaappitilaa. Kodinhoituhuoneen yhteyteen suunniteltiin myös peseytymistilat, wc ja tekninen tila.



Kuva 2. Luonnos 1. kerros

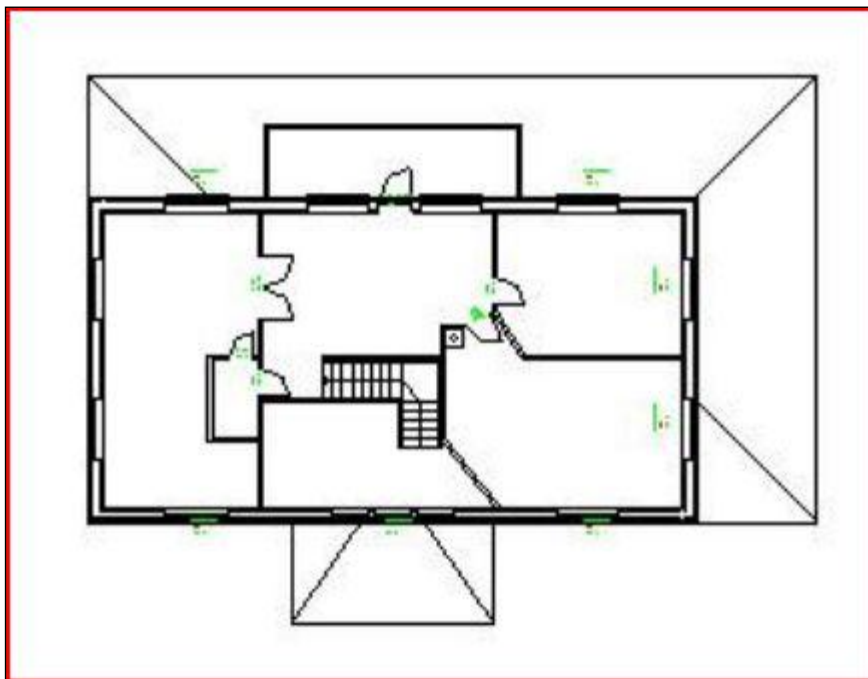
#### 4.2.2 Luonnos 2. kerros

Luonnosteluvaiheessa toiseen kerrokseen suunniteltiin seuraavat tilat:

- vanhempien makuuhuone
- kaksi lasten huonetta
- aula
- wc.

Vanhempien makuuhuoneesta suunniteltiin tarkoituksen mukaisesti suuri, jotta sinne saataisiin mahtumaan myös säilytystilaa. Vanhempien makuuhuoneen yhteyteen suunniteltu wc olisi vain perheen omassa käytössä.

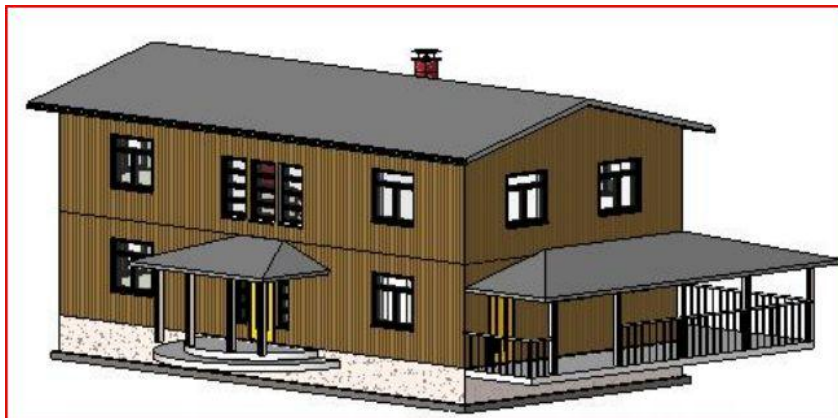
Lasten makuuhuoneet luonnosteltiin vierekkäisiksi ja kooltaan riittävän isoiksi myös tulevaisuutta ajatellen. Yläkerran aula suunniteltiin perheen omaan käyttöön esimerkiksi tv:n katselua varten.



Kuva 3. Luonnos 2. kerros

#### 4.2.3 Julkisivujen luonnostelu

Julkisivumateriaalina kohteessa käytetään puuta. 3D-mallin avulla kokeiltiin erilaisia puuverhouksen toteuttamistapoja. Alla olevassa kuvassa 4 vaihtoehto, jossa puuverhous asetettu pystysuunnassa.



Kuva 4. Ulkoverhousvaihtoehto 1 ja terassivaihtoehto 1.

Rakennuksen ikkunat pyrittiin asettamaan symmetrisesti jokaiselle julkisivulle tämä antaa rakennukselle tasapainoisuutta. Ikkunoiden asettelulla ja muodoilla haettiin talolle kartanomaisuutta.

Kokeilimme työssä myös pääsisäänkäynnille ja rakennuksen suunnitellulle takapihal-  
le tehtäville terasseille erilaisia toteuttamistapoja. Näitä on esitetty kuvissa 4,5,6 ja 7.

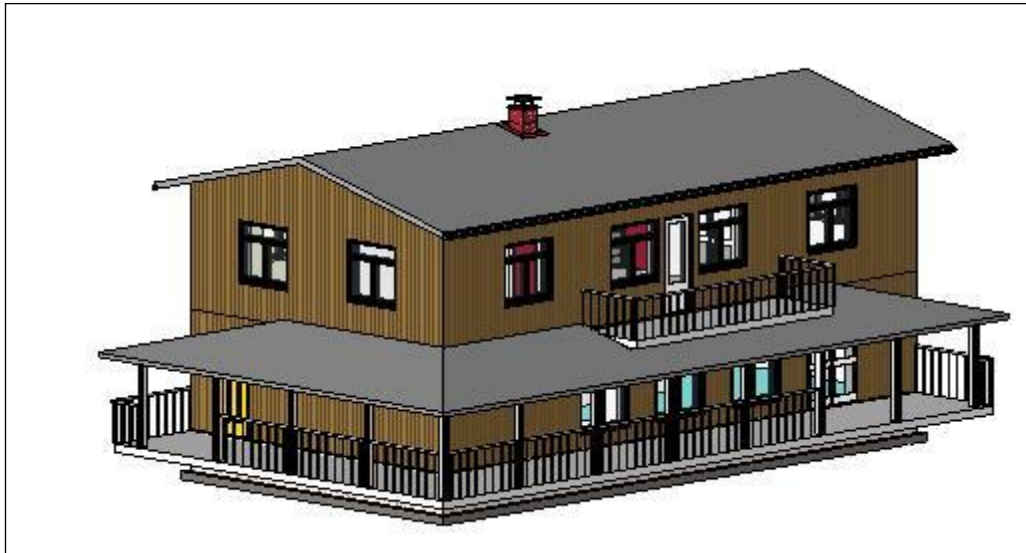


Kuva 5. Terassi vaihtoehto 2.





Kuva 6. Terassi vaihtoehto 2 kuvattuna rakennuksen takapuolelta.



Kuva 7. Terassi vaihtoehto 1 kuvattuna rakennuksen takapuolelta.

Luonnosteluvaiheen jälkeen kävimme suunnitelmia läpi ohjaavan opettajan Antti Korpisen kanssa ja häneltä sain palautetta ja muutamia hyviä muutosehdotuksia pohjapiirustuksiin sekä julkisivuratkaisuihin. Muutokset ja lopulliset pohja- ja julkisivupiirustukset tulevat esille Lopulliset piirustukset kappaleessa.

## 5 RAKENNETEKNISET RATKAISUT JA TALOTEKNIikka

Ennen suunnitelmien puhtaaksi piirtämistä tuli päättää rakennuksen talotekniset ratkaisut. Tilojen tarpeen kannalta on pakollista tietää erilaiset talotekniset järjestelmät, jotta suunnittelussa osataan varata riittävästi niitä varten tilaa.

### 5.1 Runkorakenteet

Suunnittelun aikana runkovaihtoehtona oli koko ajan puu. Myös välipohja suunniteltiin pääasiassa tehtäväksi puurakenteisena kuten myös yläpohja. Rungon, välipohjan ja yläpohjan rakenteellista mitoitus ei tässä työssä työn laajuuden takia käsitellä vaan luotetaan kirjallisuudesta löytyviin rakenneratkaisuihin. Runkorakenteiden osalta tarkastelu rajoittui rakenteen U-arvon tarkasteluun erimateriaaleilla ja materiaalien vaikutukseen rakenteen paksuuteen. U-arvon tarkastelussa käytin apuna Puu infon nettisivuilta saatavaa U-arvo laskuria sekä Thermisolín nettisivuilta löytyvää maanvaraisen alapohjan eristelaskuria.

### 5.2 Ulkoseinä

Ulkoseinän rakenne ulkoapäin läpi tarkasteltuna:

- ulkoverhouspaneeli 23\*145 mm
- tuuletusrako 22 mm
- runkoleijona 25 mm
- kantavarunko + Eriste 200 mm
- höyrynsulku
- vaakakoolaus + Eriste 48 mm
- kyproc 13 mm.

Edellä mainitun rakenteen U-arvoksi tuli 0,154 W/(m<sup>2</sup>K). Suunnittelun yhteydessä tutkimme myös muita vaihtoehtoja. 175 mm:n kantavalla rungolla toteutettua muutoin rakenteeltaan samanlaista rakennetta laskiessa U-arvoksi tuli 0,17 W/(m<sup>2</sup>K). Tutkin myös millainen rakenne tulisi olla, jotta U-arvo olisi 0,09 W/(m<sup>2</sup>K). Tällöin rakenteen paksuus olisi jo villan osalta 450 mm.

Ulkoseinärakenne olisi voitu toteuttaa myös polyuretaanieristeillä, mutta päädyin kuitenkin perinteisiin villarakenteilla toteutettuihin rakenteisiin. Polyuretaanieristeillä on todella hyvät lämmöneristävyysominaisuudet, jolloin rakenteet voidaan toteuttaa ohuempina.

### 5.3 Ylä- ja alapohja

Yläpohjarakenne sisältäpäin ulos tarkasteltuna:

- sisäverhouspaneeli tai kyproc
- koolaus 22\*100 mm kk 300
- höyrynsulku
- kattotuolit ja mineraalivilla 100 mm
- puhallusvilla 350 mm.

Yläpohjan U-arvoksi edellä mainitulla rakenteella saadaan 0,09 W/(m<sup>2</sup>K), joka täyttää vaatimukset. Villarakenteisena yläpohjan U-arvoa ei ole järkevää tästä lähteä pienentämään, koska dimensio kasvaa huomattavan paljon saatuun hyötyyn nähden.

Rakennuksen alapohja suunniteltiin tehtäväksi maanvaraisena. Alapohjan eristemäärä laskettiin Thermisolin laskurilla, johon syötettiin tarvittavat lähtötiedot. Alapohjan eristepaksuudeksi saatiin 200 mm:ä eps eristettä. Alapohjan U-arvoksi saatiin 0,12 W/(m<sup>2</sup>K).

### 5.4 Väliseinät

Rakennuksen alakerran väliseinärakenteet suunniteltiin toteutettaviksi kalkkikiviharkoilla. Kantava seinälinja toteutetaan 130 mm leveänä. Muut alakerran väliseinärakenteet toteutetaan 88 mm leveillä harkoilla. Tarvittavat pinnoitteet ja vedeneristeet lisätään rakenteisiin seinäkohtaisesti. Harkkorakenteilla haetaan rakennuksen alakertaan kantokykyä, äänen eristävyttä teknisiin tiloihin sekä kosteusteknisesti varmoja ratkaisuja sauna, pesuhuone ja kodinhoitohuonetiloihin.

Toisen kerroksen väliseinien rakenteiksi valittiin kertopuurunkoiset väliseinät. Ratkaisulla pyrittiin vähentämään välipohjaan kohdistuvaa rasitusta. Wc ja pesuhuone tilojen väliseinät toteutettiin tiheämmällä runkojaolla.

## 5.5 Lämmitysjärjestelmä

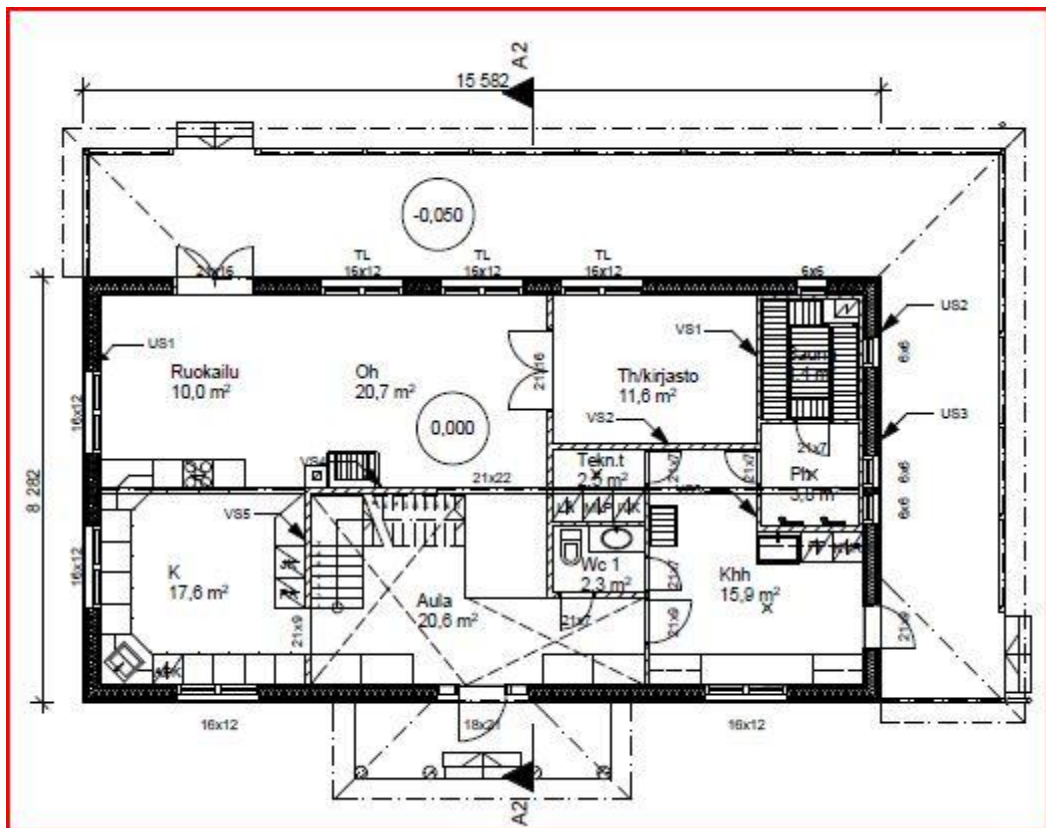
Rakennuksen pääasiallinen lämmöntuotto tapahtuu maalämpöpumpun avulla. Tekniiseen tilaan varattiin riittävästi tilaa maalämpöpumpun sijoittamista varten. Tilaan sijoitettiin myös normaalia suurempi lämminvesivaraaja, jotta maalämpöpumpun tuottama energia voitaisiin hyödyntää kokonaisuudessaan lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. E-luku laskennassa ilmanvaihdon jälkilämmitys on laskettu tapahtuvaksi sähköllä, mutta ilmanvaihtokoneen asettaminen samaan tilaan lämpöpumpun ja varaajan kanssa mahdollistaa jälkikäteen ilmanvaihtokoneen vaihtamisen sellaiseen, jossa jälkilämmitys tapahtuisi nestekiertoisen lämmitin kautta. Tällöin voisi myös ajatella ilmanvaihtokoneena poistoilmalämpöpumppua, jolloin ilmanvaihdosta saataisiin varastoitua energiaa lämminvesivaraajaan.

Rakennuksen lämmönjako on suunniteltu tehtäväksi nestekiertolattialämmityksenä. Myös yläkerran lämmitys toteutetaan nestekiertolattialämmityksenä, vaikka lämmön-  
tarve on yläkerran osalta melko pieni alakerrasta johtuvan energian vuoksi. Nestekiertolattialämmitysjärjestelmä antaa mahdollisuuden jälkikäteen muuttaa lämmöntuottotapaa, jos siihen on tarvetta. Nestekiertolämmitysjärjestelmää voidaan käyttää myös jäähdytysjärjestelmänä, jos siihen johdetaan viileää vettä. Tämä on myös yksi syy kiertojärjestelmän asentamiseen myös yläkertaan.

## 6 LOPULLISET PIIRUSTUKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi ensimmäisen ja toisen kerroksen pohjapiirustukset ja ratkaisuihin johtaneet asiat. Kappaleessa käydään läpi myös julkisivuratkaisut ja pääpiirustukset.

### 6.1 Ensimmäinen kerros



Kuva 8. Pohjapiirustus 1. kerros.

Sisäänkäynti rakennukseen sijoitettiin rakennuksen itäpuolelle, koska tällöin päätieltä tullessa ei tarvitse kierrellä vaan rakennukseen pääsee suoraan sisälle. Sisäänkäynnin yhteydestä jätettiin pois tuulikaappi, koska haluttiin välttää ahtautta heti sisääntuloossa.

Sisääntuloaula suunniteltiin riittävän suureksi, jotta rakennukseen haettu avaruuden tunne olisi huomattavissa heti sisälle tullessa. Aulaan sijoitettiin käynti yläkertaan rappusten kautta. Rappuset sijoitettiin niin, että suora näköyhteys olohuoneeseen ja sitä kautta takapihan terassille säilyy. Aulan ja koko rakennuksen avaruuden kannalta

aulan katto on suurimmalta osalta auki ylös asti. Tällä ratkaisulla haettiin myös arvokkuuden tuntua heti sisääntulossa.

Keittiö sijoitettiin heti sisääntuloaulan yhteyteen, jotta esimerkiksi ostokset olisivat mahdollisimman helposti vietävissä säilytykseen. Keittiö myös suunniteltiin normaalia suuremmaksi. Tällöin saadaan riittävästi säilytystilaa ja halutessa keittiöön mahtuu myös saareke esimerkiksi aamupalaa varten. Kuten koko suunnittelussa avaruuden tuntu haluttiin säilyttää myös keittiön osalta. Tästä syystä keittiön ja ruokailu/olohuoneen väliin ei suunniteltu seinää vaan siihen tehtiin saareke ruuan valmistusta varten. Tällöin ruuanvalmistajan ei tarvitse sulkeutua omiin oloihin vaan voi olla yhteydessä esimerkiksi olohuoneessa oloihin.

Ruokailutila ja olohuone suunniteltiin yhdeksi suureksi avonaiseksi tilaksi. Lisäksi työ-/kirjastohuoneen oviksi valittiin suuret pariovet, jolloin näitä auki pitämällä saadaan myös kirjastohuone tuntumaan yhtenäiseltä tilalta ruokailu ja olohuoneen kanssa. Ruokailu tilan yhteyteen sijoitettiin lasiparionet terassille menoa varten. Kesä aikaan saadaan ovia auki pitämällä paljon tilantuntua ja luonnonläheisyyttä lisää. Olohuoneeseen sijoitettiin paljon ikkuna pinta-alaa myös tilan tuntua lisäämään.

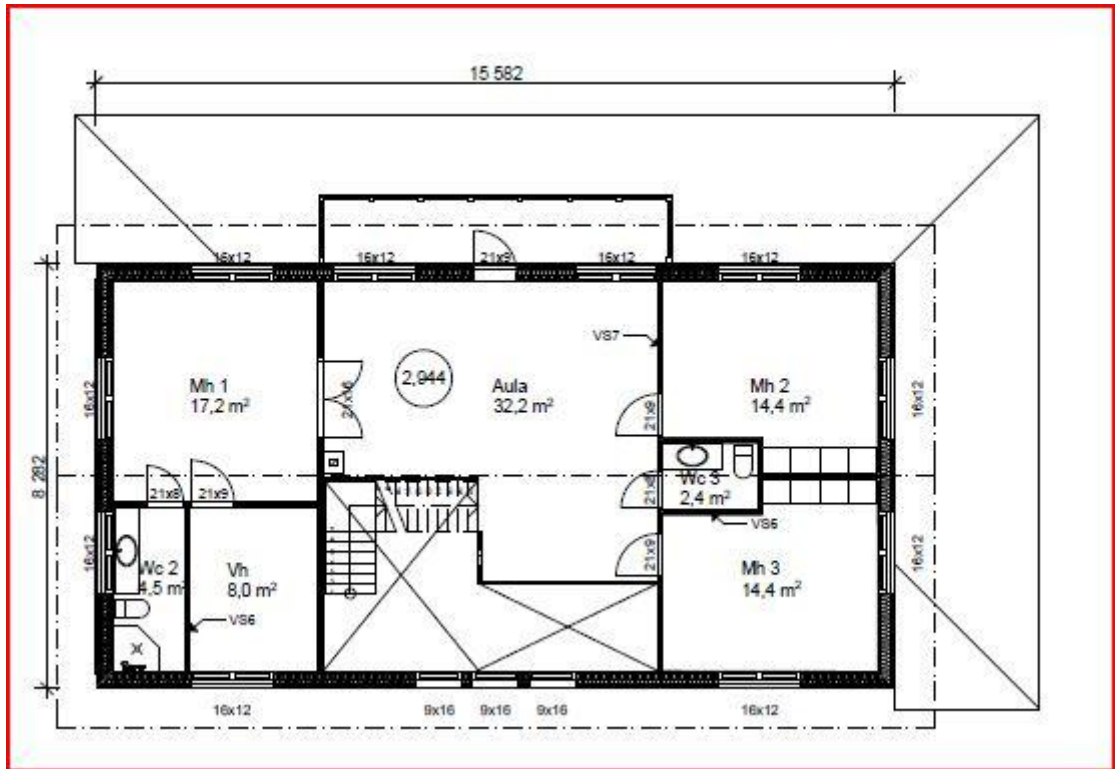
Kodinhuone suunniteltiin suureksi, koska tilaajan kokemusten mukaan perheen lapset yleensä käyttävät kodinhuoneen ovea sisääntulona tullessaan harrastuksista ja pihaleikeistään. Toisaalta myös tilaajan omat harrastukset vaativat sisääntuloa, jonka materiaalit kestävät kosteutta. Kodinhuoneen yhteyteen suunniteltiin sauna, pesutilat ja tekninen tila. Alakertaan sijoitettu wc sijoitettiin niin, että sitä on mahdollista käyttää sekä asuin- ja saunatiloista.

## 6.2 Toinen kerros

Toisen kerroksen sisääntulo tapahtuu ensimmäisen kerroksen aulankautta. Toisen kerroksen aulasta on suora näköyhteys sisääntulolle ja käynti yläkerran parvekkeelle, josta avautuu näköala länteen takapihalle. Aulaan sijoitettiin wc, joka on lasten huoneiden välissä ja perheen omassa käytössä. Yläkerran aula suunniteltiin oleskelua varten jos esimerkiksi alakerta on syystä tai toisesta varattu. Muutoin lähtöajatuksena oli, että yläkerta olisi ainoastaan perheen omassa käytössä.

Lasten huoneet suunniteltiin toistensa peilikuviksi. Huoneet suunniteltiin pinta-alaltaan suuriksi huomioiden lasten kasvava tilan tarve. Huoneet suunniteltiin riittävän

isoiksi myös säilytystilojen kannalta. Huoneiden väliin suunniteltiin wc ja komerotilat, jotta ääneneristys huoneiden välillä olisi parempi.



Kuva 9. Pohjapiirustus 2. kerros

Vanhempien makuuhuone suunniteltiin suurimmaksi makuuhuoneeksi. Huoneeseen varattiin tilaa parisängylle ja muille makuuhuoneeseen kuuluville kalusteille. Makuuhuoneen yhteyteen suunniteltiin iso vaatehuone, jotta itse makuuhuone pysyisi pinoiltaan yksinkertaisena ja rauhallisena. Makuuhuoneen yhteyteen suunniteltiin myös wc, jossa on myös peseytymistilat.

### 6.3 Julkisivut

Suunniteltukohde tulee sijoittumaan maalaismaisemaan. Tavoitteena oli saada rakennus sopimaan ympäristöönsä mahdollisimman hyvin. Tilaajalla oli oma näkemys kohteen ulkonäöstä ja siitä lähtökohdasta lähdettiin suunnitelmaa viemään eteenpäin.

Julkisivumateriaaliksi tuli luonnollisesti puu. Julkisivuverhous suunniteltiin tehtäväksi 145 mm:ä leveällä paneelilla vaakaan asennettuna. Panelointi vaakaan asennettuna korostaa talon leveyttä ja pienentää korkeuden tunnetta. Julkisivun väriksi suunnitel-

tiin siniharmaata sävyä. Julkisivuihin asennetulla perinnelaudoilla pyrittiin korostamaan talon kartanomaisuutta.

Ikkunoiden ja ovien asettelu pyrittiin tekemään symmetriseksi, jos vaan oli mahdollista. (Kuva 11) Tällä ratkaisulla korostettiin rakennuksen rauhallisuutta. Ikkunoiden ja ovien pielilaudoitukset suunniteltiin koristeelliseksi. Tällä myös haettiin rakennukselle kartanomaisuutta.

Kattomateriaaliksi valittiin konesaumattupeltikate ja väriksi suunniteltiin tumma ruskea/musta. Katolle suunniteltiin ns. kattokottarainen korostamaan rakennuksen pääsisäänkäyntiä.



Kuva 10. Pääsisäänkäynti.

Rakennukseen suunniteltiin leveä terassi, joka kiertää rakennuksen takapihalta ruokailuhuoneen oville aina kodinhoituhuoneen ovelle asti. (Kuva 12) Terassi suunniteltiin 2,5 metriä leveäksi ja sitä on tarkoitus käyttää sään salliessa oleskeluun. Terassin kaiteet suunniteltiin kevytrakenteisiksi, jotta tilavuuden tunne säilyisi terassilla. Pääsisäänkäynti suunniteltiin kartanomaiseksi pylväiden ja katoksen avulla. (Kuva 10)





Kuva 11. Ikkunoiden symmetria



Kuva 12. Takapihan terassi.

## 6.4 Pääpiirustukset

Työn osa tavoitteena oli suunnitella pääpiirustussarja rakennusluvan hakemista varten. Rakennuksesta piirrettiin seuraavat piirustukset

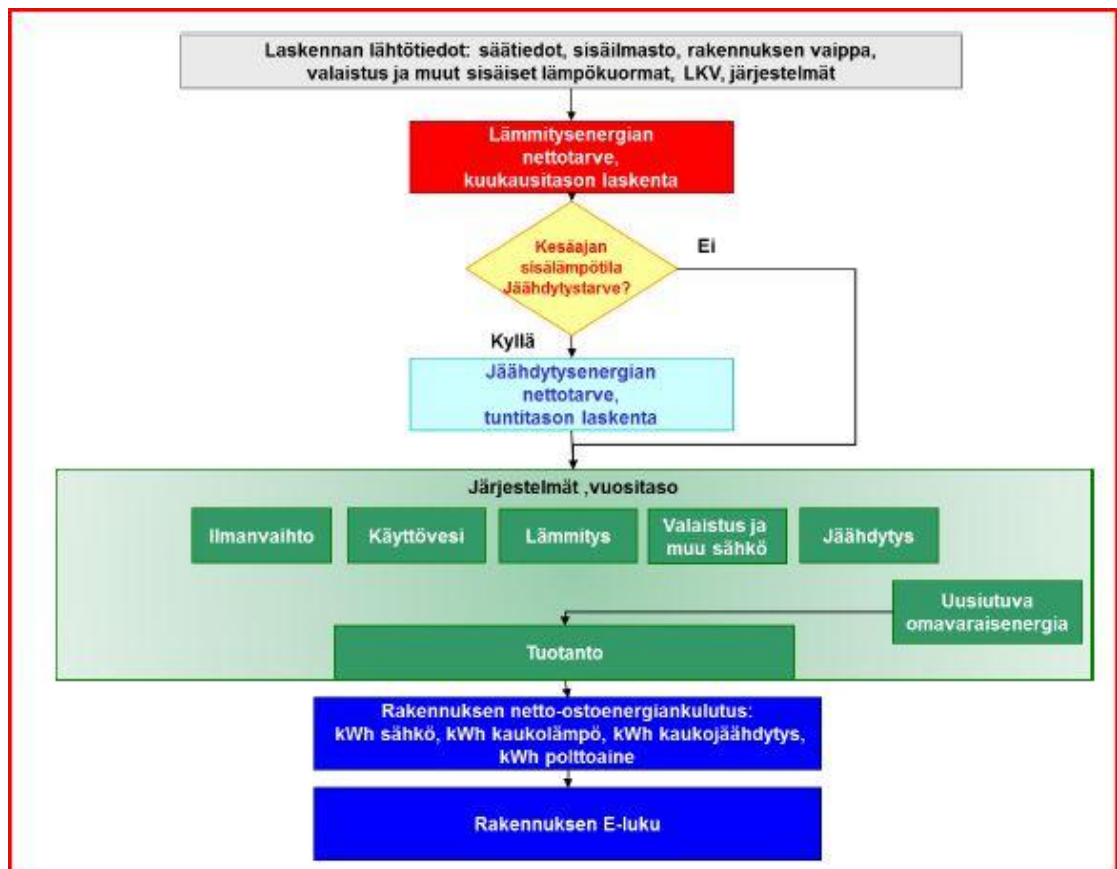
- asemapiirros 1:500 mittakaavassa
- pohjapiirrokset 1:100 mittakaavassa
- julkisivukuvat 1:100 mittakaavassa
- leikkaus 1:50 mittakaavassa
- kattokuva 1:100 mittakaavassa
- hormipiirustus 1:20 mittakaavassa
- seinän pystyleikkaus 1:20 mittakaavassa.

Rakennuslupahakemukseen liitettävät piirustukset on esitetty liitteissä 3-9.

## 7 E-LUVUN LASKENTA

### 7.1 E-luvun laskennan teoria

Opinnäytetyössä tutustuttiin rakennussuunnittelun ohella rakennuksen energian kulu- tukseen ja lämmitystehontarpeen laskentaan vuonna 2012 voimaan tulevan raken- nusmääräyskokoelman D5:n sisällön mukaisesti. D5:n tietojen pohjalta tehtiin Excel- taulukko, jolla suoritettiin E-luvun laskenta suunnitellun rakennuksen tietojen perus- teella. D5:ssä esitetään laskentamalli, jossa energiahäviöt lasketaan kuukausittain. Edellä mainitulla laskentamallilla voidaan laskea energian kulutus rakennukselle, joka on jäähdyttämätön. D5:n mukaan jäähdytettyjen rakennusten energialaskenta tulee suorittaa dynaamisella laskentamenetelmällä. (D5 2012 Rakennuksen energiankulu- tuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet, Luonnos 27.10.2011, 2.1.1). Kuvi- ossa 1 käydään läpi energialaskennan periaate.



Kuvio 1 Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 2.2.1.) Lupa kuvion on käyttöön saatu.

Tulevissa kappaleissa käydään läpi laskennan vaiheet. Laskentaan liittyviä kaavoja ei ole esitetty, koska ne löytyvät D5 Suomen rakennusmääräyskokoelmasta liitteestä 1. Työssä ei myöskään esitetä tehtyä Excel-taulukkoa vaan laskennan tulokset.

## 7.2 Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

Laskennassa ensimmäisenä lasketaan tilojen lämmitysenergian nettotarve. Lämmitysenergian määrä koostuu tilojen lämmittämiseen tarvittavan energian ja lämmittämässä hyväksikäytettävien energiakuormien erotuksesta. Tilojen lämmitysenergian määrään vaikuttavat johtumislämpöhäviöt, vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö, tiloissa tapahtuva tuloilman lämpeneminen sekä korvausilman lämpenemiseen kuluva lämpöenergia. Lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat lasketaan ohjeen mukaan myöhemmässä vaiheessa.

Johtumislämpöhäviöihin voidaan vaikuttaa parantamalla rakenteiden U-arvoa tai niiden paksuutta. Lisäksi johtumislämpöhäviöihin vaikuttavat rakennusosien väliset kylmäsillat. Vuotoilman energiahäviöihin voidaan vaikuttaa rakennuksenvaipan tiiviyyttä parantamalla. D5:n mukaan ilmanvuotolukuna voidaan käyttää arvoa  $4 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$ , ellei ilmanpitävyyttä tunneta. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 3.3.1.) Käytännössä ilmanvuotolukua voidaan parantaa edellä mainitusta, mutta se pitää kokeellisesti sitten todistaa laskentaa varten. Tuloilman lämmittämiseen tarvittava energia on suoraan verrannollinen tuloilman määrään ja ilmanvaihtokoneen hyötysuhteeseen. E-luvun kannalta ajateltuna kannattaa myös huomioida millä tavalla tuloilma lämmitetään. Käytetäänkö jälkilämmitykseen sähkövastusta vai esimerkiksi nestekierto lämmitintä, koska energiamuotokertoimet ovat erilaiset eri energiantuotto tavoilla.

Tämän luvun laskentaan liittyvät kaavat ja ohjeet löytyvät liitteestä 1. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 16 – 25).

## 7.3 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytettävä energia lasketaan ohjeessa esitetyn ominaiskulutuksen mukaan. Ohjeessa käytetään rakennuksessa käytettynä vesimääränä 50 litraa vuorokaudessa rakennuksessa asuvaa henkilöä kohden. Veden

lämmittämiseen kulutettu energia saatiin kertomalla asukkaiden määrä, kulutettu vesi sekä vuorokausien määrä 365.

Tämän kappaleen laskentaan liittyvät kaavat ja ohjeet löytyvät liitteestä 1. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 25 - 26).

#### 7.4 Laitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus

Asuinrakennuksen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman D3:n mukaisilla standardikäytön arvoilla. Arvot on esitetty taulukossa D3:n sivulla 19. Valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan myös laskea tarkemmin D5:n ohjeiden mukaisesti, mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan paremmin. Tämän kappaleen laskentaan liittyvät kaavat ja ohjeet löytyvät liitteestä 1. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 27 - 29) ja liitteestä 2. (D3 2010 Rakennuksen energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet., 19,25).

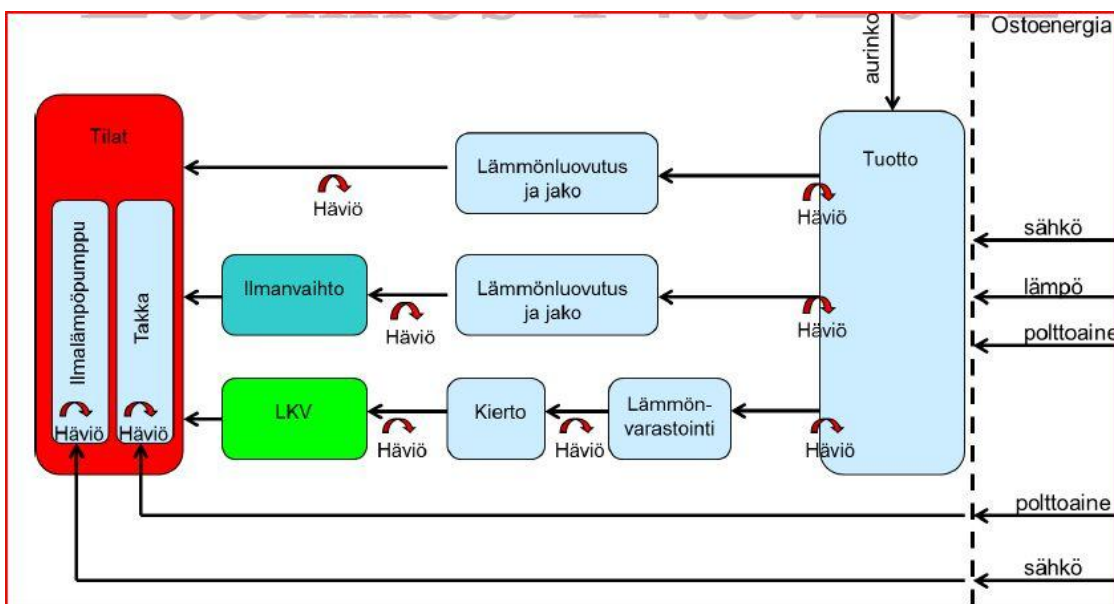
#### 7.5 Lämpökuormat

Rakennuksen energiankulutusta laskiessa uudenmallin mukaisesti laskennassa voidaan nettoenergian tarpeesta vähentää rakennukseen kohdistuvat lämpökuormat. D5:ssä ensimmäisenä lasketaan lämpökuorma ihmisistä, joka on suoraan verrannollinen henkilöiden lukumäärään sekä oleskeluaikaan. Edellisessä kappaleessa läpi käyty laitteiden ja valaistuksen kuluttama energiamäärä voidaan kokonaisuudessaan laskea lämpökuormaksi rakennukseen. Suurin lämpökuorma rakennukseen kohdistuu kuitenkin ikkunoiden kautta. Ikkunoiden kautta tulevaan lämpökuormaan vaikuttaa ikkunapinta-ala ilmansuunnittain. Jos mahdollista suunnittelussa kannattaa ikkunat pyrkiä suuntaamaan etelän ja lännen suuntaan. Ikkunoiden lämpöenergian läpäisevyyteen vaikuttaa myös ikkunan kokonaissäteilyn läpäisykerroin, ikkunan varjostukset, ikkunan verhotyyppi sekä ikkunan kehä. Ikkunan kehällä tarkoitetaan ikkunan valoaukon suhdetta ikkunan kokoon. Lisäksi lämpökuormaa rakennukseen tulee lämpimän käyttöveden kierron ja sen varastoinnin aiheuttama lämpökuorma, joka laskenta käydään läpi myöhemmässä vaiheessa. Edellä mainitut lämpökuormat kerrotaan kuukausittaisella hyödyntämisastekertoimella ja sen jälkeen tulos voidaan vähentää tilojen lämmitysenergian tarpeesta, jolloin on saatuseville lämmitysenergian nettotarve.

Tämän kappaleen laskentaan liittyvät kaavat ja ohjeet löytyvät liitteestä 1. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 30 - 37).

## 7.6 Lämmitysjärjestelmän ja lämmön jakelun energiankulutus

”Lämmitysjärjestelmän energiakulutus lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista lisäämällä näihin lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmön varastoinnin häviöt. Häviöt otetaan huomioon hyötysuhteiden avulla. Tämän jälkeen lasketaan lämmitysenergian tuoton vaikutus lämmitysjärjestelmän energiakulutukseen hyötysuhteen tai lämpökertoimen avulla.” Kuviossa 2 on esitettylämmitysjärjestelmä laskennan periaate. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 38).



Kuvio 2 Lämmitysjärjestelmä laskennan periaate (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 38.) Lupa kuvion käyttöön saatu.

Suunnitellussa rakennuksessa tarvittava lämmitysenergia tuotetaan maalämpöpumpun avulla. Lämmön tuottoon tarvitaan myös ostettua sähköenergiaa, jolloin nämä tarpeet lasketaan energiamuodoittain. Laskennassa otetaan kuvion 2 mukaisesti huomioon energian tuotossa ja lämmönluovutuksessa syntyvät häviöt.

Lämmönjakelu järjestelmänä toimii nestekiertoalattialämmitys. Laskennassa otetaan huomioon jakelujärjestelmän sähköenergian kulutus erikseen, koska myös sillä on eri energiamuotokerroin. Myös jakelujärjestelmän energiahäviöt otetaan laskennassa huomioon. Tässä suhteessa sähköpatterit ovat taloudellisempia, koska niiden kerroin on yksi. Toisin sanoen jakeluhäviöitä ei synny.

Tämän kappaleen laskentaan liittyvät kaavat ja ohjeet löytyvät liitteestä 1. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 38 - 46).

### 7.7 Lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan aiemmin lasketun lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeen avulla. Nettotarve jaetaan hyötysuhteella ja tähän lisätään lämpimän käyttöveden varastoinnista ja lämpimän käyttöveden kierrosta aiheutuvat lämpöhäviöt. D5:ssä on taulukoituja arvoja häviöiden laskemista varten. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 42 - 43).

