



OLEMASSA OLEVIEN LIIKE- JA TOIMISTORAKENNUSTEN ENER- GIATODISTUKSEN LAADINTA- PROSESSI

Teemu Lemmetty

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka

LEMMETTY, TEEMU:

Olemassa olevien liike- ja toimistorakennusten energiatodistuksen laadintaprosessi

Opinnäytetyö 125 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2014

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kuvaus energiatodistuksen laadintaprosessista olemassa oleviin liike- ja toimistorakennuksiin. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Insinööri-toimisto Vesitaito Oy. Toimeksiantajalla oli tarve prosessikuvaukselle olemassa olevien liike- ja toimistorakennusten energiatodistuksen laadinnasta. Tavoitteena oli luoda toimeksiantajayritykselle työohje, jonka avulla voidaan laatia energiatodistus olemassa oleviin liike- ja toimistorakennuksiin.

Prosessikuvaus luotiin tutkimalla kirjallisuuslähteitä ja säännöksiä sekä laatimalla energiatodistus erääseen olemassa olevaan toimistorakennukseen. Opinnäytetyön tekijä tutustui kohteiden havainnointiin olemalla mukana erään omakotitalon ja luhtitalon havainnointikäynnillä toimistorakennuksen energiatodistuksen laadintaprosessin havainnoinnin lisäksi.

Opinnäytetyössä luotiin työohjeet havainnointia ja energiatodistuksen laskentaa varten. Laskennan työohje tehtiin toimeksiantajan käyttämän laskentaohjelman mukaiseksi. Työohjeista tehtiin yleispätevät, jotta ne palvelisivat erilaisten rakennusten energiatodistusten laadinnassa. Työohjeissa keskityttiin energiatodistusprosessin loogisen järjestyksen kuvaamiseen ja asioihin, jotka energiatodistuksen laadinnassa tulee ottaa huomioon. Työohjeissa ei niinkään keskitytty tarkkoihin yksittäisiin arvoihin, vaan kokonaisuuden ymmärtämiseen ja erityistä huomiota vaativiin seikkoihin.

Työohjeiden laatiminen oli haastavaa, koska rakennukset ja talotekniset järjestelmät ovat erilaisia. Rakennusten ja järjestelmien erilaisuus aiheuttaa sen, että työohjeiden tulee olla yleispäteviä. Työohjeiden avulla siis voidaan laatia energiatodistus liike- ja toimistorakennuksiin riippumatta rakennuksen iästä ja tyypistä tai rakennuksen taloteknisistä järjestelmistä. Energiatodistuksen laatiminen pelkän työohjeen avulla vaatii kuitenkin kokemusta tai lisäperehtymistä asiaan. Työohjeiden avulla voidaan silti tutustua olemassa olevien rakennusten energiatodistuksen laadinnan edellyttämään havainnointiin sekä laskentaan ilman aikaisempaa tietämystä. Työohjeita voitaisiin kehittää siten, että ne sisältäisivät kaiken energiatodistuksen laadintatyössä tarvittavan. Tällöin työohjeiden kätevyys kuitenkin katoaisi, ja tällaisia ainakin laskennan käsittäviä ohjeita on jo olemassa.

Asiasanat: energiatodistukset, liikerakennukset, toimistorakennukset

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Services

TEEMU LEMMETTY:

The Process of Drawing up an Energy Certificate for Existing Commercial and Office Buildings

Bachelor's thesis 125 pages, appendices 19 pages
May 2014

The aim of this Bachelor's thesis was to describe the process of drawing up an energy certificate for existing commercial and office buildings. The thesis was commissioned by a company called Engineering Office Vesitaito Oy, who had the need of a description of the process of drawing up an energy certificate for existing commercial and office buildings. The goal of this thesis was to provide the client with work instructions to help writing energy certificates.

The process description was made by studying literature and regulations, and by making an energy certificate for an office building. The author of the thesis became familiar with the observation by taking part in the observation of a private house and a loft house.

Instructions for observation and the calculation of an energy certificate were made as part of the process description. The calculation instructions were made in accordance with the calculation software that the client uses. Work instructions were made universal to enable carrying out the process. The work instructions focused on describing the logical order and the important matters to be taken into account. The work instructions did not so much focus on accurate individual values, but the overall understanding and the circumstances demanding special attention.

It was challenging to create work instructions because the buildings and the technical building systems are different, which is why the work instructions had to be universal. Regardless of the age and type of the building or the building technical systems of the house, with the help of these work instructions it is possible to draw up an energy certificate for existing commercial and office buildings. However, making an energy certificate requires relevant experience or familiarization with the circumstances. The instructions could be developed in such a way that they would contain all the necessary information for the preparation work, but in this case, the dexterity of the work instructions would disappear. Secondly, at least instructions concerning calculations already exist.

Key words: energy certificate, commercial buildings, office buildings

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
2	ENERGIANKULUTUS	10
2.1	Energian kokonaiskulutus Suomessa.....	10
2.2	Sähkön kulutus Suomessa.....	11
2.3	Rakennusten energiankulutus	12
2.3.1	Asumisen energian kulutus	12
2.3.2	Liike- ja toimistorakennusten energiankulutus	14
3	ENERGIATODISTUS	16
3.1	Energiatodistuksen tarkoitus.....	16
3.2	Suomen energiatodistuslainsäädäntö	17
3.3	Vanhan lain mukainen energiatodistus	17
3.4	Uuden lain mukainen energiatodistus.....	19
3.5	E-luku.....	22
3.6	Energiatodistuksen laatija	24
3.7	Milloin energiatodistus tarvitaan	25
4	E-LUVUN LASKENTA	27
4.1	Laskennan periaate	27
4.2	Laskennan lähtöarvot.....	28
4.2.1	Lämmitetty nettoala	28
4.2.2	Rakennusosien pinta-alat	29
4.2.3	Rakenteet.....	30
4.2.4	Säätiedot.....	32
4.2.5	Sisäilmasto	33
4.2.6	Standardikäyttö	33
4.3	Lämmitysenergian tarve	34
4.3.1	Tilojen lämmitysenergian tarve.....	34
4.3.2	Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	35
4.3.3	Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve.....	38
4.3.4	Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve.....	39
4.3.5	Tuloilman lämmitysenergian tarve	42
4.3.6	Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	43
4.4	Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus	43
4.4.1	Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus	43
4.4.2	Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus.....	45

4.5	Lämpökuormat.....	46
4.5.1	Lämpökuorma henkilöistä.....	46
4.5.2	Lämpökuorma valaistuksesta ja kuluttajalaitteista.....	48
4.5.3	Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia.....	49
4.5.4	Lämpimän käyttöveden ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma	54
4.5.5	Lämpökuormista hyödyksi saatava energia	54
4.6	Tilojen lämmitysenergian nettotarve	58
4.7	Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	58
4.7.1	Yleistä lämmitysjärjestelmän energiankulutuksesta	58
4.7.2	Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän energiantarve	59
4.7.3	Käyttöveden lämpöenergian tarve.....	63
4.7.4	Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	66
4.7.5	Lämpöpumpun sähköenergian kulutus	69
4.8	Erikoistapaukset.....	72
4.8.1	Tulisijat	72
4.8.2	Ilma-ilmalämpöpumput.....	73
4.8.3	Useaa rakennusta palvelevat järjestelmät.....	73
4.8.4	Sähköinen lattialämmitys (ei sähkölämmitys talossa)	74
4.9	Jäähdytetty rakennus	74
4.9.1	Jäähdytetyn rakennuksen laskenta	74
4.9.2	Jäähdytysjärjestelmän energian kulutus.....	75
4.10	Ostoenergia	77
4.11	E-luku eli kokonaisenergiankulutus.....	78
5	ENERGIATODISTUKSEN LAADINTAPROSESSI TOIMEKSIANTAJAYRITYKSESSÄ	79
5.1	Toimeksiantajan esittely	79
5.2	Tilauksen käsittely	79
5.3	Havainnointi.....	80
5.4	Energiatodistuksen laadinta	83
5.5	Energiatodistusasiakirjojen toimitus.....	86
6	ENERGIATODISTUKSEN LAADINTA TOIMISTORAKENNUKSEEN.....	87
6.1	Tausta.....	87
6.2	Havainnointi.....	87
6.3	Energiatodistuksen laskenta.....	89
6.4	Lopputulokset	91
6.5	Johtopäätökset laadinnasta.....	102
7	POHDINTA.....	103
	LÄHTEET	105

LIITTEET	107
Liite 1. Energiatodistus malli. (Motiva: Energiatodistuslomakkeet ja laskentaohjeet 2013.)	107
Liite 2. Kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukainen energiatodistus. (Motiva: Energiatodistuslomakkeet ja laskentaohjeet 2013.).....	115
Liite 3. Säätiidot kuukausittain säävyöhykkeelle I (Helsinki-Vantaa). (RakMk D3/2012, 29–30.)	116
Liite 4. Rakennuksen energiatehokkuuden luokitteluasteikot käyttötarkoitukseluokittain. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.).....	118
Liite 5. Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. (RakMk D5/2012, Liite 2, 70.)	123

ERITYISSANASTO

E-luku	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus. Energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppinstandardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. (kWh/m ² /a)
Lämmitetty nettoala	Lämmitettyjen kerrostasoalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna, m ² .
ET-luku	Energiatehokkuusluku. Rakennuksen tarvitsema vuotuinen lämmitys-, laitesähkö- ja jäähdytysenergia jaettuna rakennuksen bruttopinta-alalla, (kWh/brm ² /a)
Bruttopinta-ala	Kerrostasoalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien ulkopintojen mukaan laskettuna, brm ² .
Lämmitetty bruttopinta-ala	Saadaan bruttopinta-alasta vähentämällä lämmittämättömien tilojen pinta-ala.
Kerrostasoala	Kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat.
RakMk	Suomen rakentamismääräyskokoelma
Energiamuotokertoimet	Energialähteen tai energiantuotantomuodon kertoimet, joilla eri energiamuodot kerrotaan energialuvun laskemiseksi.
Jäähdytetty rakennus	Rakennus, jonka tuloilmaa tai rakennuksen tiloja jäähdytetään.
Standardi käyttö	Rakennuksen vakioitu käyttö, jolla rakennuksen E-luku lasketaan.
Uusiutuva omavaraisenergia	Kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisesti uusiutuvista energianlähteistä tuotettu uusiutuva energia.
Uusiutuva polttoaine	Puu ja puupohjaiset polttoaineet sekä biopolttoaineet, pois lukien turve.
Ilmanvuotoluku q ₅₀	Rakennusvaipan keskimääräinen vuotoilmavirta tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohti.

SFP-luku	Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho. E-luvunlaskennassa rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä)
SPF-luku	Lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin. Lämpöpumpun vuotuisen lämmitysenergian tuoton ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian suhde.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheen taustalla on toimeksiantajan tarve kuvaukselle olemassa olevien liike- ja toimistorakennusten energiatodistusten laadintaprosessista. Opinnäytetyöntekijä on työskennellyt toimeksiantajan palveluksessa kesällä 2013. Toimeksiantaja on pirkanmaalainen insinööritoimisto, jonka liiketoimintaan kuuluvat energiaselvitysten laadinta ja LVI-suunnittelu. Tällä hetkellä toimeksiantaja keskittyy energiaselvitysten ja energiatodistusten laadinnassa uusiin ja olemassa oleviin asuinrakennuksiin.

Tarpeen taustalla on Laki rakennusten energiatodistuksesta 50/2013, joka astui voimaan 1.6.2013 määritellen energiatodistukset koskemaan myös olemassa olevia kiinteistöjä. Olemassa olevia liike- ja toimistorakennuksia laki koskee kuitenkin vasta siirtymäajan jälkeen 1.7.2014 alkaen. Toimeksiantajan tarkoituksena on tarjota palveluitaan myös kyseisten rakennusten energiatodistusten laadinnassa.

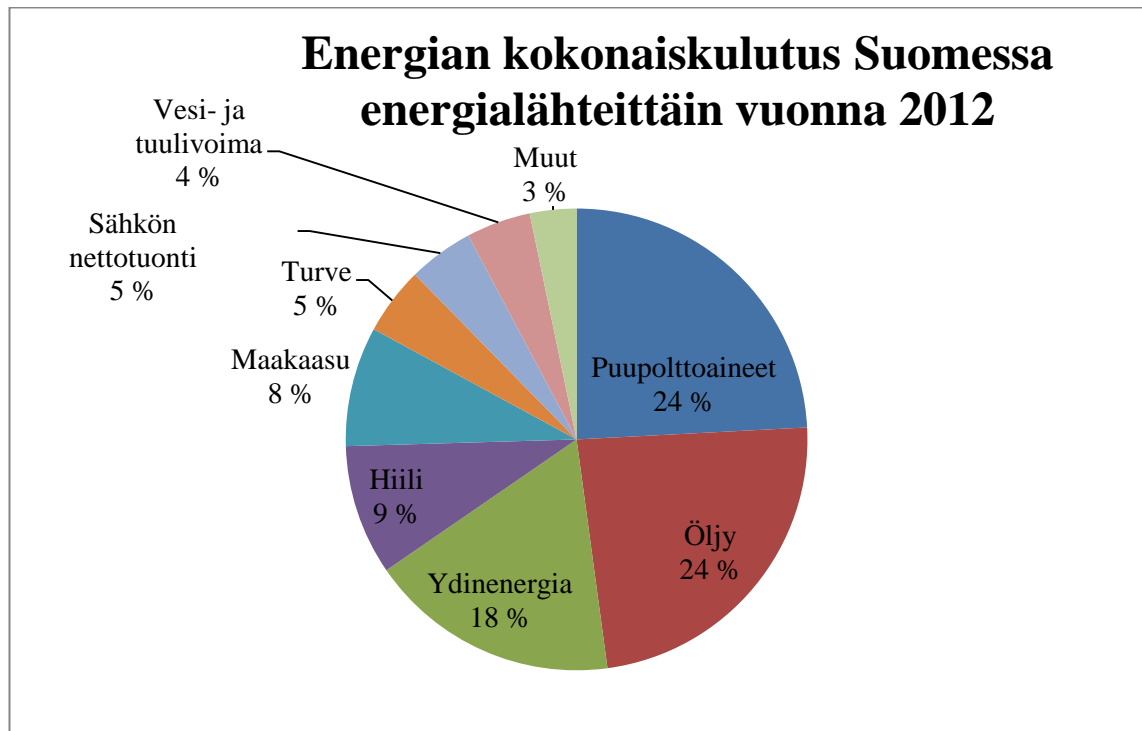
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia kuvaus olemassa olevien liike- ja toimistorakennusten energiatodistusten laadintaprosessista. Kuvauksen tavoitteena on toimia liike-toiminnan työkaluna toimeksiantajalle ja helpottaa energiatodistusten laatijan työtä. Kuvaus antaa laatijalle työkalun energiatodistuksen laadintaan esimerkkeineen. Kuvaus on apuna energiatodistuksen laadinnassa tilauksen saapumisesta energiaselvitysasiakirjojen toimitukseen asti.

Opinnäytetyö keskittyy kuvaamaan toimeksiantajayrityksen prosessin energiatodistuksen laadinnasta. Kuvauksessa esitellään energiatodistuksen laadintaprosessin työvaiheet. Opinnäytetyön tekemisen aikana laaditaan energiatodistus erääseen olemassa olevaan liike- ja toimistorakennukseen. Esimerkkikohteen avulla nähdään mitä laadinta vaatii käytännössä ja mihin tulee erityisesti kiinnittää huomiota. Esimerkkikohte toimii työn yhtenä tutkimusmenetelmänä ja se esitellään luvussa kuusi. Muina tutkimusmenetelminä käytetään muun muassa kirjallisuuslähteitä.

2 ENERGIANKULUTUS

2.1 Energian kokonaiskulutus Suomessa

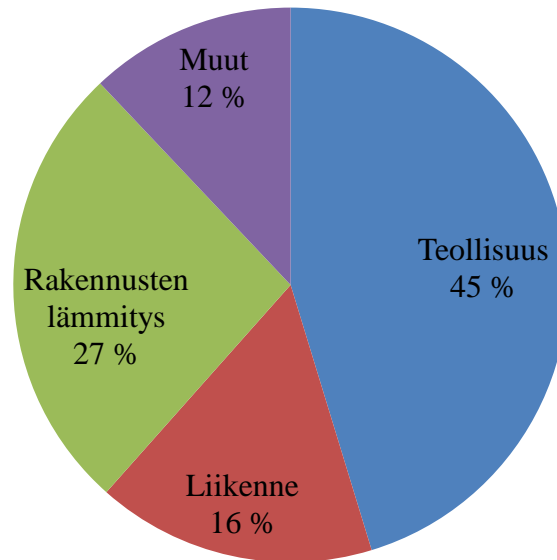
Energian kokonaiskulutus vuonna 2012 Suomessa oli Tilastokeskuksen mukaan noin 381 TWh eli 1372 PJ. Kuvioista 1 nähdään kuinka energiankulutus jakautuu energialähteittäin. Tilastokeskuksen julkaisun mukaan sähköä käytettiin 85,1 TWh ja uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 32 prosenttia vuonna 2012. (Tilastokeskus: 2013. Energian hankinta ja kulutus 2012.)



KUVIO 1. Energian kokonaiskulutuksen jakautuminen energialähteittäin. (Tilastokeskus: 2013. Energian hankinta ja kulutus 2012.)

Tilastokeskuksen mukaan energian loppukäyttö jakautuu Suomessa kuvion 2 mukaisesti vuonna 2012. Kuvioista 2 nähdään, että teollisuus on suurin energiankuluttaja. Rakennusten lämmitys on toiseksi suurin yksittäinen energiankuluttaja Suomessa. Teollisuus kulutti energiaa 139 TWh ja rakennusten lämmittämiseen energiaa kului 81 TWh. (Tilastokeskus: 2013. (PX-Web-tietokanta.)

Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain vuonna 2012



KUVIO 2. Energian loppukäytön jakaantuminen. (Tilastokeskus: 2013. PX-Web-tietokanta.)

2.2 Sähkön kulutus Suomessa

Sähkön kulutus oli Suomessa 85,1 TWh vuonna 2012. Vuodesta 2011 sähkönkokonaiskulutus kasvoi yhden prosentin. Sähkön kokonaiskulutuksesta 20,5 prosenttia oli sähkön tuontia. Sähkön tuonnista suurin osa 14,2 TWh tuotiin Ruotsista. Suomen sähköntuotannosta 33 prosenttia tuotettiin ydinenergialla. Tuulivoiman osuus sähkön tuotannosta oli 0,7 prosenttia.

Vuonna 2012 suurimman osan Suomen sähköenergian kokonaiskulutuksesta kulutti teollisuus ja rakentaminen. Teollisuuden ja rakentamisen osuus sähkön kulutuksesta oli lähes 47 prosenttia (kuvio 3). Koti- ja maatalouksien osuus sähkön kulutuksesta oli 28 prosenttia sekä palvelujen ja julkisen kulutuksen osuus oli 22 prosenttia. Loput kolme prosenttia kului jakelu- ja siirtohäviöihin. (Tilastokeskus: 2013. Energian hankinta ja kulutus 2012; Tilastokeskus: 2013 PX-Web-tietokanta.)

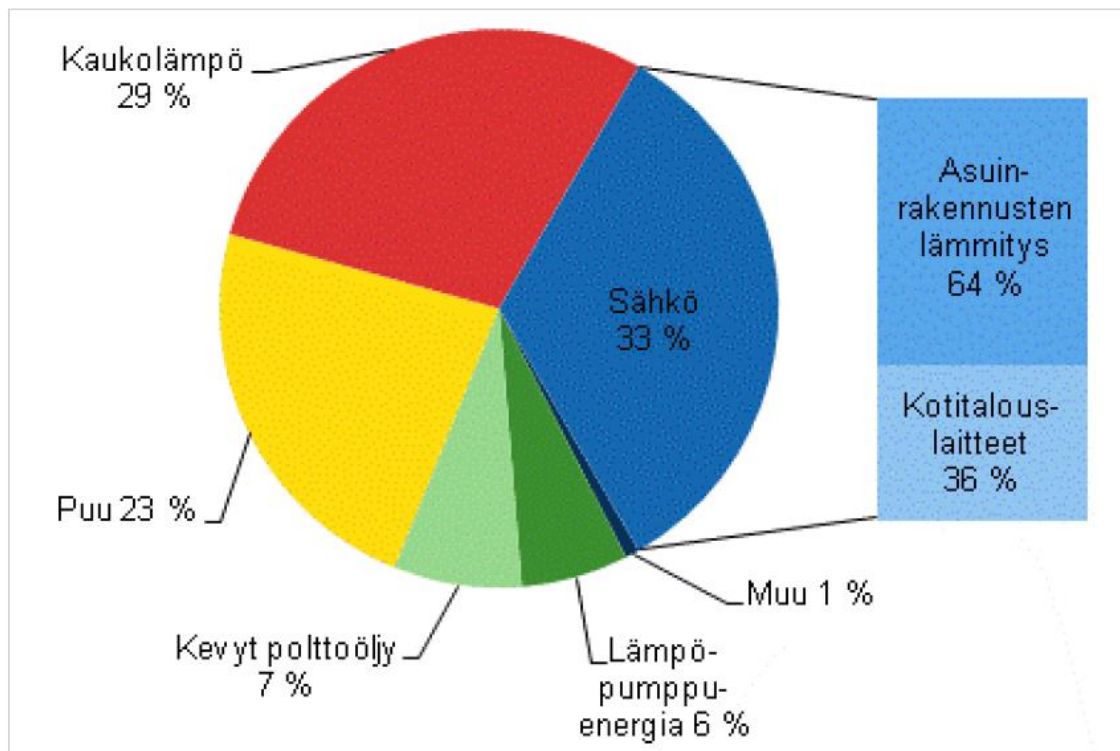


KUVIO 3. Sähkön kulutuksen jakautuminen Suomessa vuonna 2012. (Tilastokeskus: 2013 PX-Web-tietokanta.)

2.3 Rakennusten energiankulutus

2.3.1 Asumisen energian kulutus

Vuonna 2012 Suomessa asumiseen kului energiaa 66,682 TWh. Asumisen energiankulutus koostuu asuinrakennusten lämmityksestä ja kotitalouslaitteiden energiankulutuksesta. Sähköä asumiseen käytettiin 22,24 TWh. Kyseinen määrä vastaa 33 prosenttia asumisen energiankulutuksesta. Tästä määrästä 64 prosenttia kului lämmitykseen ja loput 36 prosenttia kuluttivat kotitalouslaitteet. Asuinrakennusten lämmitykseen kulutettiin energiaa 58,6 TWh vuonna 2012. Kaukolämpöä kulutettiin lämmitykseen eniten 19,346 TWh. Yli 80 prosenttia asuinrakennusten tarvitsemasta lämmitysenergiasta tuotettiin kaukolämmöllä, puulla tai sähköllä (kuvio 4). (Tilastokeskus: 2013. Asumisen energiankulutus 2012.)



