

# 1970-luvun pientalon energiatehokkuus



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, rakennustekniikka

Syksy, 2017

Tapani Bifeldt

Rakennustekniikka  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Tapani Bifeldt	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	1970-luvun pientalon energiatehokkuus	
<b>Työn ohjaajat</b>	Ville Pulkkinen, Kimmo Hilden	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella 1970-luvulla rakennettun pientalon rakennetta, energiatehokkuutta ja sen mahdollisia ongelmakohtia. Sen tavoitteena on suunnitella korjaavia toimenpiteitä, arvioida nykyisen lämmitysjärjestelmän toimivuutta ja sen uudistamista nykypäivän tasolle kustannustehokkaasti sekä laskea ja parantaa sen E-lukua.

Tämä opinnäytetyö antaa myös muille 1970-luvun pientalossa asuville tai sellaisen ostoa suunnitteleville tietoa tuolle rakennusajankohdalle tyypillisten talojen ongelmakohdista ja tärkeistä huomioon otettavista seikoista. Jokainen kohde on kuitenkin erilainen, joten tässä työssä esitetyjä ongelmakohtia ei voida pitää yleispätevinä koskemaan kaikkia 1970-luvun pientaloja.

**Avainsanat** energiatehokkuus, energiatodistus, kuntotutkimus, aurinkopaneeli, korjausrakentaminen

**Sivut** 93 sivua, joista liitteitä 32 sivua

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Tapani Bifeldt	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Energy efficiency of a single family house built in the 1970s	
<b>Supervisor</b>	Ville Pulkkinen, Kimmo Hilden	

---

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the structure, energy efficiency and potential problems of a single family house built in the 1970s. The aim was to design renovation measures, assess the functioning of the existing heating system and modernize it to the modern level cost-effectively. Another aim was to calculate and improve its energy efficiency value.

The thesis also provides other dwellers living in a detached house built in the 1970s, or planning to buy such a house with information on the problems and important considerations of the houses typical of that time of construction. However, each house is different, so the problems pointed out in this thesis cannot be considered universal in all the low-rise houses built in the 1970s.

**Keywords** Energy efficiency, energy certificate, building survey, solar panel, renovation

**Pages** 93 pages including appendices 32 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KORJAUSRAKENTAMISTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ .....	2
2.1	Energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU .....	2
2.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 .....	3
2.3	Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta D3 2/11.....	4
2.3.1	Energiatehokkuuden vaatimukset.....	4
2.3.2	Energialaskennan lähtötiedot .....	9
2.3.3	Energialaskennan laskentasäännöt .....	10
2.3.4	Määräystenmukaisuuden osoittaminen .....	11
2.4	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 /2012.....	12
2.5	Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 ja YA 176/2013.....	19
2.6	Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä YA 4/13 .....	20
3	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	23
3.1	Pientalojen energiatehokkuus .....	23
3.1.1	Pientalojen energiankulutus.....	23
3.1.2	Lämmitys ja sähkö .....	23
3.2	Pientalon lämmitysvaihtoehdot.....	24
3.2.1	Hybridilämmitys.....	25
3.2.2	Aurinkoenergia .....	26
3.2.3	Maalämpö.....	26
3.2.4	Ilmalämpöpumppu .....	27
3.2.5	Ilma-vesilämpöpumppu.....	28
3.2.6	Sähkölämmitys .....	29
3.2.7	Öljylämmitys .....	30
3.2.8	Tulisijat ja kamiinat.....	31
3.3	Valmistautuminen korjaushankkeeseen.....	31
3.4	Rakennuspiirustukset .....	32
3.5	Kuntoarvio ja kuntotutkimus .....	32
3.5.1	Kuntoarvio .....	32
3.5.2	Kuntotutkimus .....	32
3.6	Lämpökuvaus.....	33
3.6.1	Lähtötiedot .....	33
3.6.2	Mittauslaitteisto .....	33
3.6.3	Pätevyys.....	34
3.6.4	Tutkimuksen toteutus .....	34
3.6.5	Raportointi.....	34
3.7	Ilmatiivysmittaus .....	34
3.8	Radon .....	35
3.8.1	Radonin esiintyminen.....	35
3.8.2	Säteilyarvot ja mittaus.....	35
3.8.3	Torjuntakeinot .....	36
3.9	Asbesti .....	36
3.9.1	Koostumus ja ominaisuudet .....	36