Ilmanvaihdon lämpöenergian tarve on selvitetty aiemmassa kappaleessa, joten tässä vaiheessa lasketaan ilmanvaihtolaitteiston käyttämän sähköenergian määrä. Ilmanvaihtolaitteistot lasketaan yksitellen, jos niitä on useampia. Laskennassa otetaan myös huomioon siirrettävän ilman lämpeneminen koneistossa. (D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje, luonnos 27.10.2011, 53 - 55).

### 7.8 Rakennuksen määräysten mukaisuus

Suunnitellun pientalon suurin sallittu E-luku D3:n ohjeiden mukaan saisi olla 158,37 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Suoritetun laskennan mukaan suunnitellun talon E-luvuksi saatiin 114,51 kWh/m<sup>2</sup>. Tämä arvo läpäisee vaatimuksen selvästi. D3:ssa esitettyjen vaatimusten mukaan E-luku arvo pientalojen kohdalla saa suurimmillaan olla alle 120 m<sup>2</sup> rakennuksissa 204 kWh/m<sup>2</sup>. Suurempiin neliö määriin mennessä E-luku vaatimus neliötä kohti tiukkenee. Rakennuksen E-luku vaatimukseen vaikuttaa myös rakennuksen käyttöluokka. Rakennukset on jaettu D3:n mukaan yhdeksään eri luokkaan käyttötarkoituksiensa mukaan.

## 8 RAKENNUKSEN E-LUVUN LASKENTA

Tulevissa kappaleissa käydään Rakennusmääräyskokoelma D5:n esittämässä järjestyksessä E-luvun laskenta läpi. Aluksi esitetään laskennassa käytetyt kaavat. Sen jälkeen esitetään suunnitellusta kohteesta ja Rakennusmääräyskokoelmista D3 ja D5 saadut lähtöarvot. Lopuksi esitetään kappaleittain laskennan tulokset

### 8.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve  $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$  lasketaan kaavalla (1).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

Tilojen lämmitysenergian tarve  $Q_{\text{tila}}$  lasketaan kaavalla (2).

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv,tuloilma}} + Q_{\text{iv,korvausilma}} \quad (2)$$

jossa

$Q_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö, kWh
$Q_{\text{iv,tuloilma}}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
$Q_{\text{iv,korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh



## 8.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi  $Q_{joht}$  lasketaan rakennusosittain kaavalla (3).

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinä} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkuna} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäsiljat} \quad (3)$$

jossa

$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöhäviöt ulkoseinän läpi, kWh
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi, kWh
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi, kWh
$Q_{ikkuna}$	johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi, kWh
$Q_{ovi}$	johtumislämpöhäviöt ovien läpi, kWh
$Q_{muu}$	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulko- lämpötilasta, kWh
$Q_{kylmäsiljat}$	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh

Ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt lasketaan rakennus osittain kaavalla (4).

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

jossa

$Q_{rakosa}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$U_i$	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A_i$	rakennusosan i pinta-ala m <sup>2</sup>
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (5).

$$Q_{kylmäsillat} = \sum \frac{l_k \psi_k (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (5)$$

jossa

$l_k$  viivamaisen kylmäsillanpituus, m

$\psi_k$  viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssi, W/(mK)

Taulukossa 1 on esitetty rakennuksen vaipan johtumislämpöhäviöiden laskennassa käytetyt lähtöarvot. Taulukossa 2 on esitetty johtumislämpöhäviöt rakennusosittain.

Taulukko 1. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviö laskelmissa käytetyt lähtöarvot.

	U	A	$\psi_k$	$l_k$	Kuukausi	$T_{ur}$ , °C	$T_{maa}$
ulkoseinä	0,154	187		45	Tammi	-3,97	10,57
yläpohja	0,09	113	0,05	45	Helmi	-4,50	9,57
alapohja	0,12	113	0,08	45	Maalis	-2,58	8,57
ikkunat	1	47,8	0,2	136	Huhti	4,50	7,57
ulko-ovet	1	9,8		26	Touko	10,76	7,57
välipohja			0,05	45	Kesä	14,23	8,57
ulkonurkka			0,04	21,2	Heinä	17,30	10,57
					Elo	16,05	11,57
					Syys	10,53	12,57
					Loka	6,20	13,57
					Marras	0,50	13,57
					Joulu	-2,19	12,57

Taulukko 2. Johtumislämpöhäviöt rakennusosittain.

$Q_{joht}$	=	$Q_{ulkoseinä}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alapohja}$	$Q_{ikkuna}$	$Q_{ovi}$	$Q_{muu}$	$Q_{kylmäsillat}$
2570,16	Tammi	535,00	188,31	105,23	888,01	182,06		671,55
2377,80	Helmi	493,48	173,69	104,16	819,10	167,93		619,43
2453,12	Maalis	505,22	177,82	125,41	838,58	171,93		634,16
1707,39	Huhti	342,12	120,42	131,13	567,86	116,42		429,44
1146,35	Touko	219,40	77,22	135,50	364,17	74,66		275,40
768,11	Kesä	140,37	49,41	121,36	233,00	47,77		176,20
470,48	Heinä	79,28	27,90	105,23	131,58	26,98		99,51
583,79	Elo	106,06	37,33	95,14	176,04	36,09		133,13
1082,52	Syys	217,09	76,41	82,31	360,34	73,88		272,50
1535,96	Loka	317,10	111,61	74,97	526,34	107,91		398,03
2030,94	Marras	425,06	149,61	72,55	705,53	144,65		533,54
2374,27	Joulu	496,86	174,88	85,06	824,71	169,08		623,67
19100,88		3877,04	1364,61	1238,06	6435,25	1319,36	0,00	4866,56

### 8.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Rakennuksen epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia  $Q_{vuotoilma}$  lasketaan kaavalla (6).  $Q_{vuotoilma}$  arvon laskemiseksi tulee ensin laskea rakennusvaipan ilmanvuotoluku kaavalla (8) ja sitten vuotoilmavirta kaavalla (7). Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve ja sen laskemiseen käytetyt lähtöarvot esitetään taulukossa 3.

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (6)$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Vuotoilmavirta  $q_{v,vuotoilma}$  lasketaan kaavalla (7).

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 x} A_{vaiippa} \quad (7)$$

jossa

$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
$A_{vaiippa}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m <sup>2</sup>
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksi kerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisi ja sitä korkeammille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran m <sup>3</sup> /h yksiköstä m <sup>3</sup> /s yksikköön

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaiippa}} V \quad (8)$$

jossa	
$Q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
$n_{50}$	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla 1/h
V	rakennuksen tilavuus, m <sup>3</sup>
$A_{vaippa}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m <sup>2</sup>

Alla olevassa taulukossa (3) esitetään vuotoilman tarvitsema lämpöenergian tarve kuukausittain laskettuna.

Taulukko 3. Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve ja sen laskemiseen käytetyt lähtöarvot.

	$Q_{vuotoilma}$	$T_u, ^\circ\text{C}$	$A_{vaippa}$	351,5
tammi	435	-3,97	$n_{50}$	2,35
helmi	401	-4,50	V	598,9
maalis	411	-2,58	$q_{50}$	4
huhti	278	4,50	X-kerroin	20
touko	178	10,76	$q_{vuotoilma}$	0,02
kesä	114	14,23	$T_s$	21
heinä	64	17,30		
elo	86	16,05		
syys	176	10,53		
loka	258	6,20		
marras	346	0,50		
joulu	404	-2,19		
	3151			

#### 8.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve eli ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (9).

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (9)$$

jossa

$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskimääräinen tuloilmalämpötila lasketaan kaavalla (10).

$$T_{lto} = T_u \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (10)$$

jossa

$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\phi_{LTO}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho lasketaan kaavalla (11).

$$\phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (11)$$

jossa

$\phi_{LTO}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
--------------	--

$\eta_{a,ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosi hyötysuhde,
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C

Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho, lämmöntalteenotto laitteen jälkeinen lämpötila, ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja laskentaan tarvittavat lähtöarvot esitetään taulukossa (4).

Taulukko 4. Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho, lämmöntalteenotto laitteen jälkeinen lämpötila, ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja laskentaan tarvittavat lähtöarvot.

	$\emptyset_{lto}$	$T_{lto}$	$Q_{iv}$
Tammi	1764	12,5	397
Helmi	1801	12,3	371
Maalis	1665	12,9	359
Huhti	1165	15,3	0
Touko	723	17,5	0
Kesä	478	18,7	0
Heinä	261	19,7	0
Elo	349	19,3	0
Syys	739	17,4	4,6
Loka	1045	15,9	122
Marras	1448	14,03	267
Joulu	1638	13,11	349
	13076		1869,6

lähtötiedot		$T_u$
$\eta_{a,ivkone}$	0,6	-3,97
$t_d$	24/24	-4,50
$t_v$	7/7	-2,58
$q_{v,poisto}$	0,098	4,50
$T_s$	21	10,76
		14,23
		17,30
		16,05
		10,53
		6,20
		0,50
		-2,19

## 8.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (12).

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (12)$$

jossa

$Q_{iv,tuloilma}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila °C
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (13).

$$Q_{iv,korvausilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (13)$$

jossa

$Q_{iv,tuloilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (14).

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} - \sum t_d t_v q_{v,tulo} \quad (14)$$

jossa

$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

Tuloilman lämpenemisen vaatima energia ja korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve ja niiden laskemiseen tarvittavat lähtöarvot esitetään taulukossa (5).

Taulukko 5. Tuloilman lämpenemisen vaatima energia ja korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve ja niiden laskemiseen tarvittavat lähtöarvot.

	$Q_{iv,korvausilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	lähtötiedot	$T_u$	
Tammi	198	238	$q_{v,tulo}$	0,089	-3,97
Helmi	183	215	$q_{v,korvaus}$	0,009	-4,50
Maalis	187	238	$q_{v,poisto}$	0,098	-2,58
Huhti	127	231	$T_{sp}$	18	4,50
Touko	81	238	$T_s$	21	10,76
Kesä	52	231			14,23
Heinä	29	238			17,30
Elo	39	231			16,05
Syys	80	238			10,53
Loka	117	238			6,20
Marras	157	231			0,50
Joulu	184	238			-2,19
	1441	2813			



## 8.6 Ilmanvaihdosta talteen otettu energia

Ilmanvaihdosta talteenotettu energia voidaan laskea kaavalla (15).

$$Q_{lto} = \frac{\sum t_d t_v \rho_i q_{v,tulo} c_{pi} (T_{lto} - T_u) \Delta t}{1000} \quad (15)$$

jossa

$Q_{lto}$	ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Taulukossa (6) esitetään ilmanvaihdosta talteen otettu energia.

Taulukko 6. Ilmanvaihdosta talteen otettu energia ja sen laskemiseen tarvittavat lähtötiedot.

	$Q_{lto}$	$T_{lto}$
Tammi	1312	12,5
Helmi	1210	12,3
Maalis	1239	12,9
Huhti	839	15,3
Touko	538	17,5
Kesä	344	18,7
Heinä	194	19,7
Elo	260	19,3
Syys	532	17,4
Loka	777	15,9
Marras	1042	14,1
Joulu	1218	13,1
	9511	

lähtötiedot		$T_u$
$t_d$	0,089	-3,97
$t_v$	0,009	-4,50
$q_{v,tulo}$	0,098	-2,58
$T_{lto}$	18	4,50
		10,76
		14,23
		17,30
		16,05
		10,53
		6,20
		0,50
		-2,19

## 8.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavan (16) avulla.

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} - Q_{lkv,LTO} \quad (16)$$

jossa

$Q_{lkv,netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2kJ/(kg K)
$V_{lkv}$	lämpimän käyttövedenkulutus, m <sup>3</sup>
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, 0C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, 0C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h
$Q_{lkv,LTO}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttövedenlämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

Lämpimän käyttöveden kulutus voidaan laskea kaavalla (17). Taulukossa (7) on esitetty lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergian tarve.

$$V_{lkv} = \frac{n V_{lkv,omin,henk} \Delta t}{1000} \quad (17)$$

jossa

$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$n$	henkilöiden lukumäärä,-
$V_{lkv,omin,henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>

Taulukko 7. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve ja laskennassa tarvittavat lähtöarvot.

$Q_{\text{lkv,netto}}$	lähtötiedot	
4258	n	4
	$V_{\text{lkv}}$	50
	$T_{\text{lkv}}-T_{\text{kv}}$	50

### 8.8 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus lasketaan samalla kaavalla (18), mutta käyttöastekerroin on laskennassa erilainen. Taulukossa (8) on esitetty valaistuksen ja laitteiden energian kulutus.

$$W_{\text{valaistus,laitteet}} = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000} \quad (18)$$

jossa

$W_{\text{valaistus,laitteet}}$	valaistuksen	sähköenergian	kulutus,	kWh
k	käyttöaste			
P	lämpökuotma	$W/m^2$		
$\tau_d$	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä	vuorokaudessa	h	
$\tau_w$	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä	viikossa	d	

Taulukko 8. Laitteiden ja valaistuksen energiankulutus ja laskennassa käytetyt lähtötiedot.

$W_{\text{laitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	lähtötiedot	
3295	1464	$k_{\text{valaistus}}$	0,1
		$k_{\text{kuluttajalaitteet}}$	0,6
		$P_{\text{valaistus}}$	8
		$P_{\text{käyttäjälaitteet}}$	3
		$\tau_d$	24/24
		$\tau_w$	7/7

## 8.9 Lämpökuorma henkilöistä

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia voidaan laskea kaavalla (19). Taulukossa (9) on esitetty henkilöiden luovuttama lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä.

$$Q_{henk} = P_{ihmiset} * Lämmitetty nettoala \quad (19)$$

jossa

$Q_{henk}$  henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

$P_{ihmiset}$  Ihmisen luovuttama lämpökuorma, W/m<sup>2</sup>

Taulukko 9. Henkilöiden luovuttama lämpöenergia ja laskemiseen tarvittavat lähtötiedot.

$Q_{ihmiset}$	Nettopinta-ala		209
1672	$P_{ihmiset}$		2

## 8.10 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista

Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista voidaan laskea kaavalla (20). Taulukossa (10) on esitetty lämpökuorma, joka kohdistuu rakennukseen valaistuksesta ja laitteista.

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} \quad (20)$$

jossa

$Q_{sähkö}$  valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh

$W_{valaistus}$  valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh

$W_{kuluttajalaitteet}$  kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh

Taulukko 10. Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista ja laskennan lähtöarvot.

$Q_{säh}$	$W_{laitteet}$	3296
4760	$W_{valaistus}$	1464

## 8.11 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia lasketaan kaavalla (21).

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} \quad g = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} \quad g(21)$$

jossa

$Q_{aur}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia,
$G_{säteily, vaakapinta}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti. kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$G_{säteily, pystypinta}$	Pystytasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti. kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$F_{suunta}$	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaisenergiaksi, -
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
$A_{ikk}$	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>
$g$	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin  $F_{läpäisy}$  lasketaan kaavalla (22).

$$F_{läpäisy} = F_{kehä} F_{verho} F_{varjostus} \quad (22)$$

jossa

$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
$F_{kehä}$	kehäkerroin
$F_{verho}$	verhokerroin, -
$F_{varjostus}$	varjostusten korjauskerroin, -

Kehäkerroin  $F_{kehä}$ , joka on valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-ala suhde, lasketaan kaavalla (23).

$$F_{kehä} = \frac{A_{ikk,valoaukko}}{A_{ikk}} \quad (23)$$

jossa

$F_{kehä}$	kehäkerroin, -
$A_{ikk,valoaukko}$	ikkuna valoaukon pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{ikk}$	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>

Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergian ( $Q_{aur}$ ) määrä on 4873 kWh. Laskennassa kertoimet muuttuvat ilmansuunnittain ja ikkunatyypeittäin sekä eri verho- ja karmikertoimien mukaan, joten niitä arvoja ei tässä yhteydessä esitetä, jotta laskenta pysyisi selkeämpänä. Laskentaan liittyviin kertoimiin voi tutustua liitteenä olevan Rakennusmääräyskokoelman D5:n avulla.

## 8.12 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (24). Taulukossa (11) on ilmoitettu lämpimän käyttöveden tarvitsema lämpöenergian määrä.

$$Q_{lämmitys, lkv} = \frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} + Q_{lkv, varastointi} \quad (24)$$

jossa

$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lkv, netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{lkv, siirto}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -

Taulukko 11. Lämpimän käyttöveden lämpöenergian määrä ja laskentaan tarvittavat lähtötiedot.

$Q_{lämmitys, lkv}$	lähtötiedot	
5660	$Q_{lkv, netto}$	4258
	$\eta_{lkv, siirto}$	0,85
	$Q_{lkv, varastointi}$	650

Lämpimän käyttöveden varastoinnista 50% tulee lämpökuormana rakennuksen sisälle.  $Q_{LKV}$  on 325 kWh/a.

### 8.13 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Rakennukseen kohdistuvat lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat voidaan laskea kaavalla (25). Taulukossa (12) on esitetty rakennukseen kohdistuva sisäinen lämpökuorma ja lämmityksessä hyödynnettävä lämpökuorma.

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} \quad (25)$$

jossa

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{henk}}$	Henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{sähkö}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista tuleva lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{aur}}$	ikkunoiden kautta tuleva säteilyenergia, kWh
$Q_{\text{lkv,varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnista aiheutuva lämpökuorma, kWh

Lämpökuormien energia, joka hyödynnetään lämmityksessä lasketaan kaavalla (26).

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (26)$$

jossa

$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuorma, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste,-
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh

Taulukko 12. Lämpökuorma, joka hyödynnetään lämmityksessä ja sen laskentaan tarvittavat lähtötiedot.

$Q_{\text{sis.lämpö}}$	$Q_{\text{ihmiset}}$	1672
11594	$Q_{\text{säh}}$	4760
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{LKV}}$	325
11630	$Q_{\text{aur}}$	4873
	$\eta_{\text{lämpö}}$	0,998

### 8.14 Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve

Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan lämmönjakojärjestelmittäin kaavalla (27). Taulukossa (13) on esitetty tilojen lämpöenergian tarve.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} \quad (27)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -

Taulukko 13. Tilojen lämpöenergian tarve ja sen laskentaan liittyvät lähtöarvot.

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	14918
17551	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	0,85

### 8.15 Rakennuksen sähköenergian kulutus

Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus voidaan laskea kaavalla (28). Taulukossa (14) on esitetty lämmönjakojärjestelmän sähköenergian kulutus.

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (28)$$

jossa

$W_{\text{tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkön kulutus, kWh/a
$e_{\text{tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkön ominaiskulutus kWh/(m <sup>2</sup> a)

Taulukko 14. Lämmönjakojärjestelmän sähköenergian kulutus ja laskennan lähtöarvot.

$W_{\text{tilat}}$	$e_{\text{tilat}}$	2,5
557	$A_{\text{netto}}$	209



Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus lasketaan suunnitellun ominais-sähkötehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona kaavan (29) avulla. Taulukossa (15) on esitetty ilmanvaihdon kuluttama sähköenergia.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum SFP q_v \Delta t \quad (29)$$

jossa

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	Puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominais-sähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\Delta t$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika, h

Taulukko 15. Ilmanvaihdon kuluttama sähköenergia ja sen laskemiseen liittyvät lähtöarvot.

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	SFP	2
1562	$q_{v,\text{tulo}}$	0,089
	$\Delta t$	8760

### 8.16 Rakennuksen laskettu E-luku

Rakennuksen E-luvun laskemiseksi lasketaan rakennuksen vaatimat lämpökuormat  $Q_{\text{tilat}}$ ,  $Q_{\text{lkv}}$ ,  $Q_{\text{lämmitys,iv}}$  yhteen ja saadaan rakennukseen lämpöpumpun avulla tuotettava energiamäärä selvitettyä. Tämän jälkeen laskettu energiamäärä kerrotaan lämpöpumpun hyötysuhteella, jolloin saadaan lämpöpumpun vaatima sähköenergianmäärä selvitettyä. Tämän jälkeen lasketaan kaikki rakennuksessa käytettävä ostettava sähköenergia yhteen ja kerrotaan se energiamuotokertoimella, joka on sähkölle 1,7. Edellisissä kappaleissa esitetyllä tavalla laskemalla saatiin suunnitellun rakennuksen E-luvuksi 114,51 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Taulukossa 16 on esitetty laskennassa saatuja arvoja tiivistetysti.

Taulukko 16. Laskennan tuloksia.

$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat,netto}}$		5957	kWh		$Q_{\text{ihmiset}}$		1672	kWh
$Q_{\text{joht.}}$		19100	kWh		$Q_{\text{s\u00e4hk\u00f6}}$		4760	kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$		3151	kWh		$Q_{\text{aur}}$		4873	kWh
$Q_{\text{iv.}}$		1869	kWh		$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}}$		5660	kWh
$Q_{\text{iv.tuloilma}}$		2813	kWh		$Q_{\text{lkv}}$		325	kWh
$Q_{\text{iv.korvausilma}}$		1441	kWh		$Q_{\text{sis,l\u00e4mp\u00f6}}$		11594	kWh
$Q_{\text{to}}$		9511	kWh		$Q_{\text{l\u00e4mp\u00f6kuorma}}$		11630	kWh
$Q_{\text{lkv,netto}}$		4258	kWh		$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}}$		17551	kWh
$W_{\text{tilat}}$		557	kWh					
$W_{\text{valaistus}}$		1464	kWh					
$W_{\text{laitteet}}$		3295	kWh					

## 9 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tilaajan käyttöön heille sopiva omakotitalo ja piirtää suunnitelmista rakennuslupaan tarvittavat piirustukset. Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli tutustua vuonna 2012 voimaan tuleviin energiatehokkuutta koskeviin määräyksiin ja laskea näiden määräysten mukainen E-luku suunnitellulle rakennukselle.

Rakennuksen suunnittelu ja energiatehokkuuden laskenta etenivät yhdenaikaisesti. Rakennusta suunniteltaessa ja E-lukua laskiessa huomasin näiden sitoutuvan hyvin tiukasti toisiinsa. Jatkossa mielestäni suunnittelijan täytyy ottaa energiatekniset ratkaisut huomioon heti suunnittelun alusta pitäen, jotta rakennuksesta suunnitellaan heti määräykset täyttävä.

Rakennuksesta saatiin suunniteltua tilaajien mieleinen kodikas, avara ja rakennuspaikkaan hyvin sopiva kokonaisuus. Energian kulutukseltaan rakennuksesta saatiin tulevat määräykset täyttävä.

## LÄHTEET

Rakennustieto. tarveselvitys. [viitattu 20.4.2012]. Saatavissa:

[http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/kodinrakentaminen\\_remontointi/pientalorakennuttaminenjasuunnittelu/tarveselvitysasuunnittelu.html.stx](http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/kodinrakentaminen_remontointi/pientalorakennuttaminenjasuunnittelu/tarveselvitysasuunnittelu.html.stx)

*D3 2010 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet.* [viitattu 20.4.2012].

Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=fi>

*D5 2012 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet, Luonnos 27.10.2011* [verkkajulkaisu]. [viitattu

20.4.2012]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=fi>

## D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen  
laskenta  
Ohjeet 2012

LUONNOS  
27. lokakuuta 2011

# Luonnos 27.10.2011

# D5 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, Rakennetun ympäristön osasto

## Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta Ohjeet 2012

### SISÄLLYS

#### 1 YLEISTÄ

- 1.1 Soveltamisala
- 1.2 Vastavuoroinen tunnustaminen
- 1.3 Määritelmiä

#### 2 LASKENTAMENETELMÄN KUVAUS

- 2.1 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset
- 2.2 Laskennan kulku

#### 3 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

- 3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- 3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt
- 3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
- 3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- 3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- 3.6 Ilmanvaihdosta talteen otettu energia
- 3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

#### 4 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

- 4.1 Rakennuksen laitteiden sähköenergian kulutus
- 4.1 Valaistuksen sähköenergian kulutus

#### 5 LÄMPÖKUORMAT

- 5.1 Lämpökuorma henkilöistä
- 5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista
- 5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
- 5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma
- 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

#### 6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

- 6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve
- 6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve
- 6.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- 6.5 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä
- 6.6 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

#### 7 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

#### 8 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

#### 9 LÄMMITYSTEHO

- Tässä luvussa lasketaan
- 9.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve
- 9.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho
- 9.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho
- 9.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

#### 10 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SÄHKÖNTUOTTO

#### OPASTAVIA TIETOJA

*Selostukset, jotka on kirjoitettu kapealle palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia säädöksiin, määräyksiin ja ohjeisiin.*

## 1

---

## YLEISTÄ

### 1.1 Soveltamisala

#### 1.1.1

Näissä ohjeissa esitettyä kuukausitason laskentamenetelmää voidaan käyttää lämmityksen energiatarpeen, ostoenergiankulutuksen, energialuvun ja lämmitystehon laskentaan jäähdyttämättömissä rakennuksissa tai rakennuksissa, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettäviä tiloja. Menetelmää voidaan käyttää myös jäähdytettävien rakennusten ostoenergiankulutuksen ja energialuvun laskentaan, kun lämmitys- ja jäähdytysenergian nettotarpeet on laskettu dynaamisella menetelmällä.

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 annettuja lähtöarvoja, laskentasääntöjä ja sen liitteessä 2 esitettyjä säätiöarvoja sekä kohteen suunnitteluarvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää tässä ohjeessa annettuja arvoja, jos muuta tietoa ei ole käytettävissä.

### 1.2 Vastavuoroinen tunnustaminen

#### 1.2.1

Milloin näissä ohjeissa on annettu tietoa käytettävissä olevista SFS-standardeista, niiden ohella ja sijasta voidaan käyttää myös muualla Euroopan talousalueella tai Turkissa voimassa olevaa tasoltaan vastaavaa standardia.

### 1.3 Määritelmiä

#### 1.3.1

Näissä ohjeissa tarkoitetaan:

*energiatarpeella ja -kulutuksella* ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ) vuotuisia ominaistarpeita ja -kulutuksia lämmitettyä nettoalaa kohti;

*rakennuksen lämmitysenergian tarpeella* sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseksi tarvittavaa energiamäärä;

*lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, josta on vähennetty henkilöistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista johtuvien sisäisten lämpökuormien energia, poistoilmasta, jätevedestä ja muista energiavirroista talteen otettu ja hyväksikäytetty energia sekä auringon säteilyenergia ikkunoiden läpi. Lämmitysenergian nettotarve on energia, joka tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Lämmitysenergian nettotarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarpeesta;

*tilojen lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus;

*ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu ilman lämmittämisestä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan ja mahdollisesta lämmittämisestä ennen lämmöntalteenottoa jäätymisen estämiseksi;

*lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan;

*jäähdytysenergian nettotarpeella* tilojen ja tuloilman jäähdytysenergian nettotarvetta, joka on tilojen ja tuloilman jäähdyttämiseksi tarvittava energia;

*jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksella* jäähdytysenergian tuoton energiankulutusta ja apulaitteiden sähkönkulutusta. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen häviöt sekä muunnokset;

*lämmitysjärjestelmän energiankulutuksella* tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutusta. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt ja muunnokset sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Järjestelmähäviöt muodostuvat lämmitysenergian tuoton, varastoinnin, jakelun, luovutuksen häviöistä ja muunnoksista sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Energian muunnokset tapahtuvat esim. lämpöpumpuissa ja polttokennoissa. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta;

*ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksella* puhallinsähköä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutusta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys ja jäähdytys lasketaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen osana;

*ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköt eholla* ( $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ ) rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä);

*lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella* (*SPF-luvulla*) vuotuista lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian suhdetta. Lukua voidaan käyttää vain silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta;

*lämpötilasuhteella* lämmöntalteenottolaitteiston lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilan muutoksen suhdetta poisto- ja ulkoilman lämpötilojen erotukseen lämmönsiirtimessä;

*energialuvulla, E-luvulla* ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ) energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden rakentamismääräyskokoelman osassa D3 annetuilla lähtöarvoilla, laskentasäännöillä ja sen liitteessä 2 esitetyillä säätiedoilla sekä kohteen suunnitteluarvoilla;

*energiamuotojen kertoimilla* (-) energialähteen tai energiatuotantomuodon kertoimia, joilla eri energiamuodot kerrotaan energialuvun laskemiseksi;

*rakennuksen ostoenergian kulutuksella* energiaa, joka hankitaan rakennukseen esimerkiksi sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä sähkölaitteiden että valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltyinä, missä on otettu huomioon vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta;

*uusiutuvalla omavaraisenergialla* kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettua uusiutuvaa energiaa, lukuun ottamatta uusiutuvia polttoaineita. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleista ja –keräimistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoenergiaa;

*mitoittavilla lämpötiloilla* niitä sisä- ja ulkoilman lämpötiloja, joiden perusteella rakennuksen lämmitystehontarve määritetään.



### 1.3.2

Rakennuksen lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeen laskennassa tarvittavat vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan.

#### *Alapohjat:*

Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä kuten kanavat, pilarit, viemärit ja vesijohdot ei vähennetä alapohjan pinta-alasta.

#### *Yläpohjat:*

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientejä kuten kanavat, hormit ja tuuletusputket ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta.

#### *Väli­pohjat:*

Väli­pohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti porraskokkoja tai vastaavia aukkoja vähentämättä.

#### *Ulkoseinät:*

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.

#### *Ikkunat ja ovet:*

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaan. Julkisivun tai katon muodosta merkittävästi poikkeavan ikkunaratkaisun, kupumaisen kattoikkunan ja valoaukollisen savunpoistoluukun pinta-ala lasketaan tapauskohtaisesti yleisohjetta soveltaen.

### 1.3.3

Rakennusten pinta-alojen laskenta:

#### *Huoneala, $A_{huone}$ [m<sup>2</sup>]*

Huoneala on huoneen pinta-ala, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivät seinien pinnat tai niiden ajateltu jatke. Milloin huoneen katto on vino tai porrastettu, lasketaan huonealaksi 1600 mm korkeamman tilan ala. Tällöin 1600 mm korkeamman tilan keskikorkeuden tulee olla vähintään 2200 mm. Huonealaan ei lasketa muun muassa huoneessa olevien hormiryhmien, pilareitten ja seinien alaa, seiniin upotettujen takkojen alaa eikä esimerkiksi muuraamalla tehdyn komeron alaa. Rakennuksen huonealan laskenta esitetään standardissa SFS 5139.

*Lämmitetyllä nettoalalla,  $A_{netto}$  (m<sup>2</sup>)* lämmitettyjen kerrostasojen summaa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna (voidaan laskea myös lämmitettynä bruttoalana, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala).

## 1.3.4

Laskentakaavoissa käytetään seuraavia merkintöjä:

$\Delta p_{\text{puhallin}}$	puhaltimen paineen korotus, Pa
$\Delta t$	ajanjakson, laskentajakson tai käyttöajan ajallinen kesto, -
$\Delta T_{\text{puhallin}}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$a$	numeerinen parametri, -
$A_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{\text{huone}}$	valaistavan tilan huonepinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_i$	rakennusosan $i$ pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{\text{ikk}}$	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>
$A_{\text{ikk, valoaukko}}$	ikkunan valoaukon pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{\text{kenno}}$	aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä), m <sup>2</sup>
$A_{\text{netto}}$	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>
$A_{\text{vaippa}}$	rakennusvaiipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m <sup>2</sup>
$b_{\text{hji}}$	järjestelmän ilmapuolen (termiset, kondenssi ynnä muut) häviöt huomioon ottava kerroin
$b_{\text{hju}}$	järjestelmän vesipuolen (termiset) häviöt huomioon ottava kerroin, -
$c_{\text{pi}}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$c_{\text{pv}}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$C_{\text{rak}}$	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/ K
$E$	rakennuksen energialuku, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$E_{\text{osto}}$	rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$e_{\text{tilat}}$	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkön ominaiskulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$e_{\text{tuotto}}$	apulaitteiden ominaiskulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a).
$F$	tilan $i$ valaistusvoimakkuus, lx
$f$	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia, -
$F_1$	ilmansuunnan mukainen kerroin, -
$F_2$	kallistuksen mukainen kerroin, -
$F_{\text{asento}}$	aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, -
$f_{\text{kaukojäähdytys}}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
$f_{\text{kaukolämpö}}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{kehä}}$	kehäkerroin, -
$F_{\text{käyttö}}$	käyttötilanteen toimivuuskerroin, -
$F_{\text{läpäisy}}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
$f_{\text{polttoaine, i}}$	polttoaineen $i$ energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{sivubarjostus}}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{suunta}}$	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
$f_{\text{sähkö}}$	sähkön energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{varjostus}}$	varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{varjostus}}$	varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{verho}}$	verhokerroin, -

$F_{\text{ylävarjostus}}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{ympäristö}}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin, -
$g$	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
$G_{\text{aur}}$	kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana, kWh/m <sup>2</sup>
$G_{\text{aur,hor}}$	vaakatasolle osuvan auringon säteilyn kokonaisenergian määrä vuodessa, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$g_{\text{kohtisuora}}$	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, -
$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
$I_{\text{ref}}$	referenssisäteilytilanne, 1 kW/m <sup>2</sup>
$k$	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa, -
$k_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräinten suuntauksen huomioon ottava kerroin, -
$K_{\text{maks}}$	huipputehokerroin, joka riippuu aurinkosähkökennon tyypistä, kW/m <sup>2</sup>
$L$	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa, m
$l_k$	viivamaisen kylmäsillan pituus, m
$L_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus, m
$n$	henkilöiden lukumäärä, -
$n_{50}$	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
$n_{\text{lämmityslaitte}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$P_{\text{apu}}$	lämpöpumpun pulaitteiden sähköteho, kW
$P_e$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
$P_{\text{lkv, pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun ottoteho, W
$P_{\text{maks}}$	aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho, jonka kennosto tuottaa referenssisäteilytilanteessa ( $I_{\text{ref}}=1$ kW/m <sup>2</sup> , referenssilämpötilassa 25 °C), kW
$P_{\text{muu}}$	muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehon säätölaitteiden sähköteho, W
$P_{\text{pumppu}}$	pumpun teho, W
$P_{\text{pumppu, i}}$	yksittäisen pumpun i teho, W
$p_s$	ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde, -
$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissäteilyenergia huonepinta-alaa kohti, W/hum <sup>2</sup>
$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh
$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )
$Q_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
$Q_{\text{aur}}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh/a
$Q_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen energiantuotto käyttövedeen keräinpinta-alaa kohti, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{\text{henk}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
$Q_{\text{iv}}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{iv}$ , tuloilma	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{jakelu}$ , ulos	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{jakeluhäviöt}$ , ulos	lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/m <sup>2</sup> a
$Q_{ji}$	ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh
$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh
$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{jv}$	huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh
$Q_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian (kaukojäähdytyksen) kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{jäähdytys}$	lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän vuotuinen energiantarve, kWh
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kylmäsilat}$	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh
$Q_{lisälämmitys}$ , lkv	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{lkv}$ , kierto	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh
$Q_{lkv}$ , LTO	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä, kWh
$Q_{lkv}$ , netto	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
$Q_{lkv}$ , varastointi	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{LP}$ , lämmitys, lkv	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$Q_{LP}$ , lämmitys, tilat	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
$Q_{lto}$	ilmanvaihdosta talteenotettu energia
$Q_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{lämmitys}$ , iv	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{lämmitys}$ , lkv	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{lämmitys}$ , tilat	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{lämmitys}$ , tilat, netto	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh/a
$Q_{lämpökuorma}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
$Q_{muu}$	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{muu}$ , lkv	uusiutuvan omavaraisenergian tuottojärjestelmällä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh
$Q_{omavarais}$ , lämmitys, tilat	uusiutuvan omavaraisenergian tuottojärjestelmällä tuotettu tilojen lämmitysenergia, kWh
$Q_{ovi}$	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
$Q_{polttoaine}$ , i	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{rakosa}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$Q_{sis}$ . lämpö	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{säh}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$Q_{tila}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{tila}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_v$ , korvausilma	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s

$Q_v, lkv$	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, $m^3/s$
$Q_v, lkv, kierto$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitusvesivirta, $m^3/s$
$Q_v, poisto$	poistoilmavirta, $m^3/s$
$Q_v, tulo$	tuloilmavirta, $m^3/s$
$Q_v, vuotoilma$	vuotoilmavirta, $m^3/s$
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö, kWh
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
$R$	tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -
$SFP$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, $kW/(m^3/s)$
$SPF_{lkv}$	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
$SPF_{tilat}$	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{lkv, kierto, paluu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluueden lämpötila, °C
$t_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk
$t_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_{lto, mit}$	lämmön talteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C
$T_{lto, mit}$	lämmön talteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C
$T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{maa, vuosi}$	maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$t_{pumppu, i}$	pumpun i käyttöaika, h
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$T_{u, mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$U_i$	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 K)$
$V$	rakennuksen ilmatilavuus, $m^3$
$W_{aurinko, pumput}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{iv, muu}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh
$W_{jäähd, apu}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh
$W_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{käytetty omasähkö}$	rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/
$W_{lisälämmitys}$	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve, kWh

$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$V_{lkv, omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> vuodessa
$V_{lkv, omin, henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa
$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh
$W_{LP, apu}$	lämpöpumpun apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{LP, lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{LP, lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{puhallin}$	puhaltimen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{pv}$	aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia vuodessa, kWh
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{tilat}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{tuotto, apu}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{valaistus.}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15
$\alpha_1$	tuottoprosessilla 1 tuotetun vuosittaisen jäähditysenergian osuus, -
$\alpha_2$	tuottoprosessilla 2 tuotetun vuosittaisen jäähditysenergian osuus, -
$\beta$	valaistuksen alenemakerroin, -
$\beta_{apu}$	järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskerroin, -
$\gamma$	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön, -
$\Delta T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 3.5), °C
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, (taulukko 3.4), °C
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
$\Delta T_{puhallin}$	puhaltimen ilmavirran lämpötilaa nostava vaikutus
$\epsilon_E$	jäähditysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
$\epsilon_{E1}$	tuottoprosessin 1 vuotuinen kylmäkerroin, -
$\epsilon_{E2}$	tuottoprosessin 2 vuotuinen kylmäkerroin, -
$\epsilon_Q$	jäähditysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
$\eta$	valaistushyötysuhde
$\eta_{a, ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
$\eta_{käyttö}$	hinnakäytön hyötysuhde, -
$\eta_{lkv, siirto}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -
$\eta_{lkv}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{lämmitys, tilat}$	lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -
$\eta_{lämpö}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistäaste, -
$\eta_{moottori}$	moottorin hyötysuhde, -
$\eta_{p, mit}$	lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
$\eta_{puhallin}$	puhaltimen hyötysuhde sisältäen laakerihäviöt,
$\eta_{puhallin, kok}$	puhaltimen kokonaishyötysuhde, -

$\eta_{\text{säätö}}$	pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde (esimerkiksi taajuusmuuttaja), -
$\eta_{\text{t, mit}}$	lämmön talteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
$\eta_{\text{tilalämmitys}}$	tilalämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{tuloilma}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{tuotto}}$	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde, -
$\eta_{\Phi}$	lamppujen valotehokkuus, lm/W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\tau$	rakennuksen aikavakio, h
$\Phi_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
$\Phi_{\text{henk}}$	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö
$\Phi_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
$\Phi_{\text{iv}}$	ilmavaihdon lämmityspatterin teho, W
$\Phi_j$	johtumislämpöteho rakennusosan j läpi, W
$\Phi_{\text{joht}}$	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\Phi_{\text{korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{kylmäsilat}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W
$\Phi_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{lkv, kierto, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
$\Phi_{\text{lkv, kiertohäviö}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt, kW
$\Phi_{\text{lkv, lämmitys, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$\Phi_{\text{LTO}}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\Phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
$\Phi_{\text{ovi}}$	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
$\Phi_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilma}}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän tehon tarve, W
$\Phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\Phi_{\text{uloilma}}$	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W
$\Phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
$\Psi_k$	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)

## 2

---

## LASKENTAMENETELMÄN KUVAUS

### 2.1 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset

#### 2.1.1

Näissä ohjeissa esitetään kuukausitason laskentamenetelmä, joka soveltuu jäähdyttämättömien rakennusten tai rakennusten, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja, energiankulutuksen laskentaan.