KUVIO 4. Asumisen energiankulutus energialähteittäin. (Tilastokeskus: 2013. Asumisen energiankulutus 2012.)

Tarkasteltaessa erityyppisten asuinrakennusten kuten pientalojen, rivi- ja ketjutalojen, sekä kerrostalojen energiankulutusta huomataan, että yli puolet asuinrakennusten tarvitsemasta energiasta kulutetaan pientaloissa. Vuonna 2012 asuinrakennusten lämmitykseen kulutettiin 58600 GWh, josta vapaa-ajan asuinrakennusten lämmitysenergia oli 2795 GWh. Varsinaisten asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus oli 55805 GWh vuonna 2012. Taulukosta 1 nähdään myös, että asuinrakennusten lämmitysenergiasta 9658 GWh kuluu käyttöveden lämmittämiseen, mikä on noin 16 prosenttia asuinrakennusten lämmitysenergiankulutuksesta. Lisäksi 2895 GWh kuluu saunojen lämmittämiseen, mikä on noin 5 prosenttia asuinrakennusten lämmitysenergiankulutuksesta. (Tilastokeskus: 2013. Asumisen energiankulutus 2012.)

TAULUKKO 1. Energiankulutuksen jakaantuminen asuinrakennuksittain ja kotitalouslaitteittain, GWh. (Tilastokeskus: 2013. Asumisen energiankulutus 2012.)

	2008	2009	2010	2011	2012
Asuinrakennusten lämmitys	50 984	54 435	60 963	52 989	58 600
Varsinaiset asuinrakennukset yhteensä	48 475	51 782	58 068	50 401	55 805
- Erilliset pientalot	28 319	30 576	34 893	30 205	33 724
- Rivi- ja ketjutalot	5 250	5 511	5 991	5 289	5 773
- Asuinkerrostalot	14 906	15 695	17 184	14 907	16 308
Vapaa-ajan asuinrakennukset	2 509	2 653	2 895	2 588	2 795
Kotitalouslaitteet ¹⁾	8 582	8 610	8 326	8 221	8 082
- Valaistus	3 037	2 866	2 654	2 590	2 538
- Ruoan valmistus	712	713	711	701	694
- Muut sähkölaitteet	4 833	5 031	4 961	4 930	4 850
Asuminen yhteensä	59 566	63 045	69 289	61 210	66 682
Asuinrakennusten lämmityksestä					
- Saunojen lämmitys	2 853	2 870	2 880	2 871	2 895
- Käyttöveden lämmitys	9 418	9 474	9 522	9 584	9 658

1) Kotitalouslaitteiden kulutukseen sisältyy sähkön kulutuksen lisäksi myös maakaasun käyttö liesissä.

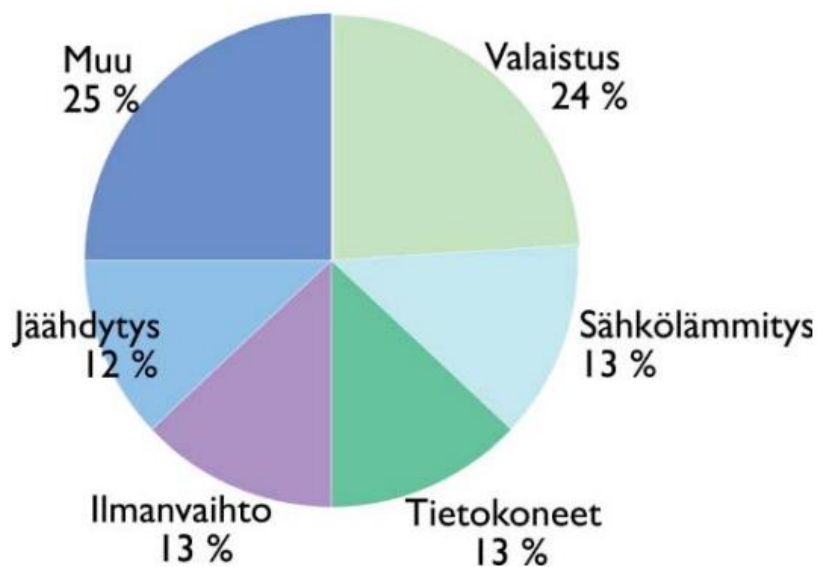
Kotitalouslaitteet kuluttivat 8082 GWh energiaa vuonna 2012, mikä on noin 12 prosenttia asuinrakennusten kokonaisenergiankulutuksesta. Tilastokeskuksen raportissa Asumisen energiankulutus 2012 kotitalouslaitteiden energiankulutus on jaettu valaistuksen, ruoan valmistuksen ja muiden sähkölaitteiden kesken. Valaistuksen osuus on noin 31 prosenttia kotitalouslaitteiden energiankulutuksesta ja noin 4 prosenttia asumisen kokonaisenergiankulutuksesta. (Tilastokeskus: 2013. Asumisen energiankulutus 2012.)

2.3.2 Liike- ja toimistorakennusten energiankulutus

Palvelu ja julkisen sektorin sähköenergian kulutus oli 22 prosenttia sähkön kokonaiskulutuksesta vuonna 2012 (kuvio 3). Sähkön kokonaiskulutuksesta 22 prosenttia on noin 18,9 TWh. Tästä määrästä suurimman osan voidaan ajatella kuluvan erilaisissa liike- ja toimistorakennuksista. (Tilastokeskus: 2013. Energian hankinta ja kulutus 2012; Tilastokeskus: 2013 PX-Web-tietokanta.) Liike- ja toimistorakennuksissa sähköä kuluu muun muassa valaistukseen, taloteknisiin laitteisiin ja atk-laitteisiin. Toimistorakennuksissa suurimman osan sähköstä kuluttavat valaistus ja atk-laitteet, kuten tietokoneet, tulostimet, kopiokoneet ja palvelimet. Liikerakennuksissa valaistuksen osuus sähkönku-

lutuksesta on merkittävä. Kaupoissa ja marketeissa, jotka kuuluvat liikerakennuksiin suuren osa sähkönkulutuksesta muodostavat jäähdytys- ja kylmälaitteet.

Motivan Toimistojen sähkönkäyttö -julkaisun mukaan toimistorakennuksen sähkönkäyttö voi jakautua kuvion 5 mukaisesti. Julkaisun mukaan sähkölaitteiden energiatehokkuuteen panostamalla voidaan saavuttaa suuria säästöjä energiankulutuksessa. (Motiva: 2006. Toimiston sähkönkäyttö.) Julkaisu on vuodelta 2006, joten sähkölaitteiden energiatehokkuus on siitä parantunut, mutta toisaalta sähkölaitteiden määrä ja käyttö on samalla lisääntynyt.



KUVIO 5. Esimerkki toimistorakennuksen sähkönkulutuksen jakautumisesta. (Motiva: 2006. Toimiston sähkönkäyttö.)

3 ENERGIATODISTUS

3.1 Energiatodistuksen tarkoitus

Energiatodistuslainsäädännön ja energiatodistuksen tarkoituksena on edistää rakennusten energiatehokkuutta ja lisätä uusiutuvan energian käyttöä rakennusten energianlähteenä. Energiatodistus tarjoaa kuluttajalle mahdollisuuden vertailla rakennusten energiatehokkuutta vuokraus- tai myyntitilanteessa. Olemassa olevan rakennuksen energiato- distus sisältää lisäksi energian säästösuosituksia, sekä energiatehokkuutta parantavia korjausehdotuksia. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013; Rakennustieto Oy: 2013. LVI 02-10528 Energiatodistus, 1)

Energiatodistuksessa ilmoitetaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus ja sijoittuminen luokitteluasteikolle. Sijoittuminen luokitteluasteikolla kuvataan kirjain tunnuksella A- G. Rakennukset on jaettu niiden käyttötarkoitukseluokan mukaisiin ryhmiin, joista jokai- sella on oma luokitteluasteikkonsa. Rakennusten käyttötarkoitukseluokkien mukaiset luo- kitteluasteikot on esitetty liitteessä 5. Rakennukset on jaettu yhdeksään käyttötarkoit- tukseluokkaan taulukon 2 mukaisesti. (Laki rakennuksen energiato- distuksesta 50/2013; RakMk D3/2012, 3.)

TAULUKKO 2. Rakennusten käyttötarkoitukseluokat (RakMk D3/2012, 3.)

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

3.2 Suomen energiatodistuslainsäädäntö

Rakennusten energiatehokkuusmääräykset Suomessa perustuvat EU:n energiatehokkuusdirektiiveihin. Energiatehokkuusdirektiivit ovat seurausta Kioton sopimuksesta, jolla EU:n jäsenmaat ovat sitoutuneet vähentämään kasvihuonepäästöjään. (Motiva: Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2013.) EU:ssa säädetyt direktiivit saatetaan Suomessa voimaan laeilla ja asetuksilla.

Suomessa ensimmäinen energiatodistusta koskeva laki, Laki rakennuksen energiatodistuksesta 487/2007 astui voimaan 2008 (Pylsy 2013, 11). Tämä oli seurausta 2002 annetusta Rakennusten energiatehokkuusdirektiivistä (2002/91/EY). Energiatodistuksen käyttöönotto on yksi direktiivin kolmesta pääalueesta. Muita pääalueita ovat energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset, sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset. (Motiva: Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2013.) Direktiivistä johtuen energiatodistukset otettiin käyttöön myös muualla EU:ssa (Pylsy 2013, 11).

Kesäkuun 1. päivänä 2013 astui voimaan uusi energiatodistuslaki Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013. Uuden lain myötä annettiin myös uusia asetuksia, koskien energiatodistusta. Kesäkuun alusta 2013 lähtien kaikki energiatodistukset laaditaan uuden lain ja uusien asetusten mukaisesti. Uusi energiatodistuslaki- ja asetukset ovat seurausta 2010 uudelleen laaditusta energiatehokkuus direktiivistä (2010/31/EU).

3.3 Vanhan lain mukainen energiatodistus

Vanha energiatodistuslaki Laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) perustui Euroopan parlamentin ja neuvoston 16.12.2002 antamaan direktiiviin (2002/91/EY) Rakennusten energiatehokkuudesta. (Motiva: Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2013; Pylsy 2013, 11; Vuolle & Airaksinen 2013, 4.) Tämä 2008 voimaan astunut laki koski aluksi vain uudisrakentamista. Vuoden 2009 alusta lähtien laki ulottui koskemaan myös olemassa olevia rakennuksia ja tarvittiin rakennuksen myynti- ja vuokraustilanteissa, pois lukien ennen lain voimaantuloa valmistuneet enintään kuuden asunnon

asuinrakennukset ja rakennusryhmät sekä laissa määritellyt erikoistapaukset (taulukko 3). (Pyly 2013, 11; Laki rakennuksen energiatodistuksesta 487/2007.)

TAULUKKO 3. Taulukko rakennuksista, joihin ei tarvita energiatodistusta. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 487/2007.)

Energiatodistusta koskeva vaatimus ei koske	
1	rakennusta, jonka pinta-ala enintään 50 m ²
2	asuinrakennusta, joka on tarkoitettu käytettäväksi enintään neljän kuukauden ajan vuodessa
3	väliaikaista rakennusta, jonka suunniteltu käyttöaika on enintään kaksi vuotta
4	teollisuus- tai korjaamorakennusta taikka muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettua maanilarakennusta, jossa energiatarve on vähäinen tai jota käytetään alalla, jota koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus
5	rakennusta, joka on suojeltu maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999), mukaisella kaavalla, rakennuslain(60/1985) tai valtion omistamien rakennusten suojelusta annetun asetuksen (480/1985) mukaisella päätöksellä tai joka Museoviraston tekemässä inventoinnissa on määritelty kulttuurihistoriallisesti merkittäväksi
6	kirkkoa tai muuta uskonnollisen yhdyskunnan omistamaa rakennusta, jossa on vain kokoontumiseen tai hartauden harjoittamiseen taikka näitä palvelemaan toimintaan tarkoitettuja tiloja.

Vanha lain mukaisen energiatodistuksen laadintatapa, energiatodistuslomake ja voimassaoloaika vaihtelivat eri rakennuksilla. Uudisrakennuksille energiatodistus laadittiin rakennuksen suunnitelmien pohjalta täysin laskennallisesti. Ennen vuotta 2008 valmistuneille yli kuuden huoneiston asuinrakennuksiin, sekä muihin rakennuksiin voitiin hankkia energiatodistus erillisenä energiatodistuksena, energiakatselmuksen yhteydessä tai osana isännöitsijätodistusta. Pienemmille korkeintaan kuuden huoneiston asuinrakennuksille, jotka olivat valmistuneet ennen vuotta 2008, energiatodistus oli vapaaehtoinen. (Pyly 2013, 11.)

Vanhassa energiatodistuksessa rakennusten luokittelu tapahtuu energiatodistuksessa esitettävällä rakennuksen energiatehokkuusluvulla eli ET-luvulla luokittelu asteikolle A-G. Rakennukset sijoitetaan käyttötarkoituusluokan mukaiselle luokitteluasteikolle ET-luvun mukaisesti. ET-luku $kWh/brm^2/a$ ilmoittaa rakennuksen vuotuisen lämmitys-, laitesähkö- ja jäähdytysenergiamäärän rakennuksen lämmitettyä bruttopinta-alaa kohden. (Ympäristöministeriön asetus 765/2007.)

3.4 Uuden lain mukainen energiatodistus

Uusi energiatodistuslaki Laki rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013) on seurausta 19.5.2010 annetulle Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiville (2010/31/EU) rakennusten energiatehokkuudesta. Kyseinen direktiivi on uudelleen laadittu vuonna 2002 annetusta rakennusten energiatehokkuutta koskevasta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivistä (2002/91/EY). (Vuolle & Airaksinen 2013, 7.) Uuden energiatodistuksen mukainen energiatodistus perustuu E-lukuun ja energiatodistus laaditaan aina Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaisella lomakkeella (liite 1).

Uuden energiatodistuksen mukaan energiatodistukset laaditaan uudisrakennuksille rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja päivitetään ennen käyttöönottoa. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013) Uuden energiatodistuksen myötä energiatodistus on hankittava myös suurimpaan osaan olemassa olevia rakennuksia. Energiatodistus on nyt hankittava myös olemassa oleville pientaloille ja alle kuuden huoneiston asuinrakennuksille, joita aiempi energiatodistuslaki ei koskenut. (Pylsy 2013, 24). Olemassa olevista rakennuksista osalle on annettu siirtymäaika, jonka jälkeen lain velvollisuudet hankkia ja käyttää energiatodistusta astuvat voimaan (taulukko 4). Kuten vanhassa energiatodistuslaissa on myös uudessa erityistapauksia, joille ei tarvitse laatia energiatodistusta (taulukko 5). (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013).

TALUKKO 4. Taulukko uuden energiatodistus lain siirtymäajoista ja rakennuksista, joita siirtymäajat koskevat. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013.)

Uuden energiatodistuslain velvollisuudet koskevat alla lueteltuja rakennuksia seuraavien siirtymäaikojen jälkeen	
1.7.2014 alkaen	kolme tai useampia asuinhuoneistoja käsittävä asuinrivitalo tai asuinrakennusryhmä, jonka rakennukset ovat varaston, katoksen tai vastaavan rakennelman välityksellä toisissaan kiinni ja joissa ei ole päällekkäisiä asuinhuoneistoja
	liikerakennus
	toimistorakennus
1.7.2015 alkaen	hoitoalan rakennus
	kokoontumisrakennus
	opetusrakennus
1.7.2017 alkaen	enintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävä asuinrakennus, joka on loppukatselmuksessa hyväksytty käyttöön otettavaksi ennen vuotta 1980

TAULUKKO 5. Taulukko rakennuksista, joihin ei tarvita energiatodistusta. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013.)

Velvollisuudet hankkia energiatodistus eivät koske	
1	rakennusta, jonka pinta-ala on enintään 50 neliometriä
2	loma-asumiseen tarkoitettua rakennusta, jota ei käytetä majoituselinkeinojen harjoittamiseen
3	tilapäistä tai määräaikaista rakennusta
4	teollisuus- ja korjaamorakennusta, uimahallia, jäähallia, varistorakennusta, liikenteen rakennusta tai erillistä moottoriajoneuvosuojaa
5	muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettua maatilarakennusta, jossa energiantarve on vähäinen tai jota käytetään alalla, jota koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus
6	rakennusta, joka on suojeltu maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisella kaavalla, valtion omistamien rakennusten suojelusta annetun asetuksen (480/1985), rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain (498/2010) tai sitä edeltävien lakien mukaisella päätöksellä taikka rakennusta, joka sijaitsee maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn yleissopimuksen (SopS 19/1987) mukaisessa maailmanperintöluetteloon hyväksytyssä kohteessa tai on kohteena viranomaisten välisessä rakennuksen suojelua koskevassa sopimuksessa.
7	kirkkoa tai muuta uskonnollisen yhteisön omistamaa rakennusta, jossa on vain kokoontumiseen tai hartauden harjoittamiseen taikka näitä palvelemaan toimintaan tarkoitettuja tiloja
8	kasvihuonetta, väestönsuojaa tai muuta rakennusta, jonka käyttö tarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti, jos niihin sovellettaisiin tarkennuksen energiatehokkuutta koskevia säännöksiä ja määräyksiä
9	puolustushallinnon käytössä olevaa rakennusta

Vanhan lain mukaan, jokaiselle rakennukselle tai rakennusryhmälle laadittiin yksi energiatodistus. Esimerkiksi taloyhtiön koostuessa useammasta rakennuksesta laadittiin taloyhtiölle yksi kaikki rakennukset käsittävä energiatodistus. Uuden lain mukaan energiatodistus laaditaan rakennukselle tai rakennuksen osalle, jos rakennuksen osat ovat eri käyttötarkoituksiluokkaa ja ovat pinta-alaltaan merkittäviä. Rakennuksen osa on pinta-alaltaan merkittävä, jos rakennusosan lämmitetty nettoala on yli 50 m² ja vähintään 10 % koko rakennuksen lämmitetystä nettoalasta. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013; Pylsy 2013, 19–23; Vuolle & Airaksinen 2013, 7)

3.5 E-luku

Rakennuksen tai rakennuksen osan kokonaisenergiankulutus eli E-luku on energiamuotojen kertoimilla kerrottu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden (RakMk D3, 6). E-luku lasketaan rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden toisin kuin ET-luku, joka laskettiin rakennuksen lämmitettyä bruttoalaa kohden. Ostoenergia on rakennukseen sähkö-, kaukolämpö-, tai -jäähdytysverkosta hankittua energiaa tai uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämää energiaa. E-luku lasketaan summaamalla ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot. (RakMk D3; Kurnitski 2012, 11–12) Valtioneuvoston asetuksella 9/2013 on määritelty lukuarvot rakennuksissa käytettäville energiamuodoille. Taulukossa 6 esitetään kyseiset arvot.

TAULUKKO 6. Rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvot. (Valtioneuvoston asetus 9/2013.)

Rakennuksissa käytettävät energiamuotojen kertoimien lukuarvot:	
sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Uudisrakentamisessa on rakennustyypeittäin säädetty E-luvun arvot, joita ei saa ylittää. Raja-arvoilla asetetaan rajat rakennusten energiatehokkuudelle. Raja-arvon alittava rakennus, kuuluu C-energialuokkaan. Aiemmin määrättiin muun muassa jokaisen yksittäisen rakenneosan suurin sallittu lämmönläpäisykerroin ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. E-luvun myötä määräykset ovat muuttuneet kokonaisenergiatarkasteluksi eli rakennustyyppille asetettu E-lukuvaatimus on mahdollista saavuttaa monilla erilaisilla ratkaisuilla. Jonkin rakenneosan heikompaa energiatehokkuutta voidaan kompensoida parantamalla vastaavasti jotakin toista osaa. E-luvun raja-arvot on esitetty taulukossa 7. (Kurnitski 2012, 7-9; RakMk D3/2012, 9)

TAULUKKO 7. Uudisrakennusten E-lukujen raja-arvot rakennustyypeittäin. (RakMk D3/2012, 9.)

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

3.6 Energiatodistuksen laatija

Energiatodistuksen laatijalla tulee olla energiatodistuksen laatimistehtävän vaatimustason mukainen voimassaoleva pätevyys. Vaatimustasoja on kaksi, perustaso ja ylempi taso. Energiatodistuksen laatijan pätevyyden saaminen edellyttää hyväksytysti suoritettua pätevyystenttiä ja että pätevyyden hakijalla on laatimistehtävän vaatimustason edellyttämä tekniikan alan tutkinto tai tämän korvaava työkokemus. Taulukossa 8 esitetään vaatimustasojen edellyttämät tutkinnot ja työkokemukset. Pätevyys on voimassa seitsemän vuotta. (Pylsy 2013, 28.)

TAULUKKO 8. Pätevyyden edellyttämät tutkinnot tai korvaavat työkokemukset. (Valtioneuvostonasetus 170/2013.)

Vaatimustaso	Energiatodistuksen laatijan pätevyyden hakijalta edellytettävä tutkinto tai korvaava työkokemus
Perustaso	rakennus-, talotekniikka- tai energiatekniikka-alan ylempi korkeakoulututkinto taikka ammattikorkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusinsinöörin, rakennusarkkitehdin, lvi-, kone- tai sähköinsinöörin, lvi- tai sähkötekniikan taikka rakennusmestarin tutkinto
	tai vähintään kolmen vuoden työkokemus rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä tehtävissä.
Ylempi taso	rakennus-, talotekniikka- tai energiatekniikka-alan ylempi korkeakoulututkinto tai ammattikorkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusinsinöörin, rakennusarkkitehdin tai lvi-, kone- tai sähköinsinöörin tutkinto
	tai vähintään vuoden työkokemus rakennusten energiatehokkuuden laskennasta dynaamisella laskentamenetelmällä, jos hakijalla on vaatimustasoltaan perustason energiatodistuksen laatijan pätevyys.

Ylemmän tason pätevyys tarvitaan silloin, kun energiatodistusta laaditaan rakennettavalle jäädytetylle rakennukselle tai rakennuksen osalle. Ylempää pätevyystasoa vaadi-

taan myös silloin kun energiatodistuksen laatimiseen käytetään dynaamista laskentamenetelmää. Dynaamisessa laskentamenetelmässä kokonaisenergiankulutus lasketaan ottamien lämmönsiirron laskennassa huomioon rakenteiden lämmönvarausominaisuus. Muussa tapauksessa vaatimus taso on perustaso. (Valtioneuvoston asetus 170/2013; Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013)

3.7 Milloin energiatodistus tarvitaan

Energiatodistustilain 50/2013 mukaan omistajan tulee hankkia energiatodistus, kun rakennusta, rakennuksen osa otetaan käyttöön, ollaan myymässä tai vuokraamassa. Voimassa oleva energiatodistus tulee olla mahdollisen ostajan tai vuokralaisen nähtävillä esittelytilanteessa. Energiatodistus on luovutettava ostajalla tai vuokralaisella, joko alkuperäisenä tai jäljennöksenä. Velvollisuus hankkia energiatodistus ei koske taulukossa 5 mainittuja tapauksia. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013.)