3.9.2	Asbestin käyttö .....	37
3.9.3	Kartoitus ja purku .....	37
3.10	Esteettömyys .....	37
3.10.1	Esteetön talo helpottaa kotona asumista .....	37
3.10.2	Esteettömyyden erilaisia ratkaisuja .....	38
3.11	1970-luvun talon ominaispiirteitä .....	39
3.11.1	Tyypilliset rakenteet .....	39
3.11.2	Tyypillisimmät ongelmakohdat .....	39
3.12	Huomiokohteita .....	43
3.12.1	Ikkunat .....	43
3.12.2	Putkiremontti .....	44
3.12.3	Ilmanvaihto .....	44
3.12.4	Data-yhteydet .....	45
3.12.5	Sähkö .....	45
3.12.6	Märkätilakorjaukset .....	45
3.12.7	Sauna .....	46
3.13	Vanhon rakennusmateriaalien tietopankki .....	46
4	TULOSTEN ESITTELY (ENERGIAKORJAUKSEN TOTEUTTAMINEN) .....	47
4.1	Kohteen esittely .....	47
4.2	E-luvun laskenta, lähtötilanne .....	47
4.2.1	Kohteen lähtötiedot .....	47
4.3	Piirustukset sähköisenä .....	48
4.4	Lämpökamerakuvauksen tulokset .....	48
4.4.1	Olosuhteet ja ominaisuudet .....	48
4.4.2	Kuvaustulokset .....	48
4.5	Radon-mittaus .....	48
4.6	Rakenteelliset korjaukset .....	49
4.6.1	Ulkoseinä .....	49
4.6.2	Maavarainen alapohja .....	49
4.6.3	Ikkunat ja ovet .....	50
4.6.4	Yläpohja .....	50
4.6.5	Esteettömyyskorjaukset .....	50
4.7	Talotekniikan korjaukset .....	51
4.7.1	Vesi- ja viemäriputket .....	51
4.7.2	Ilmastointi .....	51
4.7.3	Sähköjärjestelmä .....	51
4.8	Lämmitystapa ja -jako .....	52
4.9	Aurinkoenergian hyödyntäminen .....	53
4.10	E-luku muutosten jälkeen .....	53
5	TULOSTEN TARKASTELU, POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	54
5.1	Lämmityksen optimointi .....	54
5.1.1	Lähtökohta .....	54
5.1.2	Simulointitulokset .....	55
5.2	Tulosten analysointi .....	57
5.3	Tottumukset ratkaisevat energiankulutuksen .....	58
5.4	Poikkeustilanteissa toimiminen .....	58
5.5	Loppupäätelmä .....	59

Liitteet

- Liite 1 Päälämmitysjärjestelmien plussat ja miinukset
- Liite 2 Lämpökameran kuvia
- Liite 3 Radonmittaustulos
- Liite 4 Asuin- ja kellarikerroksen pohja ja leikkaus
- Liite 5 Lämmityksen vertailulaskuri
- Liite 6 Aurinkosähkön tuottolaskelma
- Liite 7 Rakennuksen E-luku, lähtötilanne
- Liite 8 Rakennuksen E-luku toimenpiteiden jälkeen
- Liite 9 Ilmalämpöpumppujen lämmöntuotto, simulointi

## 1 JOHDANTO

1970-luvun energiakriisistä lähtien on talonmistajia patistettu rakennusten energiakorjauksiin. Valtio ja kunnat ovat ohjeistaneet korjauksia ja antaneet myös huomattavaa taloudellista tukea näille korjauksille. Alusta alkaen on tällaisten korjausten kannattavuutta ja sen järkevyyttä epäilty sekä taloudellisin että myös teknisin perustein. Jostain syystä nyt jo vuosikymmeniä jatkunutta energiakorjaustoimintaa ei ole systemaattisesti seurattu, eikä sen vaikutuksia energiankulutukseen ja talojen rakennusfysikaaliseen toimintaan ole tutkittu. Korjausten esteettiset ja rakennusperintöä rapauttavat jäljet ovat kaikkien nähtävillä jokapäiväisessä miljöössä.