Näissä ohjeissa esitetty menetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Laskennassa käytettäviä lähtötietoja on kolmentyyppisiä:

- rakennuskohtaiset lähtötiedot, jotka saadaan yleensä rakennuksen suunnitelmista;
- rakennuksen käyttötiedot; sekä
- näissä ohjeissa annetut laskentamenetelmän ohjearvot, joita voidaan käyttää ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä.

Vaatumuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää määräyksissä annettuja lähtöarvoja ja laskentasääntöjä sekä suunnitteluarvoja.

Luonnos

#### *Selostus*

*Tässä ohjeessa esitetty menetelmä on yksinkertaistettu laskentamenetelmä, joka ottaa huomioon oleellimmat energiankulutukseen vaikuttavat tekijät ja rakennuksen ominaisuudet Suomen olosuhteissa. Menetelmä perustuu pääpiirteissään standardissa SFS-EN 13790 esitettyyn laskentamenetelmään. Laskentamenetelmien tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on käsitelty standardin SFS-EN 13790 liitteessä H.*

#### 2.1.2

Laskennassa otetaan huomioon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt, joita ovat esimerkiksi lämmitysputkiston ja pattereiden häviöt sekä kattilan hyötysuhde. Näissä ohjeissa esitetyt järjestelmähäviöt lukuun ottamatta lämpimänkäyttöveden kiertoa ja varastointia on määritelty todellisina häviöinä ilman hyödynnettävää osuutta. Kaikki laskennassa esitetyt järjestelmähäviöt menevät hukkaan eikä näistä tule lämpökuormia tai lämpösaantoa rakennukseen. Lämpimänkäyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt määritellään tilaan tulevina lämpökuormina.

Jäähdytysenergian nettotarpeen ja kesäajan huonelämpötilan laskenta ei sisälly näissä ohjeissa kuvattuun laskentamenetelmään. Ne lasketaan tarkoitukseen soveltuvalla dynaamisella laskentatyökalulla.

#### 2.1.3

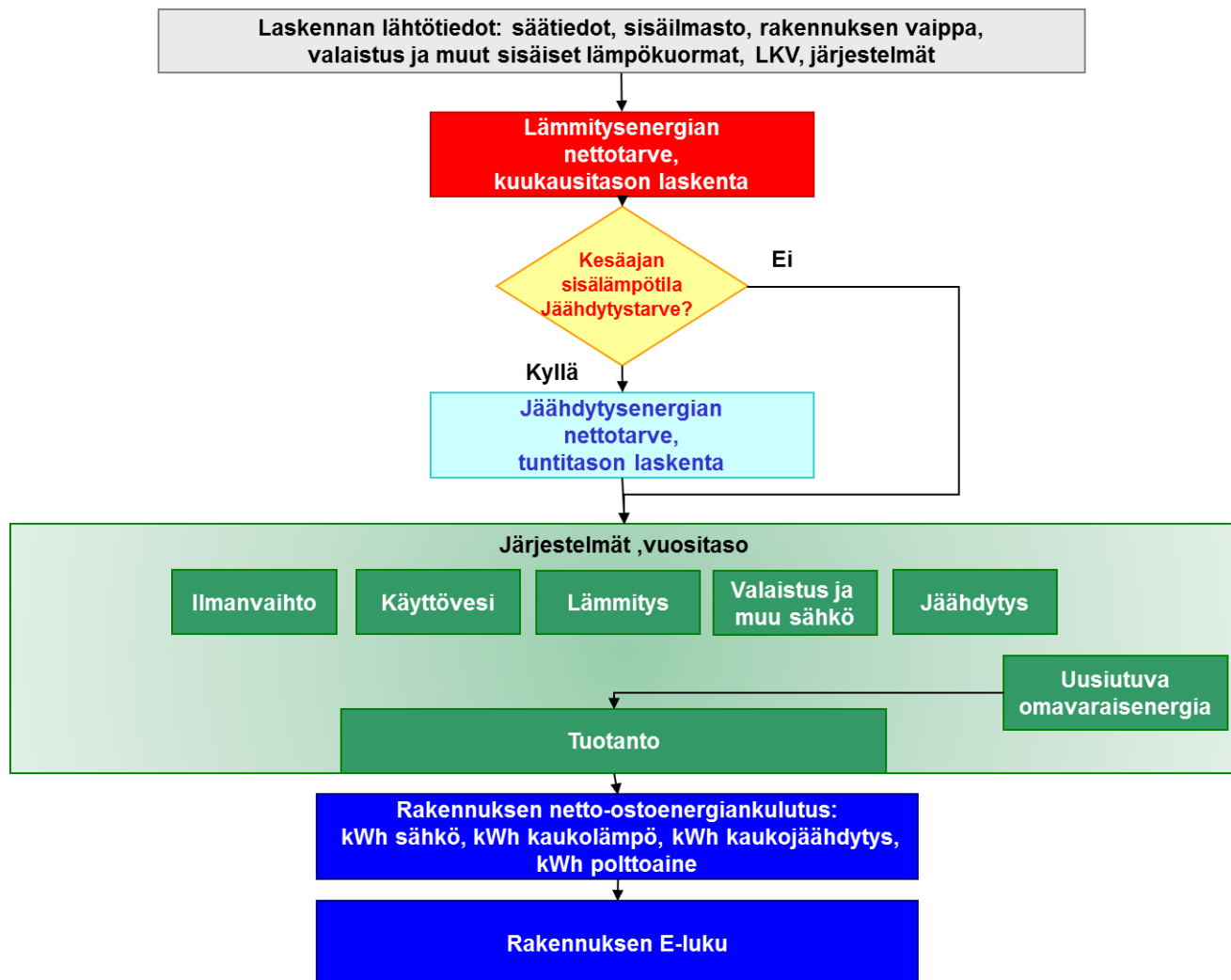
Tässä laskentamenetelmässä rakennus käsitellään yleensä yhtenä laskentavyöhykkeenä. Tarvittaessa rakennus voidaan jakaa käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin laskentavyöhykkeisiin.



## 2.2 Laskennan kulku

### 2.2.1

Näissä ohjeissa kuvatussa kuukausitason laskentamenetelmässä rakennuksen netto-ostoenergiankulutus lasketaan kuvassa 2.1 esitetyissä vaiheissa.



Kuva 2.1. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet.

### 2.2.2

Vaatumuksen mukaisuuden osoittamisessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määriteltyjä säätietoja, muissa tarkasteluissa voidaan käyttää muita arvoja.

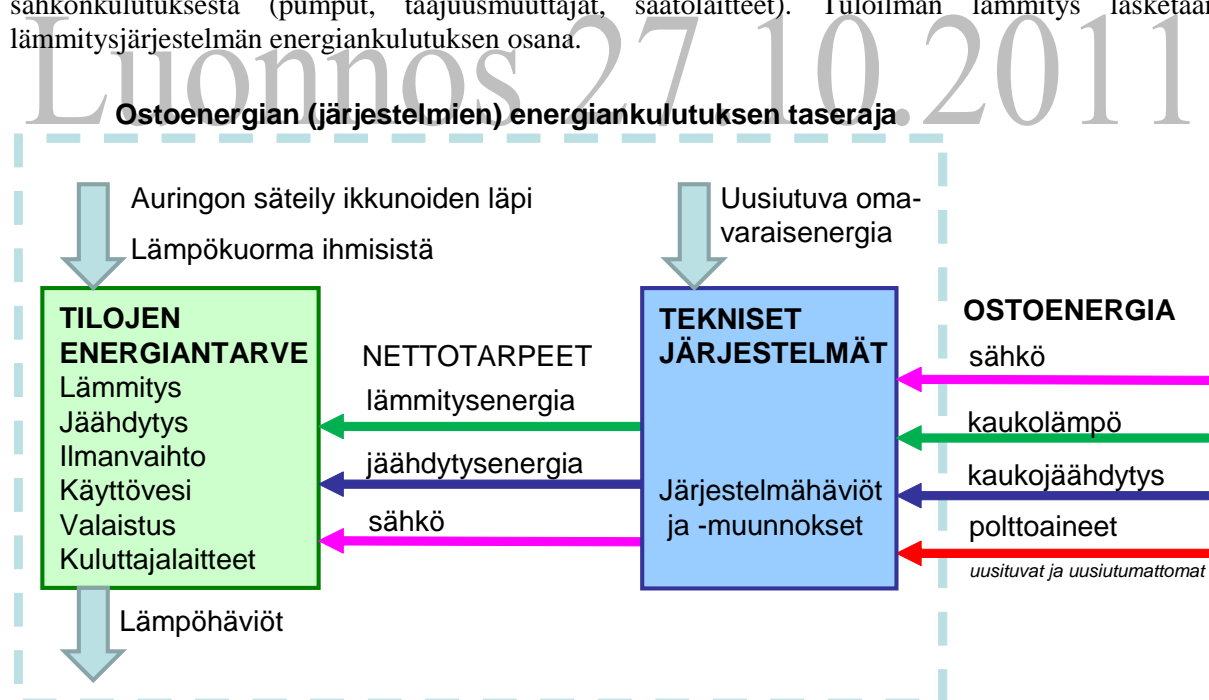
### 2.2.3

Laskentamenetelmässä käytettävät energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 2.2. Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiantarpeesta. Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Jäähdytysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan jäähdytysjärjestelmällä tiloihin ja tuloilmaan.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon hyötysuhteet ja lämmitysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta.

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytyksen nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat jäähdytysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunnokset että jäähdytysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus eritellään eri energiamuotojen osalta.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutuksesta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys lasketaan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen osana.



Kuva 2.2. Rakennuksen ostoenergiakulutuksen taseraja ja sen muodostuminen nettoenergiantarpeista, taloteknisten järjestelmien energiankulutuksesta, uusiutuvasta omavaraisenergiasta sekä muusta paikallisesta energian tuotosta. Uusiutuva omavaraisenergia voi olla esimerkiksi aurinkolämpöä, tuuli- tai aurinkosähköä,

Rakennuksen ostoenergiankulutus koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä. Rakennuksen

ostoenergian kulutuksessa on otettu huomioon paikallisesti tuotettu energia.

Rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan kaavalla (2.1).

$$E_{osto} = Q_{lämmitys} + W_{lämmitys} + W_{ilmanvaihto} + Q_{jäähdytys} + W_{jäähdytys} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} - W_{käytetty omasähkö} \quad (2.1)$$

jossa

$E_{osto}$	rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian (kaukojäähdytyksen) kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{valaistus}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{käytetty omasähkö}$	rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m <sup>2</sup> a).

Rakennuksen ostoenergian kulutusta laskettaessa otetaan huomioon uusiutuva omavaraenergia, joka on hyödynnetty rakennuksen teknisissä järjestelmissä. Rakennuksessa käytetyllä omavaraissähköenergialla tarkoitetaan rakennukseen kuuluvilla järjestelmillä tuotettua sähköä, joka on käytetty rakennuksen muissa järjestelmissä. Muualle toimitettua omavaraissähköenergiaa ei oteta huomioon.

Rakennuksen ostoenergiankulutus voidaan esittää energiamuodoittain kaavalla (2.2).

$$E_{osto} = Q_{kaukolämpö} + Q_{kaukojäähdytys} + \sum_i Q_{polttoaine_i} + W_{sähkö} \quad (2.2)$$

jossa

$E_{osto}$	rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{polttoaine_i}$	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m <sup>2</sup> a)

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku) lasketaan rakennuksen ostoenergiankulutuksesta energiamuotojen kertoimia käyttäen kaavalla (2.3).

$$E = f_{kaukolämpö} Q_{kaukolämpö} + f_{kaukojäähdytys} Q_{kaukojäähdytys} + \sum_i f_{polttoaine_i} Q_{polttoaine_i} + f_{sähkö} W_{sähkö} \quad (2.3)$$

jossa

$E$	rakennuksen energialuku, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{polttoaine_i}$	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$f_{kaukolämpö}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
$f_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
$f_{polttoaine_i}$	polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
$f_{sähkö}$	sähkön energiamuodon kerroin, -

Rakennuksen määräyksen mukaisuuden osoittamisessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä energiamuotojen kertoimia.

## 3

## RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

### Tässä luvussa lasketaan

- 3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- 3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt
- 3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
- 3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- 3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- 3.6 Ilmanvaihdosta talteen otettu energia
- 3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

### Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Rakennusosien pinta-alat
- Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- Ilmanvaihdon ilmavirrat
- Ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat
- Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

### 3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve  $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$  lasketaan kaavalla (3.1).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

Tilojen lämmitysenergian tarve  $Q_{\text{tila}}$  lasketaan kaavalla (3.2).

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv,tuloilma}} + Q_{\text{iv,korvausilma}} \quad (3.2)$$

jossa

$Q_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö, kWh
$Q_{\text{iv, tuloilma}}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

## 3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

### 3.2.1

Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi  $Q_{\text{joht}}$  lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.3).

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsilta}} \quad (3.3)$$

jossa

$Q_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
$Q_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
$Q_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
$Q_{\text{ovi}}$	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
$Q_{\text{muu}}$	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{\text{kylmäsilta}}$	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh

Ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.4).

$$Q_{\text{rakosa}} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.4)$$

joissa

$Q_{\text{rakosa}}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$U_i$	rakennusosan $i$ lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A_i$	rakennusosan $i$ pinta-ala, m <sup>2</sup>
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Laskettaessa johtumislämpöhäviötä muuhun tilaan ( $Q_{\text{muu}}$ ), ulkolämpötilan  $T_u$  tilalla kaavassa 3.4 käytetään kyseessä olevan muun tilan lämpötilaa. Tällainen tila on esimerkiksi puolilämmin autotalli.

#### *Selostus*

*Rakennusosien pinta-alojen laskenta esitetään kappaleessa 1.3. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta esitetään rakentamismääräyskokoelman osassa C4.*

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (3.5).

$$Q_{\text{kylmäsilta}} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.5)$$

$l_k$	viivamaisen kylmäsiltojen pituus, m
$\Psi_k$	viivamaisen kylmäsiltojen lisäkonduktanssi, W/(m K)

Taulukoissa 3.1.–3.3. on esitetty viivamaisten kylmäsiltojen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, kun suunnitteluarvoja ei ole käytettävissä. Sisänrakkien tapauksessa lisäkonduktanssien arvot ovat negatiivisia. Ohjearvojen käyttö edellyttää, että liitokset on toteutettu hyvän rakentamistavan mukaisesti pyrkien minimoimaan liitosalueelle syntyvät kylmäsiltojen lämpöhäviöt.

Taulukko 3.1. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)									
	Yläpohjan runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni, maan-vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt-betoni, ryöm. tila	puu, ryöm. tila
betoni	0,08		0,04	0,0			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,1	0,0		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,0			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,08			0,06
hirsi			0,04			0,0	0,11			0,09

Taulukko 3.2. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt-betoni	kevyt-sora-betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla <sup>*)</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

<sup>\*)</sup> Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Taulukko 3.3. Ohjearvot viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 3.1 ja 3.2, W/(m·K).

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

#### Selostus

Kylmäsiilat kaavassa 3.5 voidaan laskea ympäristöministeriön oppaan tai SFS-EN-standardien mukaan. Standardien mukaan kylmäsiiloja laskettaessa on käytettävä kaavan 3.4 mukaisia lämmönläpäisykertoimien ja pinta-alojen määritelmiä tai muuten varmistuttava siitä, että rakennusvaipan johtumislämpöhäviö vastaa kaavaa 3.3.

## 3.2.2

Jos alapohja on suoraan ulkoilmaa vasten, lasketaan sen johtumislämpöhäviö lämpötilaeron  $T_s - T_u$  mukaan kaavassa (3.4) esitetyllä tavalla. Jos alapohja rajoittuu tuuletettuun ryömintätilaan, lasketaan sen kautta johtuva energia ulkoilmaan maan lämmönvastus ja tuuletustilan lämmönvastus huomioon ottaen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti.

## 3.2.3

Maanvastaisten seinien kautta johtuva energia voidaan laskea ilman maa-aineksen aiheuttamaa lämpötila viivettä kaavan (3.4) mukaisesti ulkoilman lämpötilaan maan lämmönvastus huomioon ottaen. Laskenta voidaan tehdä myös rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai SFS-EN standardien mukaisesti.

## 3.2.4

Maanvastaisten alapohjien kautta johtuva energia voidaan laskea kaavan (3.4) mukaisesti käyttämällä kaavassa ulkoilman lämpötilan sijasta alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Tällöin alapohjan U-arvo lasketaan ilman maan lämmönvastusta rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeesta poiketen. Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila lasketaan ulkoilman vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla (3.6).

$$T_{\text{maa, vuosi}} = T_{\text{u, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}} \quad (3.6)$$

jossa

$T_{\text{maa, vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{\text{u, vuosi}}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 3.4), °C

Maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan taulukosta 3.4 maalajista ja alapohjan U-arvosta riippuen. Ellei maaperästä ole tarkempaa tietoa, voidaan lämpötilaerona käyttää arvoa 5 °C.

Taulukko 3.4. Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero.

Maalaji	Alapohjan U-arvo, W/(m <sup>2</sup> K)		
	<0,2	0,2–0,3	>0,3
	$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$ , °C		
Savi, salaojitettu hiekka ja sora	5	7	8
Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora	3	5	6
Kallio	2	3	4

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan maan vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla (3.7).

$$T_{\text{maa, kuukausi}} = T_{\text{maa, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, kuukausi}} \quad (3.7)$$

jossa

$T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
$T_{\text{maa, vuosi}}$	maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 3.5), °C

Maan ja ulkoilman kuukausittaisten keskilämpötilojen ero saadaan taulukosta 3.5. Taulukon arvoja voidaan käyttää kaikille säävyöhykkeille ja maalajeille.

Taulukko 3.5. Alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero.

Kuukausi	$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}, ^\circ\text{C}$
Tammikuu	0
Helmikuu	-1
Maaliskuu	-2
Huhtikuu	-3
Toukokuu	-3
Kesäkuu	-2
Heinäkuu	0
Elokuu	1
Syyskuu	2
Lokakuu	3
Marraskuu	3
Joulukuu	2

Laskenta voidaan tehdä myös rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai SFS-EN standardien mukaisesti.

### 3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

#### 3.3.1

Rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia  $Q_{\text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla (3.8).

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

jossa

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

#### 3.3.2

Vuotoilmavirta  $q_{v, \text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla (3.9).

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaiippa}} \quad (3.9)$$

jossa

$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
$A_{\text{vaiippa}}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m <sup>2</sup>
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m, -
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran m <sup>3</sup> /h yksiköstä m <sup>3</sup> /s yksikköön



Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna  $q_{50}$  voidaan käyttää lämmitysenergian tarpeen laskennassa arvoa  $4 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ , ellei ilmanpitävyyttä tunneta. Taulukossa 3.6 esitetään tyypillisiä ilmanvuotoluvun arvoja eri rakennuksille.

#### Selostus

Rakennuksen kerroskorkeuden poiketessa oleellisesti tavanomaisesta kaavan (3.9) kerroin  $x$  valitaan kerroksien lukumäärän mukaan, joka vastaa rakennuksen korkeutta. Tällaisia rakennuksia ovat esimerkiksi korkeat varastorakennukset.

#### 3.3.3

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku  $q_{50}$  voidaan laskea ilmanvuotoluvusta  $n_{50}$  kaavalla (3.10).

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{\text{vaippa}}} V \quad (3.10)$$

jossa

$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$
$n_{50}$	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
$V$	rakennuksen tilavuus, $\text{m}^3$
$A_{\text{vaippa}}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), $\text{m}^2$

Taulukko 3.6. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ( $n_{50}$ ) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja ( $q_{50}$ ) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset $n_{50}$ -luvut, 1/h	Tyypilliset $q_{50}$ -luvut, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 ... 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 - 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 ... 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 ... 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 ... 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 ... 10,0	Pientalot 5,0 ... 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 ... 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 ... 20,0

#### Selostus

Vuotoilmavirta syntyy tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttötapa.

Vuotoilmavirta ei sisällä ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta sisään virtaavaa ilmaa (korvausilma), joka poistetaan ilmanvaihto-

*järjestelmän kautta. Korvausilman vaikutus otetaan huomioon ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemassa energiassa (kohta 3.5)*

*Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ei ilmavuotoja yleensä tarvitse ottaa huomioon.*

*Olemassa olevien rakennusten vuotoilmavirran suuruutta voidaan arvioida myös mittaustietojen avulla.*

### 3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

#### 3.4.1

Tässä luvussa esitetyllä menetelmällä voidaan ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve laskea vain silloin, kun on kyse järjestelmästä, jossa käytetään vakioilmamäärää ja ilmapuhaltusprosessi koostuu vain ilman lämmityksestä. Jos ilmapuhaltusprosessiin sisältyy jäähdytystä ja kostutusta tai ilmavaihtojärjestelmä on ilmamääräsäätöinen, on energiantarve laskettava muulla menetelmällä.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve eli ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (3.11).

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t / 1000 \quad (3.11)$$

joissa

$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskimääräinen tuloilmalämpötila lasketaan kaavalla (3.12). Mikäli kaavalla (3.12) laskettu  $T_{lto}$  ylittää sisäänpuhalluslämpötilan, lämmöntalteenoton tehoa säädetään siten ettei sisäänpuhalluslämpötila ylitä.

$$T_{lto} = T_u + \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (3.12)$$

joissa

$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\phi_{LTO}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho lasketaan kaavalla (3.13).

$$\phi_{LTO} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (3.13)$$

jossa

$\phi_{LTO}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\eta_{a, ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C

Vuosihyötysuhdetta  $\eta_{a, ivkone}$  voidaan käyttää kaikkina kuukausina. Jos ilmanvaihto on toteutettu sellaisella lämmöntalteenotolla, joka ei siirrä poistoilmasta talteenotettua lämpöä tuloilmaan, tai lämmöntalteenottoa ei ole, niin kaavassa (3.11) käytetään ulkoilmanlämpötilaa lämmöntalteenotto-laitteen jälkeisen lämpötilan asemesta.

Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana tilaan voidaan käyttää 18 °C, ellei tarkempaa tietoa ole saatavilla. Lämmityspatterissa tapahtuva ilman lämpeneminen lasketaan sisäänpuhalluslämpötilaan asti. Kanavistossa tapahtuvaa lämpenemistä ei oteta laskentamenetelmässä huomioon.

Suurissa ilmanvaihtokoneissa, joiden lämmönsiirtimien lämpötilasuhteet mitataan standardin SFS-EN 308:1997 mukaisesti, otetaan puhaltimen tuloilmaan siirtämän lämmön vaikutus tuloilmavirran lämpötilaan  $\Delta T_{puhallin}$  huomioon kaavalla (7.5). Mikäli laskennassa tarvittavia lähtöarvoja ei ole käytettävissä, voidaan oletuksena käyttää arvoa 0,5 °C.

Mikäli huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötilasuhte on mitattu standardin SFS-EN 13141-7 mukaisesti, puhaltimien tuloilmaa lämmittävää vaikutus sisältyy lämpötilasuhteeseen, jolloin  $\Delta T_{puhallin} = 0$  °C.

Lämmöntalteenottoa säädetään yleensä siten, ettei sisäänpuhalluslämpötila ylitä haluttua asetusarvoa. Lämmöntalteenottolaitteen vuosihyötysuhdetta määrittäessä on sen ilmavirtasuhte otettava laskennassa huomioon. Lämmöntalteenottolaitteen jäätyminen esto otetaan huomioon rajoittamalla jäteilman lämpötilaa (tehonsäätö). Jäätyminen eston jäteilman minimilämpötilana voidaan käyttää seuraavia ohjearvoja, jos laitteesta ei ole olemassa varmennettuja suoritusarvoja:

- asuinrakennuksissa levylämmönsiirtimille +5 °C ja pyöriville lämmönsiirtimille tai kosteutta siirtäville levylämmönsiirtimille 0 °C;
- muissa rakennuksissa levylämmönsiirtimille 0 °C ja pyöriville lämmönsiirtimille –5 °C

#### Selostus

Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi eri tilanteissa esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122.

Lämpötilasuhteena voidaan käyttää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittamaa varmennettua hyötysuhdetta. Ellei sitä ole käytettävissä, käytetään taulukon 3.7 arvoja.

Taulukko 3.7. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämmönsiirtimen lämpötilasuhteen  $\eta_t$  arvoja, joita voi käyttää lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa.

Lämmönsiirintyyppi	Lämpötilasuhte $\eta_t$
Nestekiertoinen lämmönsiirrin	0,40
Ristivirtalevylämmönsiirrin	0,50
Vastavirtalevylämmönsiirrin	0,60
Regeneratiivinen lämmönsiirrin	0,65

### 3.4.2

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa ilmanvaihdon ilmavirtana ja käyttöaikoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää niihin soveltuvia arvoja.

#### Selostus

Rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on säännökset rakentamismääräyskokoelman osassa D2.

## 3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

### 3.5.1

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (3.14).

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad (3.14)$$

jossa

$Q_{iv,tuloilma}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

### 3.5.2

Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (3.15).

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

jossa

$Q_{iv,korvausilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (3.16)

$$q_{v, korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v, poisto} - \sum t_d t_v q_{v, tulo} \quad (3.16)$$

jossa

$q_{v, korvausilma}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

Jos tuloilmavirta on poistoilmavirtaa suurempi, korvausilmavirtaa ei ole.

### 3.6 Ilmanvaihdosta talteen otettu energia

#### 3.6.1

Ilmanvaihdosta talteenotettu energia voidaan laskea kaavalla (3.17)

$$Q_{lto} = \sum t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v, tulo} (T_{lto} - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.17)$$

$Q_{lto}$	ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

### 3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

#### 3.7.1

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve  $Q_{lkv, netto}$  lasketaan kaavan (3.18) avulla.

$$Q_{lkv, netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 - Q_{lkv, LTO} \quad (3.18)$$

jossa

$Q_{lkv, netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h
$Q_{lkv, LTO}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

Nettotarve sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämisen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan ilman mahdollista lämmityslaitteen, varaajan tai putkiston lämpöhäviö-energiaa.

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ( $T_{lkv} - T_{kv}$ ) arvoa 50 °C.

### 3.7.2

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää myös muita arvoja. Lämpimän käyttöveden kulutus  $V_{lkv}$  voidaan laskea kaavan (3.19) avulla henkeä kohti lasketusta ominaiskulutuksesta tai kaavan (3.20) avulla pinta-alaa kohti lasketusta ominaiskulutuksesta. Asuinrakennuksissa käytetään ensisijaisesti henkilöperusteisia arvoja, muissa rakennuksissa pinta-alaperusteisia arvoja. Jos asuinrakennuksessa on huoneistokohtainen mittaus ja laskutus, henkilöperustaisena arvona voidaan käyttää 50 dm<sup>3</sup>/henkilö vuorokaudessa ja muissa tapauksissa 60 dm<sup>3</sup>/henkilö vuorokaudessa.

$$V_{lkv} = n V_{lkv, omin, henk} \Delta t / 1000 \quad (3.19)$$

$$V_{lkv} = V_{lkv, omin} A_{netto} \Delta t / 365 / 1000 \quad (3.20)$$

joissa

$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$n$	henkilöiden lukumäärä, -
$V_{lkv, omin, henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa
$\Delta t$	ajanjakson pituus, vuorokautta
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$V_{lkv, omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> vuodessa
$A_{netto}$	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>
365	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi, vuorokautta/vuosi

Jos laskelmien lähtötietona on käyttöveden kokonaiskulutus, niin asuinrakennuksissa lämpimän käyttöveden osuutena voidaan käyttää 40 % kokonaiskulutuksesta.

## 4

## LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

**Tässä luvussa lasketaan**

4.1 Rakennuksen laitteiden sähköenergian kulutus

4.1 Valaistuksen sähköenergian kulutus

**Laskennan lähtötietona tarvitaan vähintään**

Rakennustyyppi

Rakennuksen pinta-ala

## 4.1 Laitteiden sähköenergian kulutus

## 4.1.1

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on laitesähkön yhteenlaskettu kulutus ilman valaistussähkön, ilmanvaihtojärjestelmän sähkön sekä ilman lämmitykseen ja tilojen jäädytykseen käytettyä sähköä.

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 kuluttajalaitteille esitetyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa sähköenergiankulutus voidaan myös määrittää asuinrakennuksille taulukon 4.1 ja toimistorakennuksille taulukon 4.2 ominaissähkönkulutusten perusteella.

*Taulukko 4.1. Asuinrakennusten tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia.*

Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
Talosauna	410	-	kWh/asunto
Talopesula	67	-	kWh/asunto
Hissi	23	-	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/m <sup>2</sup>
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappipakastin	740	270 (Jääkaappi)	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistosauna	8	8	kWh/lämmityskerta

Taulukko 4.2. Toimistorakennuksen tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia.

Laiteryhmä	Ominaiskulutus	Yksikkö
Ruokala	0,75	kWh/annos
Edustussauna	20	kWh/kerta
Hissi	2000	kWh/(8 henkilön hissi)
Autopaikat	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	kWh/brm <sup>2</sup>
Kannettava PC	24	kWh/kpl
PC:t+näyttö	430	kWh/kpl
Kopiokoneet	1 700	kWh/kpl
Laserkirjoittimet	400	kWh/kpl

## 4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

### 4.2.1

Valaistuksen sähkönkulutuksen voidaan käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja.

### 4.2.2

Mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin, voidaan valaistuksen sähkönkulutus laskea tilakohtaisesti valaistustarpeen ja valaisinratkaisun perusteella.

### 4.2.3

Valaistuksen sähköenergian kulutus ( $W_{\text{valaistus}}$ ) voidaan laskea kaavalla (4.1).

$$W_{\text{valaistus}} = \sum P_{\text{valaistus}} A_{\text{huone}} \Delta t f / 1000 \quad (4.1)$$

jossa

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh	
$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum <sup>2</sup>	
$A_{\text{huone}}$	valaistavan tilan huonepinta-ala, hum <sup>2</sup>	
$\Delta t$	valaistuksen käyttöaika (esimerkiksi taulukosta 4.3), h	
$f$	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauksetoimia:	
	– läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin	0,70
	– päivänvalosäädin	0,80
	– läsnäolotunnistin	0,75
	– huonekohtainen kytkin	0,90
	– huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle	0,90
	– keskitetty päälle / pois	1,00



*Taulukko 4.3. Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja  $\Delta t$  rakennustyypeittäin.*

Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550
Toimistorakennus	2 500
Opetusrakennus	1 900
Liikerakennus	4 000
Hotelli	5 000
Ravintola	3 500
Liikuntarakennus	5 000
Sairaala	5 000
Muut rakennukset	2 500

#### 4.2.4

Valaistuksen kokonaisteho pinta-alayksikköä kohti  $P_{\text{valaistus}}$  lasketaan kaavalla (4.2).

$$P_{\text{valaistus}} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\Phi}} F \quad (4.2)$$

jossa

$P_{\text{valaistus}}$  valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum<sup>2</sup>

$F$  tilan  $i$  valaistusvoimakkuus, lx

$\beta$  valaistuksen alenemakerroin:

- puhdas ympäristö 0,70
- keskinertainen ympäristö 0,60
- likainen ympäristö 0,50

$\eta$  valaistushyötysuhde:

- suora valaistus 0,40
- yhdistetty suora–epäsuora valaistus 0,35
- epäsuora valaistus 0,30

$\eta_{\Phi}$  lamppujen valotehokkuus (taulukko 4.4), lm/W

Valaistusvoimakkuus on tilan valaistusvoimakkuuden suunnitteluarvo tai standardin SFS-EN 12464-1 mukainen ohjearvo valaistusvoimakkuudelle.

*Taulukko 4.4. Arvoja eri lampputyypin valotehokkuuksille ja vaihteluväleille. Taulukon tehoarvojen laskennassa on käytetty valovirran alenemakertoimena  $\beta = 0,70$  ja valaistushyötysuhteena  $\eta = 0,40$ .*

Lampputyypin	Valotehokkuus, $\eta_{\Phi}$ lm / W		Teho, $P_{\text{valaistus}}$ W/hum <sup>2</sup>			
	Tyypillinen arvo	Vaihtelu- väli	Valaistusvoimakkuus			
			100 lx	300 lx	500 lx	1000 lx
Hehkulamppu	10	8-12	36	107	179	357
Halogeenilamppu	12	10-24	30	89	149	298
Pienloistelamppu	50	50-85	7,1	21	36	71
Loistelamppu	80	50-100	4,5	13	22	45
LED	50	40-100	7,1	21	36	71

## 5

## LÄMPÖKUORMAT

**Tässä luvussa lasketaan**

- 5.1 Lämpökuorma henkilöistä
- 5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista
- 5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
- 5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma
- 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

**Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään**

- Rakennuksessa olevien henkilöiden lukumäärä
- Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus
- Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain sekä ikkunoiden auringon säteilyn läpäisykerroin
- Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt
- Rakennuksen tilojen lämpöhäviöt (luku 3)

## 5.1 Lämpökuorma henkilöistä

## 5.1.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa henkilöiden lämpökuormina käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja.

## 5.1.2

Muissa tarkasteluissa kuin vaatimuksen mukaisuuden osoittamisessa henkilöiden luovuttama lämpöenergia  $Q_{\text{henk}}$  voidaan laskea kaavalla (5.1).

$$Q_{\text{henk}} = k n \phi_{\text{henk}} \Delta t_{\text{oleskelu}} / 1000 \quad (5.1)$$

jossa

$Q_{\text{henk}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$k$	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa, -
$n$	henkilöiden lukumäärä, -
$\phi_{\text{henk}}$	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö
$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

## 5.1.3

Yhden henkilön luovuttamana keskimääräisenä kuivana lämpötehona voidaan käyttää arvoa 70 W.

## 5.1.4

Oleskeluaika voidaan laskea kaavalla (5.2).

$$\Delta t_{oleskelu} = \sum t_d t_v \Delta t \quad (5.2)$$

jossa

$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
$t_d$	rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte, h/24 h
$t_v$	rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte, vrk/7 vrk
$\Delta t$	laskentajakson pituus, h

## 5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista

## 5.2.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa valaistuksen ja laitteiden lämpökuormina käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää myös muita arvoja. Valaistuksen ja laitteiden sähkönkulutus tulee kokonaisuudessaan lämpökuormaksi rakennukseen.

## 5.2.2

Rakennuksen valaistuksesta ja muista sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma lasketaan kaavalla (5.3).

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} \quad (5.3)$$

jossa

$Q_{säh}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh

## 5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

## 5.3.1

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia ( $Q_{aur}$ ) lasketaan kaavalla (5.4). Säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian.

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily, vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} g = \sum G_{säteily, pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (5.4)$$

jossa

$Q_{aur}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$G_{säteily, vaakapinta}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$G_{säteily, pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$F_{suunta}$	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
$A_{ikk}$	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>
$g$	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

Auringon kokonaissäteilyenergiat ( $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$  ja  $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ ) ja säteilyenergian muuntokertoimet ( $F_{\text{suunta}}$ ) ilmansuunnittain ja kuukausittain eri säävyöhykkeille esitetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3.

#### Selostus

Lämmityksessä hyödynnettävä, ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia riippuu paitsi ikkunoiden pinta-alasta ja suuntauksesta myös puitteista, lasitusten ominaisuuksista ja verhoista, luukuista ja muista suojarakenteista sekä ulkopuolisista varjostuksista, kuten muista rakennuksista ja kasvillisuudesta.

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa ( $g$ ) ei tunneta, se lasketaan kaavalla (5.5).

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}} \quad (5.5)$$

jossa

$g$  ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -  
 $g_{\text{kohtisuora}}$  ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, -

#### 5.3.3

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin  $F_{\text{läpäisy}}$  lasketaan kaavalla (5.6).

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (5.6)$$

jossa

$F_{\text{läpäisy}}$  säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -  
 $F_{\text{kehä}}$  kehäkerroin, -  
 $F_{\text{verho}}$  verhokerroin, -  
 $F_{\text{varjostus}}$  varjostusten korjauskerroin, -

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle voidaan käyttää arvoa  $F_{\text{läpäisy}} = 0,75$ , jos varjostuksia ja pysyviä verhoja ei ole.

#### 5.3.4

Kehäkerroin  $F_{\text{kehä}}$ , joka on valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde, lasketaan kaavalla (5.7).

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk, valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (5.7)$$

jossa

$F_{\text{kehä}}$  kehäkerroin, -  
 $A_{\text{ikk, valoaukko}}$  ikkunan valoaukon pinta-ala,  $\text{m}^2$   
 $A_{\text{ikk}}$  ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen),  $\text{m}^2$ .

Ikkunoiden karmien ja puitteiden pinta-ala (mukaan lukien välipuitteet) vähennetään kehäkertoimen avulla ikkuna-aukon pinta-alasta. Kehäkertoimena voidaan käyttää arvoa  $F_{\text{kehä}} = 0,75$ , jos tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä.

## 5.3.5

Taulukossa 5.1 esitetään tyypillisiä verho kertoimen  $F_{\text{verho}}$  arvoja.

Taulukko 5.1. Verhokertoimia  $F_{\text{verho}}$  erilaisille verhoille ja auringonsuojille.

Ratkaisu	Verhokerroin
Ei verhoa	1,00
Läpikuultavat tekstiiliverhot sisäpuolella	0,80
Tummat tekstiiliverhot sisäpuolella	0,75
Värikkäät tekstiiliverhot sisäpuolella	0,70
Vaaleat tiiviit tekstiiliverhot sisäpuolella	0,50
Valkoiset sälekaihtimet lasien välissä	0,30
Valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	0,60
Ikkunaluukut (säleikkö) ulkopuolella	0,30

## 5.3.6

Ikkunan varjostusten korjauskerroin  $F_{\text{varjostus}}$  saadaan laskemalla kolmen varjostuskertoimen tulo kaavalla (5.8).

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} F_{\text{ylävarjostus}} F_{\text{sivuvarjostus}} \quad (5.8)$$

jossa

$F_{\text{varjostus}}$	varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{ympäristö}}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut), -, (taulukko 5.2)
$F_{\text{ylävarjostus}}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -, (taulukko 5.3)
$F_{\text{sivuvarjostus}}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -, (taulukko 5.4).

Taulukoissa 5.2–5.4 annetaan arvoja varjostusten korjauskertoimille. Varjostuskulmat määritetään ikkunan keskipisteestä varjostavaan rakenteeseen. Väliarvot ja väli-ilmansuunnat voidaan määrittää interpoloimalla. Taulukkojen arvoja voidaan käyttää kaikilla liitteen 1 mukaisilla säävyöhykkeillä tarkempien tietojen puuttuessa. Taulukkojen 5.3 ja 5.4 arvoja voidaan käyttää lämmityskaudella. Varjostuskulmien määritelmät esitetään kuvassa 5.1.

Taulukko 5.2. Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet  $F_{\text{ympäristö}}$ , kun varjostuskulma on  $45^\circ$  ( $15^\circ$ ). Kun varjostuskulma on  $0^\circ$ , on kerroin aina 1,0. Väliarvot ovat jakautuneet tasavälein.