Tietyissä tapauksissa energiatodistuksesta voidaan hankkia julkisesti saatavilla oleva kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukainen energiatodistus. Tällaisia tapauksia ovat jos myytävä rakennus tai kiinteistö taikka huoneisto tai sen hallintaoikeus enintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävissä asuinrakennuksissa on arvoltaan hyvin vähäinen. Muu erityisen perusteltu syy oikeuttaa myös käyttämään kevennettyä menettelyä, kuten lähisukulaisten välinen myynti tai vuokraus. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013.)

Valtioneuvoston asetuksen 170/2013 mukaan myytävä rakennuksen, kiinteistön tai huoneiston tai sen hallintaoikeuden arvo on hyvin vähäinen, jos myyntihinta on alle 50 000 euroa. Asetuksen mukaan myös edellä mainittujen kohteiden myynti tai vuokraustilanteessa voidaan käyttää kevennettyä menettelyä jos kohteiden myynnistä tai vuokrauksesta ei ilmoitella julkisesti. Kevennettyä menettelyä voidaan myös käyttää sellaisessa vuokraustilanteessa, jossa kohteen vuokra on alle 350 euroa kuukaudessa. (Valtioneuvoston asetus 170/2013.) Kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukainen energiatodistus laaditaan Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaisesti (liite 2).

Voimassa olevan energiatodistuksen energiatehokkuutta kuvaava luokitteluasteikko on asetettava selvästi yleisön nähtäville tiloissa, jotka ovat yleisön käyntien kohteena, ja joissa viranomainen tai laitos tarjoaa julkisia palveluja. Energiatodistuksen luokitteluasteikon asettaminen nähtäville koskee rakennuksia, joiden kerrosala ylittää 500 neliömetriä. Raja alenee 250 neliömetriin 1.7.2015. Esillelaitto velvoite koskee myös muita rakennuksia, jotka ovat yleisön toistuvien käyntien kohteena ja joiden kerrosala on yli 500 neliömetriä ja rakennukselle on laadittu energiatodistus. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013)

4 E-LUVUN LASKENTA

4.1 Laskennan periaate

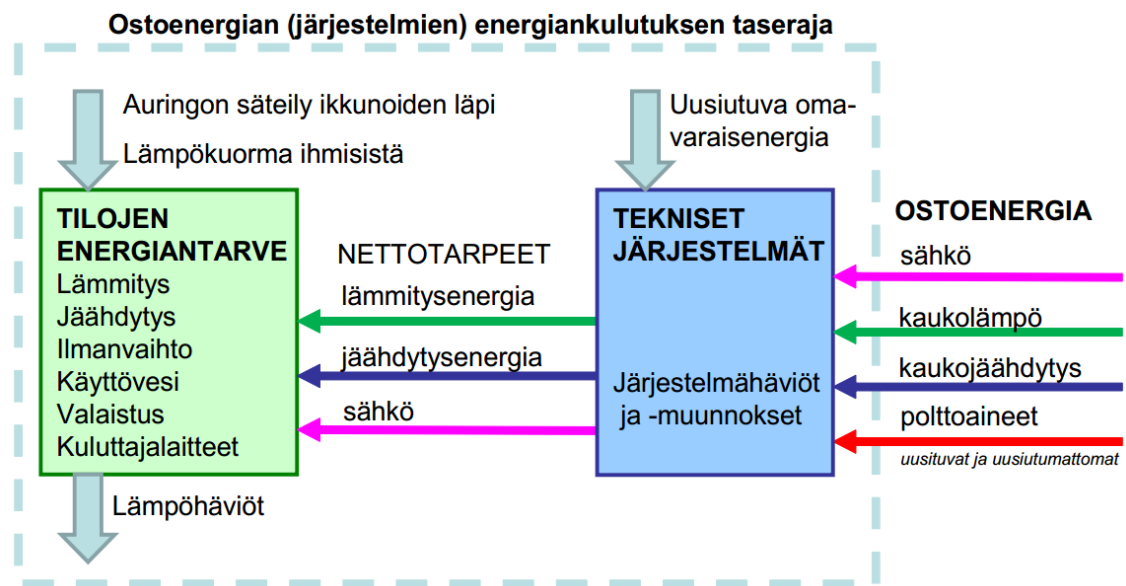
E-luvun eli kokonaisenergiankulutuksen laskenta lähtee liikkeelle rakennuksen energiatarpeiden laskennasta. Rakennuksen tarvitsema energia koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytysenergiatarpeesta sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergiatarpeesta. Rakennuksen lämmitysenergiannettotarve lasketaan vähentämällä rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta rakennuksessa hyödyksi käytettävä energia. Rakennuksen lämmitysenergian tarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitystarpeesta. Hyödyksi käytettävää energiaa on rakennukseen tuleva auringon säteily, poistoilmasta talteen otettu energia, sekä sisäiset lämpökuormat. (Vuolle & Airaksinen 2013, 18)

Lämmitysenergian nettotarve on energiamäärä, joka tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveeseen. Lämmitysenergian nettotarpeesta saadaan laskettua lämmitysjärjestelmän energiankulutus ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, tuoton hyötysuhteet ja tuotettu omavaraisenergia. Järjestelmähäviöitä aiheutuu lämmitysenergian luovutuksesta, jakelusta ja varastoinnista. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus pitää eritellä sähköenergiaan ja lämpöenergiaan. (Vuolle & Airaksinen 2013, 18)

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan vastaavasti jäähdytysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunnokset, sekä tuotettu omavaraisenergia. Järjestelmä häviöitä aiheutuu jäähdytysenergian luovutuksesta, jakelusta ja varastoinnista. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus tulee myös eritellä energiamuodoittain. (Vuolle & Airaksinen 2013, 18)

Rakennuksen ostoenergiankulutus muodostuu energiamuodoittain eritellyistä lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien sekä järjestelmien apulaitteiden kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta (kuvio 6). Uusiutuva omavaraisenergia otetaan huomioon rakennuksen ostoenergiankulutusta laskettaessa ja sen hyödyntäminen pienentää ostoenergiankulutusta. E-luku saadaan laskettua rakennuksen ostoenergiakulu-

tuksesta kertomalla laskennalliset ostoenergiat energiamuotojen kertoimilla ja summaamalla nämä yhteen. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)



KUVIO 6. Ostoenergian taseraja. (Ympäristöministeriön asetus 5/2013, 2.)

4.2 Laskennan lähtöarvot

4.2.1 Lämmitetty nettoala

Lämmitetty nettoala lasketaan kerrostasoalojen summana kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan. Lämmitetty nettoala voidaan laskea myös lämmitetystä bruttoalasta vähentämällä ulkoseinien rakennusosa-ala. Puolilämpimät tilat esimerkiksi varastot käsitellään lämmitetyn nettoalan laskennassa lämpiminä tiloina eli lasketaan mukaan lämmitettyyn nettoalaan. Lämmittämättömiä tiloja ei oteta laskennassa huomioon. Laskentaa voidaan soveltaa sekä rakennuksen että rakennuksen osan lämmitettyä nettoalaa määritettäessä. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Uudisrakennuksissa on mahdollista saada lämmitetty nettoala suoraan rakennuksen suunnitelmista. Muussa tapauksessa lämmitetty nettoala lasketaan piirustuksista. Olemassa olevalle rakennukselle lämmitetty nettoala selvitetään rakennuksen ajantasaisista asiakirjoista, jos ajantasaisia asiakirjoja ei ole saatavilla voidaan pinta-alat mitata. Mikä-

li mittaaminen osoittautuu vaikeaksi toteuttaa, voidaan lämmitetyn nettoalan arvioida olevan 90 % lämmitetystä bruttoalasta. Jos bruttoala ei ole tiedossa, voidaan bruttoala mitata rakennuksen ulkomittojen mukaan. Lämmitetyn bruttoalan laskennassa ei oteta huomioon lämmittämättömiä tiloja. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

4.2.2 Rakennusosien pinta-alat

Uudisrakennukselle rakennusosien pinta-alat selvitetään rakennuksen suunnitelmista. Olemassa oleville rakennuksille pinta-alat selvitetään rakennuksen ajantasaisista asiakirjoista tai mitataan rakennuksen tarkastuksen yhteydessä, jos ajantasaisia asiakirjoja ei ole saatavilla. Pinta-alat määritellään rakennuksen tai rakennuksen osan kokonaissisämittojen mukaisesti ostoenergian laskentaa varten. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.) Taulukossa 9 on esitelty tarkemmin pinta-alojen laskenta rakennus-osittain.

TAULUKKO 9. Rakennusosien pinta-alojen laskenta. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Rakennusosien pinta-alan laskenta	
Rakennusosa	Laskenta
Alapohja	Lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientien, kuten kanavien, pilarien, viemäreiden ja vesijohtojen läpiviennit, pinta-alaa ei vähennetä alapohjan pinta-alasta.
Yläpohja	Lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden ja aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientien, kuten kanavien, hormien ja tuuletusputkien läpiviennit, pinta-alaa ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta
Ulkoseinä	Lasketaan sisämittojen mukaisesti alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.
Ikkunat	Lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaan.
Ovet	Lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaan.

Rakennuksessa tai rakennuksen osassa voi olla useita erilaisia tyyppisiä yhtä rakennusosaa. Rakennuksessa saattaa esimerkiksi olla erilaisia ulkoseinärakenteita joiden lämmönläpäisykertoimet saattavat erota toisistaan. On myös mahdollista että rakennusosan ulkoseinä saattaa olla puolilämpimään tai lämpimään tilaan, jos rakennuksessa on merkittäviä osia eri käyttötarkoituksiluokkia. Tällaisissa tapauksissa on laskettava kaikki erityyppiset rakennusosien alat siten että rakennusosien lämpöhäviöt saadaan määritettyä.

4.2.3 Rakenteet

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet selvitetään uudisrakennukselle tai -rakennuksen osalle kohteen suunnitelmista. Olemassa oleville rakennuksille lämmönläpäisykertoimet saadaan selvitettyä rakennuksen asiakirjoista tai havainnoinnin yhteydessä. Mikäli rakenteita ei voida selvittää asiakirjoista tai rakennuksen havainnoinnin yhteydessä tulee käyttää Ympäristöministeriön asetuksessa 176/2013 liitteen 1 taulukossa 1 ilmoitettuja lämmönläpäisykertoimia (taulukko 10). Rakennusosien lämmönläpäisy kertoimet on esitetty taulukossa lämpimille ja puolilämpimille tiloille rakennusluvan vireilletulovuoden mukaisesti. Rakennusluvan vireilletulovuosi selviää rakennuksen asiakirjoista. Mikäli vireilletulovuotta ei voida selvittää, voidaan vireilletulovuosi arvioida vähentämällä rakennuksen valmistumisvuodesta kaksi vuotta.

TAULUKKO 10. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Rakenteiden välisistä liitoksista aiheutuvien kylmäsiltojen ominaislämpöhäviöt ja pituudet on selvitettävä lämpöhäviöiden laskemista varten. Kylmäsiltojen pituudet ja ominaislämpöhäviöt määritellään rakennuksen arkkitehtikuvista ja asiakirjoista. Mikäli kylmäsiltojen ominaislämpöhäviöitä ei ole asiakirjoissa määritelty, voidaan laskennassa käyttää RakMk D5/2012 esitettyjä taulukko arvoja (taulukko 11). Olemassa oleville rakennuksille kylmäsiltojen vaikutus voidaan ottaa huomioon lisäämällä ulkovaipan johtumislämpöhäviöön 10 %.

TAULUKKO 11. Kylmäsiltojen aiheuttamat lisäkonduktanssit. (RakMk D5/2012, 17.)

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runkomateri- aali			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	0,00			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,00			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,00	0,11			0,09

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_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 ^{*)}	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

^{*)} Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_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

4.2.4 Säätiiedot

Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa käytetään RakMk D3/2012 mukaisia säävyöhykkeen I säätiietoja. Kaikkien rakennusten tai rakennusten osien kokonaisenergiankulutus eli E-luku lasketaan säävyöhykkeen I säätiiedoilla, riippumatta siitä missä päin Suomea rakennus tai rakennuksen osa sijaitsee. Tämän niin kutsutun testivuoden säätiiedot ovat kuukausittaisia ulkoilman keskilämpötiloja ja auringonsäteilyenergioita. Testivuoden säätiiedot pohjautuvat Helsinki-Vantaa lentokentän mittauksiin vuosilta 1980–2009. Testivuoden säätiiedot on esitetty liitteessä 4. Ympäristöministeriön internetsivuil-

ta löytyy myös tarkemmat tuntikohtaiset säätiedot, joita tarvitaan jäähdytettäville rakennuksille suoritettavassa dynaamisessa laskennassa.

4.2.5 Sisäilmasto

E-luvun laskennassa käytetään RakMk D3 käyttötarkoituseriä mukaisia vakioitua sisäilmasto-olosuhteita. Ilmanvaihdon ilmamäärät ja sisälämpötilat, sekä jäähdytysraja on annettu jokaiselle käyttötarkoituseriä (taulukko 12). Vakioitua arvoja ei ole annettu käyttötarkoituseriä yhdeksän rakennuksille. Käyttötarkoituseriä yhdeksän rakennusten E-luvun laskennassa käytetään suunnitteluarvoja. (RakMk D3/2012, 18.)

TAULUKKO 12. Käyttötarkoituseriä vakioidut ilmamäärät, sisälämpötilat ja jäähdytysrajat. (RakMk D3/2012, 18.)

Käyttötarkoituseriä	Ulkoilmavirta dm ³ /(s m ²)	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

RakMk D3:ssa on annettu muutamia tarkennuksia ulkoilmavirtaan eräiden käyttötarkoituseriä kohdalla. Ilmanvaihdon ulkoilmavirta on käyttöajan ulkopuolella vähintään 0,15 dm³/(s m²) muiden kuin käyttötarkoituseriä yksi ja kaksi rakennuksien kohdalla. Jos Käyttötarkoituseriä 2 rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmissä asukkaalla on huoneistokohtaisesti mahdollisuus ohjata ilmanvaihtoa, voidaan rakennuksen ulkoilmavirtana käyttää 0,4 dm³/(s m²). (RakMk D3/2012, 18.)

4.2.6 Standardikäyttö

Standardikäytöllä tarkoitetaan käyttötarkoituseriä vakiointua ilmanvaihdon käyntiaikaa, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttöä ja ihmisistä tulevaa lämpökuor-

maa. Rakennuksen standardikäytön mukaiset arvot on annettu RakMk D3:ssa käyttötarkoituserityksittäin (taulukko 13). E-luvun laskenta tulee suorittaa näillä käyttötarkoituserityksille annetuilla standardikäytön arvoilla (Ympäristöministeriön asetus 176/2013; RakMk D3/2012, 19.)

TAULUKKO 13. Rakennuksen standardikäyttö. (RakMk D3/2012, 19.)

Käyttötarkoituseritys	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	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 erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

4.3 Lämmitysenergian tarve

4.3.1 Tilojen lämmitysenergian tarve

Tilojen lämmitysenergian tarve koostuu johtumishäviöistä rakennusvaipan läpi, vuotoilman lämpenemisen lämmitysenergian tarpeesta, tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeesta ja korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeesta. Tilojen lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla (1). (RakMk D5/2012, 15.)

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht.}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv, tuloilma}} + Q_{\text{iv, korvausilma}} \quad (1)$$

Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{joht.}}$ johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

Q_{iv} , tuloilma	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian- tarve, kWh
Q_{iv} , korvausilma	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian- tarve, kWh

4.3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt koostuvat johtumislämpöhäviöistä ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden läpi ja kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöistä, sekä johtumislämpöhäviöistä tilaan jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden laskenta suoritetaan kaavalla (2). Kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien kuten ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja oven lämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain kaavalla (3). Rakenteiden välisistä liitoksista aiheutuvien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (4). (RakMk D5/2012, 16.)

$$Q_{\text{joht.}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsiltilat}} \quad (2)$$

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

Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien lämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.) (RakMk D5/2012, 16.)

$$Q_{\text{rakennusosa}} = \sum U_i * A_i * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad (3)$$

$Q_{\text{rakennusosa}}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W / (m ² K)

A_i	rakennusosan i pinta-ala, m^2
T_s	sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$
T_u	ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Johtumislämpöhäviötä laskettaessa tilaan (Q_{muu}), jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, käytetään kaavassa (3) ulkolämpötilan T_u tilalla kyseisen tilan suunnittelulämpötilaa (RakMk D5/2012, 16). Tällainen on esimerkiksi omakotitalon ulkoseinää vasten sijaitseva puolilämmin autotalli.

Kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (4). (RakMk D5/2012, 16.)

$$Q_{\text{kylmäsilat}} = \sum l_k * \psi_k * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad (4)$$

$Q_{\text{kylmäsilat}}$	kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh
l_k	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
ψ_k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W / (m K)

Energia, joka johtuu suoraan maahan maanvastaisesta alapohjasta, voidaan laskea kaavalla (3). Tällöin kaavassa (3) ulkoilman lämpötilan paikalla käytetään alapohjan alapuolisen maan kuukausittaista keskilämpötilaa $T_{\text{maa, kuukausi}}$. Tämä voidaan laskea kaavalla (5). (RakMk D5/2012, 18.)

$$T_{\text{maa, kuukausi}} = T_{\text{maa, vuosi}} - \Delta T_{\text{maa, kuukausi}} \quad (5)$$

$T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, $^{\circ}C$
$T_{\text{maa, vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, $^{\circ}C$
$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila ja vuotuisen keskilämpötilan ero, $^{\circ}C$

Alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero $\Delta T_{maa, kuukausi}$ saadaan taulukosta 14. Kyseisen taulukon lämpötilan arvoja voidaan käyttää kaikille säävyöhykkeille ja maalajeille. (RakMk D5/2012, 18.)

TAULUKKO 14. Alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero $\Delta T_{maa, kuukausi}$. (RakMk D5/2012, 18.)

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

Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila $T_{maa, vuosi}$ saadaan laskettua kaavasta (6). Kaavassa tarvittavan alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan erona $\Delta T_{maa, vuosi}$ käytetään arvoa $5\text{ }^\circ\text{C}$. (RakMk D5/2012, 18.) Kaavassa tarvitaan myös ulkoilman vuotuinen keskilämpötila $T_{u, vuosi}$, joka säävyöhykkeellä I on $5,57\text{ }^\circ\text{C}$ (RakMk D3/2012, 30). Tällöin alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila säävyöhykkeellä I on $10,57\text{ }^\circ\text{C}$.

$$T_{maa, vuosi} = T_{u, vuosi} - \Delta T_{maa, vuosi} \quad (6)$$

$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, $^\circ\text{C}$
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, $^\circ\text{C}$
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, $^\circ\text{C}$

4.3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista syntyy vuotoilmavirta. Vuotoilmavirran suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttötapa. Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttaman alipaineen synnyttämää ilmavirtaa (korvausilmaa) ei huomioida vuotoilmavirtaan. Epätiiviyksistä aiheutuvan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia lasketaan kaavalla (7). (RakMk D5/2012, 19–20.)

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * c_{pi} * q_{v, \text{vuotoilma}} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad (7)$$

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Vuotoilmavirta lasketaan ilmanvuotoluvusta (q_{50}) kaavalla (8).

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} * A_{\text{vaippa}} \quad (8)$$

$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala alapohja mukaan luettuna, m ²
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. Vain maan pinnan yläpuolisen kerroksen otetaan huomioon.
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran m ³ /h yksiköstä m ³ /yksikköön.

Ilmanvuotoluku (q_{50}) tarkoittaa ympäristöön nähden 50 Pa paine-erolla syntyvää vuotoilmavirtaa tunnissa rakennusvaipan kokonaissisämittojen mukaan laskettua pinta-alaa kohden. Uudisrakennuksen ilmanpitävyyden arvona käytetään suunnitteluarvoa. Olemassa oleville rakennuksille ilmanvuotoluku voidaan selvittää mittaamalla, suunnitelmista tai rakennuksen ajantasaisista asiakirjoista. Mikäli ilmanvuotoluku ei ole selvillä voidaan laskennassa käyttää Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaisia arvoja (taulukko 15). Koska aiemmin on käytetty ilmanpitävyyden kuvaamisessa rakennuksen ilmanvuotolukua (n_{50}), voidaan rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) laskea siitä kaavalla (9). (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

TAULUKKO 15. Rakennuksen ja rakennusvaipan ilmanvuotoluku. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Rakennusluvun vireilletulovuosi	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50}									4,0

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voidaan laskea rakennuksen ilmanvuotoluvusta (n_{50}) kaavalla (9).

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} * V \quad (9)$$

q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
n_{50}	rakennuksen ilmanvuotoluku, 1/h
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala alapohja mukaan luettuna, m ²
V	rakennuksen tilavuus, m ³

4.3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tarkoittaa lämmitysenergian tarvetta, jolla ilma saadaan lämmitettyä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan. Mahdollinen ilman lämmittäminen ennen lämmöntalteenottoa jäätymisen estämiseksi otetaan myös huomioon. Huomioon ei kuitenkaan oteta tiloissa tapahtuvaa tuloilman ja korva-

usilman lämpenemistä. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.) Tapauksissa joissa ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen poisto tai painovoimainen ilmanvaihto, ilmanvaihdon lämmittäminen tapahtuu tiloissa ja lasketaan korvausilmana (RakMk D5/2012, 20).