Varsinkin museoväki ja muut rakennusperinnön vaalijat ovat olleet huolissaan perinteisten rakennusten ominaispiirteiden ja perinteisten rakennustekniikoiden häviämisestä. Energiatehokkuus on huono mittari pyrittäessä pienentämään kokonaisenergiankulutusta eli säästämään energiaa absoluuttisina lukuina. Ympäristöministeriökin myöntää tämän asetuksen perustelumuiustiossaan. (Metsälä 2014, 5.)

Peruskorjauksen lähtökohtana on tarve parantaa talon käyttöominaisuuksia. Ei ole mitään syytä uusia ”saman tien” sellaista, joka kestäisi vielä ainakin 10 vuotta. Tarpeetonta ei kannata kustantaa; ylikorjaaminen palvelee rakennusliikettä, ei omistajaa.

Historiallista arvoa, antiikkiarvoa, voi olla vain vanhoilla rakennusosilla ja materiaaleilla. Sitä mukaan kun osia uusitaan, rakennuksen historiallinen merkitys vähenee. Talo, joka halutaan säilyttää kulttuurihistoriallisen arvonsa vuoksi, korjataan valitettavan usein niin perusteellisesti, että se menettääkin juuri tämän arvon. Mitä vähemmän tehdään, sitä enemmän antiikkiarvoa rakennuksessa säilyy.

Nykyisin on alettu puhua rakennusten ja rakennusosien elinkaaresta aivan kuin ne välttämättömyyden pakosta tarvitsisivat peruskorjauksia yhä uudelleen ja uudelleen.

Elinkaariajattelun taustalla on rahassa kaiken mittaavan kulutusyhteiskunnan halu muuttaa pysyvät rakennuksetkin uudistettaviksi kulutushyödykkeiksi. Kaikilla tuotteilla pitäisi olla tietty käyttöikä, jonka jälkeen tuottaja saa myydä kuluttajalle jälleen uuden kappaleen. Puilla on elinkaarensa ja ihmisillä, muttei rakennuksilla. (Kaila 1997, 17,18,19.)

Onnellinen on talo, jolla on viisas omistaja – onnellinen on omistaja, jolla on viisas talo.

## 2 KORJAUSRAKENTAMISTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Energiatehokkuus on päivän sana. Se tarkoittaa energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla. Energiatehokkuussopimukset ovat Suomessa keskeisiä EU:n energiatehokkuusdirektiivin velvoitteiden toimeenpanossa. Suomi on sitoutunut tiukoihin tavoitteisiin energiatehokkuuden parantamiseksi. Energiatehokkuussopimukset ovat valtion ja toimialojen yhdessä valitsema keino täyttää Suomelle asetetut kansainväliset energiatehokkuusvelvoitteet ilman uutta lainsäädäntöä.

Energiankäyttöä on tehostettu yrityksissä ja kunnissa vapaaehtoisesti jo vuosien ajan. Jo 1990-luvulta lähtien energiatehokkuussopimukset ovat olleet Suomessa ensisijainen keino parantaa energiatehokkuutta ja täyttää EU:n tiukat velvoitteet energian tehokkaammasta käytöstä. Valtion omistama Motiva Oy hoitaa Energiaviraston toimeksiannosta sopimusten käytännön toimeenpanoon, tiedotukseen, raportointiin ja seurantaan liittyviä tehtäviä.

Vuonna 2008 käynnistynyt energiatehokkuussopimuskausi päättyi vuoden 2016 lopussa. Mukana oli satoja suomalaisia yrityksiä ja yhteisöjä, joiden toteuttamien energiatehokkuustoimien ansiosta vuoden 2015 lopussa energiaa säästyivät vuositasolla yli 14 TWh. Määrä vastaa yli 710 000 omakotitalon vuosittaista energiankäyttöä. Toimet leikkaavat vuosittain hiilidioksidipäästöjä yli 4 miljoonalla tonnilla ja turhia energiakuluja 500 miljoonalla eurolla. Energian tehokas käyttö on vastuullista ja yksi tärkeimmistä keinoista torjua ilmastonmuutosta. Uusi energiatehokkuussopimuskausi käynnistyy Suomessa vuosille 2017–2025. (Energiavirasto 2017.)