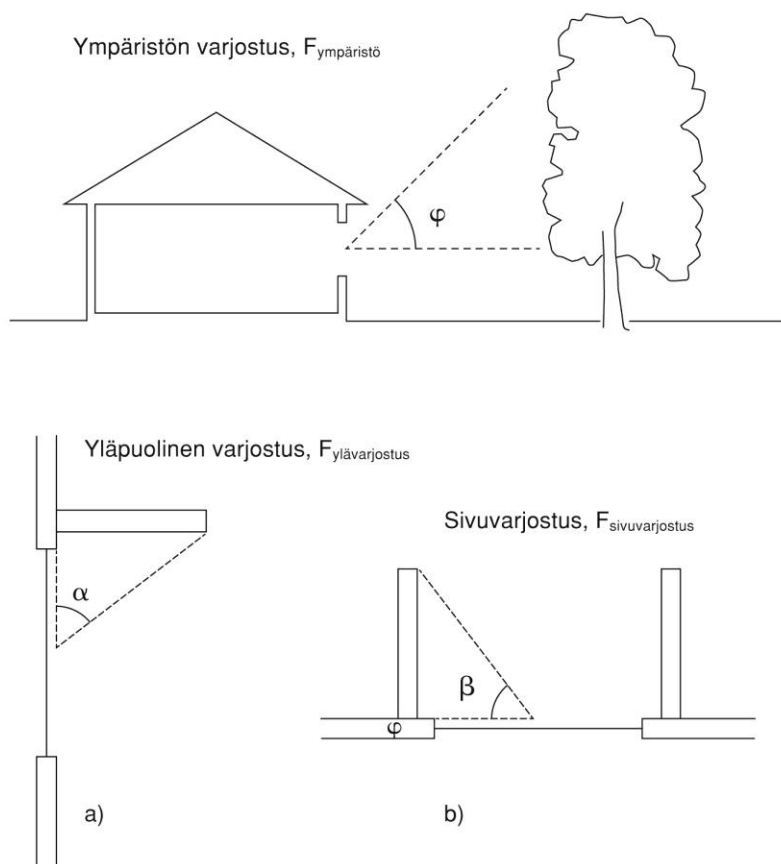
Kuukausi	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
Tammikuu	0,95 (0,98)	0,60 (0,86)	0,25 (0,75)
Helmikuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,30 (0,76)
Maaliskuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,40 (0,80)
Huhtikuu	0,80 (0,93)	0,50 (0,83)	0,50 (0,83)
Toukokuu	0,80 (0,93)	0,55 (0,85)	0,70 (0,90)
Kesäkuu	0,60 (0,86)	0,50 (0,83)	0,75 (0,91)
Heinäkuu	0,70 (0,90)	0,55 (0,85)	0,75 (0,91)
Elokuu	0,65 (0,88)	0,40 (0,80)	0,40 (0,80)
Syyskuu	0,85 (0,95)	0,50 (0,83)	0,45 (0,81)
Lokakuu	0,90 (0,96)	0,55 (0,85)	0,30 (0,76)
Marraskuu	0,90 (0,96)	0,60 (0,86)	0,20 (0,73)
Joulukuu	0,95 (0,98)	0,80 (0,93)	0,20 (0,73)

Taulukko 5.3. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle  $F_{\text{ylävarjostus}}$ .

Kulma ( $\alpha$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,98	0,99
20°	0,93	0,95	0,97
30°	0,90	0,92	0,95
40°	0,87	0,88	0,92
45°	0,80	0,81	0,85
60°	0,66	0,65	0,66

Taulukko 5.4. Sivubarjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle  $F_{\text{sivubarjostus}}$ .

Kulma ( $\beta$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,97	0,98
20°	0,99	0,94	0,96
30°	0,98	0,90	0,94
40°	0,98	0,87	0,91
45°	0,98	0,82	0,85
60°	0,98	0,73	0,73



Kuva 5.1. Varjostuskulmien määritelmät.

## 5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma

### 5.4.1

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin kohdan 6.3. mukaan lasketuista häviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus on 50 %.

## 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

### 5.5.1

Rakennukseen tulee lämpökuormia etenkin valaistuksesta, laitteista ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuorma voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. Rakennuksen lämpökuorma ( $Q_{\text{lämpökuorma}}$ ) lasketaan kaavalla (5.9).

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} \quad (5.9)$$

jossa

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{henk}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{aur}}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh.
$Q_{\text{lkv,kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
$Q_{\text{lkv,varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh

Lämpökuormien energia, joka hyödynnetään lämmityksessä ( $Q_{\text{sis.lämpö}}$ ), lasketaan kaavalla (5.10).

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (5.10)$$

jossa

$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh

Hyödynnettävä energiaosuus on laskettu vastaamaan keskimääräisiä olosuhteita kuukausittain.

### 5.5.2

Lämpökuormien hyödyntämisaste ( $\eta_{\text{lämpö}}$ ) riippuu lämpökuorman ( $Q_{\text{lämpökuorma}}$ ) ja lämpöhäviön ( $Q_{\text{tila}}$ ) suhteesta ( $\gamma$ ) sekä rakennuksen aikavakiosta ( $\tau$ ), joka on rakennuksen (tilan) sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ( $C_{\text{rak}}$ ) suhde ominaislämpöhäviöön ( $H$ ).

Rakennuksen eristeen sisäpuolinen lämpökapasiteetti vaikuttaa lämmön varastoitumiseen rakenteisiin ja vaikuttaa siten sekä lämmitys- että jäähditysenergian kulutukseen että sisälämpötiloihin. Suhteellinen, rakennuksen koosta riippumaton, lämpökapasiteettia kuvaava suure on rakennuksen aikavakio, joka on lämpökapasiteetin suhde ominaislämpöhäviöön. Rakennusten aikavakioiden suuruusluokka on noin 1–7 vuorokautta. Rakennuksen lämpökapasiteetti on vakio, mutta ominaislämpöhäviö riippuu muun muassa ilmanvaihdon ilmavirrasta ja on siten muuttuva.

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste  $\eta_{\text{lämpö}}$  lasketaan perustapauksessa kaavalla (5.11).

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (5.11)$$

Sellaisessa erikoistapauksessa, jossa lämpökuorman suhde lämpöhäviöön  $\gamma = 1$ , hyödyntämisaste lasketaan kaavalla (5.12).

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{a}{a + 1} \quad (5.12)$$

Kaavoissa (5.11) ja (5.12) esiintyvä  $a$  on numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta  $\tau$ . Se lasketaan kaavalla (5.13).

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (5.13)$$

Suhdeluku  $\gamma$  lasketaan kaavalla (5.14).

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}} \quad (5.14)$$

joissa

$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -
$\gamma$	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön, -
$a$	numeerinen parametri, -
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{tila}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

Aikavakio  $\tau$  lasketaan kaavalla (5.15).

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad (5.15)$$

jossa

$\tau$	rakennuksen aikavakio, h
$C_{\text{rak}}$	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K, (taulukko 5.5)
$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvan lämpenemisen yhteenlaskettu ominaishäviö), W/K

Rakennuksen ominaislämpöhäviö  $H$  lasketaan kaavalla (5.16).

$$H = \frac{Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000 \quad (5.16)$$

jossa

$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
$Q_{\text{tila}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi



## 5.5.7

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti  $C_{rak}$  voidaan laskea esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin  $C_{rak}$  arvona voidaan käyttää taulukon 5.5 ominaisarvoja ( $C_{rak\ omin}$ ) kerrottuna lämmitetyllä nettopinta-alalla, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä. Jos rakennuksen eri osissa on lämpökapasiteetiltaan erilaisia rakennustyyppisiä, voidaan käyttää näiden osien pinta-aloilla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa.

*Taulukko 5.5. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin  $C_{rak\ omin}$  ominaisarvoja eri rakennustyypeissä kalusteineen.*

Rakennustyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{rak\ omin}$ , Wh/(m <sup>2</sup> K)
<b>Pientalot</b>		
Kevytrakenteinen	US, VS, YP, AP kevyitä rankarakenteita	40
Keskiraskas I	US, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas II	US harkko tai massiivihirsi, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP, AP betoni	200
<b>Asuinkerrostalot</b>		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	40
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	220
<b>Toimistorakennukset</b>		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
<b>Muut rakennukset</b>		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

## 6

## LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

**Tässä luvussa lasketaan**

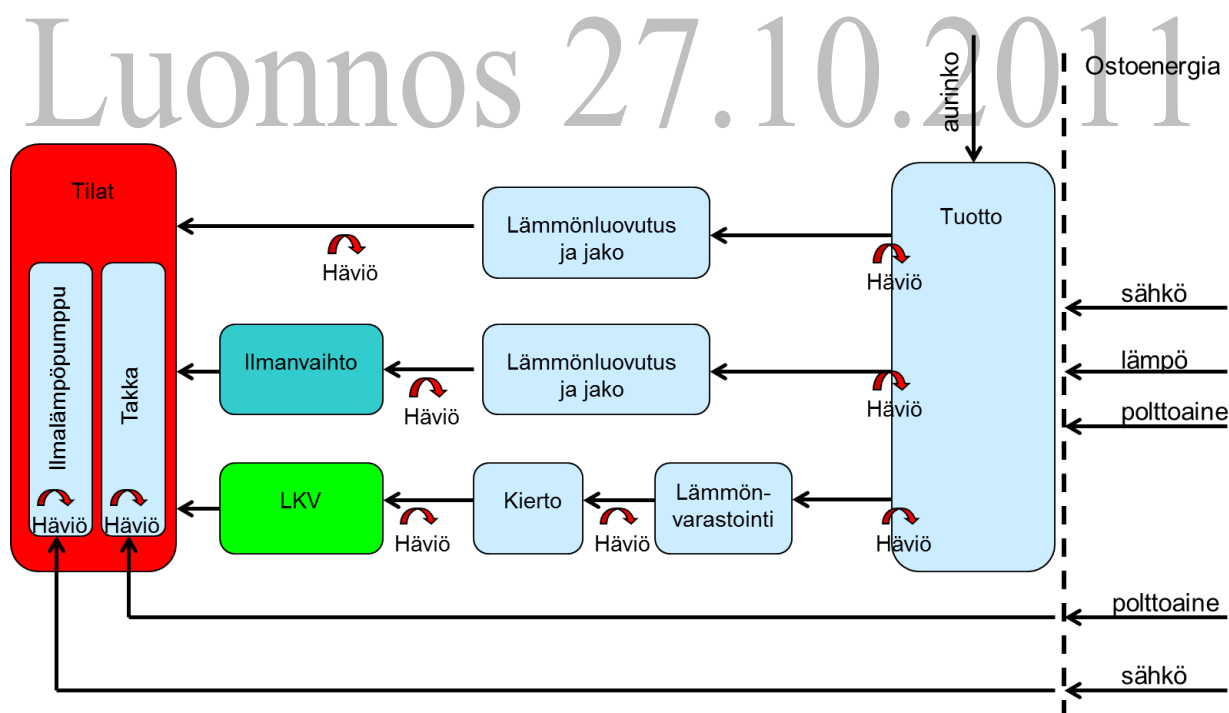
- 6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve
- 6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve
- 6.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- 6.5 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä
- 6.6 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

**Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään**

- Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

## 6.1 Yleistä

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista lisäämällä näihin lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmön varastoinnin häviöt. Häviöt otetaan huomioon seuraavassa esitettyjen hyötysuhteiden avulla. Tämän jälkeen lasketaan lämmitysenergian tuoton vaikutus lämmitysjärjestelmän energiakulutukseen hyötysuhteen tai lämpökertoimen avulla. Kuvassa 6.1. on esitetty lämmitysjärjestelmälaskennan periaate.



Kuva 6.1. Lämmitysjärjestelmälaskennan periaate.

## 6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve

### 6.2.1

Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve ( $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ ) lasketaan lämmönjakojärjestelmittäin kaavalla (6.1). Jos tilan nettolämmitystarve katetaan useammalla lämmönjakojärjestelmällä, järjestelmät tulee laskea erikseen niin, että tilan lämmitysenergian nettotarpeena käytetään laskettavan järjestelmän kattamaa osuutta.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} - Q_{\text{omavarais,lämmitys,tilat}} \quad (6.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{jakelu,ulos}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmitettävään tilaan, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -
$Q_{\text{omavarais,lämmitys,tilat}}$	mahdollisella uusiutuvan omavaraisenergian tuottojärjestelmällä tuotettu tilojen lämmitysenergia, kWh

Uusiutuvalla omavaraisenergialla ( $Q_{\text{omavarais,lämmitys,tilat}}$ ) tarkoitetaan kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettua uusiutuvaa energiaa, lukuun ottamatta uusiutuvia polttoaineita. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkokeräimillä tuotettu lämpö. Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoaenergiaa.

Jos osa tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta katetaan suoraan tilaan lämpöenergiaa luovuttavalla lämmitysjärjestelmällä, kuten tulisijalla tai ilmasta ilmaan lämpöpumpulla, tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve ( $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ ) on laskettavan järjestelmän osuuden osalta suoraan tilojen lämmitysenergian nettotarve ( $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ ). Tulisijan lämpöenergian kulutus lasketaan tämän jälkeen kohdassa 6.4.2 esitetyllä tavalla ja ilmasta ilmaan lämpöpumpun sähköenergian kulutus kohdassa 6.6 esitetyllä tavalla.

Taulukossa 6.2 on esitetty lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli tarkempia arvoja ei ole tiedossa. Taulukon hyötysuhteissa on otettu huomioon lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt sekä järjestelmän säädön ja lämpötilakerrostuman vaikutus.

Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmitettävään tilaan ( $Q_{\text{jakelu,ulos}}$ ) lasketaan kaavalla (6.2). Lämmitettävällä tilalla tarkoitetaan esimerkiksi maata, ulkoilmaa tai kylmää autotallia.

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}} L \quad (6.2)$$

jossa

$Q_{\text{jakelu,ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmitettävään tilaan, kWh/a
$q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmitettävään tilaan, kWh/(m a)
L	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmitettävissä tilassa, m

Taulukossa 6.1 annetaan ohjeellisia lämmönjakojärjestelmän ominaislämpöhäviön arvoja lämmitettävissä tilassa olevien lämmönjakoputkien lämpöhäviön arvioimiseksi, joita voidaan

käyttää, mikäli tarkempia arvoja ei ole tiedossa. Taulukon arvot pätevät yksittäisen rakennuksen ja lämmöntuottoyksikön välisille siirtoputkille. Laajemman alueen siirtoputkien lämpöhäviöt on aina laskettava siihen soveltuvalla menetelmällä.

### 6.2.2

Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutuksen laskennassa voidaan olettaa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteeksi 1,0, jolloin  $Q_{\text{lämmitys,iv}} = Q_{\text{iv}}$ .

### 6.2.3

Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden, kuten kiertopumppujen ja säätölaitteiden, sähköenergian kulutus ( $W_{\text{tilat}}$ ) lasketaan kaavalla (6.3). Taulukossa 6.2 esitetään apulaitteiden ominaiskulutuksen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli ominaiskulutuksia ei tunneta tarkemmin.

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (6.3)$$

jossa

$W_{\text{tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$e_{\text{tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, (taulukko 6.2), kWh/(m <sup>2</sup> a)
$A_{\text{netto}}$	rakennuksen lämmitetty netto-ala, jonka laskettava lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m <sup>2</sup>

### 6.2.4

Taulukon 6.2 arvot sisältävät lämmitysjärjestelmän perinteisen yksikköprosessin säädön vaikutuksen yleisimmillä säädintyypeillä. Kehittyneet ohjausjärjestelmät, kuten esimerkiksi ennustava säätö, voidaan arvioida tarkemmilla malleilla.

Taulukko 6.1 Lämmittämättömässä tilassa olevien lämmönjakoputkien ominaislämpöhäviön ohjearvoja.

Rakennustyyppi	Jakoputkien sijoitus	Ominaislämpöhäviö <sup>1)</sup>
		$q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}}$ kWh/(m a)
<b>Pientalo<sup>2)</sup></b>	<b>Jakoputket maassa</b>	
	-eristetty	60
	<b>Jakoputket puolilämpimässä tilassa<sup>4)</sup></b>	
	-eristämätön	150
	-eristetty	25
	<b>Jakoputket ulkoilmassa</b>	
	-eristetty	35
<b>Muu rakennus<sup>3)</sup></b>	<b>Jakoputket maassa</b>	
	-eristetty	85
	<b>Jakoputket puolilämpimässä tilassa<sup>4)</sup></b>	
	-eristämätön	250
	-eristetty	30
	<b>Jakoputket ulkoilmassa</b>	
	-eristetty	50

<sup>1)</sup> Määritetty lämmönjakoverkoston mitoituslämpötiloilla 70/40 °C.

<sup>2)</sup> Määritetty putkikoolla DN20.

<sup>3)</sup> Määritetty putkikoolla DN40.

<sup>4)</sup> Puolilämpimän tilan lämpötila 15 °C.

Taulukko 6.2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja.

Lämmitysratkaisu	Hyötysuhde $\eta_{\text{tilat}}$ -	Sähkö $e_{\text{tilat}}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla</b>		
	0,80	2
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla</b>		
	0,85	2
<b>Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C</b>		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintatilaan rajoittuvassa rak.	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	
<b>Kattolämmitys (sähköinen)</b>		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
<b>Ikkunalämmitys (sähköinen)</b>		
	0,80	0,5
<b>Ilmanvaihtolämmitys<sup>1</sup></b>		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
<b>Sähköpatterilämmitys</b>		
	0,95	0,5
<b>Sähköinen lattialämmitys</b>		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintätilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak	0,85	0,5
<b>Muut lämmityslaitteet</b>		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaitte	0,8	0,5

<sup>1</sup>Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvailmavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

### Selostus

Hyötysuhteissa on otettu huomioon lämmönjakelun- ja luovutuksen häviöt sekä järjestelmän säädön ja lämpötilakerrostuman vaikutus. Hyötysuhteet on määritetty suhdessä säätöisellä säätimellä ( $P=2^{\circ}\text{C}$ ) sähköpatterilämmitystä lukuun ottamatta, joka on määritetty elektronisella säätimellä. Vesikiertoisten järjestelmien, joiden mitoituslämpötilat poikkeavat taulukoiduista arvoista, hyötysuhteet voidaan arvioida interpoloimalla taulukkoarvojen perusteella. Sähköisten lämmitysjärjestelmien apulaitteiden ominaiskulutukset perustuvat säätölaitteiden sähkönkäyttöön.

### 6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve  $Q_{\text{lämmitys, lkv}}$  lasketaan kaavalla (6.4)

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} - Q_{\text{aurinko, lkv}} - Q_{\text{muu, lkv}} \quad (6.4)$$

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lkv, netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{\text{lkv, siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -
$Q_{\text{lkv, varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu lämmin käyttövesi (kohta 6.5), kWh/a
$Q_{\text{muu, lkv}}$	muulla mahdollisella uusiutuvan omavaraisenergian tuottojärjestelmällä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh/a

#### 6.3.1

Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Kiertojohtoon häviöt lasketaan kohdan 6.3.3 mukaan. Ellei tarkempaa tietoa ole, voidaan lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteena käyttää taulukossa 6.3 esitettyä rakennustyyppikohtaista hyötysuhdetta. Taulukossa on siirron hyötysuhteita jakojohdon eri eristystasoille ja tapaukselle jossa käytössä on kiertojohto. Eristyspaksuus on ilmoitettu jakojohdon halkaisijaan D suhteutettuna. Tässä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta joka on puolet eristettävän putken halkaisijasta ja 1,5 D tarkoittaa eristystä jonka paksuus on 1,5-kertainen eristettävän putken halkaisijaan nähden.

Taulukko 6.3. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde.

Rakennustyyppi	$\eta_{\text{lkv, siirto}}$				
	Kierto	Ei kiertoa			
		eristämätön	suoja-putkessa	eristetty, perustaso <sup>1)</sup>	eristetty, parempi <sup>2)</sup>
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päiväkot	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91

<sup>1)</sup> eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 0,5 D, missä D on putken halkaisija

<sup>2)</sup> eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 1,5 D, missä D on putken halkaisija

## 6.3.2

Ellei tarkempaa tietoa ole, voidaan lämpimän käyttöveden varastoinnin häviönä käyttää taulukon 6.3b mukaista käyttövesivaraajan lämpöhäviötehoon perustuvaa arvoa.

Taulukko 6.3b. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviö.

Varaajan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, $Q_{\text{lkv, varastointi}}$ , kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

## 6.3.3

Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö ( $Q_{\text{lkv, kierto}}$ ) lasketaan kaavalla (6.5).

$$Q_{\text{lkv, kierto}} = \left( \phi_{\text{lkv, kierto, omin}} L_{\text{lkv}} + \phi_{\text{lkv, lämmitys, omin}} n_{\text{lämmityslaite}} \right) \frac{t_{\text{lkv, pumppu}}^{365}}{1000} \quad (6.5)$$

jossa

$Q_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö, kWh
$\phi_{\text{lkv, kierto, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
$L_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pituus, m
$\phi_{\text{lkv, lämmitys, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$n_{\text{lämmityslaite}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$t_{\text{lkv, pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun käyttöaika, h/vrk

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö voidaan laskea putkipituuden ja vakiolämpöhäviön avulla. Kiertojohtoon lämpöhäviön ominaistehon ohjearvona voidaan käyttää arvoa 40 W/m, ellei yksityiskohtaisempia laskelmia suoriteta. Mikäli kiertojohtoon eristystaso tunnetaan, voidaan käyttää taulukon 6.4 mukaisia arvoja. Pumpun käyttöaikana  $t_{\text{lkv, pumppu}}$  käytetään arvoa 24h/vrk.

Kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteholle voidaan käyttää taulukon 6.4 mukaisia arvoja. Mikäli lämpimän käyttöveden kiertojohtoon on kytketty kuivaukseen käytettäviä lämmityslaitteita, mutta niiden lukumäärää ei tiedetä, lisätään kiertojohtoon lämpöhäviön ominaistehoon +40 W/m. Mikäli lämmityslaitteiden lukumäärä tiedetään, voidaan tarkemman tiedon puuttuessa käyttää yhden lämmityslaitteen tehona arvoa 200 W.

Taulukko 6.4. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho.

Eristystaso	Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{\text{lkv,kierto,omin}}$
ei tietoa	40 W/m
0,5 D	10 W/m
1,5 D	6 W/m
suojaputki	15 W/m
suojaputki + 0,5 D	8 W/m
suojaputki + 1,5 D	5 W/m
Lämmityslaitteiden lukumäärä	Kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
lukumäärää ei tiedossa	lisäys kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehoon $\phi_{\text{lkv,kierto,omin}} + 40 \text{ W/m}$
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{\text{lkv,lämmitys,omin}}$ 200 W/kpl

Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijaan nähden.

Mikäli tarkempaa tietoa rakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituudesta ei ole, voidaan käyttää taulukon 6.5 rakennustyyppikohtaista arvoa kiertojohdon ominaispituudelle. Ominaispituuden avulla saadaan kiertojohdon pituus, kun se kerrotaan rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla.

Taulukko 6.5. Kiertojohdon pituus.

Rakennustyyppi	Kiertojohdon ominaispituus, m/m <sup>2</sup>
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot	0,043
Asuinkerrostalo	0,043
Toimistorakennus	0,020
Liikerakennus	0,020
Majoitusliikerakennus	0,043
Opetusrakennus ja päiväkot	0,020
Liikuntahalli	0,020
Sairaala	0,043

#### 6.3.4

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus ( $W_{\text{lkv,pumppu}}$ ) voidaan laskea kaavalla (6.6).

$$W_{\text{lkv,pumppu}} = P_{\text{lkv,pumppu}} t_{\text{lkv,pumppu}} \frac{365}{1000} \quad (6.6)$$

jossa

$W_{\text{lkv,pumppu}}$  lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh

$P_{\text{lkv,pumppu}}$  lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun ottoteho, W

$t_{\text{lkv,pumppu}}$  lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk.

Pumpun käyttöaikana  $t_{\text{lkv,pumppu}}$  käytetään arvoa 24h/vrk. Mikäli tarkempaa tietoa pumpun tehontarpeesta ei ole, voidaan pumpun ottotehona  $P_{\text{lkv,pumppu}}$  käyttää virtaamasta riippuvaa arvoa 200 W/dm<sup>3</sup>/s kerrottuna mitoitettulla virtaamalla.



## 6.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### 6.4.1

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu lämmitysenergian ( $Q_{\text{lämmitys}}$ ) ja sähköenergian ( $W_{\text{lämmitys}}$ ) kulutuksesta, jotka lasketaan erikseen.

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus ( $Q_{\text{lämmitys}}$ ) lasketaan lämmön tuottojärjestelmittäin kaavalla (6.7).

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (6.7)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve (kohta 6.2.2), kWh
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve (kohta 6.3), kWh
$\eta_{\text{tuotto}}$	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä (taulukot 6.6 ja 6.7), -

Jos rakennuksessa on kaksi tai useampia lämmöntuottojärjestelmiä, lasketaan lämmitysenergian kulutus järjestelmittäin sen kyseessä olevan järjestelmän hyötysuhteen ja järjestelmään kohdistuvan lämmöntarpeen avulla.

Taulukoissa 6.6. ja 6.7 esitetyt vuosihyötysuhteet sisältävät tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

*Taulukko 6.6 Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1. Huonekohtaisen sähkölämmityksen hyötysuhteena käytetään arvoa  $\eta_{\text{tuotto}}=1$  kaikille kuukausille ja koko vuodelle. Huonekohtaisen sähkölämmityksen lämmöntuoton sähkönkulutuksen ohjearvo = 0 kWh/(m<sup>2</sup> a).*

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/m <sup>2</sup>
standardi öljy/kaasu	0,81 <sup>(3)</sup>	0,99 <sup>(1)</sup> 0,59 <sup>(2)</sup>
kondenssi öljy	0,87 <sup>(3)</sup>	1,07
kondenssi kaasu	0,92 <sup>(3)</sup>	0,68
pellettikattila	0,75 <sup>(3)</sup>	0,77
puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
sähkökattila	0,88 <sup>(3)</sup>	0,02
kaukolämpö	0,94	0,6

<sup>1)</sup> öljy

<sup>2)</sup> kaasu

<sup>3)</sup> Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

Taulukko 6.7 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1. Huonekohtaisen sähkölämmityksen hyötysuhteena käytetään arvoa  $\eta_{\text{tuotto}}=1$  kaikille kuukausille ja koko vuodelle. Huonekohtaisen sähkölämmityksen lämmöntuoton sähkönkulutuksen ohjearvo = 0 kWh/(m<sup>2</sup>a).

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/m <sup>2</sup>
standardi öljy/kaasu	0,90	0,24 <sup>(1)</sup> 0,11 <sup>(2)</sup>
kondenssi öljy <sup>(3)</sup>	0,95	0,25
kondenssi kaasu <sup>(3)</sup>	1,01	0,12
pellettikattila	0,84	0,13
puukattila energiavaraajalla	0,82	0,25
kaukolämpö	0,97	0,07

<sup>1)</sup> öljy

<sup>2)</sup> kaasu

<sup>3)</sup> hyötysuhde alemman lämpöarvon mukaan

#### 6.4.2

Vaatimuksen mukaisuuden osoittamisessa varaavan tulisijan tuottona käytetään D3:n mukaista arvoa, joka voidaan jakaa tasan marras-, joul-, tammi- ja helmikuulle.

Vaatimuksen mukaisuuden osoittamisessa varaavien tulisijojen kokonaisvuosihyötysuhteena luovutuksesta ostoenergiaan kaavassa 6.7 voidaan käyttää arvoa 0,60 ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä.

#### 6.4.3

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus ( $W_{\text{lämmitys}}$ ) lasketaan kaavalla (6.8)

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv.pumppu}} + W_{\text{aurinko.pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} + W_{\text{LP,apu}} \quad (6.8)$$

jossa

$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{tilat}}$	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, (kohta 6.2.3), kWh
$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus (kohta 6.4.2), kWh
$W_{\text{lkv.pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, (kohta 6.3.4), kWh
$W_{\text{aurinko.pumput}}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus (kohta 6.5), kWh
$W_{\text{LP,lämmitys}}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, (kohta 6.6), kWh.
$W_{\text{LP,apu}}$	lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutus, joka ei sisälly lämpöpumpun lämpökertoimen mitattuihin arvoihin, (kohta 6.6), kWh

#### 6.4.2

Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden (esimerkiksi polttimen) sähkönkulutus  $W_{\text{tuotto,apu}}$  lasketaan kaavalla (6.9). Taulukoissa 6.6 ja 6.7 esitetään apulaitteiden ominaiskulutuksen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli ominaiskulutuksia ei tunneta tarkemmin.

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (6.9)$$

jossa

$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$e_{\text{tuotto}}$	apulaitteiden ominaiskulutus (taulukko 6.6), kWh/(m <sup>2</sup> a).
$A_{\text{netto}}$	rakennuksen lämmitetty netto-ala, m <sup>2</sup>

## 6.5 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä

### 6.5.1

Käyttöveden lämmitys aurinkoenergialla lasketaan kaavalla (6.10) taulukon 6.8 lukuarvoja käyttäen.

$$Q_{\text{aurinko}} = q_{\text{aurinkokeräin}} A_{\text{aurinkokeräin}} k_{\text{aurinkokeräin}} \quad (6.10)$$

jossa

$Q_{\text{aurinko}}$	aurinkokeräimellä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh/a
$q_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen energiantuotto käyttövedeen keräinpinta-alaa kohti (taulukko 6.8), kWh/(m <sup>2</sup> a)
$A_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen pinta-ala, m <sup>2</sup>
$k_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen suuntauksen huomioon ottava kerroin, (taulukko 6.9), -

Taulukon 6.8 arvoja käytettäessä aurinkoenergian osuus lämpimän käyttöveden lämmitysenergiasta saa laskelmassa kuitenkin olla korkeintaan 40 %. Tarkemmalla menetelmällä laskettaessa aurinkolämmön osuus voi olla suurempi.

Taulukko 6.8 Keräinten tuottama aurinkolämpö keräinten pinta-alaa kohti.

Vyöhyke/paikkakunta	$q_{\text{aurinkokeräin}}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
I / Helsinki	156
II / Jyväskylä	139
III/Sodankylä	125

Taulukon lukuarvot pätevät keräimille, joiden kallistuskulma on 30–70 astetta vaakatasosta. Muille kallistuskulmille taulukkoarvo kerrotaan lukuarvolla 0,8.

Taulukko 6.9. Keräinten suuntauksen huomioon ottavan kertoimen k lukuarvot.

Suuntaus	k
etelä/kaakko/lounas	1,0
itä/länsi	0,8
pohjoinen/koillinen/luode	0,6

### 6.5.2

Aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (6.11).

$$W_{\text{aurinkapumput}} = \sum (P_{\text{pumppu } i} t_{\text{pumppu } i}) / 1000 \quad (6.11)$$

jossa

$W_{\text{aurinko,pumput}}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergiankulutus
$P_{\text{pumppu } i}$	yksittäisen pumpun i teho, W
$t_{\text{pumppu } i}$	pumpun i käyttöaika, h

Mikäli suunnitteluarvoista ei ole yksityiskohtaista tietoa, voidaan pumpun tehon suunnitteluarvona käyttää kaavasta (6.12) laskettavaa tehoa.

$$P = 50 \text{ W} + 5A_{\text{aurinkokeräin}} \quad (6.12)$$

jossa

$P$  aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköteho,  $\text{m}^2$   
 $A_{\text{aurinkokeräin}}$  aurinkokeräimen pinta-ala,  $\text{m}^2$

Oletusarvoisesti voidaan pumpun käyttöaikana käyttää arvoa 2000 h/a, jos tarkempaa tietoa ei ole käytettävissä. Käyttöaika oletetaan jakautuvan ajallisesti kuukausittaisten säteilyenergioiden suhteessa.

Pumppujen sähköenergiasta mahdollisesti talteen otettavaa energiaa ei huomioida rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa.

## 6.6 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

### 6.6.1

Tässä luvussa esitetyllä lämpöpumppujen yksinkertaisella laskentamenetelmällä voidaan laskea lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus, lämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia sekä tilojen ja käyttöveden lämmitykseen tarvittava lisälämmitysenergia.

Lämpöpumpun sähköenergiankulutus koostuu lämmitysenergian tuoton energiankulutuksesta sekä apulaitteiden sähkönkulutuksesta. Lämpöpumpun sähköenergiankulutus lasketaan lämpöpumpun tuottaman tilojen tai käyttöveden lämmitysenergian sekä lämpöpumpun kausisuorituskykykertoimen (SPF-luku) avulla. Tämän 6.6 luvun taulukoissa esitetyt SPF-luvut ovat vuoden keskimääräisiä lämpökertoimia, joita voidaan käyttää vain silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta.

Kohdassa 6.6.2 esitettävässä lämpöpumppujen lisälämmitysenergian laskentamenetelmässä sekä kohdassa 6.6.3 esitettävien lämpöpumpun SPF-lukujen esimerkkiarvojen (taulukot 6.14–6.16) laskennassa on oletettu, että ulkoilmalämpöpumppujen alin toimintalämpötila on  $-20^\circ\text{C}$ . Samoin on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmitävät ulkoilma- ja maalämpölämpöpumput lämmitävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja, siten että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Tiloja ja käyttövettä lämmitävän poistoilmalämpöpumpun oletetaan lämmitävän tiloja sekä käyttövettä samanaikaisesti. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

### 6.6.2

Lämpöpumpulla tuotettava tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia lasketaan ottamalla lisälämmitykseen tarvittava energiankulutus huomioon kaavojen (6.13) ja (6.14) mukaisesti.

$$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} - Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} \quad (6.13)$$

jossa

$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$  lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh  
 $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$  tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh  
 $Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$  tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh

$$Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}} = Q_{\text{lämmitys, lkv}} - Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} \quad (6.14)$$

jossa

$Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh

Tilojen ja käyttöveden lämmityksessä tarvittava lisälämmityksen energiantarve ( $Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$  ja  $Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$ ) voidaan laskea kaavoilla (6.15) ja (6.16) käyttäen taulukoissa 6.10–6.13 esitettyjä lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuuden ( $Q_{lp}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ) arvoja.

$$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} = (1 - Q_{lp} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}) Q_{\text{lämmitys, tilat}} \quad (6.15)$$

jossa

$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{lp}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta, -
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

$$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} = (1 - Q_{lp} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}) Q_{\text{lämmitys, lkv}} \quad (6.16)$$

jossa

$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{lp}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta, -
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh

Tilojen ja käyttöveden lämmityksen energiankulutukset ( $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$  ja  $Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ ) voidaan laskea kaavoilla (6.1) ja (6.4). Mikäli lämpöpumpua käytetään ilmanvaihdon tuloilman lämmityksessä, ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutus lisätään kaavassa (6.13) rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutukseen ( $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ ).

Ulkoilma- ja maalämpöpumpujen tuottama lämmitysenergian osuus voidaan arvioida taulukoiden L2.1, L2.2 ja 6.10 avulla, jos lämpöpumpun nimellistehon ( $\phi_{LPn}$ ) suhde rakennuksen tilojen lämmityksen mitoitustehoon ( $\phi_{tila}$ ) tunnetaan. Tätä suuretta kutsutaan tässä ohjeessa suhteelliseksi lämpötehoksi ( $\phi_{LPn}/\phi_{tila}$ ). Taulukoissa esitetty lämpöpumpujen nimellisteho ( $\phi_{LPn}$ ) on määritetty standardin SFS EN 14511-2:2007 mukaisissa testausolosuhteissa, ulkoilmalämpöpumpuille ulkoilman lämpötilalla +7 °C ja sisäilman lämpötilalla 20 °C ja maalämpöpumpuille keruupiiriltä tulevan liuoksen lämpötilalla 0 °C lämmönjakoverkoston menoveden lämpötilalla 35 °C. Taulukoiden avulla voidaan lisäksi arvioida lämmönjakoverkoston lämpötilatason, tilojen- ja käyttöveden lämmitysenergian keskinäisen osuuden sekä Suomen säävyöhykkeiden vaikutus lisälämmitysenergian tarpeeseen.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian osuus voidaan arvioida taulukon 6.11 avulla, jos tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve ( $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ ) tunnetaan. Taulukon 6.13 avulla voidaan lisäksi arvioida poistoilmalämpöpumpun jäteilman lämpötilan vaikutus lämpöpumpulla tuotettavan lämmitysenergian osuuteen.

Kaikkien edellä mainittujen lämpöpumpputyypin lisälämmitykseen tarvittava energiankulutus voidaan arvioida taulukoiden avulla määritettävän lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuuden avulla, joka on lämpöpumpun tuottaman tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian ( $Q_{LP}$ ) ja rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian yhteenlasketun tarpeen ( $Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ) suhde.

Taulukko 6.10. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-ilma) tuottama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ) suhteellisen lämpötehon funktiona ( $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$ ) eri säävyöhykkeillä. Lämpöpumpun nimellisteho ( $\phi_{LPn}$ ) annetaan toimintapisteessä  $T_{\text{ulko}}/T_{\text{sisä}} + 7/20^{\circ}\text{C}$ .

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$		
	Säävyöhyke I ja II	Säävyöhyke III	Säävyöhyke IV
0,3	0,54	0,51	0,44
0,4	0,66	0,62	0,53
0,5	0,75	0,71	0,61
0,6	0,81	0,78	0,68
0,7	0,85	0,83	0,73

Taulukko 6.11. Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ) tilojen lämmitysenergiankulutuksen ja jäteilman lämpötilan funktiona.

$Q_{\text{lämmitys, tilat, kWh/(m}^2 \text{ a)}}$	$Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$		
	$T_{\text{jäte}} 1^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{jäte}} 3^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{jäte}} 5^{\circ}\text{C}$
50	0,95	0,90	0,84
100	0,72	0,66	0,60
150	0,56	0,51	0,46
200	0,46	0,41	0,37

### 6.6.3

Lämpöpumppu otetaan huomioon lämmityksen sähköenergiankulutusta laskettaessa vain sen ajanjakson osalta, jonka aikana lämpöpumppua käytetään. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus  $W_{LP, \text{lämmitys}}$  voidaan laskea kaavalla

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} / SPF_{\text{tilat}} + Q_{LP, \text{lämmitys, LKV}} / SPF_{LKV} + W_{\text{lisälämmitys}} \quad (6.17)$$

jossa

$W_{LP, \text{lämmitys}}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
$SPF_{\text{tilat}}$	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
$Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$SPF_{\text{lkv}}$	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
$W_{\text{lisälämmitys}}$	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve ( $Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} + Q_{\text{lisälämmitys, LKV}}$ ), kWh

Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-ilma) sähköenergiankulutus lasketaan kaavalla (6.17) käyttäen ainoastaan niiden tilojen lämmitysenergiankulutusta, jotka ovat lämpöpumpun vaikutuspiirissä. Tällöin näiden tilojen, lämmitysenergiankulutus on laskettava erikseen.

Kaavassa (6.17) eri lämpöpumpputyypin SPF-lukuina voidaan käyttää taulukoiden 6.12–6.14 lukuarvoja, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä. SPF-lukujen arvot ovat samat säävyöhykkeellä I ja II. Mikäli taulukoissa 6.12–6.13 esitetyt lämmönjakoverkoston lämpötilatasot eivät vastaa laskettavan tapauksen lämmönjakoverkoston lämpötilatasoa, voidaan taulukoissa esitettyjen SPF-lukujen väliarvoja interpoloida.

Taulukko 6.12. Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja.

Ulkoilmalämpöpumput	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
menoveden korkein lämpötila, °C	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

Taulukko 6.13. Maalämpöpumppujen SPF-lukuja

Maalämpöpumppu	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, °C	
menoveden korkein lämpötila, °C	-3	+3
Tilojen lämmitys		
30	3,4	3,5
40	3,0	3,1
50	2,7	2,7
60	2,5	2,5
Käyttöveden lämmitys		
60	2,3	2,3

Taulukko 6.14. Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteisiä SPF-lukuja poistoilman lämpötilan ollessa 21°C.