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla (10). Ilmanvaihdon ilmamäärinä käytetään RakMk D3/2012 mukaisia energialaskennan ilmamääriä (taulukko 12). Tulo- ja poistoilmavirtojen arvot ovat energialaskennassa yhtä suuret. Ilmanvaihdon ulkoilmavirta on käyttäjän ulkopuolella vähintään $0,15 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$, muissa kuin käyttötarkoituksiluokkien yksi ja kaksi rakennuksissa. Ilmanvaihdon käyntiaikoina käytetään standardikäytön mukaisia aikoja (taulukko 13). Käyntiaika ilmanvaihtojärjestelmälle saadaan siten, että ilmanvaihto käynnistetään tunti ennen käyttäjän alkua ja suljetaan tunti käyttäjän jälkeen. (RakMk D3/2012,)

$$Q_{iv} = t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) * \Delta t / 1000 \quad (10)$$

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$
$q_{v, vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m^3/s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila lasketaan kaavalla (11).

$$T_{lto} = T_u + \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v, tulo}} \quad (11)$$

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

Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho lasketaan kaavalla (12)

$$\phi_{lto} = \eta_{a, ivkone} t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * (T_s - T_u) \quad (12)$$

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

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhteena käytetään uudisrakennuksille suunnitteluarvoja ja olemassa oleville rakennuksille rakennuksen asiakirjojen mukaisia arvoja. Lämpötilasuhde voidaan myös tarkistaa olemassa oleville rakennuksille havainnointin yhteydessä. Mikäli lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde ei kuitenkaan

ole tiedossa, eikä sitä ole havainnoinnilla voida selvittää, tulee käyttää Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaisia arvoja (taulukko ?). (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

TAULUKKO 16. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhteita. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Rakennusluvnan vireilletulovuosi	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Vuosihyötysuhde	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	30 %	30 %	45 %	45 %

4.3.5 Tuloilman lämmitysenergian tarve

Tuloilman lämpenemisen lämmitysenergiatarve lasketaan kaavalla (13). Tuloilman lämpeneminen tapahtuu tilassa ja tuloilman lämmitysenergiatarve on tuloilman lämmittämistä sisäänpuhalluslämpötilasta sisälämpötilaan. (RakMk D5/2012, 22–23.) Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvona käytetään yleensä likimain 18 °C, mutta sisäänpuhalluslämpötilaan vaikuttavat ulkolämpötila, lämmöntalteenotto, ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin toiminta ja tuloilman lämpeneminen puhaltimessa.

$$Q_{iv, tuloilma} = t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * (T_s - T_{sp}) * \Delta t / 1000 \quad (13)$$

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

4.3.6 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia saadaan laskettua RakMk D3/2012 taulukon 5 avulla. Ympäristöministeriön asetuksessa 5/2013 on päivitetty versio kyseisestä taulukosta 5 (taulukko 17). Taulukossa on esitetty lämpimän käyttöveden ominaiskulutukset ja niitä vastaavat lämmitysenergian nettotarpeet käyttötarkoituksiluokittain.. Taulukon alle on lisätty käyttötarkoitukseluokkaa yksi koskevat enimmäisarvot lämpimän käyttöveden ominaiskulutukselle ja lämmitysenergian nettotarpeelle. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve saadaan laskettua kertomalla taulukon lämmitysenergian nettotarve rakennuksen tai rakennuksen osan lämmitetyllä nettoalalla.

TAULUKKO 17. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti käyttötarkoitukseluokittain. (Ympäristöministeriön asetus 5/2013, 5.)

Käyttötarkoitukseluokka	Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergia kWh/(m ² vuosi)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalot ¹⁾	600	35
Asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

¹⁾ asuntoa kohden kuitenkin enintään 72 400 dm³/vuosi tai 4 200 kWh/vuosi.

4.4 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

4.4.1 Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen sähköenergian kulutus saadaan laskettua RakMk D3:n kaavalla (14). Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutuksen laskennassa käytetään standardikäytön mukaisia arvoja (taulukko 13) ja sähkönkäyt-

tö on yhtä suuri taulukossa ilmoitettujen lämpökuormien kanssa. (RakMk D3/2012, 25.) Kaava ilmoittaa vuotuisen sähköenergian kulutuksen W rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohti. Koko rakennuksen valaistuksen tai kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutus $W_{valaistus}$ ja $W_{kuluttajalaitteet}$ saadaan kun kerrotaan arvo rakennuksen tai rakennuksen osan lämmitetyn nettoalan A_{netto} arvolla (15 ja 16).

$$W = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000} \quad (14)$$

W	sähköenergian kulutus, kWh/m ²
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
8760	vuoden tunnit
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Valaistuksen vuotuinen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (15).

$$W_{valaistus} = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000} A_{netto} \quad (15)$$

$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Kuluttajalaitteiden vuotuinen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (17).

$$W_{kuluttajalaitteet} = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000} A_{netto} \quad (16)$$

$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²

t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

4.4.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (17). Sähköenergian kulutus lasketaan erikseen kaikille rakennuksen ilmanvaihtokoneille ja huippuimureille. Laskenta suoritetaan standardikäytön mukaisilla käyttöajoilla ja ilmamäärillä. (RakMk D3/2012, 25.)

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP * q_v * \Delta t + W_{iv, muu} \quad (17)$$

$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
Δt	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika, h
$W_{iv, muu}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

Mikäli ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP ei selviä suunnitelmista, voidaan se laskea kaavan (18) avulla kun tiedetään ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho ja ilmavirta. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskennassa käytetään tehostamattomia suunnitteluilmavirtoja, joko poistoilmavirtaa tai tuloilmavirtaa riippuen siitä kumpi on suurempi. (RakMk D5/2012, 52.) Jos ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoa ei ole voitu selvittää eikä laskennassa tarvittavia arvojakaan saada selville käytetään laskennassa Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaisia ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon arvoja (taulukko 18). (Ympäristöministeriön asetus 176/2013).

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (18)$$

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
-------	---

P_{puh}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehosäätölaitteeseen, kW
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s

TAULUKKO 18. Ilmanvaihtojärjestelmien ominaissähkötehojen arvoja. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Ilmanvaihtojärjestelmä	Rakennusluvan vireilletulovuosi	
	-2012	2012-
Painovoimainen	0,0 kW/m ³ /s	0,0 kW/m ³ /s
Koneellinen poisto	1,5 kW/m ³ /s	1,0 kW/m ³ /s
Koneellinen tulopoisto	2,5 kW/m ³ /s	2,0 kW/m ³ /s

Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus tarkoittaa esimerkiksi lämmöntalteenottojärjestelmän pumppujen ja pyörivän lämmöntalteenottolaitteen sähkönkulutusta. Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan kaavalla (19). (RakMk D5/2012, 54.)

$$W_{iv, muu} = \sum P_{muu} * \Delta t / 1000 \quad (19)$$

$W_{iv, muu}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh
P_{muu}	muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehosäätölaitteiden sähköteho, W
Δt	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

4.5 Lämpökuormat

4.5.1 Lämpökuorma henkilöistä

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma lasketaan RakMk D3/2012 mukaisilla kuivan lämmönluovutuksen arvoilla. Laskennassa voidaan käyttää standardikäytön mukaisia ihmisistä aiheutuvia lämpökuormia (taulukko 13). Vaihtoehtoisesti laskennassa voidaan

käyttää RakMk D3/2012 mukaista käyttötarkoitukseluokittain annettua henkilötiheyttä (taulukko 19) ja henkilön kokonaislämmönluovutuksena 125 W, josta kuivaa lämmönluovutusta 80 W. (RakMk D3/2012, 19–20; RakMk D5/2012, 29) Lämpökuormat laskeetaan kuukausittain, jotta hyödynnettävät lämpökuormat voidaan vähentää lämmitysenergian tarpeesta. Näin saadaan laskettua lämmitysenergian nettotarve.

$$Q_{henk} = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{t_{kk}}{1000} * A_{netto} \quad (20)$$

Q_{henk}	henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, kWh
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
t_{kk}	kuukauden tunnit
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

TAULUKKO 19. Henkilötiheys eri käyttötarkoitukseluokille. (RakMk D3/2012, 20.)

Käyttötarkoitukseluokka	Henkilötiheys hlö/m ²
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

4.5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja kuluttajalaitteista

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla (21). Laskennassa käytetään RakMk D3/2012 standardikäytön arvoja (taulukko 13). Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuormaksi tulee valaistuksen ja laitteiden sähkönkulutus kokonaisuudessaan. Nämäkin lämpökuormat lasketaan kuukausittain myöhempää laskentaa varten. Jos valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutus on laskettu aiemmin kuukausitasolla, voidaan ne laskea suoraan lämpökuormiksi (22). (RakMk D3/2012, 19; RakMk D5/2012, 30)

$$Q_{säh} = Q_{valaistus} + Q_{kuluttajalaitteet} \quad (21)$$

$Q_{säh}$	valaistuksesta ja kuluttajalaitteista rakennuksen sisälle tuleva kuukausittainen lämpökuorma, kWh
$Q_{valaistus}$	valaistuksesta rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$Q_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutus voidaan laskea lämpökuormaksi kaavalla (23).

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} \quad (22)$$

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

Valaistuksen aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla (23).

$$Q_{valaistus} = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{t_{kk}}{1000} * A_{netto} \quad (23)$$

$Q_{valaistus}$	valaistuksesta rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
k	käyttöaste

P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
t_{kk}	kuukauden tunnit
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Kuluttajalaitteiden aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla (24).

$$Q_{kuluttajalaitteet} = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{t_{kk}}{1000} * A_{netto} \quad (24)$$

$Q_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa
t_{kk}	kuukauden tunnit
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

4.5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Rakennukseen ikkunoiden kautta tuleva auringon säteily energia lasketaan kaavalla (25). Energiaa tulee rakennukseen sisälle sekä suoraan ikkunoista sisälle säteilemällä että ikkunoihin absorboituneena lämpönä. Ikkunoista sisälle tulevaan säteilyenergiaan vaikuttavat monet tekijät kuten ikkunoiden pinta-ala ja suuntaus, puitteet, lasituksen ominaisuudet, erilaiset suojarakenteet ja varjostukset. RakMk D5/2012, 30–31.) Sisälle tuleva auringon säteilyenergia voidaan hyödyntää lämmityksessä, mutta toisaalta se saattaa aiheuttaa kesällä suurtakin yllilämpenemistä ja näin ollen jäähdytystarpeen.

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily, vaakapinta} * F_{suunta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g = \sum G_{säteily, pystypinta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g \quad (25)$$

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

Laskennassa tarvittavat auringon kokonaissäteilyenergiat ($G_{säteily, vaakapinta}$ ja $G_{säteily, pystypinta}$) ja säteilyenergian muuntokertoimet ($F_{läpäisy}$) ilmansuunnittain ja kuukausittain esitetään RakMk D3/2012 (liite 3). Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin (g) selviää rakennuksen suunnitelmista tai lasituksen tiedoista. Mikäli sitä ei kuitenkaan saada selville, voidaan se laskea kaavalla (26) ja (taulukon 19) arvoilla. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin ($F_{läpäisy}$) lasketaan kaavalla (27), jos varjostuksia ja pysyviä verhoja ei kuitenkaan ole voidaan korjaus kertoimena käyttää arvoa $F_{läpäisy} = 0,75$.

Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin (g) lasketaan kaavalla (26). Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin ($g_{kohtisuora}$) saadaan (taulukosta 19). (RakMk D5/2012, 31)

$$g = 0,9 * g_{kohtisuora} \quad (26)$$

g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
$g_{kohtisuora}$	Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin

TAULUKKO 19. Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin. (RakMk D5/2012, 31.)

Lasitus	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus	0,85
Kaksinkertainen lasitus	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna	0,70
Eristyslasi + erillislasi	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi	0,55

Säteilyn läpäisy kokonaiskorjauskerroin lasketaan kaavalla (27).

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} * F_{\text{verho}} * F_{\text{varjostus}} \quad (27)$$

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

Kehäkerroin ($F_{\text{kehä}}$) on valoaukon pinta-alan suhde ikkuna-aukon pinta-alaan. Kehäkerroin lasketaan kaavalla (28). Mikäli tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä, voidaan kehäkertoimena käyttää arvoa $F_{\text{kehä}} = 0,75$.

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk, valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (28)$$

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

RakMk D5/2012 antaa verhokertoimelle (F_{verho}) taulukko arvoja yleisimmille aurinkosuojille (taulukko 20).

TAULUKKO 20. Verhokertoimet (F_{verho}) aurinkosuojille. (RakMk D5/2012.)

Ratkaisu	Verhokerroin
Ei verhoa	1,00
Verhot	0,75
Valkoiset sälekaihtimet lasien välissä	0,30
Valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	0,60
Ikkunaluukut (säleikkö) ulkopuolella	0,30

Varjostusten korjauskerroin lasketaan kolmen eri varjostuskertoimen tulona kaavalla (29). Nämä varjostuskertoimien arvot annetaan RakMk D5/2012 (taulukot 21, 22 ja 23).

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} * F_{ylävarjostus} * F_{sivuvarjostus} \quad (29)$$

$F_{varjostus}$	varjostusten korjauskerroin,
$F_{ympäristö}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut),
$F_{ylävarjostus}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin,
$F_{sivuvarjostus}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin,

TAULUKKO 21. Korjauskertoimet ympäristön varjostukselle ($F_{ympäristö}$). (RakMk D5/2012, 32.)

	Ikkunan ilmansuunta								
	Pohjoinen			Itä ja Länsi			Etelä		
	45°	φ	15°	45°	φ	15°	45°	φ	15°
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

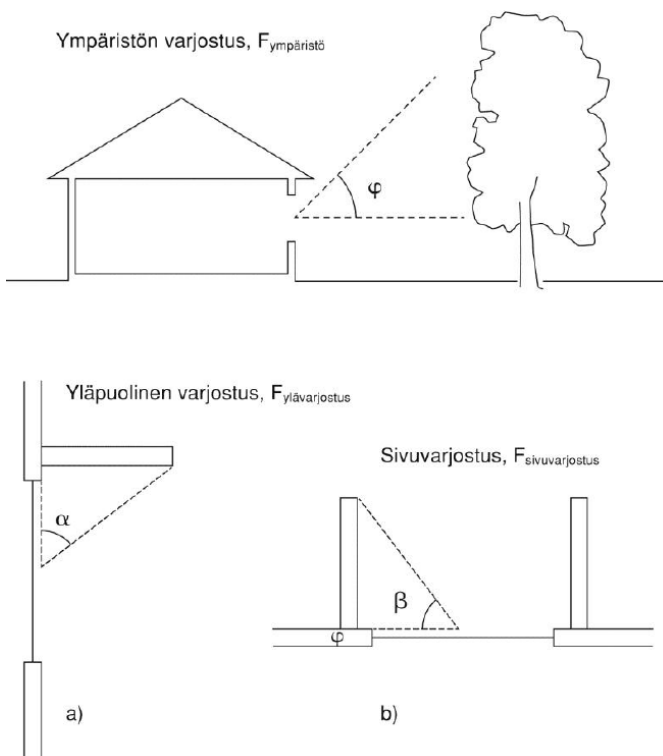
TAULUKKO 22. Korjauskertoimet yläpuoliselle varjostukselle ($F_{ylävarjostus}$). (RakMk D5/2012, 33.)

Kulma (α)	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 23. Korjauskertoimet sivuvarjostukselle ($F_{sivuvarjostus}$). (RakMk D5/2012, 33.)

Kulma (β)	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

Varjostuskulman määrittelyn apuna voidaan käyttää alla olevaa kuvaa (kuva 1).



KUVA 1. Varjostuskulman määrittely (RakMk D5/2012, 33.)

4.5.4 Lämpimän käyttöveden ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma

Lämpimän käyttöveden varastoinnin ja kiertojohdon aiheuttamista häviöistä 50 % lasketaan lämpökuormaksi. Laskelmilla on mahdollisuus osoittaa, että hyödyksi saatava osuus voi olla suurempikin. (RakMk D3/2012, 20.) Kiertojohdon ja varastoinnin aiheuttamat lämpökuormat voidaan laskea kaavoilla (30) ja (31). Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen lämpöhäviö voidaan muuttaa kuukausittaisiksi kertomalla lämpöhäviö kuukauden suhteella vuoteen.

$$Q_{lkv, kierto, kuorma} = 0,5 * Q_{lkv, kierto} \quad (30)$$

$Q_{lkv, kierto, kuorma}$ lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh

$Q_{lkv, kierto}$ lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh

$$Q_{lkv, varastointi, kuorma} = 0,5 * Q_{lkv, varastointi} \quad (31)$$

$Q_{lkv, varastointi, kuorma}$ lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh

$Q_{lkv, kierto}$ lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh

4.5.5 Lämpökuormista hyödyksi saatava energia

Ihmistä, valaistuksesta, kuluttajalaitteista, sekä ikkunoista tulevasta auringonsäteilyenergiasta ja lämpimän käyttöveden varastoinnin ja kiertojohdon häviöistä syntyvä lämpökuorma lasketaan kaavalla (32). Kyseinen lämpökuorma voidaan hyödyntää rakennuksen lämmityksessä silloin kun samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta. Lämpökuormia ei kuitenkaan voida hyödyntää kokonaisuudessaan, vaan laskennassa tulee ottaa huomioon lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistä. (RakMk D5/2012, 34.)

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{lkv, kierto, kuorma} + Q_{lkv, varastointi, kuorma} \quad (32)$$

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
Q_{henk}	henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja kuluttajalaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh

Lämpökuormista hyödyksi saatava energia lasketaan kuukausittain kaavalla (33).

$$Q_{\text{sis. lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} * Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (33)$$

$Q_{\text{sis. lämpö}}$	lämpökuormat, jotka 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

Lämpökuormien hyödyntämisasteeseen ($\eta_{\text{lämpö}}$) vaikuttaa lämpökuorman ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) ja lämpöhäviön (Q_{tila}) suhde (γ) ja rakennuksen aikavakio (τ). Rakennuksen aikavakio (τ) on sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin (C_{rak}) suhde ominaislämpöhäviöön (H). Kuukausittainen lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan kaavalla (34). (RakMk D5/2012, 34.)

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a-1}} \quad (34)$$

$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste,
γ	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön,
a	numeerinen parametri,

Lämpökuorman suhde lämpöhäviöön (γ) lasketaan kaavalla (35).

$$\gamma = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{\text{tila}} \quad (35)$$

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh

Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

Hyödyntämisaste voidaan laskea myös kaavalla (36) sellaisissa tapauksissa, joissa lämpökuorman suhde lämpöhäviöön $\gamma = 1$.

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{a}{a+1} \quad (36)$$

$\eta_{\text{lämpö}}$ lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste,

a numeerinen parametri,

Numeerinen parametri a lasketaan kaavalla (37).

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (37)$$

a numeerinen parametri,

τ rakennuksen aikavakio, h

Rakennuksen aikavakio (τ) lasketaan kaavalla (38).

$$\tau = C_{\text{rak}} / H_{\text{tila}} \quad (38)$$

τ rakennuksen aikavakio, h

C_{rak} rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K

H_{tila} rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvan lämpenemisen yhteenlaskettu ominaishäviö), W/K

Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin arvona (C_{rak}) voidaan käyttää lämmitetyllä nettoalalla kerrottua ominaisarvoja ($C_{rak\ omin}$) (taulukko 24), mikäli tarkempia arvoja ei ole käytettävissä. Tapauksissa joissa rakennuksessa on osia, joiden rakenteet ovat lämpökapasiteetiltaan erilaisia, voidaan lämpökapasiteetin ominaisarvoina käyttää osien pinta-alalla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa. (RakMk D5/2012, 36.)

TAULUKKO 24. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ($C_{rak\ omin}$) ominaisarvoja eri rakennustyypeille kalusteineen. (RakMk D5/2012, 36.)

Rakennetyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{rak\ omin}$ Wh/(m ² K)
Pientalot		
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
Asuinkerrostalot		
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
Toimistorakennukset		
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
Muut rakennukset		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, joka muodostuu johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvan lämpenemisen yhteenlasketusta ominaislämpöhäviöistä, lasketaan kaavalla (39).

$$H_{tila} = \frac{Q_{tila}}{(T_s - T_u) * \Delta t} * 1000 \quad (39)$$

H_{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, W/K
Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C

Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos wateiksi

4.6 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan tilojen lämmitysenergian tarpeesta vähentämällä siitä hyödyksi saatavien lämpökuormien osuus. Laskenta suoritetaan kaavalla (40). (RakMk D3/2012, 22; RakMk D5/2012, 15)

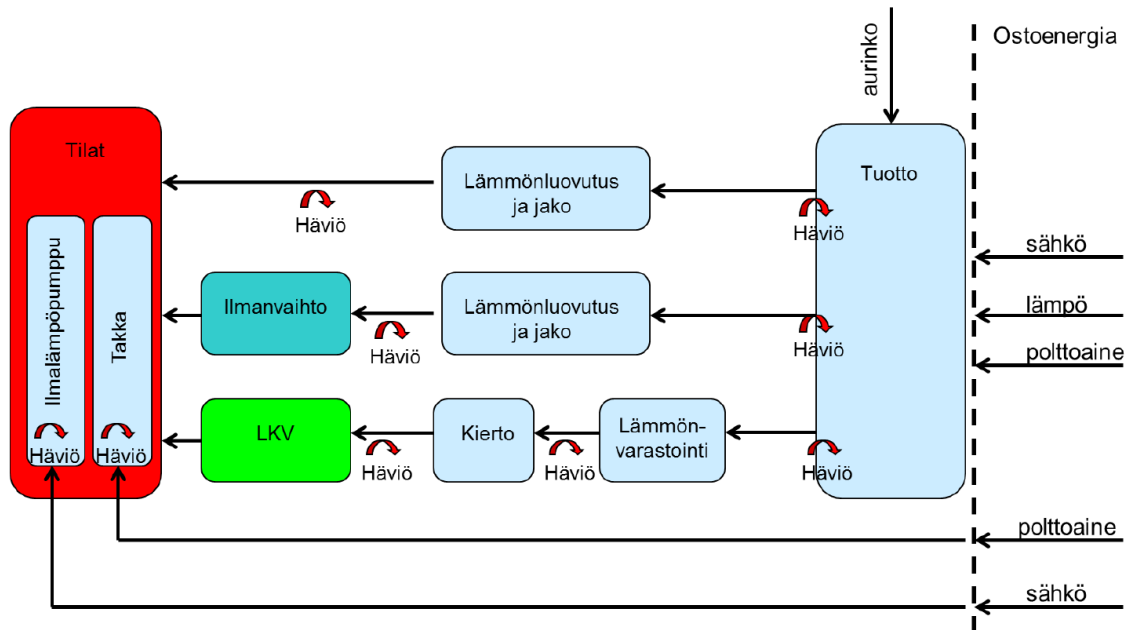
$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis. lämpö}} \quad (40)$$

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

4.7 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

4.7.1 Yleistä lämmitysjärjestelmän energiankulutuksesta

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan ottamalla huomioon lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Laskenta suoritetaan vuositasolla tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista käyttämällä RakMk D5/2012 ja ympäristöministeriön asetuksessa 176/2013 annettuja taulukko arvoja mm. hyötysuhteille ja lämpökertoimille. Kuviossa 7 on kuvattu lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskentaperiaate. (RakMk D3/2012, 23; RakMk D5/2012, 37.)



KUVIO 7. Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskentaperiaate. (RakMk D5/2012, 37.)