### 2.1 Energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU

Suomessa noudatettava lainsäädäntö rakennusten energiatehokkuudesta perustuu Euroopan neuvoston ja parlamentin antamaan energiatehokkuusdirektiiviin EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) 2010/31/EU. Siinä määritellyt energiankulutuksen vähentämistoimet yhdessä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian lisääntyvän käytön kanssa mahdollistavat, että unioni noudattaa ilmastonmuutosta koskevaa, Kioton pöytäkirjaan liittyvää Yhdistyneiden kansakuntien puitesopimusta ja säilyttää siinä määritellyt sitoumukset: lämpötilan nousu maailmanlaajuisesti alle 2 °C:ssa ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennys vähintään 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä.

Direktiivi määrittelee vähimmäisvaatimukset sen jäsenvaltioiden vahvistamille rakennusten ja rakennusosien energiatehokkuusvaatimuksille. Niin ikään direktiivi edellyttää lähes nollaenergiarakentamista vuoden 2020



loppuun mennessä. Rakennuksen tai rakennuksen osan mahdolliselle ostajalle tai vuokralaiselle olisi annettava energiatehokkuustodistus, jossa on paikkansa pitävää tietoa rakennuksen energiatehokkuudesta ja käytännön ohjeita tämän tehokkuuden parantamiseksi. (2010/31/EU.)

## 2.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132

Maankäyttö- ja rakennuslaissa ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D3/2012 annetaan säännöksiä uudis- ja korjausrakentamisen energiatehokkuudesta. Energiatehokkuudesta mainitaan muun muassa, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla niin, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi ja että laskelmilla on osoitettava energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten täyttyminen. Energiatehokkuutta määritettäessä eri energiamäärät on muunnettava yhteenlaskettavaan muotoon energiamuotojen kertoimien avulla.

Edelleen mainitaan, että uusi rakennus on suunniteltava ja rakennettava lähes nollaenergiarakennukseksi. Rakennus- tai toimenpideluvan varaisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutostyön yhteydessä on sen energiatehokkuutta parannettava, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Vaatimuksia ei kuitenkaan sovelleta

- kerrosalaltaan alle 50 neliömetrin rakennukseen
- loma-asumiseen tarkoitettuun rakennukseen (jota käytetään vähemmän kuin neljän kuukauden ajan vuodessa)
- määräajan paikallaan pysyvään tai tilapäiseen rakennukseen (käyttöaika enintään kaksi vuotta)
- teollisuus- ja korjaamorakennukseen
- muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettuun maatilarakennukseen, jossa energiantarve on vähäinen tai joka on kansallisen energiatehokkuussopimuksen alainen
- rakennukseen, jota käytetään hartauden harjoittamiseen tai uskonnolliseen toimintaan
- rakennukseen, jota suojellaan rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain (498/2010), kaavassa annetun suojelumääräyksen tai maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn sopimuksen (SopS 19/1987) perusteella.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä rakennuksen, rakennusosien ja teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksista sekä näiden laskentatavasta, energialaskennan lähtötiedoista ja selvityksistä sekä energian kulutuksen ja -tekijöiden mittaamisesta. Edelleen tarkempia säännöksiä voidaan antaa rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella energiatehokkuuden vaatimustasojen asettamisesta ja luonnonvarojen säästeli-

ään kulumisen huomioimisesta, rakennustuotteista, sekä teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa olevasta energiatehokkuuden parantamisesta korjaus-, muutostyön tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132.)