Poistoilmalämpöpumppu	SPF-luku
Jäteilman alin lämpötila	
+1	2,1
+3	2,0
+5	1,9

Lämpöpumpun SPF-luku voidaan laskea tarkemmin ympäristöministeriön oppaassa esitetyllä yksityiskohtaisella laskentamenetelmällä tai muulla vaihtoehdoisella menetelmällä käyttäen lähtötietona esimerkiksi standardien SFS EN 255-3 tai SFS EN 14511-3 mukaisilla testausmenetelmillä mitattuja tai muulla tavoin varmennettuja lämpöpumppujen tuotetietoja. Lämpöpumpun SPF-luvun määrittämisessä käytettävässä lämpöpumpun lämpökertoimessa otetaan huomioon mahdollisiin sulatusjaksoihin kuuluva energia sekä lämpöpumpun apulaitteiden esimerkiksi lämpöpumpun säätölaitteiden, puhaltimien sekä pumppujen sähkönkulutus standardin SFS EN 14511-3 osoittamalla tavalla.

Lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutus, joka ei sisälly lämpöpumpun lämpökertoimen mitattuihin arvoihin (joissakin laitteissa esimerkiksi lämmönkeruupiirin pumppaukseen kuuluva sähköenergia), otetaan erikseen huomioon SPF-luvun laskennassa. Rakennuksen lämmönjakopiirin pumppauksen sähkönkulutus lasketaan luvussa 6.1, jolloin sitä ei lasketa mukaan lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutukseen.

Koska lämpöpumpun puhaltimien sähkönkulutus sisältyy SPF-lukuun, poistoilmalämpöpumpulla varustetun rakennuksen ilmanvaihtokoneen puhaltimien sähkönkulutusta ei tarvitse ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutusta laskettaessa.

Lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutus  $W_{LP,apu}$ , joka ei sisälly lämpöpumpun lämpökertoimen mitattuihin arvoihin, voidaan laskea kaavan (6.18) avulla.

$$W_{LP,apu} = P_{apu} \Delta t \quad (6.18)$$

jossa

$W_{LP,apu}$	lämpöpumpun apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$P_{apu}$	lämpöpumpun apulaitteiden sähköteho, kW
$\Delta t$	apulaitteiden käyttöaika laskentajaksolla, h

# Luonnos 27.10.2011



## 7

# ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

## Tässä luvussa lasketaan

Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus

## Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

Ilmanvaihtokoneiden sähkötehot tai SFP-luvut

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat

### 7.1.1

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkökulutus lasketaan suunnitellun ominaissähkötehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona kaavan (7.1) mukaan.

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP q_v \Delta t + W_{iv, muut} \quad (7.1)$$

jossa

$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\Delta t$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h
$W_{iv, muut}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutus, kWh

Tarpeenmukaisesti ohjatun ilmanvaihdon vaikutus lasketaan erikseen siihen soveltuvilla menetelmillä. Ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan yleensä niin, että ominaissähköteho ei ylitä arvoa 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä) tai arvoa 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) (koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä).

### 7.1.2

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho lasketaan konekohtaisesti kaavalla (7.2).

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (7.2)$$

jossa

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$P_{puh}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s

### Selostus

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoon vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän painehäviö ja puhaltimien hyötysuhde. Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho laskennassa käytetään käyttöajan tehostamatonta poistoilmavirtaa tai tuloilmavirtaa (suurempaa näistä).

### 7.1.3

Puhaltimen sähköenergiankulutus voidaan laskea myös kaavalla (7.3)

$$W_{\text{puhallin}} = \frac{\Delta p_{\text{puhallin}} \times q_v}{\eta_{\text{puhallinkk}} \times 1000} \Delta t \quad (7.3)$$

jossa

$W_{\text{puhallin}}$	puhaltimen sähköenergian kulutus, kWh
$\Delta p_{\text{puhallin}}$	puhaltimen paineen korotus, Pa
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\eta_{\text{puhallinkk}}$	puhaltimen kokonaishyötysuhde, -
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h

Puhaltimen kokonaishyötysuhde voidaan laskea kaavalla

$$\eta_{\text{puhallinkk}} = \eta_{\text{puhallin}} \times \eta_{\text{käyttö}} \times \eta_{\text{moottori}} \times \eta_{\text{säätö}} \quad (7.4)$$

$\eta_{\text{puhallin}}$	puhaltimen hyötysuhde sisältäen laakerihäviöt, -
$\eta_{\text{käyttö}}$	hihnakäytön hyötysuhde, -
$\eta_{\text{moottori}}$	moottorin hyötysuhde, -
$\eta_{\text{säätö}}$	pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde (esimerkiksi taajuusmuuttaja), -

Kaava (7.3) käytettäessä on puhaltimien tehonsäätölaitteiden sähkökäyttö laskettava erikseen.

#### 7.1.4

Puhaltimen ilmavirran lämpötilaa nostava vaikutus lasketaan kaavalla (7.5)

$$\Delta T_{\text{puhallin}} = \frac{SFP p_s}{\rho_i c_{pi}} = \frac{P_{\text{puh}} p_s}{\rho_i c_{pi} q_v} \quad (7.5)$$

jossa

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$p_s$	ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde, -
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kg K)
$P_{\text{puh}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s

Suhdeluvulle  $p_s$  käytetään taulukossa (7.1) annettuja arvoja.

*Taulukko 7.1 Ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde  $p_s$*

Puhaltimen moottorin sijainti	$p_s$
Ilmavirrassa	1,0
Ei ole ilmavirrassa	0,6

Mikäli laskennassa tarvittavia lähtöarvoja ei ole käytettävissä, voidaan oletuksena käyttää arvoa 0,5 °C.

## 7.1.7

Muu ilmanvaihtojärjestelmän, kuten lämmöntalteenottojärjestelmän pumppujen ja pyörivän lämmöntalteenottolaitteen moottorin sähkökulutus lasketaan kaavalla (7.6.)

$$W_{iv, muut} = \sum P_{muu} \Delta t / 1000 \quad (7.6)$$

jossa

$W_{iv, muut}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutus, kWh
$P_{muu}$	muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehonsäätölaitteiden sähköteho, W
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h

# Luonnos 27.10.2011

## 8

# JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

## Tässä luvussa lasketaan

Jäähdytysjärjestelmän sähkö- ja lämpöenergian kulutus

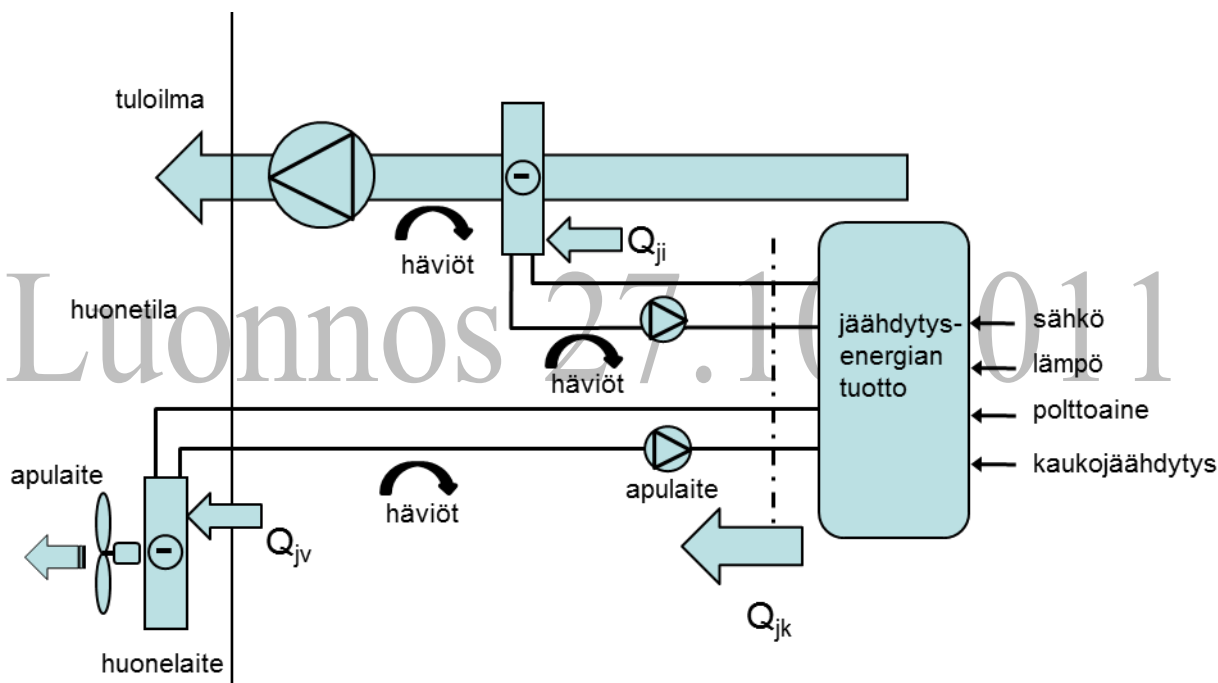
## Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

Ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia

Huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia

### 8.1.1

Rakennuksen tilojen jäähdyttämiseen käytettävä jäähdytysenergia tuodaan tiloihin joko ilmavirran tai vesivirran avulla tai käyttäen molempia tapoja samanaikaisesti, kuva 8.1. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus koostuu jäähdytysenergian tuoton (esimerkiksi kompressorilaitos tai jäähdytystorni) energiankulutuksesta sekä apulaitteiden sähkönkulutuksesta.



Kuva 8.1 Jäähdytysjärjestelmän periaatekuva

Jäähdytysjärjestelmän käyttämä vuotuinen energiankulutus arvioidaan ilmanvaihdon tai ilmastoinnin jäähdytyspatterin vuotuisen jäähdytysenergiaan  $Q_{ji}$ , huonelaitteiden jäähdytysenergiaan  $Q_{jv}$  sekä jäähdytysjärjestelmän ominaisuuksiin perustuen. Mainitut vuosienenergiat lasketaan tilojen jäähdytysenergiatarpeen laskennan yhteydessä, tarkoitukseen soveltuvalla energiasimulointiohjelmalla enintään tunnin pituista aika-askelta käyttäen. Jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia ( $Q_{jk}$ ) on

$$Q_{jk} = (1 + \beta_{hji})Q_{ji} + (1 + \beta_{hju})Q_{ju} \quad (8.1)$$

- $Q_{jk}$  jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh  
 $Q_{ji}$  ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh  
 $Q_{ju}$  huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh  
 $\beta_{hji}$  järjestelmän ilmapuolen (termiset, kondenssi ynnä muut) häviöt huomioon ottava kerroin  
 $\beta_{hju}$  järjestelmän vesipuolen (termiset) häviöt huomioon ottava kerroin.

Lasketavasta (ohjelmasta) riippuen ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia sisältää jäähdytyspatterilla tapahtuvan ilman kosteuden kondensoitumiseen tarvittavan jäähdytysenergian (märkä patteri) tai ei sisällä sitä (kuiva patteri). Tämä täytyy huomioida taulukon 8.2 häviökertoimien käytössä. Jos jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia sisältää kosteuden kondensoitumiseen tarvittavan energian, käytetään sitä taulukon 8.2 kertoimen  $\beta_{hji}$  arvoa joka ei sisällä kondensoitumisen vaikutusta. Jos toisaalta kondensoituminen ei sisällä jäähdytyspatterin käyttämään energiaan, se täytyy huomioida kertoimella joka sisältää kondensoitumisen.

### 8.1.2

Sähköä jäähdytysenergian tuottamiseen käytävälle järjestelmälle vuotuinen jäähdytysjärjestelmän sähköenergiankulutus  $W_{\text{jäähdytys}}$  (kWh) lasketaan kaavalla

$$W_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_E} + W_{\text{jäähd.apu}} \quad (8.2)$$

- $W_{\text{jäähdytys}}$  vuotuinen jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh  
 $Q_{jk}$  jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh  
 $\varepsilon_E$  jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin, -  
 $W_{\text{jäähd.apu}}$  jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkökulutus, kWh

Vastaavasti lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän (absorptiojäähdytys tai kaukojäähdytys) vuotuinen energiantarve lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_Q} \quad (8.3)$$

- $Q_{\text{jäähdytys}}$  lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän vuotuinen energiantarve, kWh  
 $Q_{jk}$  jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh  
 $\varepsilon_Q$  jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin, -.

Jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin määritellään prosessilla vuosittain tuotetun jäähdytysenergian suhteena kyseessä olevaan prosessiin vuosittain käytetyn energian määrään. Tuotto prosessiin käytettävään energiaan sisältyy tällöin muun muassa lauhdutinkiertoa käytettävä pumppausenergia, lauhduttimen puhallinenergia, jäähdytystornin puhallinenergia ynnä muu jäähdytys prosessin välittömästi käyttämä energia.

Jäähdytysenergian tuottotavan kylmäkerroimet on esitetty taulukossa (8.1) ja häviökertoimet taulukossa (8.2). Taulukossa esitettyjen kertoimien tilalla voidaan myös käyttää, yksityiskohtaisemmilla menetelmillä määritettyjä suoritusarvoja.

Taulukko 8.1. Jäähdytysenergian tuottoprosessin vuotuisia kylmäkertoimia.

Jäähdytysenergian tuottotapa	$\epsilon_E$	$\epsilon_Q$
Kompressori-kylmälaitos, ilmalauhdutteinen	2,5	-
Kompressori-kylmälaitos, vesilauhdutteinen	3	-
Vapaajäähdytys, liuosjäähdytin (kuiva)	5	-
Vapaajäähdytys, jäähdytystorni (märkä)	7	-
Vapaajäähdytys, maaputkisto (vaakasuora)	30	-
Split laitteet	3	-
Kaukojäähdytys (lämmönsiirrin)	-	1
Absorptiojäähdytys	-	0,7

Taulukko 8.2. Jäähdytyksen häviökertoimen ohjearvoja.

Jäähdytyksen menoveden lämpötila	$\beta_{hji}^{1)}$	$\beta_{hji}^{2)}$	$\beta_{hiv}$
7 C	0,3	0,6	0,2
10 C	0,2	0,5	0,15
15 C	0,1	0,2	0,1
18 C	0,0	0,0	0,0

1) ei sisällä kondenssihäviötä

2) sisältää kondenssihäviön

## 8.1.3

Kun rakennuksessa käytettävä jäähdytysenergia tuotetaan kahdella eri prosessilla, esimerkiksi vapaajäähdytyksellä ja sitä täydentävällä kompressoriyksiköllä, järjestelmän vuotuinen energiankulutus-lasketaan kaavalla

$$W_{\text{jäähdytys}} = \alpha_1 \frac{Q_{jk}}{\epsilon_{E1}} + \alpha_2 \frac{Q_{jk}}{\epsilon_{E2}} + W_{\text{jäähd, apu}} \quad (8.4)$$

$W_{\text{jäähdytys}}$	vuotuinen jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh
$\alpha_1$	tuottoprosessilla 1 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, -
$\alpha_2$	tuottoprosessilla 2 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, - ( $\alpha_1 + \alpha_2 = 1,0$ )
$\epsilon_{E1}$	tuottoprosessin 1 vuotuinen kylmäkerroin, -
$\epsilon_{E2}$	tuottoprosessin 2 vuotuinen kylmäkerroin, -
$W_{\text{jäähd, apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh

## 8.1.4

Edellisen lisäksi järjestelmät käyttävät sähköä pumppujen, puhaltimien ym. apulaitteiden toimintoihin jäähdytyksen luovutus- ja jakelutoimintojen yhteydessä. Apulaitteiden sähkönkulutukseen lasketaan jäähdytysenergian jakeluun tarvittava pumppausenergia sekä jäähdytysenergian luovutuksen tehostamiseen käytettävä energia, esim. puhallinkonvektorin puhallinenergia. Apulaitteiden sähkönkulutukseen ei lasketa ilmanvaihdon tai ilmastoinnin ilman siirtämiseen käyttämää puhallinenergiaa eikä jäähdytysenergian tuottoprosessin yhteydessä käytettävää energiaa. Apulaitteiden sähkönkulutus riippuu järjestelmän tyypistä ja se lasketaan kaavalla (8.5).

$$W_{\text{jäähd, apu}} = \beta_{\text{apu}} Q_{\text{jk}} \quad (8.5)$$

$W_{\text{jäähd, apu}}$  jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh  
 $\beta_{\text{apu}}$  järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskerroin, -  
 $Q_{\text{jk}}$  jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh

Kulutuskertoimelle on esitetty arvoja taulukossa (8.3). Taulukossa esitettyjen arvojen tilalla voidaan aina käyttää yksityiskohtaisemmalla menetelmällä laskettuja arvoja.

*Taulukko 8.3. Jäähdytyksen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskertoimen arvoja.*

Jäähdytysjärjestelmä	$\beta_{\text{apu}}$
Vesijärjestelmä, jäähdytyspalkki	0,06
Vesijärjestelmä, puhallinkonvektori	0,08
Ilmajärjestelmä, ilmamääräsäätöinen järjestelmä	0,05

# Luonnos 27.10.2011

## 9

## LÄMMITYSTEHO

**Tässä luvussa lasketaan**

- 9.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve
- 9.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho
- 9.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 9.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho
- 9.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

**Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään**

- Rakennusosien pinta-alat
- Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- Rakennuksen ilmatilavuus
- Ilmanvaihdon ilmavirrat
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilasuhteet mitoitustilanteessa
- Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama
- Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet

## 9.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve

## 9.1.1

Rakennuksen lämmitystehontarve lasketaan yleensä tilakohtaisesti, jolloin voidaan laskea tilassa tarvittava lämmitysteho ja mitoittaa ja valita tilakohtaiset lämmityslaitteet. Rakennuksen lämmitystehontarve riippuu pääasiassa rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmavuodoista ja ilmanvaihdosta. Lämmitystehontarve lasketaan paikkakunnan mitoittavalla ulkoilman lämpötilalla, joka on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3 liitteessä 2. Jos ilmanvaihtoon tarvittava ulkoilma tai osa siitä tuodaan tiloihin suoraan ulkoa tai huoneilman lämpötilaa matalammassa lämpötilassa, on sen lämpenemisen tarvitsema teho otettava huomioon tilakohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa. Ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman jälkilämmitys otetaan huomioon ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoituksessa. Rakennuksen lämmitystehontarve saadaan tilakohtaisten samanaikaisten lämmitystehontarpeiden summana, johon lisätään ilmanvaihtojärjestelmästä riippuen mahdollisen tuloilman lämmitystehontarve sekä lämpimän käyttöveden lämmityksen samanaikainen tehontarve.

Auringon säteilylämpöä ei oteta huomioon tehontarpeen laskennassa. Sisäisten lämmönlähteiden vaikutus tehontarpeeseen otetaan huomioon vain niiden ollessa merkittäviä ja jatkuvia. Rakennuksen rakenteiden lämpökapasiteetti otetaan huomioon epäjatkuvan lämmityksen mitoituslämmitystehoa laskettaessa.

Lämmöntuottolaitteistot voidaan mitoittaa lasketusta lämmitystehontarpeesta poikkeavasti. Esimerkiksi varaavissa järjestelmissä varaajaan tai varaaviin rakenteisiin voidaan tuoda vuorokautinen energia muutamassa tunnissa. Teho on tällöin moninkertainen jatkuvaan lämmitystehontarpeeseen nähden. Toisaalta lämpimän käyttöveden suuret hetkittäiset tehohiiput voidaan ottaa varaajasta, jolloin varaajaa voidaan lämmittää hitaasti pienellä teholla uutta käyttöä varten.

Jaksollisessa ja osa-aikaisessa lämmityksessä käytettävien laitteiden mitoitus riippuu voimakkaasti palautuslämmityksen aikaisesta tehontarpeesta, johon vaikuttavat palautuslämmitysaika, rakenteiden lämpökapasiteetti (massiivisuus), lämpötilan sallittu lasku ja lämmitysjakson pituus.



## 9.1.2

Rakennuksen lämmitystehontarve ( $\phi_{\text{lämmitys}}$ ) lasketaan laskemalla yhteen samanaikaiset tehontarpeet kaavalla (9.1).

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{tila}}}{\eta_{\text{tilalämmitys}}} + \frac{\phi_{\text{tuloilmapatteri}}}{\eta_{\text{tuloilma}}} + \frac{\phi_{\text{lkv}}}{\eta_{\text{lkv}}} \quad (9.1)$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
$\phi_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\eta_{\text{tilalämmitys}}$	tilalämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{tuloilma}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -

Mikäli järjestelmien hyötysuhdetta mitoitusolanteessa ei tunneta, voidaan hyötysuhteena käyttää arvoa 0,9. Suoraan sisäilmaa tai tuloilmaa lämmittävän sähkölämmityksen hyötysuhteena voidaan kuitenkin yleensä käyttää arvoa 1,0.

## 9.1.3

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve ( $\phi_{\text{tilalämmitys}}$ ) lasketaan kaavalla (9.2).

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{korvausilma}} \quad (9.2)$$

jossa

$\phi_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilma}}$	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W
$\phi_{\text{korvausilma}}$	teho korvausilman lämmittämiseen tilassa, W

## 9.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho

## 9.2.1

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho ( $\phi_{\text{joht}}$ ) lasketaan kaavalla (9.3).

$$\phi_{\text{joht}} = \phi_{\text{ulkoseinä}} + \phi_{\text{yläpohja}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{muu}} + \phi_{\text{kylmäsiltilat}} \quad (9.3)$$

jossa

$\phi_{\text{joht}}$	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
$\phi_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
$\phi_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
$\phi_{\text{ovi}}$	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
$\phi_{\text{muu}}$	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
$\phi_{\text{kylmäsiltilat}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W

Lämpöhäviötehot rakennusosien läpi lasketaan jokaiselle rakennusosalle j kaavalla (9.4).

$$\phi_j = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.4)$$

Lämpöhäviötehot kylmäsiltojen läpi lasketaan kaavalla (9.5).

$$\phi_{kylmäsilta} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.5)$$

joissa

$\phi_j$	johtumislämpöteho rakennusosan j läpi, W
$\phi_{kylmäsilta}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W
$U_i$	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A_i$	rakennusosan i pinta-ala, m <sup>2</sup>
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$l_k$	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
$\Psi_k$	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)

Mitoitustilanteen ulkolämpötila valitaan rakennuksen sijaintipaikan mukaan säätietotaulukosta, joka on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3 liitteessä 2.

### 9.2.2

Tilakohtaisen lämmitystehon laskennassa viereisiin tiloihin joutuva lämpöteho huomioidaan tarvittaessa kaavassa 9.3 termissä  $\phi_{muu}$ . Viereisiin tiloihin johtuva lämpöteho lasketaan kaavalla (9.4) käyttämällä laskennassa tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykertoimia ja lämpötilaerona tilojen sisälämpötilojen eroa.

### 9.2.3

Johtumisteho alapohjan läpi voidaan laskea kaavan (9.4) avulla, jos lämmönjohtuminen alapohjasta tapahtuu pääasiassa ulkoilmaan. Jos ilman lämpötila alapohjan alla on jatkuvasti sama kuin ulkoilman lämpötila, käytetään mitoituksessa tällöin tätä varsinaista ulkoilman lämpötilaa.

### 9.2.4

Jos alapohjan alla oleva ryömintätila on osittain suljettu siten, että tuuletusaukkoja on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, mitoittavana lämpötilana käytetään vuotuisen keskilämpötilan arvoja vähennettynä 2 °C:lla.

### 9.2.5

Maahan johtuva teho voidaan laskea kaavan (9.4) avulla. Tällöin käytetään lämmönläpäisykertoimena rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti laskettuja rakenteiden ja maaperän yhteenlaskettuja arvoja. Mitoittavana ulkolämpötilana käytetään vuotuisen keskilämpötilan arvoja lisättynä 2 °C:lla. Pinta-alana käytetään välittömästi maan kanssa kosketuksissa olevaa alapohjan pinta-alaa.

### 9.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve

#### 9.3.1

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve ( $\phi_{\text{vuotoilma}}$ ) lasketaan kaavalla (9.6).

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (9.6)$$

jossa

$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

#### 9.3.2

Jos on perusteltua syytä olettaa rakennus poikkeuksellisen tiiviiksi tai epätiiviksi, on vuotoilmavirta tällöin arvioitava erikseen. Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ei ilmavuotoja yleensä tarvitse ottaa huomioon.

### 9.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve

#### 9.4.1

Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve ( $\phi_{\text{tuloilma}}$ ) lasketaan kaavalla (9.7).

$$\phi_{\text{tuloilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{tulo}} (T_s - T_{sp}) \quad (9.7)$$

jossa

$\phi_{\text{tuloilma}}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C

### 9.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve

#### 9.5.1

Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve ( $\phi_{\text{korvausilma}}$ ) lasketaan kaavalla (9.8).

$$\phi_{\text{korvausilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{korvausilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (9.8)$$

jossa

$\phi_{\text{korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, \text{korvausilma}}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

## 9.5.2

Korvausilmamäärä lasketaan kaavalla (9.9)

$$q_{v, korvausilm} = q_{v, poisto} - q_{v, tulo} \quad (9.9)$$

jossa

$q_{v, korvausilm}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

## 9.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho

## 9.6.1

Tehontarpeen laskennassa käytetään suunnitelmien mukaisia ilmavirtoja, vähintään rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan määritetyjä ilmavirtoja. Lämmityslaitteistojen tehoa ei tarvitse mitoittaa ilmanvaihdon lyhytaikaisten tehostustilanteiden, kuten esimerkiksi pientaloissa liesituulettimen suurimman poistoilmavirran mukaisesti.

Poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteilla tuloilman lämmityksessä hyödynnettävä teho lasketaan ottamalla huomioon lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde mitoituslämpötilassa, mukaan lukien lämmöntalteenottolaitteen jäätymissuojauksen toiminta, ilmavirtojen mahdolliset muutokset sekä hyödyksi saatava tuloilmapuhaltimien sähköteho.

Poistoilmalämpöpumpun vaikutus ilmanvaihdon lämmitystehontarpeeseen lasketaan erikseen ottamalla huomioon talteenotetun lämmön käyttökohde.

## 9.6.2

Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitysteho lasketaan ilmanvaihtokoneittain kaavalla (9.10).

$$\phi_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v, tulo} (T_{sp} - T_{lto, mit}) \quad (9.10)$$

jossa

$\phi_{iv}$	ilmavaihdon lämmityspatterin teho, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$T_{lto, mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan kaavalla (9.11).

$$T_{lto, mit} = T_{u, mit} + \eta_{t, mit} (T_s - T_{u, mit}) \quad (9.11)$$

jossa

$T_{lto, mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C
$T_{u, mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$\eta_{t, mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa, -
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C

## 9.6.3

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitusstilanteessa ( $\eta_{t,mit}$ ) lasketaan kaavalla (9.12).

$$\eta_{t,mit} = \frac{\eta_{p,mit}}{R} \quad (9.12)$$

jossa

$\eta_{t,mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitusstilanteessa, -
$\eta_{p,mit}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhte mitoitusstilanteessa, -
R	tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -

## 9.6.4

Lämmitystehon laskennassa otetaan huomioon poistoilman lämpötilasuhteen heikentäminen esimerkiksi ohittamalla lämmöntalteenotto, jotta lämmönsiirrin ei jäätyisi. Jäteilman lämpötilana mitoitusstilanteessa käytetään ensisijaisesti valmistajan ilmoittamaa varmennettua arvoa. Mikäli valmistajan ilmoittamaa arvoa ei ole käytettävissä, voidaan tehontarpeen laskennassa jäätymisenestön rajoituslämpötilana käyttää kuivissa toimistotiloissa jäteilman lämpötilaa 0 °C ja tavanomaisissa asuintiloissa +5 °C, jos valmistaja, jäätymissuojaus ja käyttöolosuhteet sen sallivat.

Jos lämmöntalteenotto kykenee nostamaan tuloilman lämpötilan korkeammaksi kuin tuloilman lämpötilan asetusarvo, kaavalla (9.10) laskettu arvo on negatiivinen. Tällöin tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarpeena käytetään arvoa 0 W.

**Selostus**

*Lämmön talteenottolaitteen jäätymissuojauksesta johtuva mahdollinen lämpötilasuhteen pieneneminen lasketaan ympäristöministeriön monisteen 122 mukaan.*

Luonnos 27.10.2011

## 9.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

## 9.7.1

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaisesti määritetyllä rakennuskohtaisella lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamalla. Tehoon lisätään tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöteho. Yleensä kiertojohdon lämpöhäviöteho on pieni verrattuna käyttöveden lämmitystehon tarpeeseen.

Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (9.13).

$$\phi_{lkv} = \rho_v c_{pv} q_{v, lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) + \phi_{lkv, kiertohäviö} \quad (9.13)$$

jossa

$\phi_{lkv}$	käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve, kW
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$q_{v, lkv}$	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m <sup>3</sup> /s
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
$\phi_{lkv, kiertohäviö}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt, kW

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ( $T_{lkv} - T_{kv}$ ) arvoa 50 °C.

## 9.7.2

Jos käyttövesi lämmitetään varaajassa, on varaajan latausteho yleensä pienempi kuin käyttöveden lämmitysteho mitoitusvirtaamalla. Varaajan latausteho ja varauskyky mitoitetaan yleensä vastaamaan vuorokauden kulutusta. Varaajan lämpöhäviöt tulee ottaa lataustehoa mitoitettaessa huomioon.

Käyttöveden lämmityksen tarvitsemaan tehoon lasketaan tarvittaessa mukaan lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden aiheuttama lämmitystehon tarve kaavalla (9.14) tai kaavalla (9.15).

$$\phi_{l_{kv}, kiertohäviö} = \phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin} A_{netto} \quad (9.14)$$

$$\phi_{l_{kv}, kiertohäviö} = \rho_v c_{pv} q_{v, l_{kv}, kierto} (T_{l_{kv}} - T_{l_{kv}, kierto, paluu}) \quad (9.15)$$

jossa

$\phi_{l_{kv}, kiertohäviö}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt, kW
$\phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden ominaisteho, kW/m <sup>2</sup>
$A_{netto}$	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$q_{v, l_{kv}, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon mitoitusvesivirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{l_{kv}}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{l_{kv}, kierto, paluu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon paluuvien lämpötila, °C

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja lämpimän veden kiertojohtoon paluuvien lämpötilaeron ( $T_{l_{kv}} - T_{l_{kv}, kierto, paluu}$ ) arvoa 5 °C.

Ellei selvityksin toisin osoiteta, käytetään asuinrakennuksissa ja vastaavissa lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsemana ominaistehona arvoa 0,002 kW/m<sup>2</sup>, jos kiertojohtoon ei ole kytketty kuivauspattereita. Jos kiertojohtoon on kytketty kuivauspattereita, ominaistehona käytetään arvoa 0,004 kW/m<sup>2</sup>. Muissa rakennustyypeissä ominaisteho on puolet asuinrakennusten arvoista.

## 10

---

**AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SÄHKÖNTUOTTO**


---

**Tässä luvussa lasketaan**  
aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

**Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään**  
kennojen pinta-ala, suuntaus ja kallistus sekä kennojen huipputehokerroin ja tiedot asennustavasta säteily vaakapinnalle

## 10.1.1

Rakennukseen liitetyn aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähköenergia  $W_{pv}$  [kWh/a] voidaan laskea tällä menetelmällä, joka noudattaa standardin SFS EN 15316-4-6 menettelytapaa, mihin on liitetty kansalliset kertoimet ja taulukkoarvot. Menetelmä koskee ainoastaan rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevan aurinkosähköjärjestelmän energiantuoton laskentaa ja menetelmä ei käsittele sähkön siirtoa, jakelua ja varastointia.

Aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia lasketaan kaavalla (10.1)

$$W_{pv} = \frac{G_{aur} \cdot P_{maks} \cdot F_{käyttö}}{I_{ref}} \quad (10.1)$$

jossa

$W_{pv}$	aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia vuodessa, kWh
$G_{aur}$	kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana, kWh/m <sup>2</sup>
$P_{maks}$	aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho, jonka kennosto tuottaa referenssisäteilytilanteessa ( $I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$ , referenssilämpötilassa 25 °C), kW
$F_{käyttö}$	käyttötilanteen toimivuuskerroin, -
$I_{ref}$	referenssisäteilytilanne, 1 kW/m <sup>2</sup>

Kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana lasketaan kaavalla (10.2)

$$G_{aur} = G_{aur,hor} \cdot F_{asento} \quad (10.2)$$

jossa

$G_{aur}$	kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia vuoden aikana, kWh/m <sup>2</sup>
$G_{aur,hor}$	vaakatasolle osuvan auringon säteilyn kokonaisenergian määrä vuodessa, D3 liite 2, kWh/m <sup>2</sup>
$F_{asento}$	aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, (Kaava 10.4), -

Aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho  $P_{maks}$  on laitteen testattu teho standardiolosuhteissa. Menetelmä on kuvattu standardissa SFS-EN 61829. Mikäli testattua tulosta ei ole käytettävissä, lasketaan  $P_{maks}$  kaavasta (10.3).

$$P_{maks} = K_{maks} \cdot A_{kenno} \quad (10.3)$$

jossa

$P_{maks}$  aurinkosähkökennojen tuottama suurin sähköteho, jonka kennosto tuottaa referenssisäteilytilanteessa ( $I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$ , referenssilämpötilassa  $25 \text{ °C}$ ), kW  
 $K_{maks}$  huipputehokerroin, joka riippuu aurinkosähkökennon tyypistä, (Taulukko 10.3),  $\text{kW/m}^2$   
 $A_{kenno}$  aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä),  $\text{m}^2$

Käyttötilan toimivuuskerroin  $F_{käyttö}$  ottaa huomioon aurinkokennon ympäristön tekijöitä kuten sähköenergian inversion tasavirrasta vaihtovirtaan, kennon toimintalämpötilan vaikutuksen ja asennusympäristön vaikutuksen.

Menetelmä ei huomioi ympäristön ja rakennusten aiheuttamia varjostuksia aurinkokennoille ja jos niitä esiintyy, ne huomioidaan korjaamalla kerrointa  $F_{käyttö}$  varjostuksen suhteellisella määrällä koko kennoston pinta-alasta ( $1 - A_{varjostus}/A_{kokonaisala}$ ).

Aurinkokennojen mahdollisen tarvitseman apuenergian kulutusta ei lasketa erikseen, ja aurinkokennojen tuottamassa energiassa on mukana ainoastaan nettoenergia.

Aurinkokennojen mahdollisesti tuottamaa lämpöä tai niistä talteen otettavaa lämpöä ei oteta huomioon rakennuksen energiataselaskennassa.

Aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin  $F_{asento}$  lasketaan kaavalla (10.4)

$$F_{asento} = F_1 \cdot F_2 \quad (10.4)$$

jossa

$F_{asento}$  aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, -  
 $F_1$  ilmansuunnan mukainen kerroin, -  
 $F_2$  kallistuksen mukainen kerroin, -

Taulukko 10.1. Ilmansuunnan mukainen kerroin  $F_1$ .

Suuntaus	$F_1$
-	-
etelä/kaakko/lounas	1
itä/länsi	0,8
pohjoinen/koillinen/luode	0,6

Taulukko 10.2. Kallistuksen mukainen kerroin  $F_2$ .

Kallistuskulma	$F_2$
-	-
< $30^\circ$	1
$30^\circ \dots 70^\circ$	1,2
> $70^\circ$	1



Taulukko 10.3. Huipputehokerroin  $K_{maks}$ , joka riippuu aurinkosähkökennon tyypistä.

Aurinkosähkökennon tyyppi	Huipputehokerroin, $K_{maks}$ kW/m <sup>2</sup>
piipohjaiset yksikiteiset kennot *	0,12...0,18
piipohjaiset monikiteiset kennot *	0,10...0,16
ohutkalvo kiteetön pii kennot	0,04...0,08
muut ohutkalvotekniikalla toteutetut kennot	0,035
Ohutkalvotekniikalla toteutettu CuInGaSe <sub>2</sub> kenno	0,105
Ohutkalvotekniikalla toteutettu CdTe kenno	0,095
* pakkaustiheys >80 %	

Taulukko 10.4. Käyttötilanteen toimivuuskerroin  $F_{käyttö}$ .

Aurinkokennon asennustapa	Käyttötilanteen toimivuuskerroin, $F_{käyttö}$
	-
Tuulettamaton moduuli	0,70
Hieman tuuletettu moduuli	0,75
Voimakkaasti tuuletettava tai koneellisesti tuuletettu moduuli	0,80

Luonnos 27.10.2011

## Liite1

## Kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ohjearvoja

Taulukko L1.1 Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskuksen hyötysuhteiden kuukausittaisia ohjearvoja.

Kuukausi	Hyötysuhde, -						
	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	pelletti- kattila	puukattila energiavaraajalla	sähkö kattila	kaukolämpö
1	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,94	0,96
2	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,93	0,96
3	0,83	0,89	0,94	0,77	0,71	0,90	0,95
4	0,79	0,85	0,91	0,73	0,75	0,86	0,93
5	0,72	0,79	0,84	0,65	0,69	0,79	0,91
6	0,67	0,73	0,78	0,60	0,55	0,74	0,91
7	0,68	0,74	0,78	0,60	0,67	0,74	0,91
8	0,67	0,73	0,78	0,60	0,57	0,74	0,91
9	0,73	0,79	0,84	0,66	0,67	0,79	0,91
10	0,80	0,86	0,91	0,74	0,76	0,87	0,94
11	0,83	0,90	0,95	0,78	0,74	0,91	0,95
12	0,85	0,91	0,97	0,80	0,79	0,93	0,96

Taulukko L1.2 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskuksen hyötysuhteiden kuukausittaisia ohjearvoja.