4.7.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän energiantarve

Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (41). Mikäli rakennuksessa on useampia lämmitysjärjestelmiä, tulee laskenta suorittaa erikseen kaikille lämmitysjärjestelmille. Jos tulisijalla tai ilmasta ilmaan lämpöpumpulla tuotetaan osa tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta, vähennetään niiden osuus aina ensin tilojen lämmitysenergian nettotarpeen kokonaisarvosta. (RakMk D5/2012, 38.) Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden hyötysuhteen oletetaan olevan yksi ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutuksen laskennassa. Tällöin ilmanvaihdon lämpöenergian kokonaistarve ($Q_{\text{lämmitys, iv}}$) on yhtä suuri kuin ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve (Q_{iv}).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}}{\eta_{\text{lämmitys, tilat}}} + Q_{\text{jakelu, ulos}} + Q_{\text{varastointi, ulos}} \quad (41)$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmönjakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmönjakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{jakelu, ulos}$	lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{varastointi, ulos}$	laskettavan lämmönjakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$\eta_{lämmitys, tilat}$	laskettavan lämmönjakelujärjestelmän hyötysuhde

Laskennassa tarvittavan lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteen arvot saadaan taulukosta 25. Taulukossa esitettävät hyötysuhteiden arvot tulee kertoa 0,9:llä, jos rakennuksen vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän säätö tapahtuu pääosin käsisäätöisien venttiilien avulla. Lämmittämättömään tilaan tapahtuvat lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (42). Laskennassa tarvittavat lämmönjakelujärjestelmän ominaislämpöhäviöt ($q_{jakeluhäviöt, ulos}$) saadaan taulukosta 26. (RakMk D5/2012, 38–39; Ympäristöministeriön asetus 176/2013)

TAULUKKO 25. Ohjearvoja lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteille ja apulaitteiden ominaissähkönkäytölle. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Lämmitysratkaisu	Vuosi- hyötysuhde η_{tilat}	Sähkö e_{tilat} kWh/(m ² vuosi)
Vesiradiaattori 45/35 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
Vesiradiaattori 70/40 °C		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
Vesiradiaattori 90/70 °C		
jakojohtot eristetty	0,85	2
jakojohtot eristämätön	0,80	
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla		
	0,80	2
Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla		
	0,85	2
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C		
maata vasten rajoittuvassa rakenteessa	0,8	2,5
ryömintätilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,85	
Kattolämmitys (sähköinen)		
ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,9	0,5
Ikkunalämmitys (sähköinen)		
	0,80	0,5
Ilmanvaihtolämmitys ¹⁾		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
Sähköpatterilämmitys		
	0,95	0,5
Sähköinen lattialämmitys		
maata vasten rajoittuva rakenteessa.	0,85	0,5
ryömintätilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,85	0,5
Muut lämmityslaitteet		
	0,8	0,5

¹⁾ Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvaviljavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

Lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan lasketaan kaavalla (42).

$$Q_{\text{jakelu, ulos}} = q_{\text{jakeluhäviöt, ulos}} * L \quad (42)$$

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

TAULUKKO 26. Ominaislämpöhäviön ohjearvot lämmittämättömässä tilassa oleville lämmönjakoputkille. (RakMk D5/2012, 39.)

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

¹⁾ Määritetty lämmönjakoverkoston mitoituslämpötiloilla 70/40 °C.

²⁾ Määritetty putkikoolla DN20.

³⁾ Määritetty putkikoolla DN40.

⁴⁾ Puolilämpimän tilan lämpötila 15 °C.

Lämmitysjärjestelmän sähkönkulutus

Lämmitysjärjestelmän apulaitteet, kuten kiertopumput ja säätölaitteet kuluttavat sähköenergiaa. Sähköenergian kulutus voidaan laskea kertomalla apulaitteiden ominaissähkönkulutuksen ohjearvot (e_{tilat}) lämmitetyllä nettoalalla (kaava 43). Taulukosta 25 nähdään apulaitteiden ominaissähkönkulutus. (RakMk D5/2012, 39.)

$$W_{tilat} = e_{tilat} \cdot A_{netto, i} \quad (43)$$

W_{tilat}	lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
e_{tilat}	lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus,
$A_{netto, i}$	rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala, jonka lämmönjakelujärjestelmä kattaa, m ²

4.7.3 Käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeesta jakamalla se lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteella ja lisäämällä siihen lämpimän käyttöveden varastoinnin ja kiertojohdon lämpöhäviöt (kaava 44). Lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeen laskenta on esitetty luvussa 4.3.6. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde saadaan taulukosta 27.

$$Q_{lämmitys, lkv} = \frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} + Q_{lkv, varastointi} + Q_{lkv, kierto} \quad (44)$$

$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lkv, netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$Q_{lkv, varastointi}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a
$\eta_{lkv, siirto}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde,

TAULUKKO 27. Lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde. (RakMk D5/2012, 41.)

Rakennustyyppi	Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde, $\eta_{\text{lkv, siirto}}$				
	Kierto	Ei kiertoa			
		eristämätön	suojaputkessa	eristetty, perustaso ¹⁾	eristetty, parempi ²⁾
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
¹⁾ eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 0,5 D, missä D on putken halkaisija					
²⁾ eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 1,5 D, missä D on putken halkaisija					

Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö saadaan taulukosta 28. Taulukosta saadaan lämminvesivaraajan lämpöhäviö varaajan tilavuuden ja eristepaksuuden mukaan. Lämpöhäviö on koko vuodelle, joten lämpökuorman laskentaa varten tulee lämpöhäviö muuttaa kuukausittaiseksi.

TAULUKKO 28. Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen lämpöhäviö. (RakMk D5/32012, 42.)

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

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö lasketaan kaavalla (45). Kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehona käytetään taulukon 29 arvoja. Mikäli lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituutta ei tiedetä, eikä voida havainnoinnilla selvittää voidaan laskennassa käyttää käyttötarkoitukseluokkakohdaisia kiertojohdon ominaispitouksia. Kiertojohdon ominaispitoudet on esitetty taulukossa 30. (RakMk D5/2012, 42–43.)

$$Q_{l_{kv}, kierto} = (\phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin} * L_{l_{kv}} + \phi_{l_{kv}, lämmitys, omin} * n_{lämmityslaitte}) * \frac{t_{l_{kv}, pumppu} * 365}{1000} \quad (45)$$

$Q_{l_{kv}, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a
$\phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
$L_{l_{kv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus, m
$\phi_{l_{kv}, lämmitys, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$n_{lämmityslaitte}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden, kpl
$t_{l_{kv}, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk

TAULUKKO 29. Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho. (RakMk D5/2012, 43.)

Eristystaso	Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin}$
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 $\phi_{l_{kv}, kiertohäviö, omin} + 40$ W/m
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{l_{kv}, lämmitys, omin}$ 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.

TAULUKKO 30. Kiertojohtodon ominaispituus. (RakMk D5/2012, 43.)

Rakennustyyppi	Kiertojohtodon ominaispituus, m/m ²
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

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan kertomalla pumpun sähkömoottorin ottoteho pumpun käyntiajalla (46). Mikäli sähkömoottorin ottotehoa ei tiedetä, voidaan ottotehona käyttää arvoa 200 W/dm³/s. Ottoteho saadaan kertomalla kyseinen arvo kiertojohtodon virtaamalla. Kiertopumpun käyttöaikana käytetään 24 h/vrk.

$$W_{lkv, pumppu} = P_{lkv, pumppu} * t_{lkv, pumppu} * \frac{365}{1000} \quad (46)$$

$W_{lkv, pumppu}$ lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a

$P_{lkv, pumppu}$ lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähkömoottorin ottoteho, W

$t_{lkv, pumppu}$ lämpimän käyttöveden kiertopumpun käyttöaika, h/vrk

4.7.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämpöenergian kulutus

Lämpöenergiankulutus lasketaan kaavalla (47). Mikäli rakennuksessa on enemmän kuin yksi lämmöntuottojärjestelmä, tulee lämmitysenergian kulutus laskea järjestelmittäin. Lämmitysenergian kulutus lasketaan jokaiselle järjestelmälle kyseisen järjestelmän hyö-

tysuhteella ja järjestelmään kohdistuvalla lämmöntarpeella. Lämmöntuotto järjestelmien hyötysuhteet ja apulaitteiden sähkön ominaiskulutuksen arvot on esitetty taulukoissa 31 ja 32. Lämmöntuottojärjestelmien vuosihyötysuhteiden arvot sisältävät järjestelmien tyypillisten varaajien häviöt. Jos varaaja on erillinen, eikä sen häviöitä tiedetä, saadaan varaajan häviöt käyttövesivaraajien häviöistä annetusta taulukosta 28.

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} - Q_{\text{aurinko,lkv}} - Q_{\text{muu}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (47)$$

$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveteen, kWh/a
Q_{muu}	muilla mahdollisilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia, kWh/a
η_{tuotto}	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä,

TAULUKKO 31. Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen lämmöntuoton hyötysuhteet ja apulaitteiden sähkön ominaiskulutus. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Lämmöntuotto	Vuosi- hyötysuhde -	Apulaitteiden sähkön ominaiskulutus kWh/(m ² vuosi)
standardi öljy/kaasu	0,81 ⁽³⁾	0,99 ⁽¹⁾ 0,59 ⁽²⁾
kondenssi öljy	0,87 ⁽³⁾	1,07
kondenssi kaasu	0,92 ⁽³⁾	0,68
pellettikattila	0,75 ⁽³⁾	0,77
puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
sähkökattila	0,88 ⁽³⁾	0,02
kaukolämpö	0,94	0,60
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

⁽¹⁾ öljy

⁽²⁾ kaasu

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

TAULUKKO 32. Muiden rakennusten lämmöntuoton hyötysuhteet ja apulaitteiden sähkön ominaiskulutus. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Lämmöntuotto	Vuosi- hyötysuhde -	Apulaitteiden sähkön ominaiskulutus kWh/(m ² vuosi)
standardi öljy/kaasu	0,90	0,24 ⁽¹⁾ 0,11 ⁽²⁾
kondenssi öljy ⁽³⁾	0,95	0,25
kondenssi kaasu ⁽³⁾	1,01	0,12
pellettikattila	0,84	0,13
puukattila energiavaraajalla	0,82	0,25
kaukolämpö	0,97	0,07
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

⁽¹⁾ öljy

⁽²⁾ kaasu

⁽³⁾ hyötysuhde alemman lämpöarvon mukaan

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus lasketaan apulaitteiden sähkön ominaiskulutuksesta kaavalla (48). Apulaitteiden sähkön ominaiskulutus saadaan joko taulukosta 31 tai taulukosta 32. Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus saadaan järjestelmän osien sähköenergian kulutuksesta (49).

$$W_{tuotto, apu} = e_{tuotto} * A_{netto} \quad (48)$$

$W_{tuotto, apu}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
e_{tuotto}	apulaitteiden ominaiskulutus, kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (49).

$$W_{lämmitys} = W_{tilat} + W_{tuotto, apu} + W_{kv, pumppu} + W_{aurinko, pumput} + W_{LP, lämmitys} \quad (49)$$

$W_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{tuotto, apu}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{aurinko, pumput}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{LP, lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

4.7.5 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Lämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa lämmönlähteestä sähköenergian avulla. Lämpöpumppujärjestelmille siis tulee laskea kuinka paljon sähköenergiaa lämpöpumppu kuluttaa tuottaessaan lämpöenergiaa. Lämpöpumpulla voidaan tuottaa lämpöenergiaa tilojen, käyttöveden ja ilmanvaihdon lämpöenergian tarpeisiin. Jos lämpöpumpulla tuotetaan lämpöenergiaa myös ilmanvaihdon tarpeisiin, lasketaan ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia osaksi tilojen lämmitysenergian tarvetta. Mikäli lämpöpumppu ei kykene tai sitä ei ole mitoitettu tuottamaan kaikkea tilojen ja käyttöveden tarvitsemaa lämmitysenergiaa tulee laskennassa ottaa myös huomioon lisälämmityksen energiankulutus. Lämpöpumpuissa lisälämmitys on yleensä sähköinen. Lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia lasketaan kaavalla (50) ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergia kaavalla (51). (RakMk D3/2012, 24; RakMk D5/2012, 47-48.)

$$Q_{LP, \text{ lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} - Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} \quad (50)$$

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

$$Q_{LP, \text{ lämmitys, lkv}} = Q_{\text{lämmitys, lkv}} - Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} \quad (51)$$

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

Lisälämmityksen energian tarve tilojen ja käyttöveden lämmitykselle lasketaan kaavoilla (52) ja (53). Maalämpöpumpun ja ilma-vesi ulkoilmalämpöpumpun tuottaman lämpöenergian suhde tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeseen saadaan RakMk D5/2012 liitteen 2 taulukoista (liite 5). Taulukkoa varten tulee tietää tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$) suhde lämpimän käyttöveden lämmitystarpeeseen ($Q_{\text{lämmitys, lkv}}$). Lisäksi tulee tietää lämpöpumpun nimellistehon (ϕ_{LP}) suhde tilojen lämmityksen mitoitustehoon (ϕ_{tila}). Lämpöpumpun nimellisteho ja tilojen lämmityksen mitoitusteho saadaan rakennuksen suunnitelmista tai muista ajantasaisista asiakirjoista. (RakMk D5/2012, 48.)

$$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} = (1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}) * Q_{\text{lämmitys, tilat}} \quad (52)$$

$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$ tilojen lisälämmityksen energian tarve, 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

$$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} = (1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}) * Q_{\text{lämmitys, lkv}} \quad (53)$$

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

Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta saadaan taulukosta 33.

TAULUKKO 33. Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. (RakMk D5/2012, 49.)

$Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$ kWh/(m ² a)	$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$							
	SPF = 2,0				SPF = 3,0			
	T _{jäte -3 °C}	T _{jäte 1 °C}	T _{jäte 3 °C}	T _{jäte 5 °C}	T _{jäte -3 °C}	T _{jäte 1 °C}	T _{jäte 3 °C}	T _{jäte 5 °C}
100	0,99	0,95	0,90	0,84	0,94	0,86	0,80	0,74
150	0,82	0,72	0,66	0,60	0,70	0,61	0,56	0,51
200	0,66	0,56	0,51	0,46	0,55	0,47	0,43	0,39
250	0,55	0,46	0,41	0,37	0,45	0,38	0,35	0,31

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (54). Lisälämmityksen osuutta ei tarvitse laskea jos lämpöpumppu on mitoitettu täystehomitoitukselle. Muille kuin maalämpöpumpuille lisälämmityksen osuus tulee aina laskea.

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} / SPF_{\text{tilat}} + Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}} / SPF_{\text{lkv}} + W_{\text{lisälämmitys}} \quad (54)$$

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

TAULUKKO 34. Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-luvut. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku
Ilma-ilma	2,8
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)	
30 °C	2,8
40 °C	2,5
50 °C	2,3
60 °C	2,2
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)	
60 °C	1,8

TAULUKKO 35. Maalämpöpumppujen SPF-luvut. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Maalämpöpumppu	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, -3 °C	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, +3 °C
<i>Tilojen lämmitys</i>		
30 °C	3,4	3,5
40 °C	3,0	3,1
50 °C	2,7	2,7
60 °C	2,5	2,5
<i>Käyttöveden lämmitys</i>		
60 °C	2,3	2,3

TAULUKKO 36. Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteiset SPF-luvut, poistoilman lämpötilan ollessa 21 °C. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Jäteilman alin lämpötila	SPF-luku
-3 °C	2,4
+1 °C	2,1
+3 °C	2,0
+5 °C	1,9

4.8 Erikoistapaukset

4.8.1 Tulisijat

Varaavalla tulisijalla voidaan tuottaa osa tilojen tarvitsemasta lämmitysenergian nettotarpeesta. Yhden varaavan tulisijan lämmitysenergian tuottona kokonaisenergianlaskennassa voidaan käyttää enintään 2000 kWh/a. Tämä energia määrä siis saadaan hyödyksi yhdestä varaavasta tulisijasta. Tulisijan ostoenergiankulutus lasketaan jakamalla tulisijasta hyödyksi saatava energia tulisijan kokonaisvuosihyötysuhteella. Laskennassa varaavan tulisijan kokonaisvuosihyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,6, jos tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä. Mikäli tulisijalle on määritetty palamishyötysuhde CE-merkintää varten, voidaan tulisijan kokonaisvuosihyötysuhde laskea kaavalla (55).

Varaava tai muu tulisija voi muodostaa päälämmitysjärjestelmän, jos tulisija on kytketty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen tai ilmalämmitysjärjestelmään. Tällaisissa tapauksissa tulisija huomioidaan laskennassa lämmityskattilaa vastaavalla tavalla. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013; RakMk D3/2012, 24; RakMk D5/2012, 45.)

$$\eta_{\text{tulisija}} = 0,8 * \eta_{\text{palaminen}} \quad (55)$$

η_{tulisija} varaavan tulisijan kokonaishyötysuhde,
 0,8 varaavan tulisijan lämmönluovutuksen hyötysuhde
 $\eta_{\text{palaminen}}$ varaavan tulisijan CE-merkinnän mukainen palamishyötysuhde

4.8.2 Ilma-ilmalämpöpumput

Pientaloissa sekä ketju- ja rivitaloissa ilma-ilmalämpöpumpun tilaan tuottamana lämmitysenergiana voidaan käyttää enintään Ympäristöministeriön asetuksessa 176/2013 annettuja vuosittaisia arvoja (taulukko 37). Ilma-ilma lämpöpumpun tuottaman energian enimmäisarvot ovat huoneistokohtaisia. Ostoenergiaa laskettaessa tulee ottaa huomioon ilma-ilmalämpöpumpun hyötysuhteet. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013; RakMk D3/2012, 24.) Ilma-ilmalämpöpumpun hyötysuhteilla tarkoitetaan lämpöpumpun SPF-lukua. Taulukon 34 mukaisesti ilma-ilmalämpöpumpun SPF-luku on 2,8.

TAULUKKO 37. Ilma-ilma lämpöpumpun tuottama energian enimmäismäärä pientaloissa sekä rivi- ja ketjutaloissa. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

Rakennusluvan vireilletulovuosi	-1985	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Ilma-ilmalämpöpumpun tuottama energia	6000 kWh/vuosi kuitenkin enintään 40 kWh/(m ² vuosi)	5000 kWh/vuosi kuitenkin enintään 35 kWh/(m ² vuosi)	2000 kWh/vuosi	1500 kWh/vuosi	1000 kWh/vuosi	1000 kWh/vuosi

4.8.3 Useaa rakennusta palvelevat järjestelmät

Mikäli kahdella rakennuksella (A ja B) on yhteinen lämmönjakokeskus, ja se sijaitsee rakennuksessa A, tulee rakennusten välisten lämmönsiirtoputkien lämpöhäviöt ottaa

huomioon rakennuksen B energiatodistukseen. Jos rakennusten yhteisessä järjestelmässä on varaaja, lasketaan sen lämpöhäviö molemmille rakennuksille pinta-alojen suhteessa. Lämpökuorma voidaan laskea hyödyksi vain siihen rakennukseen jossa varaaja sijaitsee. Rakennusten yhteinen aurinkolämmön- tai sähköntuotanto voidaan jakaa rakennuksille kulutusten suhteessa. (Vuolle & Airaksinen 2013, 22.)

4.8.4 Sähköinen lattialämmitys (ei sähkölämmitys talossa)

Sellaisissa tapauksissa joissa asuinhuoneissa on vesikiertoinen lämmitys ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys, tulee näille lämmitystavoille arvioida tilojen lämmitysenergian nettotarpeiden osuudet. Mikäli osuuksista ei esitetä laskelmia, käytetään märkätilojen lattialämmityksen osuutena 50 % ja asuinhuoneiden lämmitysjärjestelmän osuutena 50 % lämmitysenergian nettotarpeesta.

4.9 Jäähdytetty rakennus

4.9.1 Jäähdytetyn rakennuksen laskenta

Energiatodistusta laadittaessa jäähdytetyille rakennuksille tai rakennuksen osille tulee kokonaisenergiankulutuksen laskenta suorittaa dynaamisella laskentamenetelmällä. Kuitenkin jäähdytettäville olemassa oleville rakennuksille tai rakennuksen osille voidaan jäähdytyksen ostoenergian laskennassa käyttää Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaista kuukausitason laskentamenetelmää. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.) Sellaisille rakennuksille, joissa vain yksittäisissä tiloissa on jäähdytys tai jäähdytystä ei ole, voidaan laskenta suorittaa kuukausitason menetelmällä. (RakMk D3/2012, 26.)

Dynaamisella menetelmällä otetaan huomioon lämmönsiirron laskennassa rakenteiden lämmönvarausominaisuus ajasta riippuvaisena. Laskenta suoritetaan dynaamisella laskentatyökalulla, joka on validoitu siihen tarkoitettujen standardien kuten, SFS EN,

CIBSE tai ASHRAE, mukaisesti. Validoinnilla osoitetaan laskentatyökalun kelpoisuus. (RakMk D3/2012, 27)

4.9.2 Jäähdytysjärjestelmän energian kulutus

Olemassa olevien jäähdytettyjen rakennusten kokonaisenergiälaskenta voidaan suorittaa käyttäen Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaista kuukausitason laskentamenetelmää. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

$$Q_{\text{jäähdytys, netto}} = (1 - \eta_{\text{lämpö}}) * Q_{\text{lämpökuorma}} - \frac{(T_{s, \text{lask, keskim.}} - T_s)^{1,1}}{(T_s - T_u)} * (Q_{\text{tila}} + Q_{\text{iv}}) \quad (56)$$

$Q_{\text{jäähdytys, netto}}$	rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen nettoenergian tarvo, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste,
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	lämpökuorma, kWh
$T_{s, \text{lask, keskim.}}$	laskennallinen kuukauden keskimääräinen sisäilman lämpötila (jäähdytyksen asetusarvo), °C
T_s	sisäilman lämpötila (lämmityksen asetusarvo), °C
T_u	ulkoilman lämpötila (kuukauden keskimääräinen arvo), °C
Q_{tila}	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
Q_{iv}	rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve, kWh
1,1	eksponentissa oleva tekijä, joka ottaa huomioon lämmönsiirron tehostumisen lämpötilatason noustessa, Sellaisissa tapauksissa, jossa kaavan eksponentin alla olevan sulkulausekkeen laskettu arvo on negatiivinen, käytetään eksponenttina arvoa 1.

Rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytysenergian nettotarpeesta lasketaan jäähdytysenergian kulutus jakamalla nettotarve jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteella (kaava 57). Laskenta suoritetaan kuukausitasolla. Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde ottaa huomioon järjestelmän häviöt. Hyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,7, mikäli tarkempaa arvoa ei ole tiedossa. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

$$Q_{\text{jäähditys}} = Q_{\text{jäähditys, netto}} / \eta_{\text{jäähditys}} \quad (57)$$

$Q_{\text{jäähditys}}$	rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähditysenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{jäähditys, netto}}$	rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdityksen nettoenergian tarve, kWh
$\eta_{\text{jäähditys}}$	tilojen ja ilmanvaihdon jäähditysjärjestelmän hyötysuhde,

Tuotettaessa jäähditysenergia kompressorikoneikolla, lasketaan jäähditysjärjestelmän sähköenergiankulutus jakamalla jäähditysenergiankulutus kylmäntuotto prosessin vuotuisella kylmäkertoimella (kaava 58). Vuotuiselle kylmäkertoimelle käytetään arvoa 3. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

$$W_{\text{jäähditys, osto}} = Q_{\text{jäähditys}} / \varepsilon_E \quad (58)$$

$W_{\text{jäähditys, osto}}$	rakennuksen ostettavan jäähdityksen sähköenergian kulutus, jos jäähditysenergia tuotetaan kompressorikoneikolla, kWh
$Q_{\text{jäähditys}}$	rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähditysenergian kulutus, kWh
ε_E	kylmäntuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin,

Kaukojäähditysjärjestelmissä jäähditysenergiankulutus lasketaan jakamalla jäähditysenergian kulutus kylmäntuotto prosessin vuotuisella kylmäkertoimella (kaava 59). Kaukojäähditysjärjestelmissä vuotuisen kylmäkertoimena käytetään arvoa 1. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

$$Q_{\text{jäähditys, osto}} = Q_{\text{jäähditys}} / \varepsilon_Q \quad (59)$$

$Q_{\text{jäähditys, osto}}$	rakennuksen ostettavan jäähditysenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{jäähditys}}$	rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähditysenergian kulutus, kWh
ε_Q	kylmäntuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin,

4.10 Ostoenergia

Ostoenergialla tarkoitetaan rakennukseen ostettavaa energiaa. Energia hankitaan rakennukseen uusiutuvien tai fossiilisten polttoaineiden sisältämänä energiana, kaukolämpöverkosto, kaukojäähdytysverkosto tai sähköverkosta. Ostoenergian kulutus lasketaan lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta (kaava 60). Hyödyksi käytettävä uusiutuva omavaraisenergia pienentää ostoenergian kulutuksen määrää. Ostoenergia eritellään energiamuodoittain. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013)

$$E_{osto} = (Q_{lämmitys} + W_{lämmitys} + W_{ilmanvaihto} + Q_{jäähdytys} + W_{jäähdytys} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} - W_{käytetty\ omasähkö}) / A_{netto} \quad (60)$$

E_{osto}	rakennuksen ostoenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{valaistus}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{käytetty\ omasähkö}$	rakennuksessa käytetty omavaraisenergia, kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Rakennuksen ostoenergian kulutus energiamuodoittain eriteltynä.

$$E_{osto} = \frac{Q_{kaukolämpö} + Q_{kaukojäähdytys} + \sum_i Q_{polttoaine,i} + W_{sähkö}}{A_{netto}} \quad (61)$$

E_{osto}	rakennuksen ostoenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{polttoaine, i}$	poltoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/(m ² a)

$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

4.11 E-luku eli kokonaisenergiankulutus

Kokonaisenergiankulutus lasketaan rakennukselle tai rakennuksen osalle vuotuisesta ostoenergian kulutuksesta. Energiamuodoittain eritelty ostoenergian kulutus kerrotaan energiamuotojen kertoimilla. Näin saadut energiamuotojen tulot summataan yhteen ja jaetaan rakennuksen tai rakennuksen osan lämmitetyllä nettoalalla (kaava 62). Energiamuotojen kertoimet on esitelty taulukossa 6. (Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

$$E = \frac{f_{kaukolämpö} * Q_{kaukolämpö} + f_{kaukojäähdytys} * Q_{kaukojäähdytys} + \sum_i f_{polttoaine, i} * Q_{polttoaine, i} + f_{sähkö} * W_{sähkö}}{A_{netto}} \quad (62)$$

E_{osto}	rakennuksen ostoenergian kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{polttoaine, i}$	poltoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/(m ² a)
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/(m ² a)
$f_{kaukolämpö}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin,
$f_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin,
$f_{polttoaine, i}$	poltoaineen i energiamuodon kerroin,
$f_{sähkö}$	sähkön energiamuodon kerroin,
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

5 ENERGIA TODISTUKSEN LAADINTAPROSESSI TOIMEKSIANTAJAYRITYKSESSÄ

5.1 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pirkanmaalla toimiva Insinööritoimisto Vesitaito Oy. Vesitaito Oy on LVI- ja energia-alan kehitystä seuraava innovatiivinen uuden ajan insinööritoimisto, jonka erityisosaamista ovat energiatehokas LVIS-suunnittelu, energiaoptimointi sekä energiaselvitykset ja -todistukset. Vesitaito on valtakunnallinen markkinajohtaja uusien pientalojen energiaselvitysten laadinnassa ja asiakkaita ovat useat pientalotoimittajat aina pienistä suuriin toimijoihin. Vaativampi energialaskenta suurempiin kokonaisuuksiin ja sisälämpötilatarkastelut dynaamisella simuloinnilla kuuluvat myös Vesitaidon toimenkuvaan. (Vesitaito Oy: 2014. Yritys.)

Vesitaito käyttää toiminnassaan Laskentapalvelut.fi nimistä selaimessa toimivaa laskentaohjelmistoa. Ohjelmistolla voidaan laatia muun muassa energiaselvityksiä ja energiatodistuksia. Ohjelmistosta löytyy erillinen sovellus, jolla voidaan laatia energiatodistuksia olemassa oleviin kohteisiin. Ohjelmistoon syötetään kohteen tiedot ja arvot, jotka on saatu havainnoinnilla, kohteen asiakirjoista tai määräyksistä ja ohjeista. Ohjelmisto suorittaa E-luvun laskennan syötettyjen arvojen perusteella. Ohjelmaan voidaan syöttää kulutustiedot, toimenpide-ehdotukset rakenteille ja järjestelmille sekä näiden arvioidut energiansäästöt sekä muita suosituksia ja lisämerkintöjä. Laskennan jälkeen nähdään heti rakennuksen E-luku ja energialuokka. Valmis määräysten mukainen energiatodistus saadaan ohjelmasta PDF -tiedostona.

5.2 Tilauksen käsittely

Tilauksen tullessa toimeksiantajalle lähetetään asiakkaalle tilausvahvistus ja valmistautumisohje. Valmistautumisohje sisältää tietoja siitä, kuinka energiatodistusprosessi tulee asiakkaan näkökulmasta etenemään. Tilauksen tiedot syötetään tämän jälkeen toimek-

siantajan tietojärjestelmään. Havainnoitsija saa tiedon tulleesta tilauksesta. Havainnoin suorittaja sopii kohteen edustajan kanssa ajan havainnoinnille.

Työohje havainnointiajankohdan sopimiseen

- Selvitä onko kohteesta olemassa asiakirjoja (arkkitehtikuvat, suunnitelmat, huoltokirja, aikaisemmat energiatodistukset, energiakatselmusraportit, kuntoarvioraportit).
- Pyydä ottamaan kohteen asiakirjat valmiiksi esille havainnoinnille.
- Selvitä löytyykö kohteesta arkkitehtikuvia sähköisenä,
- Pyydä ottamaan havainnoille myös kohteen energiankulutustiedot (sähkö, polttoaineet, lämpö, jäähdytys, vesi)

5.3 Havainnointi

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 velvoittaa energiatodistuksen laatijaa selvittämään olemassa olevan kohteen energiankulutukseen vaikuttavia ominaisuuksia rakennuksen asiakirjoista, havainnoimalla paikan päällä kohdetta ja tarvittaessa myös haastatteleamalla rakennuksen käyttäjiä. Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 mukaan havainnoinnilla tulee arvioida seuraavien rakennusosien ja teknisten järjestelmien energiatekninen kunto ja selvittää mahdolliset energiansäästötoimenpiteet.

- ulkoseinät, ulko-ovet, ikkunat, yläpohja ja alapohja sekä muut rakenteet
- lämmitysjärjestelmä
- käyttövesijärjestelmä
- ilmanvaihtojärjestelmä
- valaistus
- jäähdytysjärjestelmä
- sähköiset erillislämmitykset
- muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen

Paikanpäällä suoritettava havainnointi kannattaa aloittaa kohteen edustajan haastattelulla. Kohteen edustaja on yleensä kohteen käyttäjä tai ylläpitohenkilökuntaan kuuluva. Samalla voidaan tutustua kohteen asiakirjoihin kuten arkkitehtikuviin, suunnitelmiin ja

huoltokirjaan. Ensimmäiseksi kohteen asiakirjoista kannattaa tarkistaa, että ne ovat ajan tasalla. On syytä myös varmistua siitä että kohde vastaa saatuja arkkitehtikuvia ja suunnitelmia. Tämä voidaan selvittää haastattelulla ja asiasta voidaan varmistua vielä havainnointikierroksen aikana. Haastattelun aikana myös kohteen edustaja voi esittää kysymyksiä energiatodistukseen liittyvistä asioista kuten esimerkiksi E-luvusta, E-lukuun vaikuttavista seikoista tai minkälaisen energiatodistuksen kyseinen rakennus tulee luultavimmin saamaan. Luvussa kuusi on kuvattu havainnoinnin suorittaminen erääseen toimistorakennukseen.

Alla olevassa havainnoin työohjeessa on kerrottu mitä havainnoinnilla tulee tehdä ja mihin tulee kiinnittää huomiota. Työohje on yleispätevä, eikä kaikkia työohjeessa mainittuja asioita välttämättä ole jokaisessa kohteessa. Havainnoinnin aikana tulee kirjata ylös havainnoidut asiat. Lisäksi kohteesta ja järjestelmistä voidaan ottaa kuvia, mikä helpottaa energiatodistuksen laatimista varsinkin silloin jos laadintaa ei voida suorittaa heti havainnoinnin jälkeen. Havainnoinnin aikana tulee tarkistaa kaikkien rakenneosien, teknisten järjestelmien ja laitteiden yleiskunto. Kaikki energiatehokkuuteen vaikuttavat seikat kannattaa kirjata ylös, sillä ne voidaan kirjata energiatodistukseen ja niiden avulla voidaan esittää toimenpide-ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Kohteen edustajalta on myös hyvä tiedustella kohteen sisäilmastosta kuten ilman laadusta ja lämpöoloista. Liian korkeaa sisälämpötilaa alentamalla voidaan saada aikaan huomattavaa energiansäästöä ja parantaa viihtyvyyttä.

Mikäli rakennuksesta ei löydy ajantasaisia arkkitehtikuvia tai kuvia ei ole, tulee rakennus mitata. Mittaus tulee suorittaa siten, että mittaustuloksista voidaan laskea kaikkien rakennusosien pinta-alat. Voi olla hyvä piirtää rakennuksen muodoista karkea luonnos, johon mitat voidaan merkitä. Ovien ja ikkunoiden koot mitataan rakennuksen vaipan aukkojen mukaisesti eli karmirakenteet huomioon ottaen. Lisäksi ikkunoiden koot tulee mitata ilmansuunnittain.

Havainnoinnin työohje

- Haastattele kohteen edustajaa
 - Selvitä onko kohteeseen tehty remontteja
 - Selvitä tehdyt huollot (esim. ilmanvaihtokanavien nuohous, lämmitysverkoston tasapainostus)

- Selvitä kohteen valmistumisvuosi ja rakennusluvan vireilletulovuosi
- Tarkista, että kohde on arkkitehtikuvien ja suunnitelmien mukainen
 - Mikäli kohde ei ole kuvien mukainen tai kohteesta ei ole olemassa kuvia, tulee kohteessa suorittaa mittaus
- Tarkista havainnoinnin aikana rakenneosien tyypit ja yleiskunto
- Selvitä lämmitysjärjestelmä
 - Lämmitysjärjestelmän tyyppi
 - Lämmitysjärjestelmän mahdolliset varaajat
- Selvitä lämmönjakelujärjestelmä
 - Selvitä lämmönjakelujärjestelmän tyyppi
 - Selvitä vesikiertoisen järjestelmän jakojohdon sijainti
 - Selvitä onko lämmönjakelujärjestelmässä häviötä ulos
 - Selvitä jakojohdon pituus, sijainti ja eristys
- Selvitä erikoistapaukset
 - Lisälämmitykset (märkätilojen sähköiset lattialämmitykset)
 - Varaavat tulisijat
 - Ilmalämpöpumput
- Selvitä käyttövesijärjestelmä
 - Käyttöveden lämmitys
 - Lämpimän käyttöveden varaaja
 - Varaajan koko
 - Varaajan eristys
 - Lämpimän käyttöveden kiertojohto
 - Kiertojohdon pituus
 - Kiertojohdon eristys
 - Kiertojohtoon liitetyt lämmityslaitteet
- Selvitä ilmanvaihtojärjestelmä
 - Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi (koneellinen tulo ja poisto, koneellinen poisto, painovoimainen ilmanvaihto)
 - Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä
 - Erillispoistot
 - Lämmöntalteenotto
 - Ilmanvaihtojärjestelmän todelliset ilmamäärät lämmöntalteenotton hyötysuhteen laskentaa varten

- Tuloilman lämmitys
- Selvitä onko jäähdytysjärjestelmää
 - Miten jäähdytysenergia tuotetaan
 - Kaukokylmä vai kompressorikoneikko
- Selvitä onko kohteessa tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus
- Selvitä onko muita järjestelmiä, joilla on vaikutusta energiatehokkuuteen
- Selvitä onko aurinkolämpöjärjestelmiä
 - Aurinkokeräimien pinta-ala
 - Aurinkokeräimien suuntaus
- Selvitä onko aurinkosähköjärjestelmiä
 - Aurinkosähköjärjestelmän tuotto vuodessa, jota ei syötetä valtakunnan verkkoon

5.4 Energiatodistuksen laadinta

Energiatodistuksen laadinta suoritetaan siihen tarkoitettulla ohjelmistoa. Laatijan tulee määrittää tiedot, jotka ohjelmaan syötetään. Ensimmäiseksi kannattaa määrittää rakenteiden pinta-alat. Toimeksiantajalla on käytössään myös suunnitteluohjelma CADS Planner, jolla pinta-alat voidaan helposti mitata sähköisistä kuvista. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat voidaan laskea esimerkiksi Excel -taulukolla. Näin ikkunoiden pinta-alat saadaan eriteltyä ilmansuunnittain.

Mikäli kohteen kuvat ovat paperisina versioina, voidaan pinta-alat määrittää kuvista suhdeviivaimen avulla. Rakennuksen ollessa yksinkertainen eikä pinta-alaltaan kovin suuri tämä on helpoin vaihtoehto. Toinen tapa on skannata paperiset kuvat, ja skaalata ne suunnitteluohjelmassa oikeaan mittakaavaan. Näin mittaus voidaan suorittaa suunnitteluohjelmistolla. Erittäin suurissa ja haastavissa kohteissa voi harkintaan tulla välttämättömimpien kuvien vektorointi, jolloin suunnitteluohjelmistoa voidaan käyttää täysin hyödyksi.

Alla olevassa laadinnan työohjeessa on kerrottu miten ja missä järjestyksessä laadinta suoritetaan. Työohje on yleispätevä, eikä siinä ole kuvattu jokaista erilaista mahdollisuutta vaan siinä on keskitytty kuvaamaan laadinnan looginen järjestys ja tuomaan esille

asiat, jotka laadinnassa tulee huomioida. Yksityiskohtaisempia ohjeita laskenta ohjelmaan syötettävistä arvoista löytyy opinnäytetyön E-luvun laskentaa käsittelevästä luvusta, sekä rakentamismääräyskokoelmista D3 ja D5. Lisäksi Laskentapalvelut.fi laskentaohjelmasta löytyy Pikaohje -ominaisuus, jonka avulla saadaan tietoa haluttua kohtaa klikkaamalla. Pikaohjeeseen aukeaa haluttua kohtaa käsittelevät ohjeet, jotka on kerätty määräyksistä, säädöksistä ja ohjeista. Ominaisuuden avulla voidaan nopeasti tarkistaa esimerkiksi lämpimän käyttöveden varaajan vuotuinen lämpöhäviö.

Laadinnan työohje

- Määritä rakenteiden pinta-alat
 - Alapohjan pinta-ala
 - Mahdollisten muiden kerrosten kerrostasojen pinta-alat
 - Yläpohjan pinta-ala
 - Ulkoseinin pinta-ala
 - Ulko-ovien pinta-ala
 - Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain
 - Määritä lämmitetty nettoala
- Määritä tilavuudet
 - Rakennustilavuus rakennuksen asiakirjoista
 - Rakennuksen ilmatilavuus
- Määritä kylmäsiltojen pituudet (olemassa olevissa rakennuksissa voidaan kylmäsiltoja ottaa huomioon 10 % korotuksella lämpöhäviöihin)
- Laske ilmanvaihtojärjestelmän poistoilman lämmöntalteenoton kokonaisvuosihyötysuhde. (Ota huomioon myös erillispoistot.) (Esimerkiksi Ympäristöministeriön LTO-laskimella.)
- Aloita laskenta Laskentapalveluilla
- Syötä ohjelmaan rakennuksen perustiedot
 - Huomio rakennuksen käyttötarkoitusluokka
 - Huomio rakennuksen kerroslukumäärä
- Syötä rakenneosien tiedot
 - Yläpohjan, alapohjan ja ulkoseinien pinta-alat ja U-arvot
 - Ikkunoiden pinta-alat, U-arvot ja g-arvot ilmansuunnittain
 - Ulko-ovien pinta-ala ja U-arvo

- Syötä kylmäsiltojen pituudet ja ominaislämpöhäviöt. Voidaan käyttää myös 10 % lisäystä ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.
- Syötä ilmanvaihtojärjestelmän tiedot
 - Ilmanvuotoluku
 - Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi sekä koneiden mahdolliset merkit ja mallit
 - Pääilmanvaihtokoneen lämpötilasuhde
 - Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishyötysuhde erillispoistot mukaan luetuna
 - Huomioi tuloilman lämpeneminen puhaltimessa (jos ei voida laskea käytetään 0,5 °C)
- Syötä käyttöveden lämmityksen tiedot
 - Kuvaa käyttöveden lämmitysjärjestelmä
 - Varaaja häviöt
 - Mahdolliset käyttöveden kiertojohdon häviöt
 - Siirron hyötysuhde
 - Mahdollisten aurinkokeräimien pinta-ala ja suuntauskerroin
- Syötä tilojen lämmitysjärjestelmän tiedot
 - Kuvaa lämmitysjärjestelmä
 - Lämmityksen varaajahäviöt (mikäli erillinen varaaja käyttöveden kanssa)
 - Lämmönjakeluhäviöt ulos
 - Lämmönjakelujärjestelmän hyötysuhde
 - Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus
 - Varaavien tulisijojen määrä
 - Tulisijojen hyötysuhde
 - Ilma-ilmalämpöpumppujen määrä
 - Ilma-ilmalämpöpumppujen SPF-luku
 - Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä muissa kuin sähkölämmitystaloissa (0,5 ellei laskennalla toisin osoiteta)
- Syötä lämpöpumppujen tiedot lämpöpumpun tyyppin mukaan
 - Kuvaa lämpöpumppujärjestelmä
 - Syötä tuotto-osuus tai -osuudet
 - Syötä SPF-luku tai -luvut
- Syötä jäähdytyksen tiedot

- Onko jäähdytys
- Millä jäähdytysenergia tuotetaan
- Syötä kylmän tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin jäähdytysenergiatuotannon mukaan
- Valitse tilojen lämmitystapa
- Valitse käyttöveden lämmitystapa
- Valitse ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin tyyppi
- Syötä mahdollinen omavaraissähköenergian määrä

Näiden vaiheiden jälkeen nähdään heti rakennukselle laskettu E-luku. Ohjelmasta on nyt mahdollista tallentaa PDF-muodossa laskennan lähtötiedot ja energiatodistus tiedostot

5.5 Energiatodistusasiakirjojen toimitus

Laskennan suorittamisen jälkeen energiatodistus ja laskennan lähtötiedot tallennetaan toimeksiantajan tietojärjestelmään. Tämän jälkeen asiakkaalle lähetetään laskennan lähtötiedot ja allekirjoitettu energiatodistus sähköpostitse. Asiakkaalle toimitetaan lisäksi paperinen allekirjoitettu energiatodistus postitse. Samalla lähetetään kohteen mahdolliset rakennusasiakirjat, jotka on lainattu havainnoinnilla laskentaa varten. Lisäksi asiakkaalle toimitetaan energiatodistuksen lukuohje.

Allekirjoitettu energiatodistus tulee lähettää lisäksi ARAan eli Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskukseen. ARAn tarkoituksena on kerätä energiatodistukset ja valvoa energiatodistusten laadintaa pistokoemaisesti. Suunnitteilla on energiatodistuksille sähköinen rekisteri, jonne energiatodistukset tallennetaan. Rekisterissä energiatodistukset olisivat julkisesti nähtävillä. Rekisteri voi valmistua jo vuoden 2014 aikana.

6 ENERGIAODISTUKSEN LAADINTA TOIMISTORAKENNUKSEEN

6.1 Tausta

Luvussa esitellään energiatodistuksen laadinnan suorittaminen olemassa olevaan rakennukseen, jonka käyttötarkoitukseluokka on toimistorakennus. Energiatodistuksen laadinta suoritettiin Vesitaito Oy:n toimesta, mutta opinnäytetyöntekijä osallistui projektiin. Opinnäytetyöntekijä on osallistunut kyseisen toimistorakennuksen havainnointiin energiatodistuksen laadintaa varten yhdessä toimeksiantajan työntekijän kanssa.

Laadinnan tarkoituksena oli tutustua isompien kohteiden energiatodistusten laadintaan. Sen avulla voitiin kerätä arvokasta kokemusta olemassa olevien toimistorakennusten energiatodistuksen laadinnasta ja opinnäytetyöhän saatiin samalla referenssi aineistoa.

6.2 Havainnointi

Havainnoinnille sovittiin päivämäärä sen jälkeen kun energiatodistuksen laadinta oli sovittu suoritettavaksi. Havainnointi ajankohta sovittiin tällä kertaa sähköpostin välityksellä. Havainnointi ajankohdaksi sovittiin 17.3.2014. Havainnoinnin suorittivat toimeksiantajayrityksen työntekijä ja opinnäytetyöntekijä.

Havainnointi suoritettiin seuraavasti. Ensimmäisenä tavattiin kohteen edustaja, jolla oli valmiiksi varattu kohteen asiakirjat. Pyysimme, että voisimme tutustua kohteen asiakirjoihin ennen kuin lähtisimme suorittamaan varsinaista havainnointia. Asiakirjoista tarkastimme, että löytyykö niistä arkkitehtikuvat, joista laskennassa tarvittavat pinta-alat voidaan määrittää, ja esimerkiksi LVI-suunnitelmat.

Tässä tapauksessa arkkitehtikuvat olivat sellaiset, että niistä voitiin mitata rakenneosien pinta-alat. Lisäksi pohjapiirustuksiin oli merkitty ikkunoiden korkeus. Tämä oli hyvä sillä julkisivukuvia, joista ikkunoiden korkeuden olisi voinut mitata, ei löytynyt kaikilta sivuilta. Mikäli ikkunoiden korkeutta ei olisi voinut määrittää kuvista, olisi ikkunoiden koot täytyneet mitata. Lisäksi arkkitehtikuvista ja suunnitelmista tarkastettiin, minkälai-

sia teknisiä tiloja rakennuksessa on, sekä missä lämpimän käyttöveden kiertojohto kulkee, ja onko kuviin merkitty käyttöveteen liitetyjä lämmityslaitteita kuten räätipattereita tai muita sellaisia. Käyttöveteen liitetyt lämmityslaitteista on hyvä tarkistaa havainnoinnin aikana niiden teho, jotta käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviö voidaan laskea.