### 2.3 Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta D3 2/11

Asetus käsittelee muun muassa E-luvun vaatimuksia, lämpöhäviöiden taseuslaskentaa ja rakennusten standardikäyttöä sisältäviä ohjeita. Asetuksen määräykset ja ohjeet koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen ja mahdollisesti jäähdytykseen. Määräykset eivät kuitenkaan koske

- tuotantorakennusta, joka itsessään tuottaa suuren määrän lämpöenergiaa
- rakennusta, jonka lämmitetty netto-ala on enintään 50 m<sup>2</sup>
- muuta kuin asuin käyttöön tarkoitettua maatalousrakennusta, jonka energiankäyttö on vähäinen
- kasvihuonetta, väestösuojaa tai muuta rakennusta, jonka käyttö vaikeutuisi kohtuuttomasti
- loma-asuntoa, jossa ei ole kokovuotiseen käyttöön suunniteltua lämmitysjärjestelmää
- määräaikaista, siirtokelpoista rakennusta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

#### 2.3.1 Energiatehokkuuden vaatimukset

Rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan esitetyillä ulkoilman säätiedoilla sekä sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen ja sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla. Muut lähtötiedot saadaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus, E-luku, on laskettava. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain.

Energiamuotojen kertoimet ovat tällä hetkellä (kertoimet 1.1.2018 alkaen suluissa) seuraavat:

– sähkö	1,7	( 1,2)
– kaukolämpö	0,7	( 0,5)
– kaukojäähdytys	0,4	( 0,28)
– fossiiliset polttoaineet	1,0	( 1,0)
– rakennuksessa uusiutuvat polttoaineet	0,5	( 0,5).

Taulukko 1. Uudisrakennuksen E-luvut (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

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

Tilojen yllämpenemisen estämiseksi käytetään ensisijaisesti rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja sekä yöllä tehostettua ilmanvaihtoa. Kesäajan huonelämpötilan vaatimustenmukaisuus osoitetaan lämpölaskennalla. Vaatimusten täyttämiseksi voi olla tarpeen jäähdytysjärjestelmän käyttäminen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Rakennusvaipan ilmanpitävyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien ilmvirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityisesti on huomioitava liitosten ja läpivientien huolellisuus. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku saa olla enintään  $q_{50} = 4 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ . Pienempi arvo voidaan osoittaa mittaamalla tai muulla menetelyllä.

Rakennusosien lämmönläpäisykertoimille on määritelty enimmäisarvot  $W/\text{m}^2\text{K}$ . Lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan, erityisesti

kun käytetään vertailuarvoja pienempiä arvoja. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi rakennuksen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. Laskennassa käytetään suunnitellun rakennuksen koko- ja geometriatietoja. Rakennusosien pinta-alat määritetään kokonaissisämittojen mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan yhtälön (1) mukaan

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

jossa

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

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään seuraavia rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia:

Taulukko 2. Lämmönläpäisykertoimet.

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina  $U$  käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntihuukku	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina  $U$  käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntihuukku	1,4 W/(m <sup>2</sup> K)

Rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % maanpäällisten kerrosten (kokonaan tai osittain) kerrostasoalojen summasta, enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Rakennuksen vuoto-ilman lämpöhäviö lasketaan yhtälön (2) mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

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

jossa

$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$Q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s.

Vuotoilmavirta  $q_{v, \text{vuotoilma}}$  lasketaan yhtälön (5) mukaan

Vuotoilmavirta  $q_{v, \text{vuotoilma}}$  (m<sup>3</sup>/s) lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaippa}} \quad (5)$$

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

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/D3 2.)

Vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukua  $q_{50} = 2,0$  m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>. Suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvoa  $q_{50} = 4,0$  m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>, jos toisin ei osoiteta.

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan yhtälön (3) mukaan

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} Q_{v, \text{poisto}} J_d t_v (1 - \eta_a) \quad (3)$$

jossa

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$Q_{v, \text{poisto}}$	standardikäytönmukainen laskennallinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\eta_a$	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilman-

vaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/D3 2.)

Vertailu- ja suunnittelulämpöhäviölaskennassa käytetään samoja ilmavirtoja. Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena

käytetään vertailulämpöhäviölaskennassa arvoa 45 %. Suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään D3 2/11:n taulukon 3, kohdan 3.3.7 sekä taulukon 2 mukaisia arvoja.

Ilmanvaihdon energiatehokkuus on varmistettava rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä sisäilman laadusta. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Lämmitysjärjestelmän lämmitysteho mitoitetaan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää lämmityskauden mitoitettavilla ulkolämpötiloilla. Rakennukset varustetaan energiankäytön mittauksella tai -valmiudella. Määräaikaisten rakennusten lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö.