Kuukausi	Hyötysuhde, -						
	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	pelletti- kattila	puukattila energiavaraajalla	kaukolämpö	
1	0,92	0,97	1,03	0,87	0,84	0,98	
2	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,98	
3	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98	
4	0,88	0,93	0,99	0,80	0,80	0,95	
5	0,78	0,83	0,88	0,64	0,71	0,88	
6	0,68	0,73	0,77	0,51	0,60	0,83	
7	0,67	0,71	0,76	0,50	0,59	0,82	
8	0,67	0,72	0,77	0,51	0,61	0,83	
9	0,77	0,82	0,87	0,63	0,72	0,88	
10	0,88	0,93	0,99	0,81	0,82	0,96	
11	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98	
12	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,99	

## Liite2

## Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta

Taulukossa L 2.1 esitetään maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. Taulukon L2.1 lukuarvojen laskennassa on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät maalämpölämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja, siten että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Mikäli oletus ei päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

*Taulukko L2.1. Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{lämmitys, tilat, lkv}$ ). Taulukossa ( $\phi_{LPn}/\phi_{tila}$ ) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitusasteen suhde, ( $Q_{lämmitys, tilat}/Q_{lämmitys, lkv}$ ) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja ( $T_m$ ) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho  $\phi_{LPn}$  annetaan toimintapisteessä  $T_{liuos}/T_m$  0/35 °C.*

$\phi_{LPn}/\phi_{tila}$	$Q_{lämmitys, tilat}/Q_{lämmitys, lkv}$	Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ( $Q_{LP}/Q_{lämmitys, tilat, lkv}$ )											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, °C$				$T_m, °C$				$T_m, °C$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
30 %	50 %	39 %	39 %	39 %	39 %	38 %	38 %	38 %	38 %	36 %	36 %	36 %	36 %
	100 %	47 %	47 %	47 %	47 %	46 %	46 %	46 %	46 %	44 %	44 %	44 %	44 %
	200 %	62 %	60 %	58 %	56 %	60 %	58 %	56 %	54 %	44 %	54 %	52 %	51 %
	400 %	68 %	65 %	62 %	59 %	67 %	63 %	60 %	58 %	63 %	59 %	56 %	54 %
40 %	50 %	52 %	52 %	52 %	52 %	51 %	51 %	51 %	51 %	48 %	48 %	48 %	48 %
	100 %	67 %	66 %	65 %	64 %	65 %	64 %	63 %	62 %	61 %	60 %	59 %	59 %
	200 %	78 %	75 %	72 %	70 %	76 %	73 %	70 %	68 %	59 %	69 %	67 %	64 %
	400 %	84 %	79 %	76 %	73 %	82 %	77 %	73 %	70 %	78 %	73 %	69 %	66 %
50 %	50 %	65 %	65 %	65 %	65 %	63 %	63 %	63 %	63 %	61 %	61 %	61 %	61 %
	100 %	82 %	80 %	78 %	76 %	80 %	78 %	76 %	74 %	77 %	74 %	73 %	71 %
	200 %	90 %	87 %	84 %	81 %	89 %	85 %	82 %	79 %	71 %	81 %	78 %	75 %
	400 %	92 %	89 %	86 %	83 %	91 %	88 %	84 %	81 %	89 %	84 %	80 %	76 %
60 %	50 %	81 %	80 %	79 %	78 %	79 %	78 %	77 %	76 %	75 %	74 %	74 %	73 %
	100 %	92 %	90 %	88 %	86 %	91 %	88 %	86 %	84 %	88 %	85 %	82 %	80 %
	200 %	95 %	93 %	91 %	89 %	95 %	92 %	90 %	87 %	80 %	90 %	86 %	83 %
	400 %	96 %	94 %	92 %	90 %	96 %	93 %	91 %	88 %	95 %	91 %	88 %	85 %
70 %	50 %	92 %	90 %	88 %	87 %	90 %	88 %	87 %	86 %	87 %	85 %	84 %	83 %
	100 %	97 %	95 %	94 %	92 %	96 %	95 %	93 %	91 %	95 %	92 %	90 %	88 %
	200 %	98 %	96 %	95 %	93 %	98 %	96 %	94 %	92 %	88 %	95 %	92 %	90 %
	400 %	98 %	97 %	95 %	94 %	98 %	96 %	95 %	93 %	98 %	95 %	93 %	90 %
80 %	50 %	97 %	96 %	95 %	94 %	97 %	95 %	94 %	93 %	95 %	93 %	91 %	90 %
	100 %	99 %	98 %	97 %	96 %	99 %	97 %	96 %	95 %	98 %	96 %	95 %	93 %
	200 %	99 %	98 %	97 %	96 %	99 %	98 %	97 %	95 %	99 %	97 %	95 %	95 %
	400 %	99 %	98 %	97 %	96 %	99 %	98 %	97 %	95 %	99 %	98 %	96 %	94 %
90 %	50 %	99 %	98 %	98 %	97 %	99 %	98 %	97 %	96 %	99 %	97 %	96 %	95 %
	100 %	100 %	99 %	98 %	97 %	100 %	99 %	98 %	97 %	99 %	98 %	97 %	96 %
	200 %	100 %	99 %	98 %	98 %	100 %	99 %	98 %	97 %	100 %	99 %	97 %	96 %
	400 %	100 %	99 %	98 %	97 %	100 %	99 %	98 %	97 %	100 %	99 %	97 %	96 %
100 %	50 %	100 %	99 %	99 %	98 %	100 %	99 %	99 %	98 %	100 %	99 %	98 %	97 %
	100 %	100 %	100 %	99 %	99 %	100 %	100 %	99 %	98 %	100 %	99 %	99 %	98 %
	200 %	100 %	100 %	99 %	99 %	100 %	100 %	99 %	98 %	100 %	99 %	99 %	98 %
	400 %	100 %	100 %	99 %	99 %	100 %	100 %	99 %	98 %	100 %	100 %	99 %	98 %

**Selostus**

*Jos lämpöpumpun mitoitustehon on 70 % tilojen lämmityksen tehontarpeesta ( $\phi_{LPn}/\phi_{tila}$ ) ja tilojen lämmitysenergiatarve on puolet lämpimän käyttöveden tarpeesta ( $Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,lkv}$ ), niin menoveden lämpötilalla  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  saadaan lämpöpumpulla katetuksi 92 % tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergiatarpeesta.*

Taulukossa L 2.2 esitetään ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta. Taulukon lukuarvojen laskennassa on oletettu, että ulkoilmalämpöpumppujen alin toimintalämpötila on  $-20^{\circ}\text{C}$ . Lisäksi on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät ulkoilmalämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja, siten että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Tiloja ja käyttövettä lämmittävän poistoilmalämpöpumpun oletetaan lämmittävän tiloja sekä käyttövettä samanaikaisesti. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

# Luonnos 27.10.2011

Taulukko L2.2. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ). Taulukossa ( $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$ ) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitus-tehon suhde, ( $Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ ) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja ( $T_m$ ) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho  $\phi_{LPn}$  annetaan toimintapisteessä  $T_{\text{ulko}}/T_{\text{meno}} + 7/35$ .

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ )											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
30 %	50 %	33 %	33 %	33 %	33 %	31 %	31 %	31 %	31 %	28 %	28 %	28 %	28 %
	100 %	39 %	39 %	39 %	39 %	37 %	37 %	37 %	37 %	33 %	33 %	33 %	33 %
	200 %	49 %	48 %	47 %	46 %	46 %	45 %	44 %	44 %	40 %	39 %	39 %	38 %
	400 %	56 %	54 %	52 %	50 %	53 %	51 %	49 %	48 %	46 %	44 %	43 %	41 %
40 %	50 %	44 %	44 %	44 %	44 %	42 %	42 %	42 %	42 %	38 %	38 %	38 %	38 %
	100 %	52 %	52 %	52 %	52 %	50 %	50 %	49 %	49 %	44 %	44 %	44 %	44 %
	200 %	63 %	61 %	60 %	58 %	60 %	58 %	57 %	56 %	52 %	51 %	50 %	49 %
	400 %	68 %	65 %	63 %	61 %	64 %	62 %	60 %	58 %	56 %	54 %	52 %	51 %
50 %	50 %	54 %	54 %	54 %	54 %	52 %	52 %	52 %	52 %	47 %	47 %	47 %	47 %
	100 %	65 %	64 %	64 %	63 %	62 %	61 %	61 %	60 %	55 %	54 %	54 %	53 %
	200 %	73 %	71 %	69 %	68 %	70 %	68 %	66 %	64 %	61 %	60 %	58 %	57 %
	400 %	78 %	75 %	72 %	70 %	74 %	71 %	68 %	66 %	64 %	62 %	60 %	58 %
60 %	50 %	64 %	64 %	64 %	64 %	62 %	62 %	62 %	61 %	55 %	55 %	55 %	55 %
	100 %	75 %	74 %	72 %	72 %	72 %	70 %	69 %	69 %	64 %	63 %	62 %	61 %
	200 %	82 %	79 %	77 %	75 %	78 %	76 %	74 %	72 %	69 %	67 %	65 %	64 %
	400 %	84 %	82 %	80 %	77 %	81 %	78 %	76 %	73 %	71 %	69 %	66 %	64 %
70 %	50 %	73 %	73 %	73 %	73 %	70 %	70 %	70 %	70 %	63 %	63 %	63 %	63 %
	100 %	83 %	81 %	80 %	78 %	79 %	78 %	76 %	75 %	71 %	69 %	68 %	67 %
	200 %	87 %	85 %	83 %	82 %	84 %	82 %	80 %	78 %	75 %	73 %	71 %	69 %
	400 %	89 %	87 %	85 %	83 %	86 %	84 %	81 %	79 %	76 %	74 %	72 %	70 %
80 %	50 %	81 %	80 %	80 %	79 %	80 %	80 %	79 %	78 %	72 %	71 %	71 %	70 %
	100 %	88 %	87 %	85 %	84 %	86 %	85 %	84 %	82 %	77 %	76 %	74 %	73 %
	200 %	90 %	89 %	88 %	86 %	88 %	86 %	85 %	84 %	79 %	77 %	76 %	74 %
	400 %	91 %	90 %	88 %	87 %	88 %	87 %	85 %	84 %	79 %	77 %	76 %	74 %
90 %	50 %	89 %	88 %	88 %	87 %	86 %	85 %	84 %	83 %	77 %	76 %	76 %	75 %
	100 %	92 %	91 %	90 %	89 %	89 %	88 %	87 %	86 %	81 %	80 %	78 %	77 %
	200 %	92 %	91 %	90 %	89 %	90 %	89 %	88 %	87 %	81 %	80 %	79 %	77 %
	400 %	92 %	91 %	90 %	89 %	89 %	88 %	87 %	86 %	81 %	80 %	78 %	77 %
100 %	50 %	92 %	92 %	91 %	90 %	90 %	89 %	88 %	88 %	82 %	81 %	80 %	79 %
	100 %	93 %	92 %	92 %	91 %	91 %	90 %	90 %	89 %	83 %	82 %	81 %	80 %
	200 %	93 %	92 %	92 %	91 %	91 %	90 %	89 %	89 %	83 %	82 %	81 %	80 %
	400 %	93 %	92 %	91 %	90 %	90 %	90 %	89 %	88 %	82 %	81 %	80 %	79 %

### Selostus

Suhteellisen lämpötehon arvo  $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}} = 1,0$  vastaa lämpöpumpun tehomitoitusta noin  $-5^\circ\text{C}$  ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa  $35^\circ\text{C}$ . Tarkka mitoitus-piste ulkolämpötila riippuu lämpöpumpun lämmöntuottokyvystä alle  $+7^\circ\text{C}$  ulkolämpötiloilla ja se voidaan tarvittaessa määrittää laitekohtaisesti

## OPASTAVIA TIETOJA

### SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Tilanne xx.xx.20xx tämän ohjeen julkaisupäivän xx.xx.20xx tiedoin  
(ajantasainen sisällysluettelo [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi))

<b>A YLEINEN OSA</b>		
A1	Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus	Määräykset ja ohjeet 2006
A2	Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat	Määräykset ja ohjeet 2002
A4	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje	Määräykset ja ohjeet 2000
A5	Kaavamerkinnot	Määräykset 2000
<b>B RAKENTEIDEN LUJUUS</b>		
B1	Rakenteiden varmuus ja kuormitukset	Määräykset 1998
B2	Kantavat rakenteet	Määräykset 1990
B3	Pohjarakenteet	Määräykset ja ohjeet 2004
B4	Betonirakenteet	Ohjeet 2005
B5	Kevytbetoniharkkorakenteet	Ohjeet 2007
B6	Teräsohultevyrakenteet	Ohjeet 1989
B7	Teräsrakenteet	Ohjeet 1996
B8	Tiilirakenteet	Ohjeet 2007
B9	Betoniharkkorakenteet	Ohjeet 1993
B10	Puurakenteet	Ohjeet 2001
<b>C ERISTYKSET</b>		
C1	Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa	Määräykset ja ohjeet 1998
C2	Kosteus	Määräykset ja ohjeet 1998
C4	Lämmöneristys	Ohjeet 2012
<b>D LVI JA ENERGIATEHOKKUUS</b>		
D1	Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot	Määräykset ja ohjeet 2007
D2	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	Määräykset ja ohjeet 2012
D3	Rakennusten energiatehokkuus	Määräykset ja ohjeet 2012
D4	LVI-piirrosmerkit	Ohjeet 1978
D5	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta	Ohjeet 2012
D7	Kattiloiden hyötysuhdevaatimukset	Määräykset 1997
<b>E RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS</b>		
E1	Rakennusten paloturvallisuus	Määräykset ja ohjeet 2011
E2	Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus	Ohjeet 2005
E3	Pienet savuhormit	Ohjeet 2007
E4	Autosuojien paloturvallisuus	Ohjeet 2005
E7	Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus	Ohjeet 2004
E8	Muuratut tulisijat	Ohjeet 1985
E9	Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus	Ohjeet 2005
<b>F YLEINEN RAKENUSSUUNNITTELU</b>		
F1	Esteetön rakennus	Määräykset ja ohjeet 2005
F2	Rakennuksen käyttöturvallisuus	Määräykset ja ohjeet 2001
<b>G ASUNTORAKENTAMINEN</b>		
G1	Asuntosuunnittelu	Määräykset ja ohjeet 2005

## Rakennusten energiatehokkuus

### Määräykset ja ohjeet 2012

2/11

#### Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta

Annettu Helsingissä 30 päivänä maaliskuuta 2011

---

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla rakentamisessa sovellettaviksi seuraavat määräykset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudesta.

Määräykset ja ohjeet on ilmoitettu teknisiä standardeja ja määräyksiä ja tietoyhteiskunnan palveluja koskevia määräyksiä koskevien tietojen toimittamisessa noudatettavasta menettelystä annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, sellaisena kuin se on muutettuna direktiivillä 98/48/EY, mukaisesti.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä heinäkuuta 2012 ja sillä kumotaan ympäristöministeriön 22 päivänä joulukuuta 2008 antama asetus rakennusten lämmöneristyksestä ja ympäristöministeriön 22 päivänä joulukuuta 2008 antama asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Ennen asetuksen voimaantuloa vireille tulleeseen lupahakemukseen voidaan soveltaa aikaisempia määräyksiä ja ohjeita.

Helsingissä 30 päivänä maaliskuuta 2011

Asuntonministeri *Jan Vapaavuori*

Yli-insinööri Pekka Kalliomäki

# Rakennusten energiatehokkuus

## MÄÄRÄYKSET JA OHJEET 2012

### Sisällys

1	YLEISTÄ	3.2	Sisäilmasto
1.1	Soveltamisala	3.3	Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat
1.2	Vastavuoroinen tunnustaminen	3.4	Lämmin käyttövesi
1.3	Määritelmiä	3.5	Rakennuksen ilmanpitävyys
2	ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET	4	ENERGIALASKENNAN LASKENTASÄÄNNÖT
2.1	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus	4.1	Yleistä
2.2	Kesäajan huonelämpötilan hallinta	4.2	Lämmitysenergian nettotarve
2.3	Rakennusvaipan ilmanpitävyys	4.3	Rakennusvaipan lämpöhäviöt
2.4	Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot	4.4	Lämmitysjärjestelmä
2.5	Rakennuksen lämpöhäviöt	4.5	Ilmanvaihtojärjestelmä
2.6	Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus	4.6	Jäähdytysjärjestelmä
2.7	Rakennuksen lämmitysjärjestelmän tehot	4.7	Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö
2.8	Energiankäytön mittaus		
2.9	Määräaikaikaiset rakennukset		
2.10	Loma-asunnot		
3	ENERGIALASKENNAN LÄHTÖTIEDOT	5	MÄÄRÄYSTENMUKAISUUDEN OSOITAMINEN
3.1	Säätiedot	5.1	Energiaselvitys
		5.2	Vaatimukset laskentatyökaluille
		5.3	Vaatimukset tulosten esittämiselle

Opastavia tietoja  
LIITE 1 Rakennusten käyttötarkoituksiluokkien jaottelu  
LIITE 2 Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot  
LIITE 3 E-luvun laskennan keskeisten lähtötietojen ja tulosten esittäminen

**Määräykset** on kirjoitettu leveälle palstalle tällä isolla kirjasinkoolla. Määräykset ovat velvoittavia.

**Ohjeet** on kirjoitettu kapealle palstalle tällä pienellä kirjasinkoolla. Ohjeet eivät ole velvoittavia, vaan muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset.

*Selostukset, jotka ovat kapealla palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia muihin säädöksiin.*



---

# YLEISTÄ

## 1.1 Soveltamisala

### 1.1.1

Nämä määräykset ja ohjeet koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen ja sen lisäksi mahdollisesti jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi.

### 1.1.2

Rakennukset ja tilat jaotellaan näissä määräyksissä seuraaviin käyttötarkoituksiluokkiin:

Luokka 1:	Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot
Luokka 2:	Asuinkerrostalot
Luokka 3:	Toimistorakennukset
Luokka 4:	Liikerakennukset
Luokka 5:	Majoitusliikerakennukset
Luokka 6:	Opetusrakennukset ja päiväkodit
Luokka 7:	Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit
Luokka 8:	Sairaalat
Luokka 9:	Muut rakennukset

Liitteessä 1 on esitetty eri käyttötarkoituksiluokkien tarkempi jaottelu.

### 1.1.3

Nämä määräykset eivät kuitenkaan koske seuraavia rakennuksia:

a) tuotantorakennus, jossa tuotantoprosessi luovuttaa niin suuren määrän lämpöenergiaa, että halutun huonelämpötilan aikaansaamiseen ei tarvita ollenkaan tai tarvitaan vain vähäisessä määrin muuta lämmitysenergiaa tai tuotantotila, jossa lämmityskauden ulkopuolella runsas lämmöneristys nostaisi haitallisesti huonelämpötilaa tai lisäisi oleellisesti jäähdytysenergian kulutusta,

b) rakennus, jonka lämmitetty netto-ala on enintään 50 m<sup>2</sup>,

c) muut kuin asuinkäyttöön tarkoitetut maatalousrakennukset, joissa energiankäyttö on vähäinen,

d) kasvihuone, väestönsuoja tai muu rakennus, jonka käyttö tarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti näitä määräyksiä noudatettaessa.

e) loma-asunto, johon ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää.

f) määräajan paikallaan pysyttävä siirtokelpoinen rakennus (*määräaikainen rakennus*), joka on valmistettu ennen näiden määräyksien voimaantuloa ja jonka käyttötarkoitus ei oleellisesti muutu. Tällaisia rakennuksia voivat olla esimerkiksi väliaikaiseen käyttöön tarkoitetut koulu- ja päiväkotirakennukset.

### 1.1.4

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, mutta jota ei ole tarkoitettu majoituselinkeinonharjoittamiseen, koskevat vain kohdan 2.10 määräykset.

### 1.1.5

Määräaikaista rakennusta koskevat vain kohdan 2.9 määräykset.

## 1.2 Vastavuoroinen tunnustaminen

### 1.2.1

Milloin näissä määräyksissä ja ohjeissa on annettu tietoa käytettävissä olevista SFS-standardeista, niiden ohella ja sijasta voidaan käyttää myös muualla Euroopan talousalueella tai Turkissa voimassa olevaa tasoltaan vastaavaa standardia.

## 1.3 Määritelmiä

### 1.3.1

Näissä määräyksissä ja ohjeissa tarkoitetaan:

- 1) *energiamuotojen kertoimilla* (-) energialähteen tai energiatuotantomuodon kertoimia, joilla eri energiamuodot kerrotaan energialuvun laskemiseksi;
- 2) *erityisen lämpimällä tilalla* sellaista tilaa, jossa käyttötarkoituksesta johtuen huonelämpötila on jatkuvasti tai ajoittain korkea verrattuna tavanomaiseen lämpimään tilaan. Tällainen tila voi olla esimerkiksi saunan löylyhuone;
- 3) *hirsitalo* on rakennus, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on hirsi, jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm.
- 4) *ilmanvaihdolla* huoneilman laadun ylläpitämistä ja hallintaa huoneen ilmaa vaihtamalla;
- 5) *ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemalla lämpömäärällä* sitä lämpömäärää, joka tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirran lämmittämiseksi ulkoilman lämpötilasta huonelämpötilaan;
- 6) *ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteella* lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhdetta ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärään, kun lämmöntalteenottoa ei ole;
- 7) *ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksella* puhallinsähköä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutusta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys ja jäähdytys lasketaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen osana;
- 8) *ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholla* ( $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ ) rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä);  
*Selostus*  
*Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus sisältää puhaltimien moottorien sähköenergiankulutuksen lisäksi lämmöntalteenoton mahdollisten pumppujen ja moottorien sekä taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sähköenergiankulutuksen.*
- 9) *ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu ilman lämmittämisestä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan ja mahdollisesta lämmittämisestä ennen lämmöntalteenottoa jäätyminen estämiseksi;
- 10) *ilmanvuotoluvulla*  $q_{50}$  ( $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ ) rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja;

11) *jäähdytettävällä kylmällä tilalla* sellaista tilaa, jossa jäähdytys- ja mahdollisen lämmitysjärjestelmän avulla ympärivuotisesti ylläpidetään käyttötarkoituksen mukaista alle 17 °C lämpötilaa. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi viileät kellari- ja varastotilat;

12) *jäähdytetyllä rakennuksella* rakennusta, jossa tuloilmaa tai rakennuksen tiloja jäähdytetään;

13) *jäähdytysenergian nettotarpeella* tilojen ja tuloilman jäähdytysenergian nettotarvetta, joka on tilojen ja tuloilman jäähdyttämiseksi tarvittava energia;

14) *jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksella* jäähdytysenergian tuoton energiankulutusta ja apulaitteiden sähkökulutusta. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen häviöt sekä muunnokset;

15) *kaukolämmöllä* tarkoitetaan lämpöä, joka on tuotettu kauko- tai aluelämpölaitoksissa ja jonka jakelu tapahtuu verkoston välityksellä asiakkaina oleville kiinteistöille;

16) *loma-asunnolla* rakennusta, jota on tarkoitettu vapaa-ajanasumiseen;

17) *lämmitetyllä nettoalalla*  $A_{\text{netto}}$  (m<sup>2</sup>) lämmitettyjen kerrostasojen summaa kerrostasojen ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna. Lämmitetty nettoala voidaan laskea myös lämmitetystä bruttoalasta, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala;

18) *lämmittämättömällä tilalla* sellaista tilaa, jota ei ole tarkoitettu lämmityskaudella jatkuvaan oleskeluun ja jota ei ole tarkoituksellisesti lämmitetty. Lämmittämättömän tilan lämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilaa. Energiatsehokkuusvaatimukset eivät koske lämmittämätöntä tilaa eikä niitä oteta huomioon rakennuksen vaipan lämpöhäviöitä laskettaessa. Lämmittämättömiä tiloja ovat esimerkiksi lasitetut parvekkeet, ulkonevat kuistit sekä lämmittämättömät autotallit;

19) *lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, josta on vähennetty henkilöistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista johtuvien sisäisten lämpökuormien energia, poistoilmasta, jätevedestä ja muista energiavirroista talteen otettu ja hyväksikäytetty energia sekä auringon säteilyenergia ikkunoiden läpi. Lämmitysenergian nettotarve on energia, joka tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveeseen. Lämmitysenergian nettotarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarpeesta;

20) *lämmitysenergian tarpeella* sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseksi tarvittavaa energiamäärää.

21) *lämmitysjärjestelmän energiankulutuksella* tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutusta. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt ja muunnokset sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkökulutus. Järjestelmähäviöt muodostuvat lämmitysenergian tuoton, varastoinnin, jakelun, luovutuksen häviöistä ja muunnoksista;

22) *lämmönläpäisykertoimella*  $U$  (W/(m<sup>2</sup>K)); lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen.

23) *lämpimällä tilalla* sellaista tilaa, jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä valitaan +17 °C tai sitä korkeampi lämpötila;

24) *lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan;

25) *puolilämpimällä tilalla* sellaista tilaa, joka ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun pelkästään normaalia sisävaatetusta käyttäen. Tilan lämpötilana pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään

+5 °C mutta alle +17 °C tai tilan lämpötila olisi näissä rajoissa ilman tuotantoprosessin luovuttamaa lämpöä;

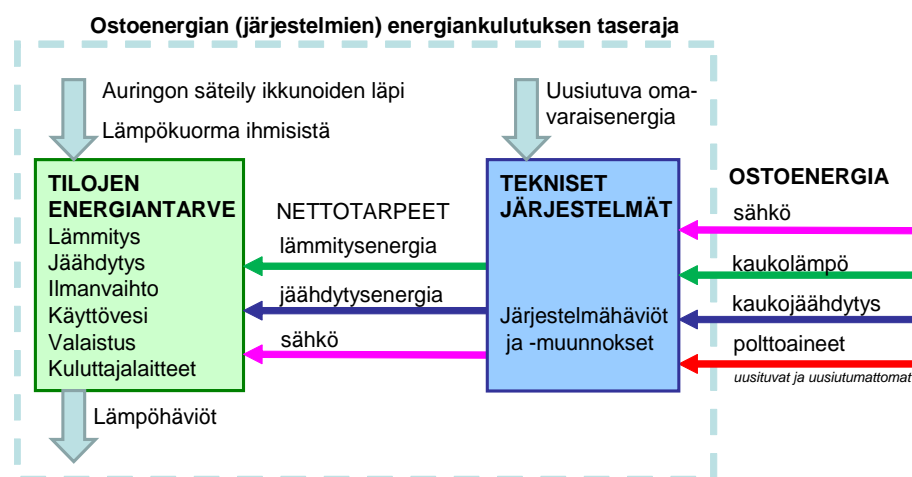
26) *rakennuksen energiankulutuksella*, (kWh/m<sup>2</sup>) rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä;

#### **Selostus**

*Kiinteistökohtainen energiantuotantotapa ja sen häviöt (esimerkiksi lämmityskattilan hyötysuhde tai lämpöpumpun lämpökerroin) otetaan huomioon rakennuksen ostoenergiankulutuksen laskennassa.*

27) *rakennuksen kokonaisenergiankulutuksella*, *E-luvulla* (kWh/m<sup>2</sup>) energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta näissä määräyksissä annetuilla säännöillä ja lähtöarvoilla laskettuna lämmitettyä nettoalaa kohden;

28) *rakennuksen ostoenergian kulutuksella* energiaa, joka hankitaan rakennukseen esimerkiksi sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltyinä, missä on otettu huomioon vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta (kuva 1).;



Kuva 1 Ostoenergiankulutuksen taseraja

29) *rakennuksen vaipalla* niitä rakennusosia, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu rakennuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennusosat;

30) *rakennuksen lämpöhäviöllä* vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettua lämpöhäviötä;

31) *rakennuksen vertailulämpöhäviöllä* rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettua lämpöhäviötä laskettuna määräysten mukaisilla laskentakaavoilla ja vertailuarvoilla;

32) *suunnitteluratkaisulla* kohderakennuksen toteutettavaksi aiottua suunnitelmaa;

33) *standardikäytöllä* rakennuksen vakioitua käyttöä, jolla lasketaan rakennuksen E-luku. Rakennuksen todellinen käyttö useimmiten eroaa standardikäytöstä käyttäjän toimintojen vuoksi.

34) *tilojen lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus;

35) *uusiutuvalla omavaraisenergialla* kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettua uusiutuvaa energiaa, lukuun ottamatta uusiutuvia polttoaineita. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleista ja –keräämistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoenergiaa;

36) *uusiutuvilla polttoaineilla* puu ja puupohjaisia sekä muita biopolttoaineita pois lukien turve, joka käsitellään näissä määräyksissä fossiilisena polttoaineena; sekä

37) *vertailuarvolla* rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytettävää

- rakennusosan lämmönläpäisykertoimen arvoa,
- rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan määrää,
- rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta tai
- rakennusvaipan ilmanvuotolukua.

---

## ENERGIATEHOKKUUDEN VAATIMUKSET

### 2.1 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus

#### 2.1.1

Rakennuksen ostoenergiankulutus on laskettava näissä määräyksissä esitetyillä ulkoilman säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla (*rakennustyyppin standardikäyttö*). Muut energialaskennan tarvitsemat lähtötiedot otetaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista.

#### 2.1.2

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (*E-luku*) on laskettava. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain.

#### 2.1.3

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

- sähkö	1,7
- kaukolämpö	0,7
- kaukojäähdytys	0,4
- fossiiliset polttoaineet	1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

#### **Selostus**

*E-lukua laskettaessa uusiutuva omavaraisenergia ei ole ostoenergiaa, vaan se vähentää ostoenergian kulutusta. Energiamuotojen kertoimia käytetään ainoastaan ostoenergialle.*

## 2.1.4

Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, $A_{\text{netto}}$	kWh/m <sup>2</sup> vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaikaiset rakennukset		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

## 2.1.5

Jos rakennuksella on useampi kuin yksi käyttötarkoitus, jaetaan rakennus käyttötarkoituksiluokkien mukaisiin osiin. Osien on täytettävä kohdan 2.1.4 vaatimukset. Jos jonkin käyttötarkoituksen mukainen osa on alle 10 % lämmitetystä nettoalasta, se voidaan laskea muihin aloihin kuuluvaksi.

## 2.2 Kesäajan huonelämpötilan hallinta

### 2.2.1

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Tilojen ylläpölytyksen estämiseksi käytetään ensisijaisesti rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja sekä yöllä tehostettua ilmanvaihtoa.

#### 2.2.1.1

Kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää kohdan 3.2.1 taulukon 2 jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetuntia 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana kohdan 3.1 säätiedoilla, taulukon 3

sisäisillä lämpökuormilla ja suunnitelluilla ilmamäärillä laskettuna.

#### **Selostus**

*Rakenteellisia ja passiivisia keinoja ovat esimerkiksi auringonsuojausratkaisut, lasipintojen koko ja suuntaus sekä rakennuksen massoittelu.*

#### 2.2.2

Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen täyttämiseksi voi olla tarpeen jäähdytysjärjestelmän käyttäminen, jolloin kokonaisenergiankulutuksen sisällytetään jäähdytysjärjestelmän energiankulutus.

#### 2.2.3

Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuus osoitetaan eri tilatyypin lämpötilalaskennalla.

##### 2.2.3.1

Kesäajan huonelämpötilan lämpötilalaskennat tehdään tilatyypeille, joissa on eniten lämpökuormia, esimerkiksi etelä- tai länsijulkisivujen tilat tai pienet asunnot, suurilla lasipinnoilla varustetut tilat tai suuren laitekuorman tilat. Asuinkerrostaloissa tehdään lämpötilalaskennat vähintään yhden lämpökuormiltaan suurimmalle makuuhuoneelle ja olohuoneelle. Muissa rakennuksissa tehdään lämpötilalaskennat tyyppitiloille, esimerkiksi toimistohuone, avotoimisto, neuvotteluhuone, opeustila, valitsemalla tilatyypin edustajaksi edellä mainittuja ominaisuuksia vastaava tila.

#### 2.2.4

Käyttötarkoitukseluokkaan 1 ja 9 kuuluvissa rakennuksissa ei tarvitse suorittaa kesäajan huonelämpötilan laskentaa.

## 2.3 Rakennusvaipan ilmanpitävyys

#### 2.3.1

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.

#### **Selostus**

*Rakennusten kosteusteknisestä suunnittelusta on määräyksiä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa C2.*

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

#### 2.3.2

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

Pienempi ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla tai muulla menettelyllä. Asuinkerrostaloissa ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla vähintään 20 % huoneistoista. Ilmanpitävyyden mittausta voidaan suorittaa myös rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla, jolloin enintään 25 % rakennuksen tilojen lämmitetystä netto-alasta voidaan rajata pois mittauksesta. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään  $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$ .



### **Selostus**

*Ilmanpitävyyden osoittaminen muulla menettelyllä voi olla esimerkiksi teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyä, jolla ilmanpitävyys voidaan luotettavasti arvioida ennakolta.*

*Tasauslaskennassa ilmanvuotoluvun vertailuarvo on 2 (m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)).*

#### 2.3.2.1

Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan rakennuksen ilmanpitävyyden mittausvalmiudella.

### **Selostus**

*Rakennuksen ilmanpitävyyden mittaaminen painekoemenetelmällä on esitetty standardissa SFS-EN 13829.*

## 2.4 Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot

### 2.4.1

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan ja alapohjan tai puolilämpimään tilaan rajoittuvan rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,60 W/(m<sup>2</sup> K). Lämpimän tilan ikkunan, oven, tai umpinaisen savunpoisto- ja uloskäyntiluukun lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 1,8 W/(m<sup>2</sup> K) ja puolilämpimän enintään 2,8 W/(m<sup>2</sup> K).

Lämpimän tilan kattovalokuvun ja kupumallisen savunpoistokattoikkunan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 2,0 W/(m<sup>2</sup> K) ja puolilämpimän 2,8 W/(m<sup>2</sup> K).

### **Selostus**

*Lämmönläpäisykertoimet voidaan laskea esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai vaihtoehtoisesti vastaavien SFS-EN-standardien mukaisesti.*

### 2.4.2

Rakennusosan pienen osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin kohdassa 2.5.4 on esitetty, mikäli tämä on tarpeellista lujuus- tai muista erityisistä syistä. Rakennusosan pienen osan poikkeaminen vaatimuksista (kylmäsilta) ei saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteen pinnassa tai rakenteessa rakennusta normaalisti käytettäessä.

### 2.4.3

Jäähdytettävän kylmän tilan ja muiden tilojen välisen seinän ja välipohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,27 W/(m<sup>2</sup> K) ja oven enintään 1,4 W/(m<sup>2</sup> K).

### 2.4.4

Rakennuksen lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Näin on meneteltävä erityisesti silloin, kun rakennusosien lämmönläpäisykertoimina käytetään kohdan 2.5.4 esitettyjä vertailuarvoja pienempiä arvoja.

### 2.4.5

Alapohjan lämmöneristys pitää suunnitella yhdessä routaeristyksen ja mahdollisen rakennuksen vaippaan kuulumattoman perusmuurin lämmöneristyksen kanssa sekä toteuttaa siten, että vältetään routavaurioita. Asianmukaisen routaeristyksen suunnitteluun ja rakentamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota varsinkin silloin, kun alapohja toteutetaan kohdan 2.5.4 vertailuarvoja paremmin eristävänä.

## 2.5 Rakennuksen lämpöhäviöt

### 2.5.1

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviötä rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin kohtien 2.5.4, 2.5.7 ja 2.5.10 - 2.5.12 mukaisilla vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö.

### 2.5.2

Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. Lämpöhäviö lasketaan seuraavien kohtien mukaan. Laskennassa käytetään suunnitellun rakennuksen koko- ja geometriatietoja. Vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan.

#### *Selostus*

*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.*

*Tasauslaskennassa otetaan huomioon rakennusosassa olevat säännölliset kylmäsillat, mutta ei rakenteiden välisiä liitoksia.*

### 2.5.3

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<sup>2</sup>K)

A

rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>.

#### *Selostus*

*Lämmönläpäisykertoimet voidaan laskea esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai vaihtoehtoisesti vastaavien SFS-EN-standardien mukaisesti.*

#### 2.5.4

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään seuraavia rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia ja ikkunapinta-alan vertailuarvoa.

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,4 W/(m <sup>2</sup> K)

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan.

**Selostus**

*Asuinhuoneen luonnonvalon saannista sekä ikkunan valoaukon vähimmäiskoosta on säännökset rakentamismääräyskokoelman osassa G1.*

2.5.5

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

2.5.6

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
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s.

Vuotoilmavirta  $q_{v, \text{vuotoilma}}$  lasketaan yhtälön (5) mukaan

2.5.7

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukua  $q_{50} = 2,0$  m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>.

2.5.8

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvoa. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukua  $q_{50} = 4$  (m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>).

**Selostus**

*Kosteusteknisen turvallisuuden, hyvän sisäilmaston ja energiatehokkuuden kannalta tulisi rakennusvaipan ilmanvuotoluvun  $q_{50}$  olla enintään 1 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> (rakennuksen vaipan neliön läpi virtaa ilmavirta yksi kuutio tunnissa paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä ollessa 50 Pa)*

2.5.9

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan yhtälön (3) mukaan

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{poisto}} t_d t_v (1 - \eta_a) \quad (3)$$

jossa

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, \text{poisto}}$	standardikäytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\eta_a$	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilman-

vaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan tarvittaessa erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle.

#### 2.5.10

Vertailulämpöhäviön ja suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään samoja ilmavirtoja.

Ilmanvaihdon ilmavirta lasketaan kohdan 3.2 mukaan. Tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ei oteta vertailulämpöhäviön ja suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa huomioon. Ilmanvaihdon käyntiaika lasketaan kohdan 3.3, taulukon 3 ja kohdan 3.3.7 mukaan.

#### 2.5.11

Vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena arvoa 45 %.

#### 2.5.12

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään suunnitteluratkaisun ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton säävyöhykkeellä I määriteltyä vuosihyötysuhteen arvoa sekä taulukon 3 ja kohdan 3.3.7 mukaisia käyntiaikoja ja taulukon 2 ilmamääriä lukuun ottamatta käyttö-tarkoitussuokkaa 9, jolle käytetään suunnitteluilmavirtoja ja -käyntiaikoja.

## 2.6 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus

### 2.6.1

Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta.

#### 2.6.1.1

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

#### 2.6.1.2

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voi olla edellä mainittuja suurempi, jos esimerkiksi rakennuksen sisäilmaston hallinta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia.

### 2.6.2

Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä 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 tarvitsemaa lämpömäärää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla.

Vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen osoitetaan rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennalla kohdan 2.5 mukaan.

#### ***Selostus***

*Rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa lämpömäärää voidaan vähentää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla käyttämällä esimerkiksi ulkoilman esilämmityksessä ratkaisua, joka vähentää rakennuksen energiankulutusta. Tällainen on esimerkiksi nestekiertoinen maalämmityspiirin esilämmityspatteri, jolla estetään lämmöntalteenottolaitteen jäätyminen.*

#### 2.6.2.1

Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella.

#### *Selostus*

*Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122, jossa on myös esitetty lämmöntalteenottolaitteen mahdollinen tehonsäätö jäätymissuojauksen vuoksi.*

#### 2.6.3

Poistoilman lämmöntalteenotosta voidaan luopua rakennuksen yksittäisen tilan osalta ilman vastaavaa energiankulutuksen pienentämistä, jos lämmöntalteenoton rakentaminen osoitetaan epätarkoituksenmukaiseksi.

##### 2.6.3.1

Lämmöntalteenoton rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi esimerkiksi silloin, kun poistoilman poikkeuksellinen likaisuus estää lämmöntalteenoton toiminnan tai tilan lämpötila lämmityskaudella on alle +10 °C eikä poistoilmasta ole saatavissa lämpöä talteen kustannustehokkaasti

## 2.7 Rakennuksen lämmitysjärjestelmän tehot

### 2.7.1

Lämmitysjärjestelmän lämmitysteho mitoitetaan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää liitteessä 2 esitetyillä lämmityskauden mitoittavilla ulkolämpötiloilla. Lämmitystehon mitoituksessa sisäisiä ja auringon aiheuttamia lämpökuormia ei oteta huomioon.

## 2.8 Energiankäytön mittaus

### 2.8.1

Rakennukset varustetaan energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Mittauksista voidaan luopua, jos mittauksen tai mittausvalmiuden rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi.

#### 2.8.1.1

Rakennukset varustetaan sähkönmittauksella, josta saadaan tieto rakennuksen koko sähköenergiankulutuksesta.

#### 2.8.1.2

Rakennukset varustetaan lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittauksella.

#### 2.8.1.3

Muut kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennukset varustetaan lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluun vesivirran ja lämpötilan mittauksella.

#### 2.8.1.4

Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ominaissähköteho voidaan helposti mitata.

#### 2.8.1.5

Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten jäähdytysjärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella. Jäähdytysjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia voidaan helposti mitata.

#### 2.8.1.6

Muissa kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennuksissa kiinteä valaistusjärjestelmä varustetaan sähkönkulutuksen mittauksella.

## 2.9 Määräaikaiset rakennukset

### 2.9.1

Määräaikaisen rakennuksen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin kohdan 2.5.4 puolilämpimän tilan mukaisilla vertailuarvoilla ja kohtien 2.5.7 ja 2.5.10 - 2.5.12 mukaan rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö.

## 2.10 Loma-asunnot

### 2.10.1

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin seuraavilla vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö.

seinä	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 130 mm)	0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,19 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4 W/(m <sup>2</sup> K)

Sellaista loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja joka on tarkoitettu majoituselinkeinoon harjoittamiseen, edellä mainittu poikkeus ei koske.

## ENERGIALASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### 3.1 Sää tiedot

#### 3.1.1

Kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään liitteen 2 säävyöhykkeen I sää tiedoilla.

### 3.2 Sisäilmasto

#### 3.2.1

Kokonaisenergiankulutuksen laskenta tehdään taulukossa 2 esitetyillä, rakennustyyppin standardikäyttöä vastaavilla huonelämpötilan asetusarvoilla ja ilmanvaihdon määrillä, lukuun ottamatta käyttötarcoitusluokan 9 rakennuksia, joissa käytetään suunnittelu arvoja.

Kokonaistulo- ja kokonaispoistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria.