Asioiden selvittäminen asiakirjoista ennen havainnointia on hyödyllistä isommissa kohteissa, kuten tapauksen toimistorakennuksessa, sillä isoissa kiinteistöissä saattaa olla monia teknisiä tiloja ja ilmanvaihtokonehuoneita, jotka kaikki tulee havainnoinnilla tarkastaa. Mikäli kohteen edustajalla ei ole tarkkaa tuntemusta kyseisestä kohteesta tai hänellä ei ole tietämystä esimerkiksi rakennuksen taloteknisistä järjestelmistä voi jotain jäädä huomaamatta. Tässä tapauksessa kohteen edustaja oli hyvin perillä kyseisestä rakennuksesta ja havainnointi sujuikin jouhevasti.

Kun rakennukseen ja sen järjestelmiin oli hieman tutustuttu asiakirjojen avulla, voitiin lähteä suorittamaan itse havainnointikierrosta. Havainnointi kierros aloitettiin lämmönjakohuoneesta. Kohteessa on kaukolämpö, joten kaukolämmön alajakokeskus tarkastettiin. Lämmönjakohuoneen seinältä löytyy yleisesti lämmönjakohuoneessa olevien laitteiden kytkentäkaavio ja järjestelmien mitoitusarvot, jotka kuvasimme mahdollista myöhempää tarvetta varten. Lämmönjakohuoneessa tarkastimme myös lämmönjakoputkien, lämpimän käyttöveden sekä lämpimän käyttöveden kiertojohtojen eristyspaksuuden.

Lämmönjakohuoneesta suuntasimme ilmanvaihtokonehuoneeseen, joka sijaitsee rakennuksen katolla. Kohteessa on kaksi tuloilmakonetta ja kaksi poistoilmakonetta. Ilmanvaihtokoneissa oli nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä. Kohteen katolla oli myös kaksi kappaletta vedenjäähdyttimiä, joilla tuotettiin kohteen jäähdytysenergia. Jäähdytysenergia siis tuotettiin kompressoreilla.

Kohteen katosta suuri osa on lasikattoa. Lasikatto on rakennuksen pituus suunnassa lähes koko katon mittainen. Rakennuksen katolla on myös kattoikkunoita, jotka toimivat savunpoistoluukkuina. Katolla ollessamme mittasimme lasikaton alan, sekä laskimme kattoikkunoiden määrän ja mittasimme niiden alan. Koska ei ollut tietoa löytyvätkö nämä rakenteet kuvista, täytyi ne mitata, jottei katolle tarvitse tulla uudelleen.

Kohteessa on sauna- ja uima-allastilat, jotka tarkastimme seuraavaksi. Kohteesta löytyy myös ravintola ja autohalli. Ravintola kuuluu erikoistiloihin, joita ei Ympäristöministeriön asetuksen 176 mukaan oteta laskennassa huomioon. Laskenta suoritetaan tältä osin käyttötarkoitusta vastaavilla lähtöarvoilla. Autohallia ei oteta laskennassa huomioon, koska Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 määrittelee, ettei velvollisuus hankkia energiatodistus koske rakennukseen liittyvää tai erillistä moottoriajoneuvosuoja. Viimeiseksi selvitimme onko rakennuksessa erillislämmityksiä, varaavia tulisijoja tai ilmalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumppuja rakennuksesta löytyi kolme kappaletta.

6.3 Energiatodistuksen laskenta

Energiatodistuksen laskennan suoritti toimeksiantajan työntekijä. Työntekijällä on kokemusta energiatodistusten laadinnasta olemassa oleviin asuinrakennuksiin kuten pientaloihin, rivitaloihin sekä luhti- ja kerrostaloihin. Energiatodistuksen laadinta ja laskenta suoritettiin toimeksiantajan laskentaohjelmistolla. Toimeksiantaja käyttää laskentaohjelmistoa nimeltä Laskentapalvelut.fi. Ohjelmisto toimii selaimessa ja sisältää useita laskentasovelluksia joilla voidaan laatia muun muassa energiatodistuksia sekä olemassa oleviin että uusiin rakennuksiin.

Laskenta suoritettiin havainnoinnilla kerättyjen ja rakennuksen asiakirjoista saatujen tietojen perusteella sekä käyttötarkoiteluokan ja standardikäytön mukaisilla arvoilla. Puuttuvien tietojen kohdalla on käytetty Ympäristöministeriön asetuksessa 176/2013 annettuja rakennuslupavuoden mukaisia arvoja. Taulukossa 1 on esitetty tietoja joita havainnoinnilla ja asiakirjoista on selvitetty. Taulukossa on esitetty pinta-ala ja tilavuus tietoja, jotka on saatu mittaamalla rakennuksen arkkitehtikuvista. Ilmanvaihtojärjestelmän vuosihyötysuhde on laskettu Ympäristöministeriön LTO-laskimella havainnoinnilla ja rakennuksen asiakirjoista saatujen lähtötietojen perusteella. Ilmanvaihto järjestelmän vuosihyötysuhde on myös esitetty taulukossa 1. Laskennan tulokset sekä Laskentapalveluista saadut laskennan lähtötiedot ja energiatodistus on esitetty seuraavassa luvussa.

TAULUKKO 1. Rakennuksen tiedot.

Rakennuksen perustiedot

Valmistumisvuosi	1990
Käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennus
Kerroslukumäärä	3
Alapohjan tyyppi	Maanvarainen betonilaatta
Lämmitetty nettoala	5793 m ²
Ilmatilavuus	21141,9 m ³
Ilmanvuotoluku q ₅₀	17,94 m ³ /(h m ³)

Tilojen lämmitysjärjestelmä

Lämmöntuottojärjestelmä	Kaukolämpö
Lämmönjakojärjestelmä	Vesikiertoinen patterilämmitys
Muut lämmitysjärjestelmät	3 kpl ilma-ilmalämpöpumppuja

Käyttövesijärjestelmä

Lämpimän käyttöveden lämmitys-järjestelmä	Kaukolämpö
Lämpimän käyttöveden varaaja	Ei varaajaa
Lämpimän käyttöveden kierto	kyllä, eristystaso 1,5 D
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	kyllä, 3 kpl räätipattereita

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmä	Koneellinen tulo ja poisto
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	2
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä, nestekiertoinen
Lämmöntalteenoton laskettu vuosihyötysuhde	30 %
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä, lämmitysjärjestelmä

Rakenneosat	Pinta-ala m ²	U-arvo W/m ² K	g-arvo
Ulkoseinä ulkoilmaa vasten	1389,7	0,28	
Ulkoseinä puolilämpimään tilaan	59,8	0,28	
Yläpohja ulkoilmaa vasten	1993,82	0,28	
Alapohja (maanvastainen)	2436,8	0,36	
Muu maanvastainen rakennusosa	309,4	0,36	
Ikkunat pohjoiseen	187,49	2,1	0,60
Ikkunat itään	80,42	2,1	0,60
Ikkunat etelään	108,05	2,1	0,60
Ikkunat länteen	28,04	2,1	0,60
Kattoikkunat	437,76	2,1	0,60
Kattovalokuvut	12	2,1	0,50
Ulko-ovet	28,99	1,4	

6.4 Lopputulokset

Laskennan tulokseksi Laskentapalvelut.fi ohjelmasta saatiin laskennan lähtötiedot, sekä energiatodistus. Laskennan lähtötiedot (kuvat 2 ja 3) ja energiatodistus (kuvat 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ja 11) on esitelty jäljempänä tässä luvussa. Rakennuksen E-luvuksi saatiin 238 kWh_E/m²vuosi, joka vastaa energiatehokkuusluokkaa E. Toimistorakennusten käyttötarkoitukseluokassa energiatehokkuusluokkaan E kuuluvat rakennukset tai rakennuksen osat, joiden E-luku on 201–240 kWh_E/m²vuosi.

Rakennuksen laskennalliseksi energiamuotojen yhteenlasketuksi ostoenergiankulutukseksi saatiin 240 kWh/m²vuosi. Tästä sähkön osuus on 70 kWh/m²vuosi ja kaukolämmön 170 kWh/m²vuosi. Laskennallinen ostoenergiankulutusta ei ole kerrottu energiamuotojen kertoimilla. Sähkön energiamuodon kerroin on 1,7 ja kaukolämmön 0,7, joten tässä tapauksessa laskennallinen ostoenergiankulutus, sekä energiamuotojen kertoimilla painotettu energiankulutus ovat lähestulkoon yhtä suuret. Tarkempi erittely on esitetty jäljempänä olevassa energiatodistuksessa E-luvun laskennan tulokset -sivulla.

Laskennan lähtötiedot

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Päätiedot				
Rakennuskohde:				
Osoite 1:				
Osoite 2:				
Todistustunnus:				
Rakennustunnus:				
Rakennusluvan hakemisvuosi:	?			
Valmistumisvuosi:	1990			
Rakennuksen käyttötarkoitus:	Toimistorakennus			
Pääsuunnittelija:				
Laskelman tekijä:				
Yritys:				
Tilaaaja:				
Päiväys:				
Sijainti/paikkakunta:				
Rakennusluokka:	3 Toimistorakennukset			
Kerroslukumäärä:	3			
Rakennustilavuus (m ³):	0			
Rakennuksen ilmatilavuus (m ³):	21141.9			
Maanpäällinen kerrostasoala (m ²):	0			
Lämmitetty nettoala Anetto (m ²):	5793			
Lämpökapasiteetti Crak omin (Wh/m ² K):	160			
Laskentamallin tila:	Ei tiedossa			
Rakennuslupa hyväksytty (pvm):	-			
Käyttöönottotarkastus suoritettu (pvm):	-			
Rakenneosat				
rakenneosa:	Pinta-ala:	U-arvo:	g-arvo:	Fverho *
	m²	W/m²K		Fkehä:
Ulkoseinä ulkoilmaa vasten	1389.7	0.28		
Ulkoseinä puoliilämpimään tilaan	59.8	0.28		
Yläpohja ulkoilmaa vasten	1993.82	0.28		
Alapohja (maanvastainen)	2436.8	0.36		
Muu maanvastainen rakennusosa	309.4	0.36		
Ikkunat pohjoiseen	187.49	2.1	0.60	0.75
Ikkunat itään	80.42	2.1	0.60	0.75
Ikkunat etelään	108.05	2.1	0.60	0.75
Ikkunat länteen	28.04	2.1	0.60	0.75
Kattoikkunat	437.76	2.1	0.60	
Kattovalokuvut	12	2.1	0.50	
Ulko-ovet	28.99	1.4		
Alapohjan alapuolinen maa	Savi, salaojitettu hiekka tai sora			
Kylmäsiilat				
Kylmäsiilat:	Pituus:	Lisäkonduktanssi:		
	m	W/mK		
10% muista häviöistä				
Ilmanvaihto				
Vaipan ilmanvuodot:				
Ilmanvuotoluku q50:		17.94		
Ilmanvaihto:				
Kuvaus	Koneellinen tulo ja poisto lämmöntalteenotolla			
LTO %:		30.00		
Ominaisähköteho/SFP-luku (kW/m ³ /s):		2.50		

KUVA 2. Laskennan lähtötiedot, sivu 1.

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT												
Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho (W):	0.0											
Tuloilman lämpötilan asetusarvo:	21.0 astetta											
Jäteilman lämpötila mitoitustilanteessa:	5 astetta											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo (L/s):	3500											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo ilman LTO-vaatimusta (L/s):	0											
Tuloilman suhde poistoilmavirtaan:	0.95											
Lämpötilan nousu puhaltimessa:	0.5 astetta											
IV-laitteessa automaattinen LTO:n poiskytkentä asetuslämpötilan ylittyessä:	Ei											
LTO:n ja jälkilämmityspatterin kuukausipäälläolo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	x	x	x	x	x				x	x	x	x
Lämmitysjärjestelmä												
Käyttöveden lämmitys:												
Kuvaus	Kaukolämpö, lämpimän käyttöveden kiertojohto noin 430 m (6 W/m) 3 kpl räättipatterit											
Käyttöveden varaajahäviöt (kWh/vuosi):	0											
Käyttöveden kiertojohtojen häviöt (kWh/vuosi):	27856.8											
Käyttöveden siirron hyötysuhde:	0.88											
Käyttöveden mitoitusvirtaama (litra/s):	0.2											
Käyttöveden kiertojohtojen ominaisteho (W/m ²):	0											
Sähkölämmityksen hyötysuhde (käyttövesi):	1											
Tilojen lämmitys:												
Kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys.											
Lämmityksen varaajahäviöt (kWh/vuosi):	0											
Häviöt lämmittämättömään tilaan (kWh/vuosi):	0											
Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde:	0.9											
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteet (kWh/m ²):	2.5											
Varaavien tulisijojen lukumäärä:	0											
Ilmalämpöpumppujen lukumäärä:	3											
Sähkölämmityksen hyötysuhde (tilojen lämmitys):	1											
Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä:	0.0											
Laskenta ja tulokset												
Lämmitystapa:	Kaukolämpö											
Jälkilämmityspatteri:	Lämmitysjärjestelmä											
Oma sähköntuotanto (kWh/a):	0											

KUVA 3. Laskennan lähtötiedot, sivu 2.

Energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:																	
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1990																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Toimistorakennus (Toimistorakennukset)																
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatodistusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatodistusluokka	A		B		C		D		E	E	F		G	
	Energiatodistusluokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E	E																
F																	
G																	
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)</td> <td>238 kWh_E/m²vuosi</td> </tr> </tbody> </table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	238 kWh _E /m ² vuosi														
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	238 kWh _E /m ² vuosi																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

KUVA 4. Energiatodistus, sivu 1.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala, m ²	5793												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys.												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo ja poisto lämmöntalteenotolla												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)			kWhE/(m ² vuosi)								
Sähkö	404873	70	1.70	118.8									
Kaukolämpö	983130	170	0.70	118.8									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	259179	44.7											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				238									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Toimistorakennukset												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...80</td> <td>B: 81 ... 120</td> <td>C: 121 ... 170</td> </tr> <tr> <td>D: 171 ... 200</td> <td>E: 201 ... 240</td> <td>F: 241 ... 300</td> </tr> <tr> <td>G: 301 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...80	B: 81 ... 120	C: 121 ... 170	D: 171 ... 200	E: 201 ... 240	F: 241 ... 300	G: 301 ...		
A: ...80	B: 81 ... 120	C: 121 ... 170											
D: 171 ... 200	E: 201 ... 240	F: 241 ... 300											
G: 301 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	E												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET													
Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi													
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".													

KUVA 5. Energiatodistus, sivu 2.

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennus (Toimistorakennukset)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1990	Lämmitetty nettoala	5793	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	17.94	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	1758.90	0.29	517.24	12.42
Yläpohja	1993.82	0.28	558.27	13.40
Alapohja	2436.80	0.36	877.25	21.06
Ikkunat	853.76	2.10	1792.90	43.05
Ulko-ovet	28.99	1.40	40.59	0.97
Kylmäsiilat	-	-	378.62	9.09
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g kohtisuora-arvo	
Pohjoinen	187.49	2.10	0.67	
Itä	80.42	2.10	0.67	
Etelä	108.05	2.10	0.67	
Länsi	28.04	2.10	0.67	
Vaakataso	437.76	2.10	0.67	
Vaakataso (kattokupu)	12.00	2.10	0.56	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen tulo ja poisto lämmöntalteenotolla			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto C
Pääilmanvaihtokoneet	5.015 / 5.015	2.50	-	5.00
Erillispoistot			-	
Ilmanvaihtojärjestelmä	5.015 / 5.015	2.50	-	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		30.00 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys.			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkökäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	0.97	90 %		2.57
LKV:n valmistus	0.97	88 %		0.15
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumpputermeissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu	3	15000		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	3.00			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	103.00	6		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	5.00	12.00	
Valaistus	65 %			12.00

Kuva 6. Energiatodistus, sivu 3.

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennus (Toimistorakennukset)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1990			
Lämmitetty nettoala, m ²	5793			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	238			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	404873	1.70	688284	118.8
Kaukolämpö	983130	0.70	688191	118.8
YHTEENSÄ	1388003		1376475	237.6
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Lämpö ulkoilmasta		9643	1.66	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.6	66.7	
Tuloilman lämmitys			88.9	
Lämpimän käyttöveden valmistus		0.2	11.6	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		19.0		
Jäähdytysjärjestelmä		2.5		
Kuluttajalaitteet ja valaistus		44.7		
YHTEENSÄ		69.0	167.2	0
<small>(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen</small>				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		362810	63	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		499820	86	
Lämpimän käyttöveden valmistus		34758	6	
Jäähdytys		30959	5	
<small>(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa</small>				
<small>(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa</small>				
Lämpökuormat				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko		290094	50.08	
Ihmiset		53994	9.32	
Kuluttajalaitteet		129585	22.37	
Valaistus		129585	22.37	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		13928	2.40	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (15.12.2013)		

KUVA 7. Energiatodistus, sivu 4.

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS					
Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.					
Toteutunut ostoenergiankulutus					
Lämmitetty nettoala 5793 m ²					
Ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Ostetut polttoaineet (1)	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
(1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrään arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"					
Toteutunut ostoenergia yhteensä				kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Sähkö yhteensä					
Kaukolämpö yhteensä					
Polttoaineet yhteensä					
Kaukojäähdytys					
YHTEENSÄ					
<p>Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näidensyiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.</p>					

KUVA 8. Energiatodistus, sivu 5.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI				
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia				
Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat				
Ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimet määritetty lupahakemusvuoden perusteella tarkempien tietojen puuttuessa.				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1	Seinien lisäeristäminen uudisrakentamisen vertailuarvoiksi (lämmin tila)			
2	Ikkunoiden vaihtaminen U-arvolle 1.0 W/m ² K			
3	Ulko-ovien vaihtaminen U-arvolle 1.0 W/m ² K			
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1	19882 (1.6 %)			-2 (-0.8 %)
2	117178 (9.7 %)			-12 (-5.0 %)
3	1506 (0.1 %)			
Huomiot - ylä- ja alapohja				
Alapohjan lämmönläpäisykerroin määritetty lupahakemusvuoden perusteella tarkempien rakennetietojen puuttuessa				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1	Yläpohjien lisäeristäminen uudisrakentamisen vertailuarvoiksi (lämmin tila)			
2	Alapohjien lisäeristäminen uudisrakentamisen vertailuarvoiksi (lämmin tila)			
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1	48522 (4.0 %)			-5 (-2.1 %)
2	30797 (2.5 %)			-2 (-0.8 %)
3				
Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät				
Lämmitysmuotona kaukolämpö, lämmönjakotapana vesikiertoinen patterilämmitys. Tuulikaapeissa lämminilmapuhaltimet. Lämpimän käyttöveden kiertojohto. Siivouskomoissa sekä sosiaaliiloissa räppipattereita (3 kpl).				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1	33535	-11977		-8
2				
3				

Kuva 9. Energiatodistus, sivu 6.

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Koneellinen tulo ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla (vesi-klygoli lämmönsiirtimet). Koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi arvioitu noin 30 %.				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1	Koneellinen tulo ja poisto (lto=55%) lisääminen/vaihtaminen			
2	Koneellinen tulo ja poisto (lto=65%) lisääminen/vaihtaminen			
3	Koneellinen tulo ja poisto (lto=75%) lisääminen/vaihtaminen			
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1	141388 (11.7 %)			-29 (-12.2 %)
2	191811 (15.8 %)			-38 (-16.0 %)
3	242233 (20.0 %)			-47 (-19.7 %)
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät				
Kolme ilmalämpöpumpua. Jäähdytys kompressorikoneikolla.				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä www.motiva.fi				

KUVA 10. Energiatodistus, sivu 7.

LISÄMERKINTÖJÄ

KUVA 11. Energiatodistus, sivu 8.

6.5 Johtopäätökset laadinnasta

Työn tavoitteena oli laatia energiatodistus rakennukseen, jonka käyttötarkoitukseluokka on toimistorakennus. Tavoite saavutettiin ja energiatodistuksesta tuli luotettava. Työn onnistumisen taustalla oli laatijan ammattitaito ja kokemus energiatodistuksien laadinnasta. Lisäksi kohteesta löytyi ajantasaiset asiakirjat ja kohteen edustajalla oli hyvä tietämys kohteesta. Laadinnassa käytettiin myös hyväksi havaittua laadintaohjelmistoa.

Olemassa oleviin kohteisiin laadittavien energiatodistusten luotettavuutta parantaisi se jos rakennuksen asiakirjoihin voitaisiin perehtyä etukäteen. Tällöin tiedettäisiin tarkalleen mitä havainnoinnilla tulee selvittää ja mahdollisesti mitata. Mitään ei jäisi tällöin huomiotta, eikä havainnointiin kuluisi ylimääräistä aikaa. Asiakirjojen saatavuus on kuitenkin huono, koska olemassa olevien kohteiden asiakirjat ovat yleensä paperisina monessa isossa kansiossa. Asiakirjat tulisi siis toimittaa energiatodistuksen laatijalle tai laatijan noutaa ne jostain, mikä nostaisi kustannuksia. On myös mahdollista ettei asiakirjoja ole tai ne ovat puutteellisia. Mikäli asiakirjat olisivat sähköisenä, voitaisiin ne helposti toimittaa energiatodistuksen laatijalle.

Kohteeseen suoritettava energiatodistuksen laadintaprosessi oletettavasti erosi tässä tapauksessa hieman tavanomaisesta. Tässä tapauksessa energiatodistuksen laadintaa tarjottiin kyseiseen kohteeseen. Normaalitylanteessa saataisiin tarjouspyyntö energiatodistuksen laadinnasta, jonka jälkeen energiatodistuksen laadintaa tarjottaisiin kohteeseen. Kohteeseen tarjottiin energiatodistuksen laadintaa, koska tällä hetkellä olemassa olevaan toimistorakennukseen ei vielä ole pakko laatia energiatodistusta. Kyseisen laadintaprosessin avulla voitiin kerätä arvokasta kokemusta olemassa olevien toimistorakennusten energiatodistuksen laadinnasta ja opinnäytetyöhän saatiin samalla referenssi aineistoa.

Laadintaan osallistuminen antoi opinnäytetyöntekijälle tietämystä olemassa olevien rakennusten energiatodistuksen laadinnan suorittamisesta käytännössä. Lisäksi kokemusta karttui havainnoinnista sekä toimistorakennusten taloteknisistä järjestelmistä ja energiatehokkuuteen vaikuttavista asioista.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia prosessinkuvaus energiatodistuksen laadinnasta olemassa oleviin liike- ja toimistorakennuksiin. Opinnäytetyöhön toteutettiin oma luku, joka kuvaa kyseisen laadintaprosessin toimeksiantajayrityksessä. Prosessikuvaus sisältää työohjeet, joissa on kerrottu lyhyesti vaihe vaiheelta työn eteneminen.