### 2.3.2 Energialaskennan lähtötiedot

Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Kokonaisenergiankulutuksen laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Lämmitystehontarpeen laskenta tehdään rakennuspaikan maantieteellisen sijainnin mukaisella, säävyöhykkeen mitoitettavalla ulkolämpötilalla. Kokonaisenergiankulutus lasketaan taulukossa 4 esitetyillä rakennustyyppin standardikäyttöä vastaavilla huonelämpötilan asetusarvoilla sekä ilmanvaihdon määrillä, pois lukien luokan 9 rakennukset, joissa käytetään suunnitteluarvoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma  $Q$  (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan kaavalla (4):

$$Q = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000}, \quad (4)$$

$k$	käyttöaste;
$P$	lämpökuorma W/m <sup>2</sup> ;
$\tau_d$	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h;
$\tau_w$	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d.

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Lämpökuorma henkilöistä lasketaan lämpötehojen tai henkilötiheyden perusteella (henkilön lämpötuotto 125 W).

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia lasketaan käyttämällä taulukon 7 ominais- ja lämmitysenergian kulutusarvoja. Kylmän veden lämpötila on 5 °C ja lämpimän veden 55 °C.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään E-luvun laskennassa suunnitteluarvoa. Rakennuksen vuotoilmavirta lasketaan yhtälön (5) mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

### 2.3.3 Energialaskennan laskentasäännöt

Ostoenergia lasketaan edellisessä kohdassa esitettyjen lähtötietojen ja jäljempänä esitettyjen laskentasääntöjen mukaisesti. Ravintoloita, kahviloita ym. erikoistiloja ei oteta rakennuksen laskennassa huomioon, ja energialaskenta suoritetaan rakennuksen tai rakennusosan käyttötarkoitusta vastaavilla lähtöarvoilla. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Muita laskennassa ei-huomioon otettavia teknisiä järjestelmiä ovat mm. ammattikeittiöt, ulkovalaistus, hissit ja sulatuskaapelit.

Yhden käyttötarkoituksen rakennukset kuten pientalot ym. voidaan käsitellä yhtenä laskentavyöhykkeenä. Isommat rakennukset jaetaan käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin vyöhykkeisiin.

Lämmitysenergian nettotarve lasketaan johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä ja korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan vähennettynä auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus. Ilmanvaihdon lämmityksen nettoenergiatarve lasketaan lämmön talteenoton kanssa, ja se muodostuu tuloilman lämmityksestä ennen ja/tai jälkeen talteenoton. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Aurinkoenergian hyödyntäminen laskennassa ottaa huomioon rakennuksessa olevat auringonsuojausratkaisut, kuten rakenteelliset seikat, markkisiit, sälekaihtimet, sekä ympäröivien rakennusten ja kasvillisuuden varjotukset.

Lämpöhäviöt lasketaan rakennusvaipan sisämitoilla. Rakenteiden ja niiden liitosten kylmäsillat on otettava huomioon laskennassa; yksittäisiä kylmäsiltoja ei kuitenkaan huomioida.

Lämpöhäviöiden laskennassa otetaan huomioon maaperän ja ryömintätilan vaikutus.

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäytöstä.



Energiankulutuksen laskennassa on otettava huomioon lämmönjaon ja luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt, lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Rakennuksen varaavasta tulisijasta voidaan saatavaksi lämmitysenergiaksi laskea enintään 2000 kWh vuodessa tulisijaa kohti. Jos tulisija on yhdistetty päälämmitysjärjestelmäksi lämmönsiirtimellä ja vesikierrolla, otetaan se laskennassa huomioon kuten lämmityskattila.

Ilma-ilmalämpöpumpun tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea enintään 1000 kWh vuodessa, lukuun ottamatta kiinteän ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmän osana toimivia lämpöpumppuja, jotka voidaan huomioida täysimääräisesti.

Jos asuinhuoneissa on vesikiertoinen lämmitys ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys, on näiden lämmitysenergian nettotarveosuudet arvioitava. Ellei laskelmin toisin osoiteta, ovat osuudet 50 % - 50 %.