*Taulukko 2. Energialaskennassa käytettävät huonelämpötilan asetusarvot ja käyttöajan ilmanvaihtomäärät. Ilmavirrat on annettu lämmitettyä nettoalaa kohti.*

Käyttötarkoitusluokka	Ulkoilmavirta dm <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> )	Lämmitysraja °C	Jäähdytysraja °C
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Liikerakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus ja päiväkot	3	21	25
Liikuntahalli	2	18	25
Sairaala	4	22	25

#### 3.2.2

Muun kuin käyttötarkoitusluokan 1 ja 2 rakennuksen ilmanvaihdon ulkoilmavirta on käyttöajan ulkopuolella vähintään 0,15 dm<sup>3</sup>/(s m<sup>2</sup>).

#### 3.2.3

Käyttötarkoitusluokan 2 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä, joissa asukkailla on mahdollisuus ohjata ilmanvaihtoa huoneistokohtaisesti, rakennuksen ulkoilmavirtana voidaan käyttää 0,4 dm<sup>3</sup>/(s m<sup>2</sup>).

#### 3.2.4

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla varustetuissa tiloissa käytetään kokonaisenergiankulutuksen laskennassa ilmamäärien suunnittelu arvoja ja taulukon 3 mukaisia käyttöaikoja.

#### *Selostus*

*Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa ilmanvaihtoa voidaan ohjata esimerkiksi lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden tai kosteuden mukaan.*



### 3.3 Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat

#### 3.3.1

Rakennusten standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat on määritelty taulukossa 3. Pientalojen arvoja käytetään myös pari-, rivi- ja ketjutaloille.

*Taulukko 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana.*

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Ihmiset <sup>a</sup> W/m <sup>2</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 <sup>b,c</sup>	3	2
Asuinröörstalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 <sup>b,c</sup>	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 <sup>c</sup>	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 <sup>c</sup>	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 <sup>c</sup>	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 <sup>c</sup>	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 <sup>c</sup>	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 <sup>c</sup>	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erillisselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

3.3.2 Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma  $Q$  (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan:

$$Q = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000}, \quad (4)$$

k käyttöaste;  
P lämpökuorma W/m<sup>2</sup>;  
 $\tau_d$  rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h;  
 $\tau_w$  rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d.

#### 3.3.3

Taulukossa 3 on annettu E-luvun laskennassa käytettävät valaistuksen ohjearvot uudisrakennuksille. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa pienempää valaistustehoa voidaan käyttää mikäli valaistustaso säilyy. Valaistustasosta on tällöin esitettävä erillisselvitys energialaskennan lähtötietojen osana.

#### *Selostus*

*Tilakohtaisia valaistuksen valaistustason ohjearvoja on annettu esimerkiksi standardissa SFS-EN 12464-1.*

#### 3.3.4

Mikäli rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus, lasketaan valaistuksen käyttötuntien määrä taulukon 3 käyttöajoilla. Tällöin keskimääräisen valaistustehon laskennassa käytettävän mallin on oltava tilakohtainen ja tilojen on täytettävä niille asetetut käyttötarkoituksen mukaiset valaistustasovaatimukset. Keskimääräisen valaistustehon laskenta voidaan tehdä tilatyypikohtaisesti, jolloin rakennuksen keskimääräinen valaistusteho saadaan tyyppitilojen pinta-aloilla painotettuna keskiarvona.

### 3.3.5

Lämpökuorma henkilöistä lasketaan taulukossa 3 esitettyjen lämpötehojen ( $W/m^2$ ) tai henkilötiheyden perusteella. Henkilötiheyden perusteella suoritettavassa laskelmassa henkilön kokonaislämmönluovutuksena käytetään 125 W.

*Taulukko 4. Henkilötiheys eri rakennustyypeille.*

Käyttötarkoitusluokka	Henkilötiheys hlö/m <sup>2</sup>
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	1/43
Asuinkerrostalo	1/28
Toimistorakennus	1/17
Liikerakennus	1/43
Majoitusliikerakennus	1/21
Opetusrakennus ja päiväkot	1/5
Liikuntahalli	1/17
Sairaala	1/11

#### **Selostus**

*Henkilön kokonaislämmönluovutus 125 W vastaa aineenvaihdunnan tehoa 1,2 met kehon pinta-alalla 1,8 m<sup>2</sup>. Kouluissa, liikuntasaleissa ja päiväkodeissa käytetään lasten lämmönluovutuksena 110 W, joka vastaa 1,0 met mikäli kehon pinta-alana käytetään edelleen 1,8 m<sup>2</sup>.*

### 3.3.6

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lasketuista lämpöhäviöistä 50 % tulee tiloihin lämpökuormaksi, ellei laskelmin toisin osoiteta.

### 3.3.7

Ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaika saadaan rakennuksen käyttöajasta taulukon 3 perusteella niin, että ilmanvaihto käynnistetään 1 tunti ennen rakennuksen käyttöajan alkua ja kytketään käyttöajan ulkopuoliseen tilaan 1 tunti käyttöajan päättymisen jälkeen lukuunottamatta jatkuvasti käytettävät rakennukset.

## 3.4 Lämmin käyttövesi

### 3.4.1

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia lasketaan käyttämällä taulukon 5 ominaiskulutuksia ja niitä vastaavia lämmitysenergian nettotarpeita. Kylmän veden lämpötilana käytetään 5 °C ja lämpimän veden lämpötilana 55 °C.

*Taulukko 5. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti.*

Käyttötarkoitusluokka	LKV:n ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)	Lämmitysenergia kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutilat, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

## 3.5 Rakennuksen ilmanpitävyys

### 3.5.1

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään E-luvun laskennassa suunnitteluarvoa. Rakennuksen vuotoilmavirta lasketaan ilmanvuotoluvusta kohdan (4.3.3) mukaisesti.

## 4.1 Yleistä

### 4.1.1

Ostoenergia lasketaan luvussa 3 esitettyjen lähtötietojen ja tämän luvun laskentasääntöjen mukaisesti. Vaatimukset käytettävälle laskentatyökalulle ja tulosten esittämiselle on esitetty kohdassa 5 ja liitteessä 3.

### 4.1.2

Rakennuksessa olevia ravintoloita, ruokaloita, kahviloita, laboratorioita ja muita erikoistiloja ei oteta laskennassa huomioon ja energialaskenta suoritetaan rakennuksen tai rakennusosan käyttötarkoitusta vastaavilla lähtöarvoilla kohdan 3.3 mukaisesti.

Muita teknisiä järjestelmiä, joita ei ole lueteltu tässä laskentamenetelmässä kuten esimerkiksi ammattikeittiöt, ulkovalaistus, hissit, sulatuskaapelit, ei oteta laskennassa huomioon.

### 4.1.3

E-luvun laskennassa ei edellytetä rakennuksen jakamista yksityiskohtaisiin laskentavyöhykkeisiin. Pientalot ja muut yhden käyttötarkoituksen rakennukset voidaan käsitellä yhtenä laskentavyöhykkeenä. Isommat rakennukset jaetaan käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin vyöhykkeisiin.

#### *Selostus*

*Jos rakennuksesta on olemassa ajan tasalla oleva laskentamalli yksityiskohtaisemmalla vyöhykejaolla, voidaan E-luvun laskenta suorittaa sen avulla. Tällöin mallin lähtötiedot tarkistetaan näiden määräysten lähtötietoja vastaavaksi.*

## 4.2 Lämmitysenergian nettotarve

### 4.2.1

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja siitä on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus.

### 4.2.2

Ilmanvaihdon lämmityksen nettoenergiatarve lasketaan lämmön talteenoton kanssa ja se muodostuu tuloilman lämmityksestä ennen ja/tai jälkeen lämmöntalteenottoa. Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden lämmitysenergian nettotarve lasketaan tuloilman lämpötilan, lämmön talteenottolaitteen tuloilman lämpötilasuhteen ja jäätyneen eston lämpötilan perusteella.

#### *Selostus*

*Ohjeita lämmön talteenoton laskennasta on rakentamismääräyskokoelman osassa D5 ja ympäristöministeriön monisteessa 122.*

### 4.2.3

Rakennukseen tulevan aurinkoenergian laskennassa otetaan huomioon rakennuksessa olevat auringonsuojausratkaisut kuten rakenteelliset, markiisit, sälekaihtimet ja niiden ohjaukset sekä ympäröivien rakennusten ja kasvillisuuden varjostukset.

## 4.3 Rakennusvaipan lämpöhäviöt

### 4.3.1

Lämpöhäviöt lasketaan rakennusvaipan sisämitoilla. Laskennassa otetaan huomioon rakenteiden ja niiden liitoksissa olevat kylmäsiljat. Rakennuksen vaipan yksittäisiä kylmäsiltoja ei tarvitse ottaa huomioon.

#### *Selostus*

*Laskenta voidaan tehdä esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeiden tai SFS-EN standardien mukaisesti.*

### 4.3.2

Lämpöhäviöiden laskennassa otetaan huomioon maaperän ja ryömintätilan vaikutus.

#### *Selostus*

*Laskenta voidaan tehdä esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisella laskentamenetelmällä, standardissa SFS-ISO 13370 esitetyllä menetelmällä tai kuvaamalla maaperää yksiulotteisesti 1 m paksulla maakerroksella, jonka alapinnassa on vakiolämpötila 7 °C.*

### 4.3.3

Vuotoilmavirta  $q_{v,vuotoilma}$  ( $m^3/s$ ) lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad (5)$$

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

## 4.4 Lämmitysjärjestelmä

### 4.4.1

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäytöstä.

### 4.4.2

Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus.

#### 4.4.2.1

Lämmitysjärjestelmän tilojen lämmityksen energiankulutus voidaan laskea jakamalla tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitysjärjestelmän lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteella. Tämä tulos jaetaan vielä tuoton hyötysuhteella kuten esimerkiksi kattilan hyötysuhteella tai lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella.

#### *Selostus*

*Hyötysuhteiden ja lämpökertoimien ohjearvoja on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa D5*

#### 4.4.2.2

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osalta lasketaan vastaavalla tavalla jakamalla lämmitysenergian nettotarve tuoton hyötysuhteella. Laskennassa otetaan huomioon myös lämpimän käyttöveden kiertojohdon ja varaajien lämpöhäviöt.

#### **Selostus**

*Lämpimän käyttöveden kiertojohdon ja varaajien lämpöhäviöiden laskenta voidaan tehdä esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaisesti tai SFS-EN standardien mukaisesti.*

#### 4.4.3

Jos rakennuksessa on varaavaa tulisija, voidaan varaavasta tulisijasta tilaan saatavaksi lämmitysenergiaksi laskea enintään 2000 kWh vuodessa tulisijaa kohden. Mikäli tulisija on yhdistetty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen tai ilmalämmitysjärjestelmään, muodostaen näin päälämmitysjärjestelmän, otetaan se laskennassa huomioon kattilaa vastaavalla tavalla.

Ilma-ilmalämpöpumpun tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea enintään 1000 kWh vuodessa, lukuun ottamatta kiinteän ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmän osana toimivia ilma-ilmalämpöpumppuja, joiden tuottama lämmitysenergia voidaan ottaa täysimääräisesti huomioon.

#### **Selostus**

*Tulisijan vaatima paloilmavirta otetaan huomioon ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa.*

*Ostoenergiaa laskettaessa tulee ottaa huomioon varaavien tulisijojen ja ilma-ilmalämpöpumppujen hyötysuhteet.*

#### 4.4.4

Mikäli asuinhuoneissa on vesikiertoinen lämmitys ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys, on arvioitava tilojen lämmitysenergian nettotarpeen osuudet näille lämmitystavoille. Ellei laskelmin toisin osoiteta niin, 50 % tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta kohdistuu märkätilojen lattialämmitykselle ja 50 % asuinhuoneiden lämmitysjärjestelmälle.

#### 4.4.5

Lämpöpumppujärjestelmissä otetaan huomioon lisälämmityksen (yleensä sähköinen) energiankäyttö ellei maalämpöpumppujärjestelmä ole mitoitettu täysitehomoitoksella. Ilma-vesi tyyppisten lämpöpumppujen tapauksessa lasketaan aina lisälämmityksen energiankäyttö. Laskennassa otetaan huomioon, että ulkoilmaa lämmönlähteenä käyttävien lämpöpumppujen teho ja lämpökerroin riippuvat olennaisesti ulkolämpötilasta.

#### **Selostus**

*Laskenta voidaan suorittaa rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitetyllä keskimääräisiin vuotuisiin lämpökertoimiin perustuvalla menetelmällä tai yksityiskohtaisimmilla pysyvyyssäyrä- tai tuntitarkasteluun perustuvilla menetelmillä. Yksityiskohtaisemmissa laskentamenetelmissä laitteiden suoritusarvoina käytetään lämpöpumppuja koskevien standardien mukaan mitattuja arvoja, jotka kuvaavat laitteen pitkäaikaista toimintaa sisältäen myös mahdollisten sulatusjaksojen vaikutuksen.*

## 4.5 Ilmanvaihtojärjestelmä

### 4.5.1

Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat ja käyntiajat lasketaan kohtien 3.2 ja 3.3 mukaan. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmön talteenotto lasketaan lämmitysenergian nettotarpeen laskennan osana kohdassa 4.2 kuvatulla tavalla.

### 4.5.2

Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus lasketaan painehäviöiden, puhaltimien ja mahdollisten apulaitteiden hyötysuhteiden ja käyntiaikojen avulla kaikille rakennuksessa oleville ilmanvaihtokoneille ja huippuimureille.

## 4.6 Jäähdytysjärjestelmä

### 4.6.1

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon jäähdytysenergian tuotto ja apulaitteiden sähkönenergiankulutus.

#### **Selostus**

*Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osassa D5 kuvatulla yksinkertaistetulla menetelmällä, ellei yksityiskohtaisempaa laskentaa käytetä.*

## 4.7 Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö

### 4.7.1

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö lasketaan kohdassa 3.3 esitetyllä tavalla.

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö katsotaan samaksi niiden lämpökuormien kanssa. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen energiankäyttö  $W$  (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan:

$$W = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000}, \quad (6)$$

$k$	käyttöaste;
$P$	lämpökuorma W/m <sup>2</sup> ;
$\tau_d$	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h;
$\tau_w$	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d.

---

## MÄÄRÄYSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN

### 5.1 Energiaselvitys

#### 5.1.1

Rakennusta suunniteltaessa on laadittava energiaselvitys. Energiaselvitys on päivitettävä ja pääsuunnittelijan on varmennettava se ennen rakennuksen käyttöönottoa.

##### 5.1.1.1

Energiaselvitys sisältää yleensä seuraavat tarkastelut:

- rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku) kohdan 2.1 mukaan;
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset kohdan 5.3 mukaan;
- kesäaikainen huonelämpötila kohdan 2.2 mukaan ja tarvittaessa jäähdytysteho;
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus kohdan 2.4 mukaan;
- rakennuksen lämmitysteho mitoitusilanteessa; sekä
- rakennuksen energiatodistus.

#### *Selostus*

*Rakentamismääräyskokoelman osassa A2 on säännökset rakennuksen suunnittelusta ja suunnitelmista sekä energiaselvityksen liittämisestä rakennuslupahakemukseen.*

*Rakentamismääräyskokoelman osassa A4 on säännökset rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeesta.*

#### *Selostus*

*Laissa rakennuksen energiatodistuksesta ja ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta säädetään energiaselvitykseen sisältyvästä energiatodistuksesta.*

### 5.2 Vaatimukset laskentatyökaluille

#### 5.2.1

Laskentatyökalun tulee laskea vähintään lämmitysenergian nettotarve ja mikäli tarkasteltavassa rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, niin myös jäähdytysenergian nettotarve.

#### *Selostus*

*Standardissa SFS-ISO 13790 on esitetty kuvaukset eritasoisille laskentamenetelmille.*

#### 5.2.2

Rakennusten, joissa ei ole jäähdytystä tai jäähdytystä on vain yksittäisissä tiloissa, energialaskenta voidaan suorittaa laskentatyökalulla, joka perustuu kuukausitason laskentamenetelmään.

#### *Selostus*

*Kuukausitason laskentamenetelmiä ovat esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osa D5 ja SFS-ISO 13790.*



Kaikkien muiden rakennusten energialaskenta pitää suorittaa laskentatyökalulla, jonka lämmönsiirron laskenta pystyy ottamaan huomioon rakenteiden lämmönvarausominaisuuden ajasta riippuvaisena (*dynaaminen laskentamenetelmä*). Dynaamisen laskentatyökalun kelpoisuus tulee osoittaa.

***Selostus***

*Dynaaminen laskentatyökalu voidaan validoida siihen tarkoitettujen SFS EN, CIBSE tai ASHRAE standardien, tai vastaavien testitapausten mukaisesti kuten esimerkiksi IEA BESTEST.*

5.2.3

Kesäajan huonelämpötilan laskenta pitää suorittaa dynaamisella laskentatyökalulla.

## 5.3 Vaatimukset tulosten esittämiselle

5.3.1

Energialaskennan keskeiset lähtötiedot on esitettävä liitteen 3 taulukossa 12 esitettyjen tekijöiden osalta.

5.3.2

Energialaskennan tulokset on esitettävä liitteen 3 taulukossa 13 esitettyjen tekijöiden osalta.

## Rakennusten käyttötarkoitukseluokkien jaottelu

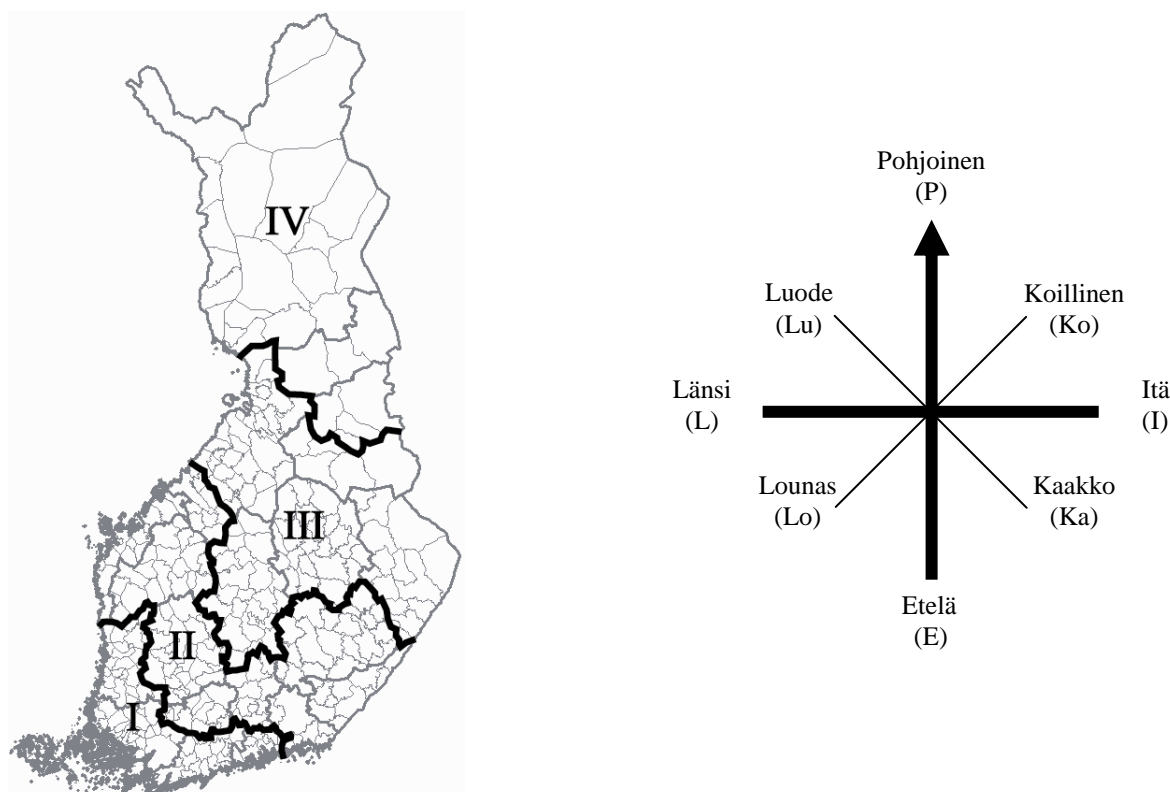
- 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat
  - Yhden asunnon talot
  - Kahden asunnon talot
  - Muut erilliset pientalot
  - Rivi- ja ketjutilat
  - Majoituselinkeinon harjoittamiseen tarkoitettujen loma-asunnot, joissa on suunniteltu kokovuotoiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä
- 2 Asuinkerrostalot
  - Luhitalot
  - Muut asuinkerrostalot
- 3 Toimistorakennukset
  - Toimistorakennukset
  - Terveyskeskukset
  - Muut terveydenhuoltorakennukset
- 4 Liikerakennukset
  - Myymälähallit
  - Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset
  - Muut myymälärakennukset
  - Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalot
  - Elokuvateatterit
  - Kirjastot ja arkistot
  - Museot ja taidegalleriat
  - Näyttelyhallit
- 5 Majoitusliikerakennukset
  - Hotellit yms.
  - Asuntolat yms.
  - Vanhainkodit
  - Lasten- ja koulukodit
  - Kehitysvammaisten hoitolaitokset
- 6 Opetusrakennukset ja päiväkodit
  - Lasten päiväkodit
  - Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset
  - Ammatillisten oppilaitosten rakennukset
  - Korkeakoulurakennukset
  - Tutkimuslaitosrakennukset
- 7 Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit
  - Tennis-, squash- ja sulkapallohallit
  - Monitoimihallit ja muut urheiluhallit
- 8 Sairaalat
  - Keskussairaalat
  - Muut sairaalat
- 9 Muut rakennukset
  - Muita rakennuksia ovat esimerkiksi:
    - Varastorakennukset
    - Uimahallit
    - Jäähallit
    - Liikenteen rakennukset
    - Rakennuksiin liittyvät ja erilliset moottoriajoneuvosuojat

## Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot

Lämmitysteho ja energiankulutus lasketaan tässä liitteessä esitetyillä säätiedoilla. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeet esitetään kuvassa L2.1. Vaatimusten mukaisuuden osoittamisessa kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla. Energiankulutuksen laskennassa käytettävän testivuoden kuukausittaiset ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiat (taulukot L2.2 – L2.4) pohjautuvat Helsinki-Vantaan lentoaseman (säävyöhykkeet I ja II), Jyväskylän lentoaseman (säävyöhyke III) ja Sodankylän ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen (säävyöhyke IV) säähavaintoasemien mittauksiin vuosilta 1980-2009. Lämmitystehontarpeen laskenta tehdään rakennuspaikan maantieteellisen sijainnin mukaisella säävyöhykkeen mitoittavalla ulkolämpötilalla (taulukko L2.1). Säävyöhykkeille I ja II on esitetty erikseen mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat. Säävyöhykkeen II tiedot pohjautuvat Jokioisten observatorion säähavaintoihin. Normituslämmitystarvelukua (S17) käytetään apuna, jos halutaan verrata testivuoden lämmitystarvetta muiden vuosien tai paikkakuntien lämmitystarpeeseen.

### Selostus

Testivuoden tunnitaiset säätiedot eri säävyöhykkeille on saatavissa esimerkiksi ympäristöministeriön [www-sivuilla](http://www.sivuilla).



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1.		Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	5,3	
II	-29	4,6	
III	-32	3,2	
IV	-38	-0,4	

Taulukko L2.2. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä I ja II. Helsinki-Vantaa.

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u$ , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-3,97	6,2	650
Helmikuu	-4,50	22,4	602
Maaliskuu	-2,58	64,3	607
Huhtikuu	4,50	119,9	354
Toukokuu	10,76	165,5	117
Kesäkuu	14,23	168,6	9
Heinäkuu	17,30	180,9	0
Elokuu	16,05	126,7	31
Syyskuu	10,53	82,0	161
Lokakuu	6,20	26,2	331
Marraskuu	0,50	8,1	495
Joulukuu	-2,19	4,4	595
Koko vuosi	5,57	975	3952

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin,  
 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ , kWh/m<sup>2</sup>

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,2	4,7	3,8	9,5	12,9	9,5	3,8	4,7
Helmikuu	17,3	13,8	15,6	31,0	41,4	30,9	15,6	14,0
Maaliskuu	40,3	38,1	48,5	75,1	89,5	69,4	43,7	36,9
Huhtikuu	43,9	56,3	79,9	101,1	107,3	101,6	80,6	56,8
Toukokuu	57,8	82,1	112,8	123,3	116,0	117,5	104,5	76,3
Kesäkuu	70,6	87,9	109,6	109,9	101,6	110,9	111,2	89,1
Heinäkuu	66,3	91,1	118,8	123,1	115,5	128,6	122,7	91,2
Elokuu	50,0	66,4	91,8	106,0	100,4	92,8	78,8	61,1
Syyskuu	32,9	37,5	56,5	83,9	100,5	87,3	59,3	38,1
Lokakuu	17,9	15,6	17,5	28,3	37,0	30,0	18,8	15,7
Marraskuu	7,2	5,5	5,1	12,3	16,8	12,3	5,1	5,6
Joulukuu	4,2	3,2	2,6	8,4	11,8	8,8	2,9	3,2
Koko vuosi	414,6	502,2	662,5	811,9	850,7	799,6	647,0	492,7

Muunnoskerroin  $F_{\text{suunta}}$ , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	0,995	0,757	0,609	1,531	2,080	1,519	0,605	0,759
Helmikuu	0,774	0,618	0,700	1,387	1,854	1,381	0,700	0,624
Maaliskuu	0,627	0,592	0,754	1,169	1,392	1,079	0,679	0,574
Huhtikuu	0,366	0,470	0,666	0,843	0,895	0,847	0,672	0,474
Toukokuu	0,349	0,496	0,681	0,745	0,701	0,710	0,632	0,461
Kesäkuu	0,419	0,521	0,650	0,652	0,602	0,658	0,659	0,528
Heinäkuu	0,367	0,503	0,657	0,681	0,639	0,711	0,679	0,504
Elokuu	0,395	0,524	0,725	0,837	0,793	0,732	0,622	0,482
Syyskuu	0,401	0,457	0,689	1,023	1,225	1,064	0,723	0,465
Lokakuu	0,683	0,595	0,670	1,081	1,412	1,144	0,718	0,598
Marraskuu	0,888	0,683	0,632	1,519	2,068	1,519	0,633	0,686
Joulukuu	0,920	0,697	0,571	1,850	2,615	1,942	0,637	0,697
Koko vuosi	0,425	0,515	0,679	0,833	0,872	0,820	0,663	0,505

Taulukko L2.3. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä III. Jyväskylä.

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u$ , °C	Auringon kokonaissätei- lyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>	Normitukseen käytettä- vä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-8,00	5,4	775
Helmikuu	-7,10	20,1	675
Maaliskuu	-3,53	51,9	637
Huhtikuu	2,42	102,9	437
Toukokuu	8,84	171,4	210
Kesäkuu	13,39	159,1	60
Heinäkuu	15,76	158,2	22
Elokuu	13,76	113,9	78
Syyskuu	9,18	71,1	218
Lokakuu	4,07	25,3	401
Marraskuu	-1,76	7,3	563
Joulukuu	-5,92	3,2	706
Koko vuosi	3,43	890	4782

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin,  
 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ , kWh/m<sup>2</sup>

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,0	4,5	3,1	6,5	9,0	6,8	3,3	4,5
Helmikuu	16,4	12,8	15,6	34,4	46,3	33,5	15,1	12,8
Maaliskuu	38,7	35,2	37,9	55,1	69,8	60,2	42,1	36,1
Huhtikuu	46,1	54,5	73,5	93,6	99,1	89,5	70,0	53,6
Toukokuu	68,9	91,3	122,6	132,4	123,4	124,5	115,0	88,5
Kesäkuu	72,7	87,1	105,4	108,0	103,3	107,5	103,6	85,0
Heinäkuu	65,1	81,4	106,2	115,0	109,4	111,6	104,5	82,6
Elokuu	48,0	57,0	74,5	91,7	98,3	94,5	77,3	58,1
Syyskuu	30,6	34,2	51,8	77,7	91,6	76,1	50,1	33,4
Lokakuu	15,3	13,6	18,5	33,1	42,5	32,1	17,6	13,3
Marraskuu	6,9	5,3	4,9	10,7	14,6	10,7	4,9	5,3
Joulukuu	3,3	2,5	1,6	3,3	4,4	3,2	1,6	2,5
Koko vuosi	418,0	479,4	615,6	761,5	811,7	750,2	605,1	475,7

Muunnoskerroin  $F_{\text{suunta}}$ , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissätei-  
lyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi  
eri ilmansuunnissa

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	1,094	0,833	0,568	1,189	1,651	1,256	0,610	0,824
Helmikuu	0,817	0,636	0,778	1,712	2,306	1,670	0,750	0,639
Maaliskuu	0,747	0,678	0,730	1,063	1,346	1,160	0,811	0,696
Huhtikuu	0,448	0,530	0,715	0,910	0,963	0,870	0,681	0,521
Toukokuu	0,402	0,533	0,715	0,773	0,720	0,726	0,671	0,517
Kesäkuu	0,457	0,547	0,662	0,679	0,649	0,675	0,651	0,534
Heinäkuu	0,412	0,514	0,671	0,727	0,692	0,705	0,661	0,522
Elokuu	0,422	0,500	0,654	0,805	0,863	0,830	0,679	0,510
Syyskuu	0,430	0,481	0,729	1,093	1,288	1,071	0,705	0,470
Lokakuu	0,604	0,535	0,729	1,305	1,675	1,268	0,695	0,523
Marraskuu	0,937	0,717	0,665	1,459	1,984	1,458	0,665	0,719
Joulukuu	1,015	0,762	0,503	1,006	1,352	0,997	0,500	0,765
Koko vuosi	0,470	0,539	0,692	0,856	0,912	0,843	0,680	0,535

Taulukko L2.4. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä IV. Sodankylä.

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u$ , °C	Auringon kokonaissätei- lyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>	Normitukseen käytettä- vä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-13,06	1,4	932
Helmikuu	-12,62	13,6	830
Maaliskuu	-6,88	48,0	740
Huhtikuu	-1,56	121,0	557
Toukokuu	5,40	128,1	337
Kesäkuu	13,03	154,2	115
Heinäkuu	14,36	146,4	30
Elokuu	12,06	94,5	138
Syyskuu	6,60	63,7	303
Lokakuu	0,15	16,6	522
Marraskuu	-6,78	3,0	714
Joulukuu	-10,08	0,2	839
Koko vuosi	0,05	791	6058

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin,  
 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ , kWh/m<sup>2</sup>

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	1,4	1,1	0,7	1,1	1,4	1,1	0,7	1,1
Helmikuu	13,2	10,2	9,4	19,8	27,6	21,0	10,2	10,1
Maaliskuu	38,0	33,2	36,4	57,9	74,6	60,6	38,6	33,5
Huhtikuu	59,0	70,8	100,8	134,9	146,7	127,8	93,7	67,9
Toukokuu	63,8	79,8	97,6	99,5	91,4	91,1	85,9	71,7
Kesäkuu	78,7	90,5	106,7	106,3	101,2	105,9	106,0	89,9
Heinäkuu	69,7	84,0	104,0	111,2	107,9	104,2	94,4	77,4
Elokuu	44,1	50,7	62,8	77,0	84,9	83,4	68,4	52,1
Syyskuu	25,5	31,0	51,8	80,2	92,7	74,5	46,1	28,7
Lokakuu	12,8	10,2	11,8	23,8	31,2	22,8	11,2	10,4
Marraskuu	3,1	2,4	1,8	4,0	5,5	4,2	1,9	2,4
Joulukuu	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Koko vuosi	409,5	464,1	583,9	715,9	765,3	696,8	557,2	445,4

Muunnoskerroin  $F_{\text{suunta}}$ , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissätei-  
lyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi  
eri ilmansuunnissa

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	1,000	0,750	0,479	0,764	1,014	0,764	0,479	0,750
Helmikuu	0,966	0,749	0,686	1,451	2,025	1,540	0,745	0,744
Maaliskuu	0,792	0,691	0,759	1,205	1,554	1,262	0,804	0,698
Huhtikuu	0,488	0,585	0,833	1,115	1,213	1,056	0,774	0,561
Toukokuu	0,498	0,623	0,762	0,777	0,714	0,711	0,671	0,560
Kesäkuu	0,511	0,587	0,692	0,689	0,657	0,687	0,687	0,583
Heinäkuu	0,476	0,574	0,710	0,759	0,737	0,712	0,644	0,528
Elokuu	0,467	0,536	0,665	0,814	0,898	0,883	0,724	0,551
Syyskuu	0,400	0,487	0,813	1,259	1,454	1,169	0,724	0,451
Lokakuu	0,774	0,618	0,710	1,435	1,883	1,375	0,673	0,625
Marraskuu	1,026	0,780	0,576	1,299	1,819	1,375	0,625	0,776
Joulukuu	0,955	0,727	0,455	0,727	0,955	0,727	0,455	0,727
Koko vuosi	0,518	0,587	0,738	0,905	0,968	0,881	0,704	0,563

## E-luvun laskennan keskeisten lähtötietojen ja tulosten esittäminen

Energialaskennan keskeiset lähtötiedot ja tulokset voidaan esittää esimerkiksi taulukoiden 12 ja 13 mukaan.

Taulukko 12. E-luvun laskennan lähtötietojen esittäminen.

Rakennuskohde				
Osoite				
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	m <sup>2</sup>			
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )			
Rakennusvaihan umpiosat	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	U A W/K	%
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsiilat				
Ikkunat ilmansuunnittain	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	g-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto  (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku  kW/(m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötila- suhde  -	Jäätymisen esto  °C
Pääilmanvaihdonkoneet				
Erillispoistot				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde  -	Lämmitysjärj. hyötysuhde  -	Lämpökerroin <sup>1</sup>  -	Apulaitteiden sähkönkäyttö <sup>2</sup>  W
Tilojen ja iv:n lämmitys LKV:n valmistus				
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
LKV:n käyttö	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)	yhteensä m <sup>3</sup> /a		
Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Käyttöaste -
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvitys		

Taulukko 13. E-luvun laskennan tulosten esittäminen.

Rakennuskohde			
Osoite			
Rakennuksen käyttötarkoitus			
Rakennusvuosi			
Lämmitetty nettoala	m <sup>2</sup>		
<b>E-luku</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b> (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
<b>E-luvun erittely</b>	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/a	-	kWh/a kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sähkö		1,7	
Kaukolämpö		0,7	
Kaukojäähdytys		0,4	
Uusiutuva polttoaine		0,5	
Fossiilinen polttoaine		1	
...			
<b>Yhteensä</b>		-	
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Aurinkosähkö			
Aurinkolämpö			
Tuulisähkö			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia			
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys
	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Lämmitysjärjestelmä	-		
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>			
Tuloilman lämmitys			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		-	
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus		-	
<b>Yhteensä</b>			
<sup>1</sup> Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
<b>Energian nettotarve</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>			
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Jäähdytys			
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa			
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa			
<b>Lämpökuormat</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Aurinko			
Ihmiset			
Kuluttajalaitteet			
Valaistus			
Laskentatyökalun nimi ja versionumero			
<b>Päiväys</b>	<b>Allekirjoitus</b>	<b>Nimen selvennys</b>	



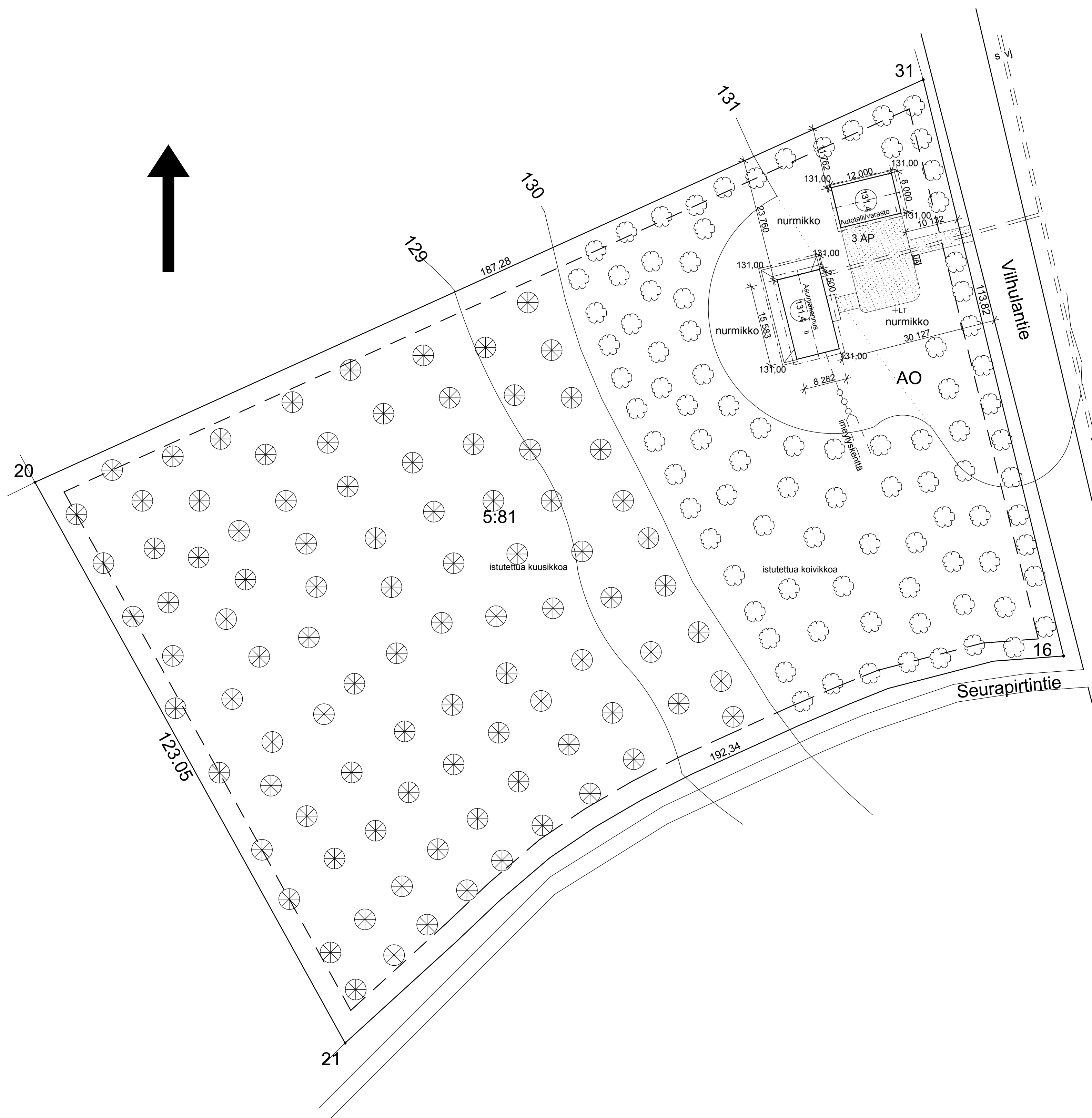
# Opastavia tietoja

---







## SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Tilanne 1.7.2012 tämän asetuksen antopäivän 30.3.2011 tiedoin  
(ajantasainen sisällysluettelo [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi))

A	YLEINEN OSA		
A1	Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus	Määräykset ja ohjeet	2006
A2	Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat	Määräykset ja ohjeet	2002
A4	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje	Määräykset ja ohjeet	2000
A5	Kaavamerkinnot	Määräykset	2000
B	RAKENTEIDEN LUJUUS		
B1	Rakenteiden varmuus ja kuormitukset	Määräykset	1998
B2	Kantavat rakenteet	Määräykset	1990
B3	Pohjarakenteet	Määräykset ja ohjeet	2004
B4	Betonirakenteet	Ohjeet	2005
B5	Kevytbetoniharkkorakenteet	Ohjeet	2007
B6	Teräsohutelevyrakenteet	Ohjeet	1989
B7	Teräsrakenteet	Ohjeet	1996
B8	Tiilirakenteet	Ohjeet	2007
B9	Betoniharkkorakenteet	Ohjeet	1993
B10	Puurakenteet	Ohjeet	2001
C	ERISTYKSET		
C1	Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa	Määräykset ja ohjeet	1998
C2	Kosteus	Määräykset ja ohjeet	1998
C4	Lämmöneristys	Ohjeet	2003
D	LVI JA ENERGIATEHOKKUUS		
D1	Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot	Määräykset ja ohjeet	2007
D2	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	Määräykset ja ohjeet	2012
D3	Rakennusten energiatehokkuus	Määräykset ja ohjeet	2012
D4	LVI-piirrosmerkit	Ohjeet	1978
D5	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta	Ohjeet	2007
D7	Kattiloiden hyötysuhdevaatimukset	Määräykset	1997
E	RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS		
E1	Rakennusten paloturvallisuus	Määräykset ja ohjeet	2002
E1	Rakennusten paloturvallisuus	Muutos	2008
E2	Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus	Ohjeet	2005
E3	Pienet savuhormit	Ohjeet	2007
E4	Autosuojien paloturvallisuus	Ohjeet	2005
E7	Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus	Ohjeet	2004
E8	Muuratut tulisijat	Ohjeet	1985
E9	Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus	Ohjeet	2005
F	YLEINEN RAKENNUSSUUNNITTELU		
F1	Esteetön rakennus	Määräykset ja ohjeet	2005
F2	Rakennuksen käyttöturvallisuus	Määräykset ja ohjeet	2001
G	ASUNTORAKENTAMINEN		
G1	Asuntosuunnittelu	Määräykset ja ohjeet	2005



**Piirustusmerkinnät**

-  Pysyvä koivu
-  Pysyvä kuusi
-  Sähköjohto
-  Lipputanko
-  Jätekatos
-  Pihakiveys

**Selvitys rakennusoikeudesta:**

Tilaan Kallioniemi 593-435-5-81 lohkottavan palstan pinta-ala on 1,7 ha. Lohkottavan palstan rakennus oikeus on 350 m<sup>2</sup>.