Opinnäytetyöntekijän mielestä opinnäytteessä tehty prosessikuvaus on hyvä apuväline energiatodistuksen laadintaan, varsinkin jos laadinnasta ei ole kokemusta. Tietämystä aiheesta, rakennustekniikasta tai talotekniikasta laadinnan suorittamiseen kuitenkin tarvitaan, vaikka laadinnassa käytettäisiinkin apuna prosessikuvausta ja sen sisältämiä työohjeita. Toisaalta energiatodistuksen laatijan pätevyyttä varten tietämystä edellä mainituista tarvitaan. Työohjeita voidaan käyttää myös energiatodistuksen laadintaprosessiin tutustumiseen ja vaikkapa uusien työntekijöiden kouluttamiseen. Prosessikuvaus ja työohjeet ovatkin opinnäytetyöntekijän mielestä onnistuneet.

Opinnäytetyön lopputuloksen kannalta olisi ollut hyvä jos opinnäytetyöntekijällä olisi ollut enemmän kokemusta energiatodistusten laadintaprosessista olemassa oleviin rakennuksiin. Tällöin prosessinkuvaaminen olisi ollut tarkempaa ja huomattavasti helpompaa. Toisaalta työohjeiden kannalta kokemus olisi voinut aiheuttaa sen että monia vaiheita olisi pitänyt itsestään selvyutenä ja ne olisivat voineet jäädä huomioimatta.

Haasteellista opinnäytetyön tekemisessä oli opinnäytetyöntekijän mielestä E-luvun laskennan kuvaaminen. Laskenta sisältää erittäin paljon laskenta vaiheita ja taulukkoarvoja joita laskennassa käytetään. Lisäksi laskentaa koskevat määräykset ja ohjeet eivät ole yksissä kansissa vaan ne on jaettu moniin eri teoksiin. E-luvun laskennasta tuli erittäin pitkä osuus opinnäytetyöhön ja laskenta sisältää erittäin paljon kaavoja ja laskentatarvoja sisältäviä taulukoita.

Opinnäytetyön tekeminen oli erittäin monipuolinen ja opettavainen prosessi opinnäytetyöntekijälle. Opinnäytetyöntekijä oppi ymmärtämään energialaskennan vaiheet paremmin ja yksityiskohtaisemmin, vaikka opinnäytetyöntekijällä on muutamien kuukausien kokemus uusien pientalojen energialaskennasta. Opinnäytetyön tekemisen aikana

opinnäytetyöntekijälle tuli selväksi energiatodistuksen laadintaprosessin vaiheiden merkitys. Monessa työvaiheessa hyvän asiakaspalvelun merkitys on yrityksen kannalta tärkeää. Energiatodistusten laatijoiden ammattitaidolla ja asiakaspalvelulla on merkitystä myös yleiseen kuvaan energiatodistuksesta.

Opinnäytetyön prosessikuvausta voitaisiin mahdollisesti kehittää siten että se sisältäisi myös laskentaa tarvittavia arvoja. Tällaisia arvoja olisivat esimerkiksi lämmöntuotannon ja lämmönjakolaitteiden hyötysuhteet. Toisaalta tällöin prosessikuvauksen ja työohjeiden pituus kasvaisi huomattavasta. Silloin työohjeita saattaisi joutua selaamaan ja ne eivät olisi yhtä käytännöllisiä. Toimeksiantajan käyttämä laskentaohjelmisto sisältää ohjeen, josta kyseiset arvot voi nopeasti tarkistaa, joten siltäkin kannalta se on turhaa.

Työn tekemiselle olisi voinut varata pidemmän ajan ja yrittää saada työ paremmalle alulle jo syksyn aikana. Mikäli opinnäytetyön tekeminen olisi aloitettu jo syksyllä, olisi opinnäytetyön rakenne tullut opinnäytetyön tekijälle aiemmin selväksi. Selvempi käsitys rakenteesta olisi mahdollistanut paremman ja tarkemman aikataulutuksen työlle. Työ kuitenkin valmistui ajoissa, mutta loppuvaiheilla opinnäytetyöntekijälle meinasi tulla työn kanssa hieman kiire. Kiire johtui osittain siitä, ettei opinnäytetyöntekijällä ollut kunnollista aikataulua työn etenemiselle.

LÄHTEET

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 18.1.2013/50

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 13.4.2007/487

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 27.3.2013/176

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 19.7.2007/765

Pyly, P. 2013. Taloyhtiön energiatodistus - mitä, miten, milloin?. 1. painos. Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Kurnitski, J. 2012. Energiamääräykset 2012. Opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Valtioneuvoston asetus rakennuksen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä ja kevenetyn energiatodistusmenettelyn edellytyksistä 27.2.2013/170

Ympäristöministeriön asetus 27.2.2013/5

Vuolle, M. & Airaksinen, M. 2013. Energiatodistusopas 2013. Rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen. Versio 27.09.2013. Ympäristöministeriö

Vesitaito Oy. 2014. Yritys. Luettu 8.4.2014. <http://vesitaito.fi/yritys/>

Ympäristöministeriö. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma Osa D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.

Ympäristöministeriö. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma Osa D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012.

Motiva. 2013. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Päivitetty 12.02.2013. Luettu 31.12.2013.
http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi

Motiva. 2013. Energian kokonaiskulutus. [Verkkosivu] Päivitetty 13.9.2013. Luettu 11.02.2014.
http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto_suomessa/energian_kokonaiskulutus

Motiva. 2006. Toimiston sähkönkäyttö. [Diaesitys]. Luettu 7.4.2014.
http://www.motiva.fi/files/1776/Toimistonsahkonkayttokalvot_final.pdf

Motiva. 2013. Energiatodistuslomakkeet ja laskentaohjeet. [Verkkosivu]. Päivitetty 19.11.2013. Luettu 7.4.2014.
<http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/lomakkeetjaohjeet/>

Tilastokeskus. 2013. Energian hankinta ja kulutus 2012. [Verkkajulkaisu]. Julkaistu 12.12.2013. Päivitetty 12.12.2013 Luettu/Tulostettu 13.02.2013.
http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2012/ehk_2012_2013-12-12_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2013. PX-Web-tietokanta. Luettu 13.2.2014.

Rakennustieto Oy. 2013. LVI 02-10528 Energiatodistus. Rakennustietosäätiön LVI ohjekortti.

LIITTEET

Liite 1. Energiatodistus malli. (Motiva: Energiatodistuslomakkeet ja laskentaohjeet 2013.)

1 (8)

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:																	
Rakennustunnus: Rakennuksen valmistumisvuosi:																	
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:																	
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatehokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatehokkuusluokka	A		B		C	C	D		E		F		G	
	Energiatehokkuusluokka																
A																	
B																	
C	C																
D																	
E																	
F																	
G																	
Uudisrakennusten määräystaso 2012																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) kWh _E / (m ² vuosi)																	
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

(jatkuu)
2 (8)

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala
Lämmitysjärjestelmän kuvaus
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWh _E /(m ² vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö			-	
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelusteikko

Luokkien rajat asteikolla



Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

C

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka				
Rakennuksen valmistumisvuosi	Lämmitetty nettoala			m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	m ² /(h m ²)			
	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsiilat	-	-		
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	gkohtisuora-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:				
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet			-	
Erillispoistot			-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä			-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:				
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin¹ -	Apulaitteiden sähkökäyttö² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi				
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka				
Rakennuksen valmistumisvuosi				
Lämmitetty nettoala, m ²				
E-luku, kWh _E / (m ² vuosi)				
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
YHTEENSÄ				
Uusiutuva omavaraenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹				-
Tuloilman lämmitys				-
Lämpimän käyttöveden valmistus				-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus			-	-
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus			-	-
YHTEENSÄ				
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²				
Ilmanvaihdon lämmitys ³				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
Jäähdytys				
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko				
Henkilöt				
Kuluttajalaitteet				
Valaistus				
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala m²

Ostettu energia

Kaukolämpö

Kokonaissähkö

 Kiinteistö sähkö

 Käyttäjäsähkö

Kaukojäähdytys

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Ostetut polttoaineet¹

polttoaineen
määrä
vuodessa

yksikkö

muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Kevyt polttoöljy

Piikkeet (havu- ja sekapuu)

Piikkeet (koivu)

Puupelletit

litra

pino-m³

pino-m³

kg

10

1300

1700

4,7

¹ Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä

Kaukolämpö yhteensä

Polttoaineet yhteensä

Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI				
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia				
Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				
Huomiot ylä- ja alapohja				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				
Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi				

LISÄMERKINTÖJÄ

Liite 2. Kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukainen energiatodistus. (Motiva: Energiatodistuslomakkeet ja laskentaohjeet 2013.)

KEVENNETYN ENERGIATODISTUSMENETTELYN MUKAINEN TODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:

Rakennustunnus jos tiedossa:

Perustelu kevennetyn menettelyn käyttämiselle:

Rakennuksen energiatehokkuutta ei ole luokiteltu. Myyntiä ja vuokrausta koskevissa ilmoituksissa käytetään energiatehokkuutta kuvaavan tunnuksen sijasta tunnusta H.

Tämä todistus on laadittu rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain (50/2013) 17 §:ssä tarkoitetun kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukaisesti.

Lain 17 §:n mukaan energiatodistuksen hankkimisesta vastuussa oleva voi halutessaan hankkia kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukaisen todistuksen, jos myytävä rakennus tai kiinteistö taikka huoneisto tai sen hallintaoikeus enintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävässä asuinrakennuksessa on arvoltaan hyvin vähäinen taikka jos on olemassa muu erityisen perusteltu syy, kuten lähisukulaisten välinen myynti tai vuokraus, kevennetyn menettelyn käyttämiseen.

Valtioneuvoston asetuksen (170/2013) mukaan edellä mainittu arvo voidaan katsoa hyvin vähäiseksi, jos myyntihinta on alle 50 000 euroa. Kevennettyä menettelyä voidaan käyttää muusta erityisestä syystä lähisukulaisten välisen myynnin tai vuokrauksen lisäksi myös, jos myytävää tai vuokrattavaa rakennusta tai kiinteistöä taikka huoneistoa ei esitellä julkisesti myyntiä tai vuokrausta varten eikä tarjota myytäväksi tai vuokrattavaksi julkisesti esillä olevalla ilmoittelulla. Kevennettyä menettelyä voidaan käyttää myös, jos rakennuksen, kiinteistön tai huoneiston vuokra on alle 350 euroa kuukaudessa.

Jos tämä todistus on hankittu tilanteessa, joka ei täytä kevennetyn menettelyn käytöstä säädettyjä edellytyksiä, tulee hankkimisesta vastuussa olleen huolehtia, että korvaava energiatodistus hankitaan viipymättä.

Rakennuksen energiatodistuksesta annetun ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti käytetään myyntiä tai vuokrausta koskevassa julkisesti esille laitatussa ilmoituksessa kevennettyä energiatodistusmenettelyä käytettäessä rakennuksen energiatehokkuutta kuvaavan tunnuksen sijasta tunnusta H.

Kevennetyn energiatodistusmenettelyn mukaisella todistuksella rakennuksen energiatehokkuutta ei voi verrata toisiin rakennuksiin.

Rakennusten energiatehokkuudesta ja energiatodistuksesta on saatavilla tietoja: www.ymparisto.fi/energiatodistus ja www.motiva.fi/energiatodistus

Todistuksen hankkija

Todistuksen hankkijan yhteystiedot

Allekirjoitus:

Paikka ja päivämäärä

Liite 3. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeelle I (Helsinki-Vantaa). (RakMk D3/2012, 29–30.)

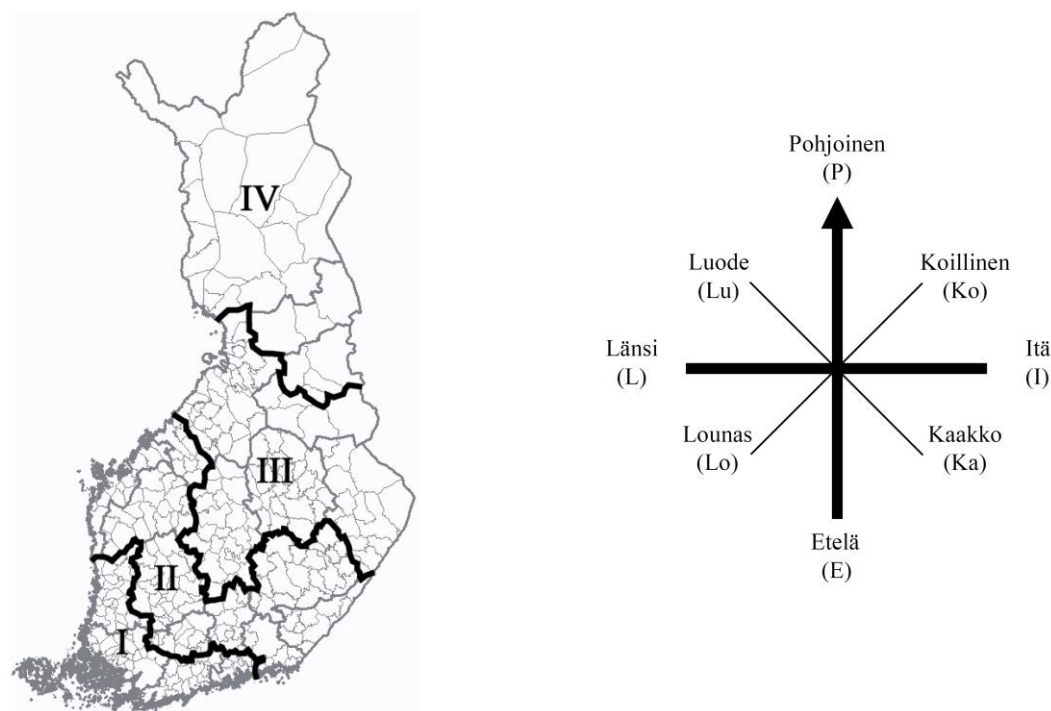
1 (2)

Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiiedot

Lämmitysteho ja energiankulutus lasketaan tässä liitteessä esitetyillä säätiiedoilla. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeet esitetään kuvassa L2.1. Vaatimusten mukaisuuden osoittamisessa kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiiedoilla. 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 tunnittaiset säätiiedot eri säävyöhykkeille on saatavissa esimerkiksi ympäristöministeriön [www-sivuilla](http://www.sivuilla).



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

<i>Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>		
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

(jatkuu)

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 ²	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/m²

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_{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

Liite 4. Rakennuksen energiatehokkuuden luokitteluasteikot käyttötarkoitukseluokittain.
(Ympäristöministeriön asetus 176/2013.)

1 (5)

RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDEN LUOKITTELUASTEIKOT

Energiatodistuksessa rakennuksen tai rakennuksen osan energiatehokkuuden luokitteluasteikkona käytetään tässä liitteessä esitettyä asteikkoa. Käytettävä luokitteluasteikko määräytyy energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai rakennuksen osan käyttötarkoitukseluokan perusteella.

Rakennukselle tai rakennuksen osalle laskettu kokonaisenergiankulutus eli E-luku (kWh_E/m^2 vuosi) ilmoitetaan energiatehokkuusluokkaa määrittäessä ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna.

Erilliset pientalot

Käyttötarkoitukseluokka: Yhden asunnon talot
Kahden asunnon talot
Muut erilliset pientalot
Majoituselinkeinon harjoittamiseen tarkoitettut loma-asunnot, jotka ovat erillisiä pientaloja

$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh_E/m^2 vuosi)
A	E-luku ≤ 94
B	$95 \leq \text{E-luku} \leq 164$
C	$165 \leq \text{E-luku} \leq 204$
D	$205 \leq \text{E-luku} \leq 284$
E	$285 \leq \text{E-luku} \leq 414$
F	$415 \leq \text{E-luku} \leq 484$
G	$485 \leq \text{E-luku}$

$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh_E/m^2 vuosi)
A	E-luku $\leq 150 - 0,47 \times A_{\text{netto}}$
B	$150 - 0,47 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 320 - 1,30 \times A_{\text{netto}}$
C	$320 - 1,30 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 372 - 1,40 \times A_{\text{netto}}$
D	$372 - 1,40 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 452 - 1,40 \times A_{\text{netto}}$
E	$452 - 1,40 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 582 - 1,40 \times A_{\text{netto}}$
F	$582 - 1,40 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 652 - 1,40 \times A_{\text{netto}}$
G	$652 - 1,40 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku}$

(jatkuu)

2 (5)

$$150 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$$

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku $\leq 83 - 0,02 \times A_{\text{netto}}$
B	$83 - 0,02 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 131 - 0,04 \times A_{\text{netto}}$
C	$131 - 0,04 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 173 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
D	$173 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 253 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
E	$253 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 383 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
F	$383 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 453 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
G	$453 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku}$

$$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$$

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 70
B	$71 \leq \text{E-luku} \leq 106$
C	$107 \leq \text{E-luku} \leq 130$
D	$131 \leq \text{E-luku} \leq 210$
E	$211 \leq \text{E-luku} \leq 340$
F	$341 \leq \text{E-luku} \leq 410$
G	$411 \leq \text{E-luku}$

Rivi- ja ketjutilat

Käyttötarkoitukseluokka: Rivi- ja ketjutilat
Majoituselinkeinoon harjoittamiseen tarkoitettut loma-asunnot, jotka ovat rivi- tai ketjutiloja

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 80
B	$81 \leq \text{E-luku} \leq 110$
C	$111 \leq \text{E-luku} \leq 150$
D	$151 \leq \text{E-luku} \leq 210$
E	$211 \leq \text{E-luku} \leq 340$
F	$341 \leq \text{E-luku} \leq 410$
G	$411 \leq \text{E-luku}$

Asuinkerrostalot

Käyttötarkoituksiluokka: Luhtitalot
Muut asuinkerrostalot

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 75
B	76 ≤ E-luku ≤ 100
C	101 ≤ E-luku ≤ 130
D	131 ≤ E-luku ≤ 160
E	161 ≤ E-luku ≤ 190
F	191 ≤ E-luku ≤ 240
G	241 ≤ E-luku

Toimistorakennukset

Käyttötarkoituksiluokka: Toimistorakennukset
Terveyskeskukset
Muut terveydenhuoltorakennukset

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 80
B	81 ≤ E-luku ≤ 120
C	121 ≤ E-luku ≤ 170
D	171 ≤ E-luku ≤ 200
E	201 ≤ E-luku ≤ 240
F	241 ≤ E-luku ≤ 300
G	301 ≤ E-luku

Liikerakennukset

Käyttötarkoitukseluokka: Myymälähallit
 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset
 Muut myymälärakennukset
 Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalot
 Elokvateatterit
 Kirjastot ja arkistot
 Museot ja taidegalleriat
 Näyttelyhallit

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 90
B	91 ≤ E-luku ≤ 170
C	171 ≤ E-luku ≤ 240
D	241 ≤ E-luku ≤ 280
E	281 ≤ E-luku ≤ 340
F	341 ≤ E-luku ≤ 390
G	391 ≤ E-luku

Majoitusliikerakennukset

Käyttötarkoitukseluokka: Hotellit yms.
 Asuntolat yms.
 Vanhainkodit
 Lasten- ja koulukodit
 Kehitysvammaisten hoitolaitokset

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 90
B	91 ≤ E-luku ≤ 170
C	171 ≤ E-luku ≤ 240
D	241 ≤ E-luku ≤ 280
E	281 ≤ E-luku ≤ 340
F	341 ≤ E-luku ≤ 450
G	451 ≤ E-luku

Opetusrakennukset ja päiväkodit

Käyttötarkoituksiluokka: Lasten päiväkodit
 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset
 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset
 Korkeakoulurakennukset
 Tutkimuslaitosrakennukset

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 90
B	91 ≤ E-luku ≤ 130
C	131 ≤ E-luku ≤ 170
D	171 ≤ E-luku ≤ 230
E	231 ≤ E-luku ≤ 300
F	301 ≤ E-luku ≤ 360
G	361 ≤ E-luku

Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit

Käyttötarkoituksiluokka: Tennis-, squash- ja sulkapallohallit
 Monitoimihallit ja muut urheiluhallit

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 90
B	91 ≤ E-luku ≤ 130
C	131 ≤ E-luku ≤ 170
D	171 ≤ E-luku ≤ 190
E	191 ≤ E-luku ≤ 240
F	241 ≤ E-luku ≤ 280
G	281 ≤ E-luku

Sairaalat

Käyttötarkoituksiluokka: Keskussairaalat
 Muut sairaalat

Energiatohokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 150
B	151 ≤ E-luku ≤ 350
C	351 ≤ E-luku ≤ 450
D	451 ≤ E-luku ≤ 550
E	551 ≤ E-luku ≤ 650
F	651 ≤ E-luku ≤ 800
G	801 ≤ E-luku

Liite 5. Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. (RakMk D5/2012, Liite 2, 70.)

1 (3)

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 lämpöpumput 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 ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$). Taulukossa ($\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon 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 ϕ_{LPn} annetaan toimintapisteessä T_{liuos}/T_m 0/35 °C.

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$)											
		Säilyvyshyke: I-II				Säilyvyshyke: III				Säilyvyshyke: IV			
		$T_m, \text{ °C}$				$T_m, \text{ °C}$				$T_m, \text{ °C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4,00	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,40	0,50	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1,00	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4,00	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,50	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1,00	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2,00	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4,00	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,60	0,50	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1,00	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2,00	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,70	0,50	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4,00	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,80	0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,90	0,50	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96
	2,00	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,00	0,50	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98

(jatkuu)

2 (3)

Selostus

Jos lämpöpumpun mitoitustehon on 70 % tilojen lämmityksen tehontarpeesta ($\phi_{L,Pn}/\phi_{iln}$) ja tilojen lämmitysenergiatarve on puolet lämpimän käyttöveden tarpeesta ($Q_{\text{lämmitys,tila}}/Q_{\text{lämmitys,lkv}}$), niin menoveden lämpötilalla +30 °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 °C. Lisäksi on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät ulkoilmalämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja siten, että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

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 mitoitustehon 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 ϕ_{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
0,30	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	1,00	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	2,00	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	4,00	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
0,40	0,50	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	1,00	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	4,00	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	1,00	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	2,00	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	4,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
0,60	0,50	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	1,00	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	2,00	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	4,00	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
0,70	0,50	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	1,00	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	2,00	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	4,00	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
0,80	0,50	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	1,00	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	2,00	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	4,00	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
0,90	0,50	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,77	0,76	0,76	0,75
	1,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
	2,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,88	0,87	0,81	0,80	0,79	0,77
	4,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
1,00	0,50	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79
	1,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	2,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	4,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79

Selostus

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