Lämpöpumppujärjestelmissä otetaan huomioon lisälämmityksen energian käyttö (yleensä sähköinen), ellei kyseessä ole täystehomitoitus. Ilma-vesityyppisten lämpöpumppujen lisälämmityksen energialaskennassa on huomioitava teho- ja lämpökerroinriippuvuus ulkolämpötilasta.

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon jäähdytysenergian tuotto ja apulaitteiden energiankulutus. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö katsotaan samaksi niiden lämpökuormien kanssa. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

#### 2.3.4 Määräystenmukaisuuden osoittaminen

Rakennusta suunniteltaessa siitä on laadittava energiaselvitys. Energiaselvitys on päivitettävä, ja pääsuunnittelijan on varmennettava se ennen rakennuksen käyttöönottoa.

Energiaselvityksen sisältö:

- rakennuksen kokonaisenergian kulutus, E-luku
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikainen huonelämpötila, tarvittaessa jäähdytysteho
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus
- rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa
- rakennuksen energiatodistus.

Lämmitysenergian laskentatyökalun vaatimuksena on laskea vähintään lämmitysenergian nettotarve ja myös jäähdytysenergian nettotarve, mikäli rakennuksessa jäähdytysjärjestelmä on.

Mikäli jäähdytystä ei ole, tai se on vain yksittäisissä tiloissa, energialaskenta voidaan suorittaa kuukausitason laskentamenetelmällä.

Kaikkien muiden rakennusten energialaskenta pitää suorittaa dynaamisella laskentamenetelmällä, joka ottaa huomioon rakenteiden lämmönvausominaisuuden ajasta riippuvaisena. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

Energialaskennan keskeiset lähtötiedot on esitettävä määräysten mukaisesti. Energialaskennan tulokset on esitettävä määriteltyjen tekijöiden osalta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2011/ D3 2.)

#### **2.4 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 /2012**

Ohjeissa esitettyä kuukausitason laskentamenetelmää voidaan käyttää lämmityksen energiatarpeen, ostoenergiankulutuksen, kokonaisenergiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan jäähdyttämättömissä rakennuksissa tai rakennuksissa, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja. Kun lämmitys- ja jäähdytysenergian nettotarpeet on laskettu dynaamisella menetelmällä, voidaan tätä menetelmää käyttää myös jäähdytettyjen rakennusten ostoenergiankulutuksen ja kokonaisenergiankulutuksen laskentaan. (RakMK D5/2012.)

Ohjeen yleisessä osassa esitellään erilaisia käsitteitä ja määritelmiä sekä laskentakaavoissa esiintyviä merkintöjä ja parametreja.

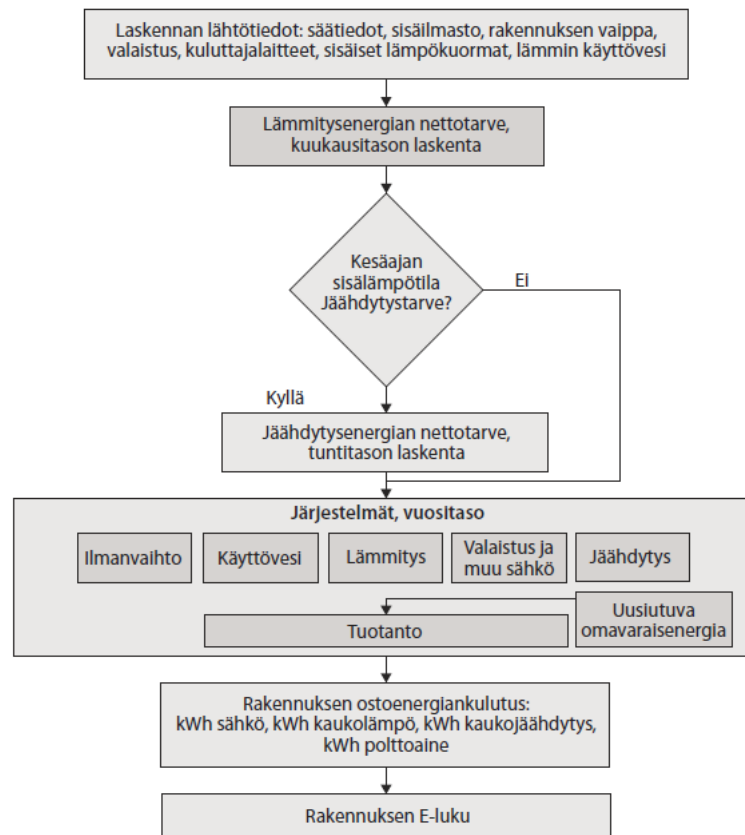
Ohjeen kakkososassa esitellään laskentamenetelmän kuvaus ja laskennan kulku.