**Rakennusoikeuden aiottu käyttö:**

Tontin pinta-ala	17000 m <sup>2</sup>
Sallittu rakennusoikeus	350 m <sup>2</sup>
Asuinrakennus	248 m <sup>2</sup>
Asuinrakennus tilavuus	672 m <sup>3</sup>
Autotalli / Varasto	96 m <sup>2</sup>
Autotalli / varasto tilavuus	350 m <sup>3</sup>
Käytetään rakennusoikeutta	344 m <sup>2</sup>
Rakennus oikeutta jäljellä	6 m <sup>2</sup>

Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan päärakennus ja toisessa vaiheessa autotalli/varastorakennus.

**Vesihuolto ja jätevesien käsittely:**

Päärakennus ja toisessa vaiheessa rakennettava autotalli/varastorakennus liitetään kunnalliseen vesijohtoverkostoon. Jätevedet käsitellään kemiallisessa puhdistamossa, josta puhdistettu vesi imeytetään maastoon. Sadevedet katoilta ja salaojista johdetaan kokoojakäyttöön ja sieltä ohjataan sekä imeytetään maastoon.

**Rakennuksen paloluokka:**

Päärakennus ja autotalli/varastorakennus kuuluvat paloluokkaan P3

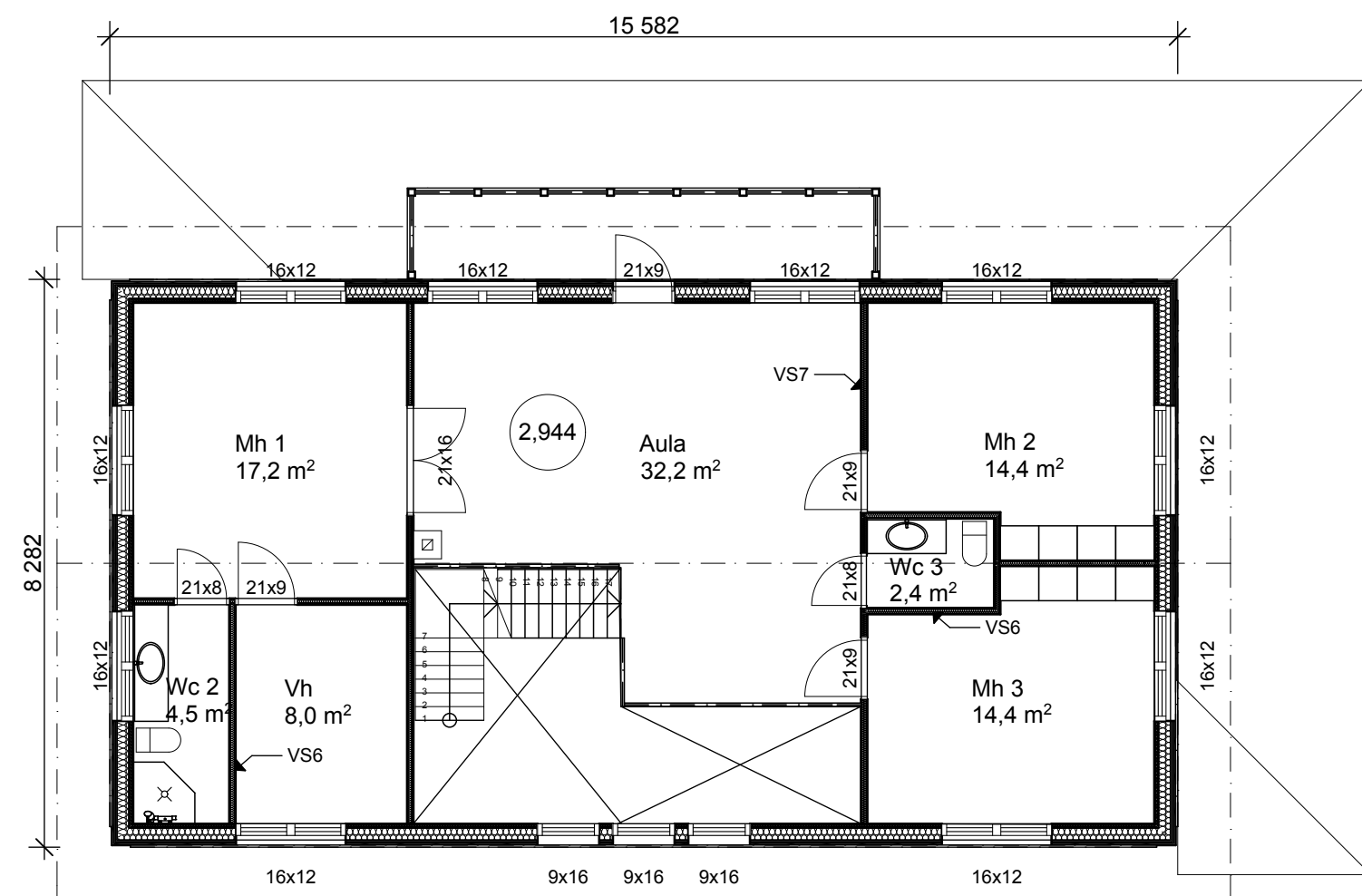
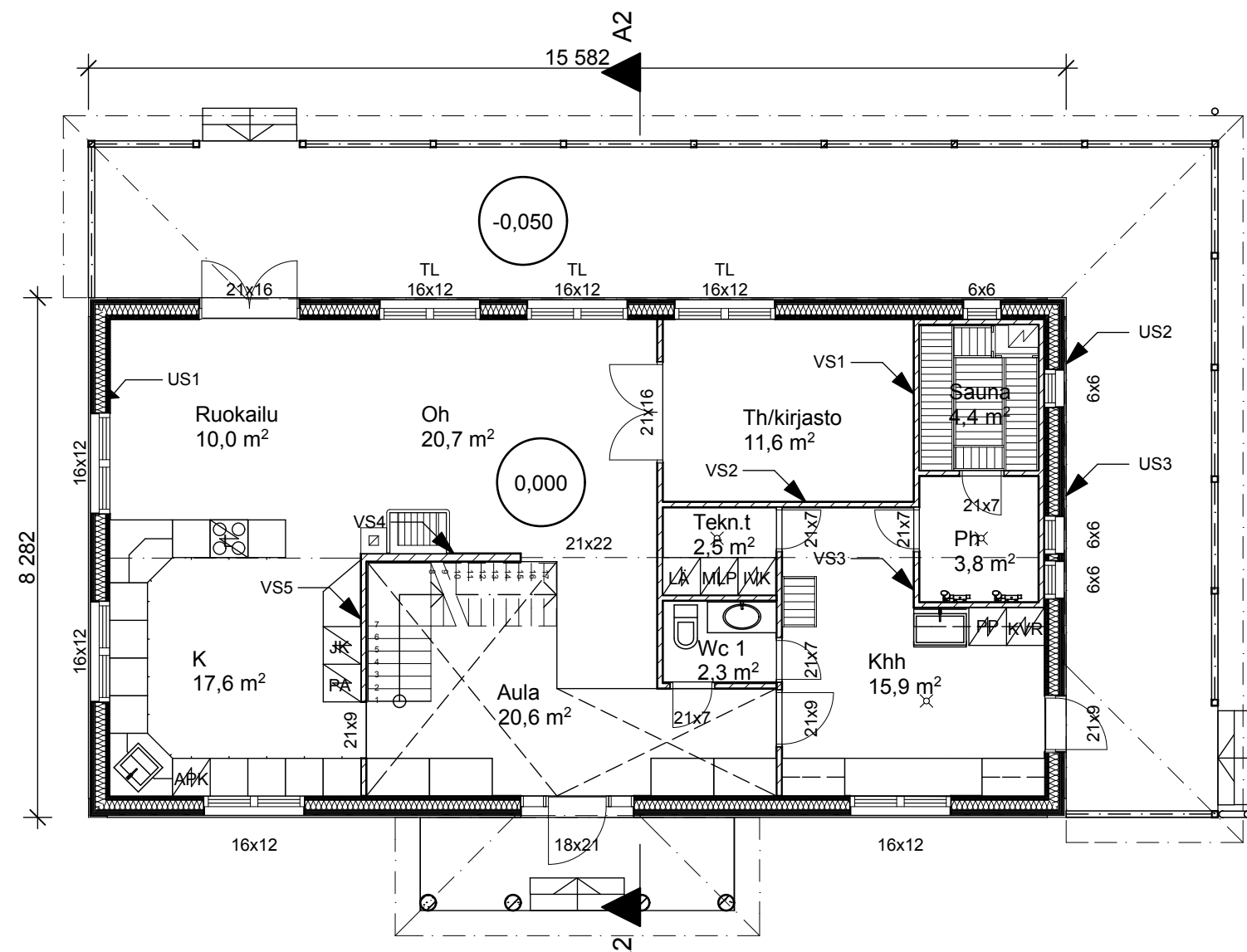
**Selvitys autopaikoista:**

Rakennukselle varataan 3 autopaikkaa.

**Selvitys jätehuollosta:**

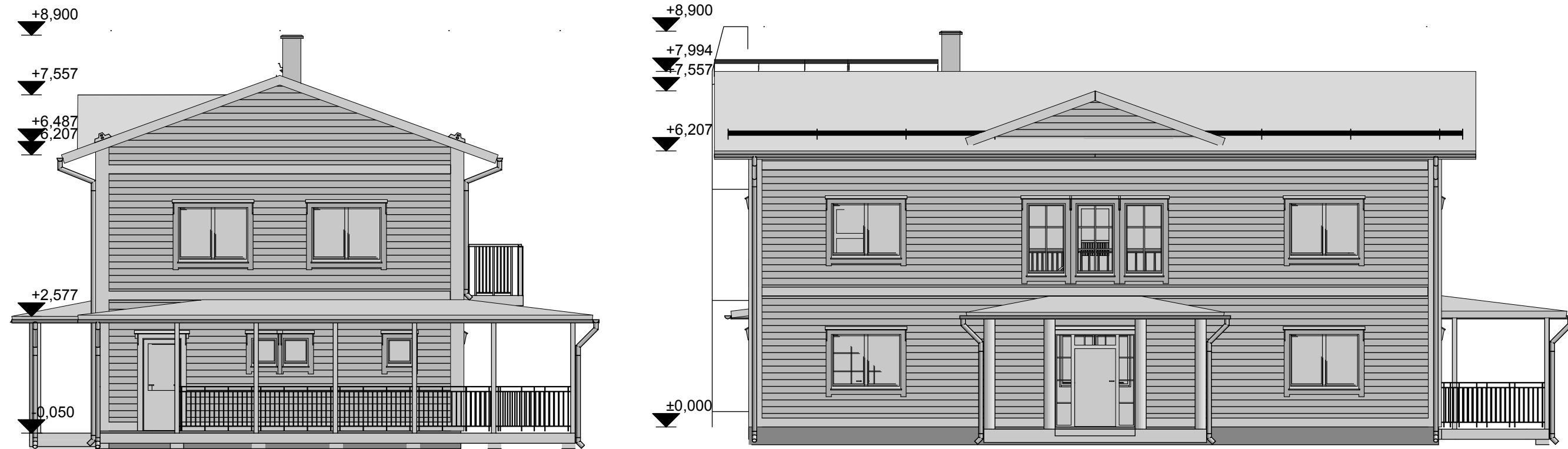
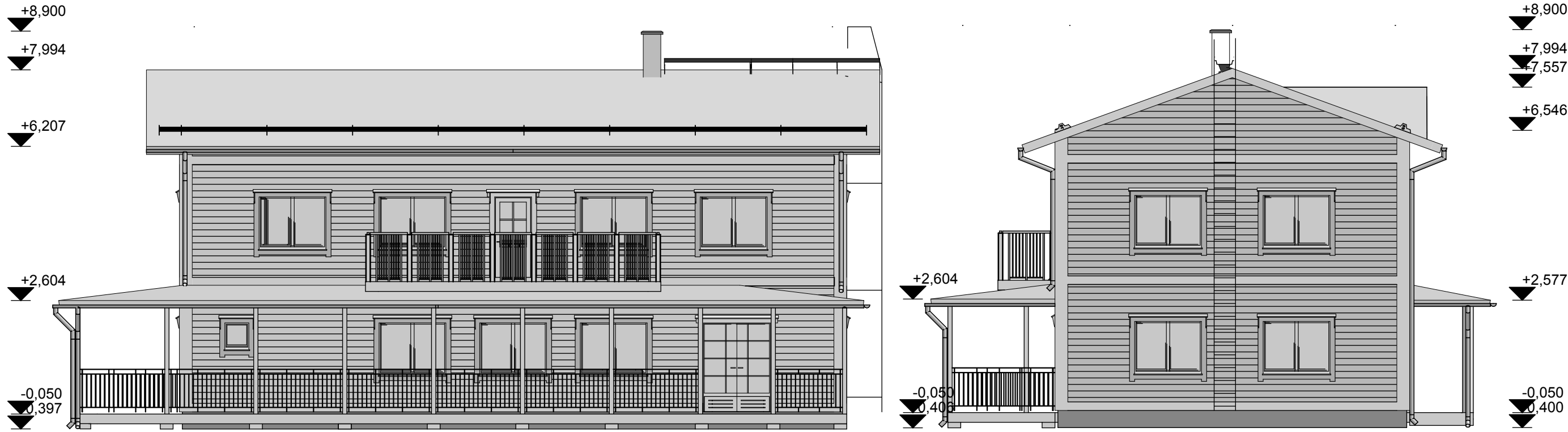
Rakennuksen tontille varataan paikka muoviselle sekajäteastialle sekä biojäteastialle.

Kaupunginosa/kylä <b>Viihula</b>	Korttelit/tila <b>593-435-5-81</b>	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide <b>Uudisrakennus</b>	Piirustustajaj <b>Pääpiirustus</b>	Juoks. nro 1/7	
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>Talo Tolonen Viihulantie 331 76850 Naarajärvi</b>	Piirustuksen sisältö <b>Asemapiirustus</b>	Mittakaavat <b>1:500</b>	
Suunnittelu- ja toteutustiedot Walt Oy Leppäkanranta 286 76850 Naarajärvi			
Piirtäjä -	Suunnittelija <b>Arto Tolonen</b>	Työnumero <b>101</b>	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; Y:\Opinnäyte talo.pjn
Päiväys <b>20.5.2012</b>	Vastuullinen suunnittelija		Suunnittelu- ja piirustusnumero <b>ARK 01-01.1</b>
Arto Tolonen			Muutos



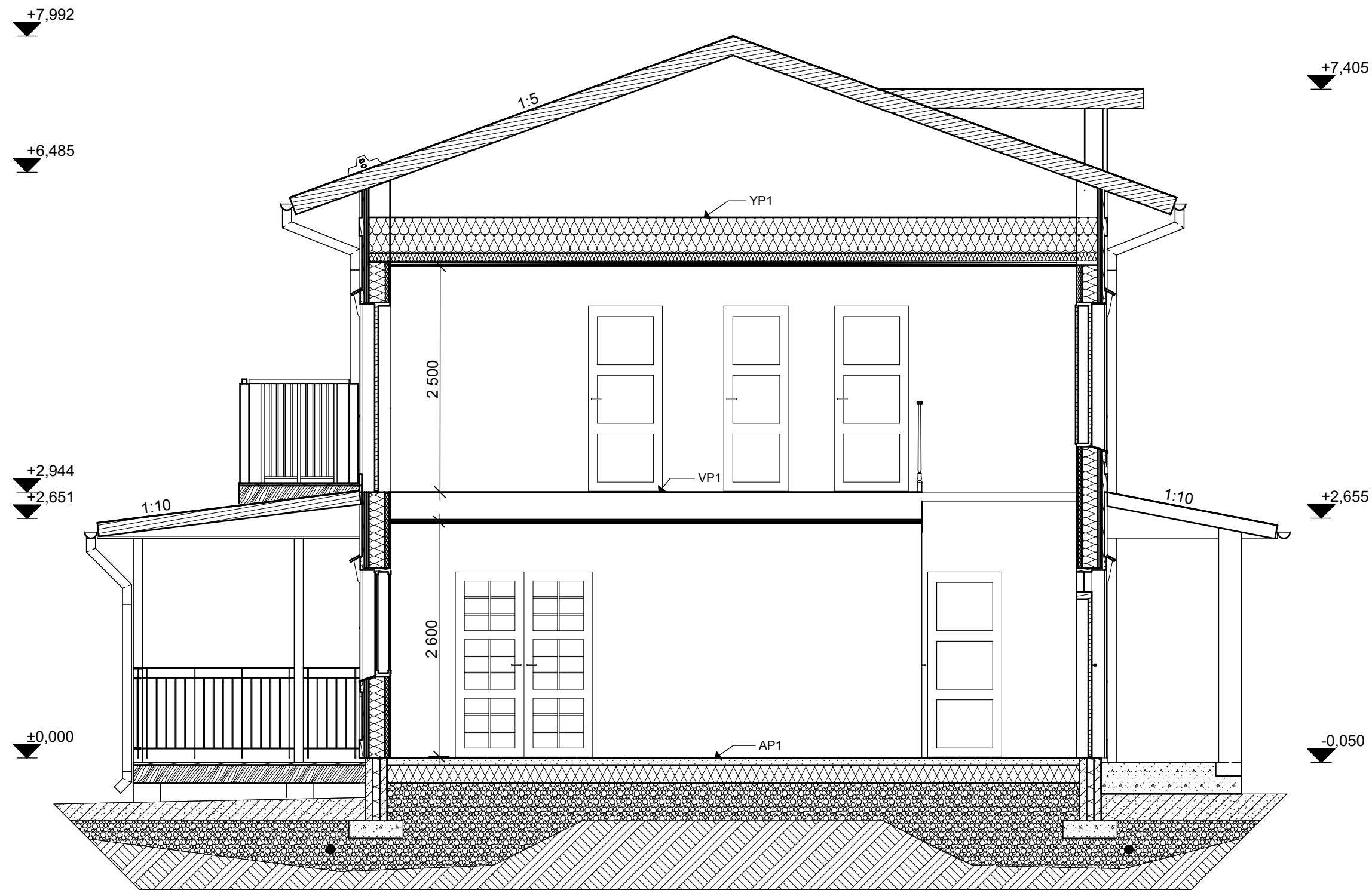
- US1 U-arvo 0,154  
Puupaneeli UTV 23\*145 mm  
Koolaus pysty 22\*100 mm  
Runkoleijona 25 mm  
Runko+villa 200 mm  
Hyörynsulkumuovi  
Koolaus+villa 48\*48 mm  
Kyproc ek 13 mm
- US2 U-arvo 0,154  
Puupaneeli UTV 23\*145 mm  
Koolaus pysty 22\*100 mm  
Runkoleijona 25 mm  
Runko+villa 200 mm  
Hyörynsulkumuovi  
Koolaus+villa 48\*48 mm  
Kalkkikiekkakivi 88 mm  
Alumiinipaperi  
Koolaus 22\*50 mm  
Pintapaneeli
- US3 U-arvo 0,154  
Puupaneeli UTV 23\*145 mm  
Koolaus pysty 22\*100 mm  
Runkoleijona 25 mm  
Runko+villa 200 mm  
Hyörynsulkumuovi  
Koolaus+villa 48\*48 mm  
Kalkkikiekkakivi 88 mm  
Vesieristys  
Laatoitus
- VS1  
Pintapaneeli  
Koolaus 22\*50 mm  
Alumiinipaperi  
Kalkkikiekkakivi 88 mm  
Pintakäsittely
- VS2  
Laatoitus  
Vedeneristys  
Kalkkikiekkakivi 88 mm  
Pintakäsittely
- VS3  
Laatoitus  
Vedeneristys  
Kalkkikiekkakivi 88 mm  
Vedeneristys  
Laatoitus
- VS4  
Pintkäsittely  
Kalkkikiekkakivi 130 m  
Pintkäsittely
- VS5  
Pintakäsittely  
Kalkkikiekkakivi 88 m  
Pintakäsittely
- VS6  
Pintakäsittely  
Vedeneristys  
Kyproc ek 13 mm  
Runko+villa 39\*66 mm k 400  
Kyproc ek 13 mm  
Pintakäsittely
- VS7  
Pintakäsittely  
Kyproc ek 13 mm  
Runko+villa 39\*66 mm k 600  
Kyproc ek 13 mm  
Pintakäsittely

Kaupunginosa/kylä Vilhula	Kortteli/tila 593-435-5-81	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide Uudisrakennus			Piirustuslaji <b>Pääpiirustus</b>
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi</b>			Juoks. nro 2/7 Mittakaavat 1:100
Suunnittelutoimiston tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 76850 Naarajärvi			Piirustuksen sisältö <b>Pohjapiirustus 1 kerros, Pohjapiirustus 2 kerros</b>
Piirtäjä -	Suunnittelija <b>Arto Tolonen</b>	Työnumero 101	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; J\Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija		Suunnitteluala ja piirustusnumero <b>ARK 01-01.2</b>
Arto Tolonen			Muutos



- |   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
| 1 | Puuvaakaverhous UTV 145*25mm             | Vuoksi 2683 (siniharmaa)        |
| 2 | Konesaumapeltikate                       | Musta 0202                      |
| 3 | Kevytsoraharkko pinnoitettu              | Yki rouhepinnoite 4984 (harmaa) |
| 4 | Tolpat, koristelaudat, kaiteet, alakatot | Valkoinen 619X                  |
| 5 | Ovet, Ikkunat                            | Valkoinen 619X                  |
| 6 | Räystäskourut, kattovarusteet            | Mustat 0202                     |
| 7 | Rännit                                   | Valkoinen 619X                  |

Kaupunginosa/kylä Vihula	Kortteli/tila 593-435-5-81	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide Uudisrakennus	Rakennuskohteen nimi ja osoite Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi		Piirustusajaja Pääpiirustus Juoks. nro 3/7
Suunnittelutoimiston tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 76850 Naarajärvi			Piirustuksen sisältö Julkisivut Js pohjoiseen, Js etelään, Js länteen, Js itään Mittakaavat 1:100
Piirtäjä -	Suunnittelija Arto Tolonen	Työnumero 101	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö :)\Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija Arto Tolonen		Suunnitteluala ja piirustusnumero Muutos ARK 01-01.3

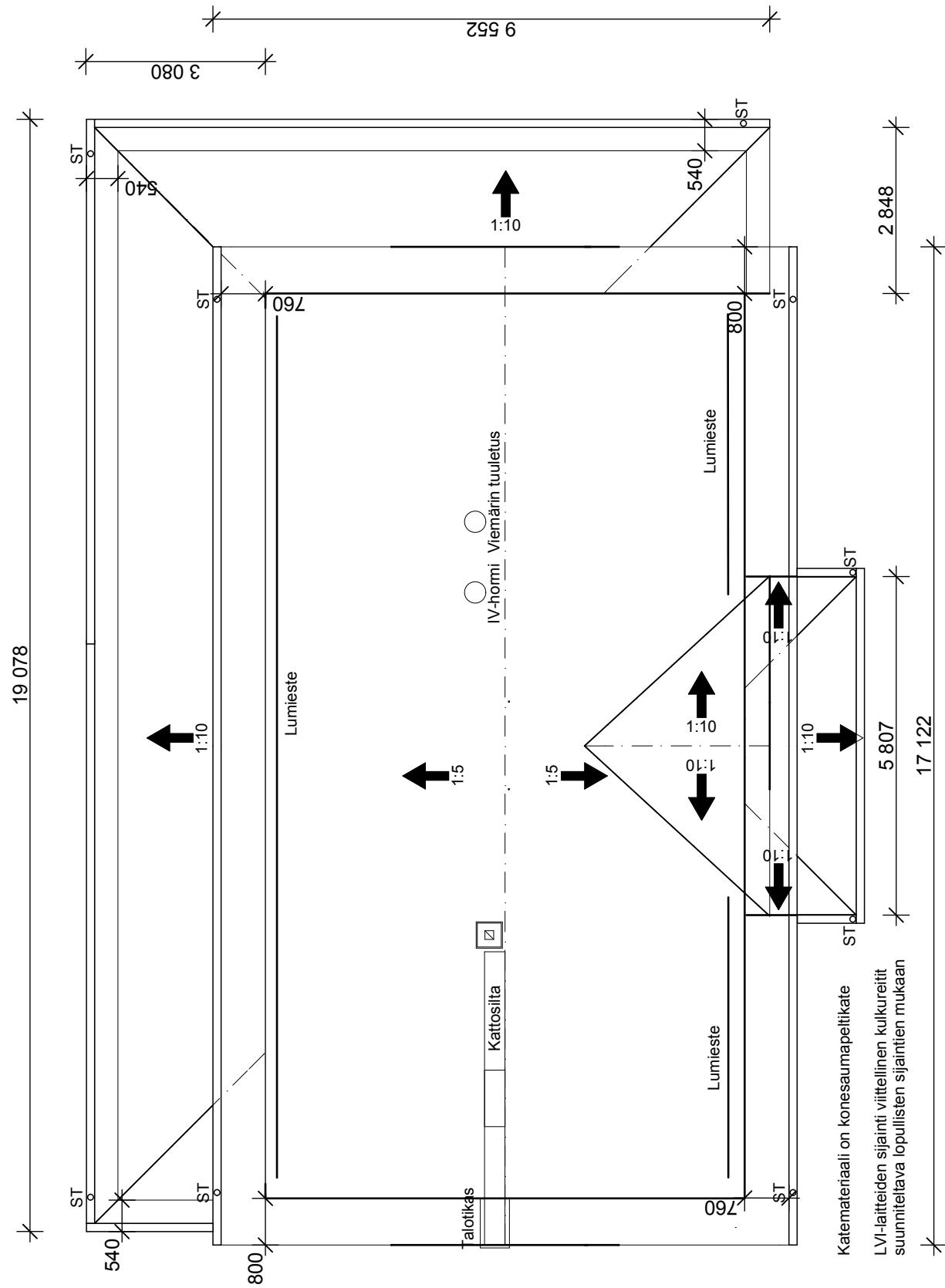


YP1 U-arvo 0,09  
Puupaneeli 20 mm  
Kooolaus 25\*100 k 300  
Hyörynsulkumuovi  
Ristikkorakenne  
Vuorivilla 100 mm  
Puhallusvilla 350 mm

VP1 400 mm  
Välipohjarakenne  
rakennesuunnittelijan  
suunnitelmien  
mukaan

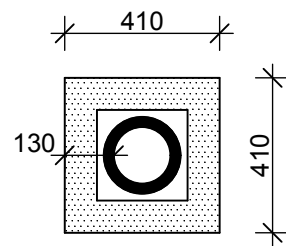
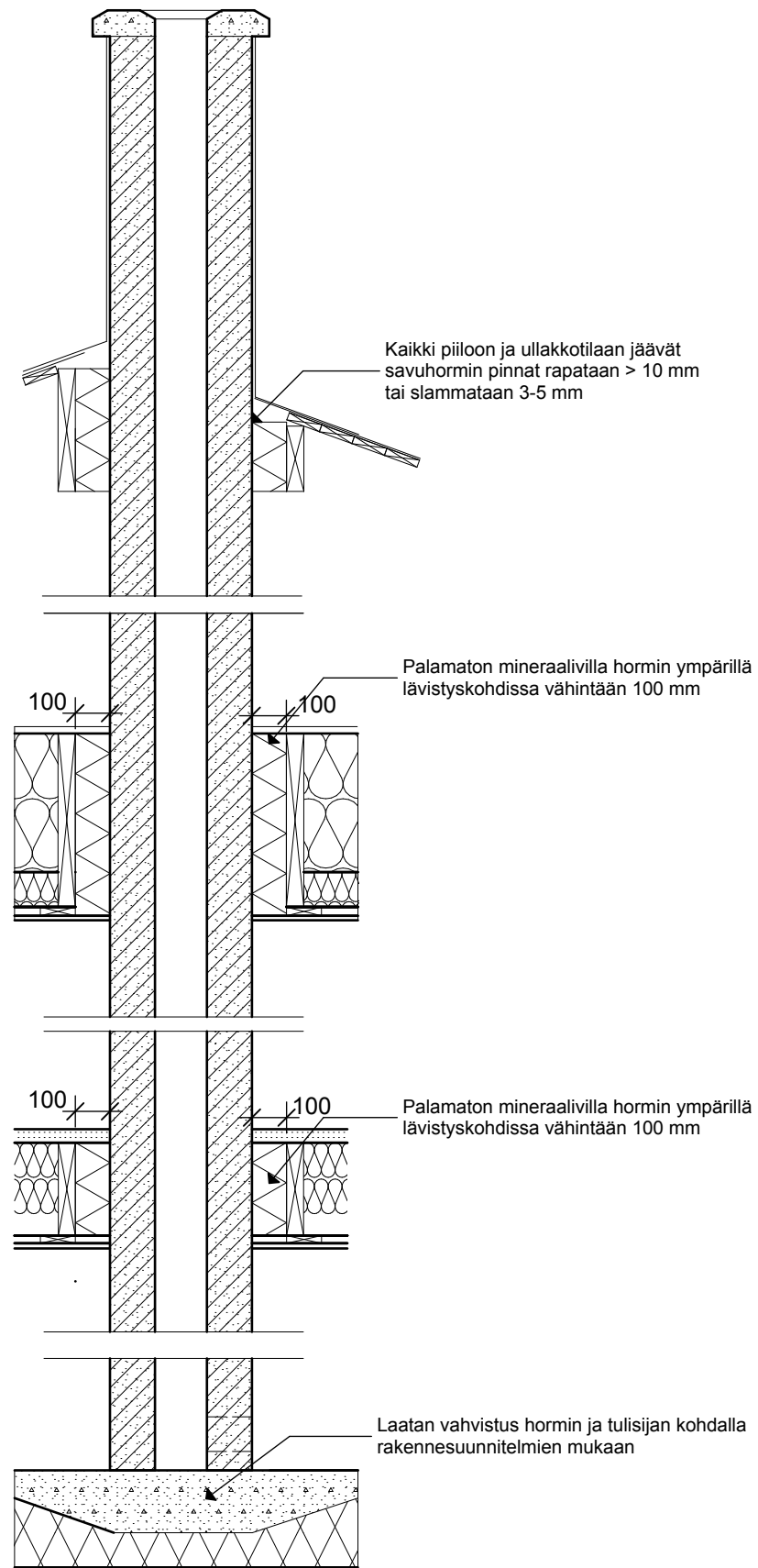
AP1 U-arvo 0,12  
Teräsbetoni-laatta 80 mm  
Eps lattiaeriste 200 mm  
Kapilaarikatko min. 300 mm  
esim. Pesty sora 6-16 mm  
Sora 0-32 mm  
Perusmaa

Kaupunginosa/kylä Vilhula	Kortteli/tila 593-435-5-81	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide Uudisrakennus			Piirustustyyppi <b>Pääpiirustus</b>
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi</b>			Juoks. nro 4/7 Mittakaavat 1:50
Suunnittelutoimiston tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 76850 Naarajärvi			Piirustuksen sisältö <b>Leikkaus A - A</b>
Piirtäjä -	Suunnittelija <b>Arto Tolonen</b>	Työnumero 101	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; \Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija		Suunnittelulua ja piirustusnumero <b>ARK 01-01.4</b>
Arto Tolonen			Muutos

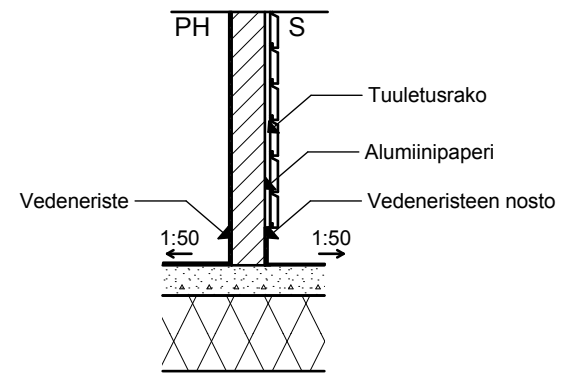
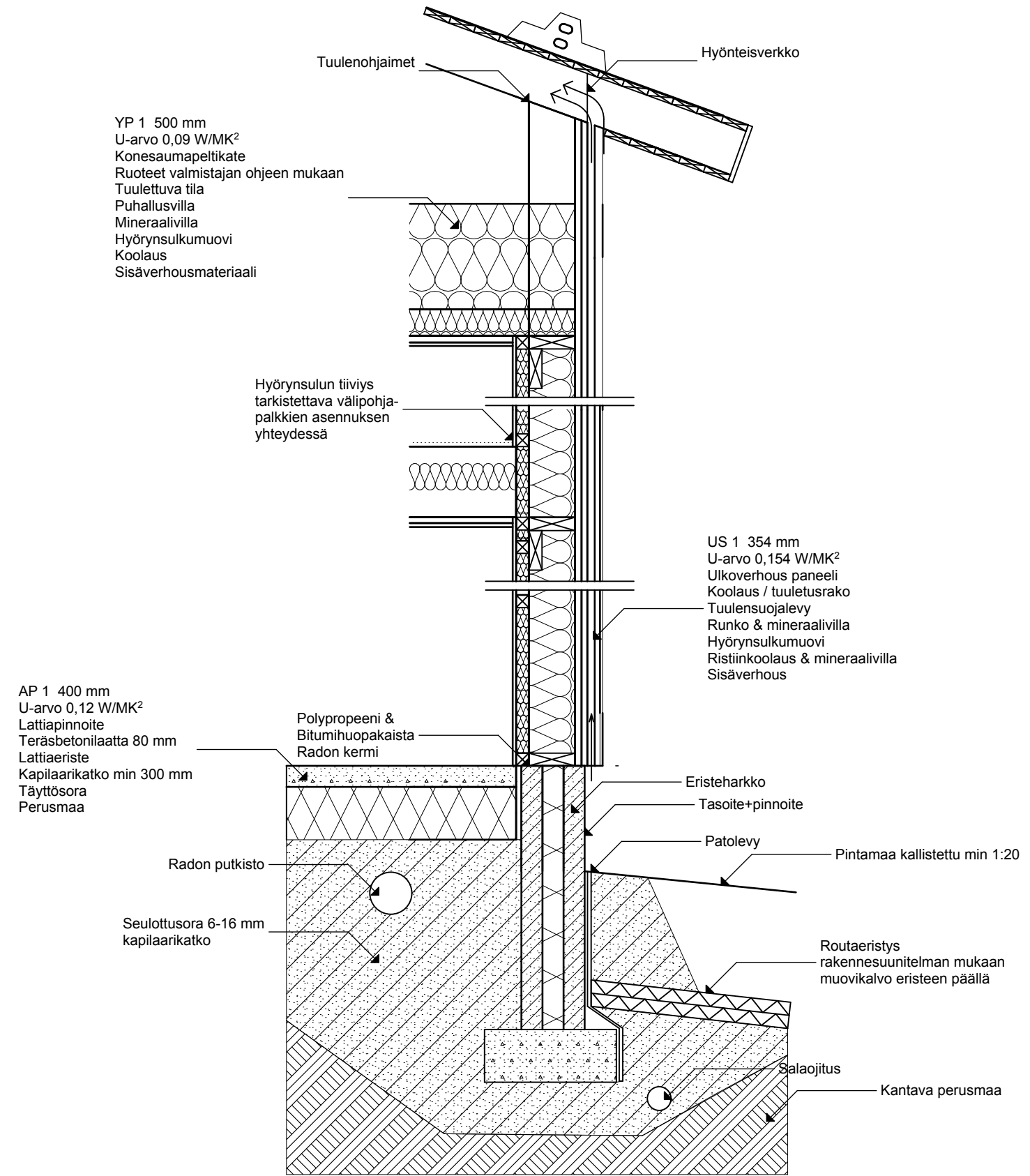


Katamateriaali on koneasumapeltikate  
 LVI-laitteiden sijainti viitteellinen kulkureitit  
 suunniteltava lopullisten sijaintien mukaan

Kaupunginosa/kylä <b>Vilhula</b>	Kortteli/tila <b>593-435-5-81</b>	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide <b>Uudisrakennus</b>			Piirustuslaji <b>Pääpiirustus</b> Juoks. nro 5/7
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi</b>			Piirustuksen sisältö <b>Kattokuva</b> Mittakaavat 1:100
Suunnitteluorganisaation tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 p. - 76850 Naarajärvi s. -			
Piirtäjä -	Suunnittelija <b>Arto Tolonen</b>	Työnumero <b>101</b>	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; \Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija		Suunnitteluala ja piirustusnumero <b>ARK 01-01.5</b> Muutos
Arto Tolonen			



Kaupunginosa/kylä Vilhula	Kortteli/tila 593-435-5-81	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide Uudisrakennus			Piirustuslaji Juoks. nro 6/7
Rakennuskohteen nimi ja osoite Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi			Piirustuksen sisältö Hormipiirustus Mittakaavat 1:20
Suunnitteluorganisaation tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 76850 Naarajärvi			
Piirtäjä -	Suunnittelija Arto Tolonen	Työnumero 101	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; \Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija		Suunnitteluala ja piirustusnumero Muutos
		Arto Tolonen	<b>ARK 01-01.6</b>



Kaupunginosa/kylä Vilhula	Kortteli/tila 593-435-5-81	Tontti/Rn:o -	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten
Rakennustoimenpide Uudisrakennus			Piirustuslaji Juoks. nro 7/7
Rakennuskohteen nimi ja osoite Talo Tolonen Vilhulantie 331 76850 Naarajärvi			Piirustuksen sisältö Uudisrakennus, PH / S leikkaus Mittakaavat 1:20
Suunnittelutoimiston tiedot Walt Oy Leppäkankaantie 286 76850 Naarajärvi			
Piirtäjä -	Suunnittelija Arto Tolonen	Työnumero 101	Tiedoston sijainti: D:\Päättötyö ; \Opinnäyte talo.pln
Päiväys 20.5.2012	Vastuullinen suunnittelija		Suunnitteluala ja piirustusnumero Muutos
Arto Tolonen			ARK 01-01.7