Ohjeissa esitetty menetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energian nettotarve lasketaan kuukausittain. Saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa. (RakMK D5/2012.)

Ohjeessa esitetty menetelmä on yksinkertaistettu laskentamenetelmä, joka ottaa huomioon oleellimmat energiankulutukseen vaikuttavat tekijät ja rakennuksen ominaisuudet Suomen olosuhteissa. Näitä ovat lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tuotto, varastointi, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt sekä kattilan hyötysuhde. Järjestelmähäviöt on määritelty todellisina häviöinä ilman hyödynnettävää osuutta.

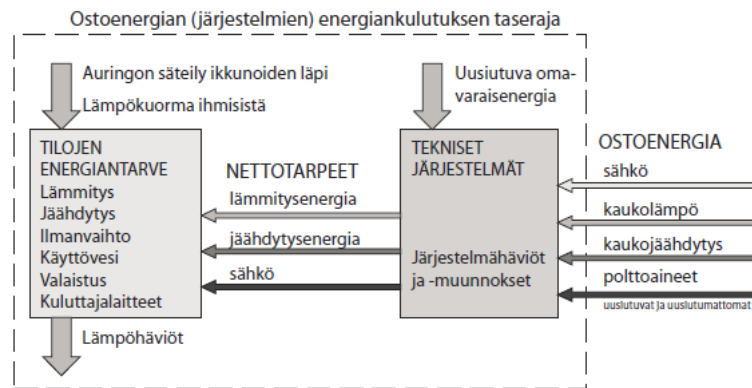
Kaikki laskennassa esitetyt järjestelmähäviöt menevät hukkaan, eikä näistä tule lämpökuormia tai lämpösaantoa rakennukseen. (RakMK D5/2012.)

Ohjeissa kuvatussa kuukausitason laskentamenetelmässä rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan kuvassa 1 esitetyissä vaiheissa.



Kuva 1. Ostoenergiankulutuksen laskentavaiheet (RakMK D5/2012.)

Laskentamenetelmässä käytettävät energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 3.



Kuva 2. Energiankulutuksen taserajat (RakMK D5/2012.)

Energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytstarpeesta, sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiantarpeesta.

Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, hyötysuhteet ja omavaraisenergia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta. (RakMK D5/2012.)

Kolmannessa osassa (RakMK D5/2012.) käsitellään rakennuksen lämmitysenergian nettotarvetta. Kohdassa lasketaan

- tilojen lämmitysenergian nettotarve
- rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt
- vuotoilman lämpenemisen lämpöenergiatarve
- ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- ilmanvaihdosta talteen otettu energia
- lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.

Lähtötietoina tarvitaan vähintään

- rakennusosien pinta-alat
- rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- ilmanvaihdon ilmavirrat
- ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat
- ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.

Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.3)

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

jossa

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

(RakMK D5/2012.)

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

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

jossa

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

(RakMK D5/2012.)

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöille on oma laskentakaava (3.5).

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

Kohta neljä tässä laskentaohjeessa käsittelee laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutusta. Lähtötietoina tarvitaan rakennustyyppi ja rakennuksen pinta-ala. (RakMK D5/2012.)

Taulukko 3. Asuinrakennusten tyypillisiä vuotuisia ominaiskulutuksia.

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

(RakMK D5/2012.)

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskemiseen voidaan käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja.

Kohdassa 5, lämpökuormat, lasketaan

- lämpökuorma henkilöistä
- lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista
- ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
- lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma
- lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia. (RakMK D5/2012.)

Lähtötietoina tarvitaan

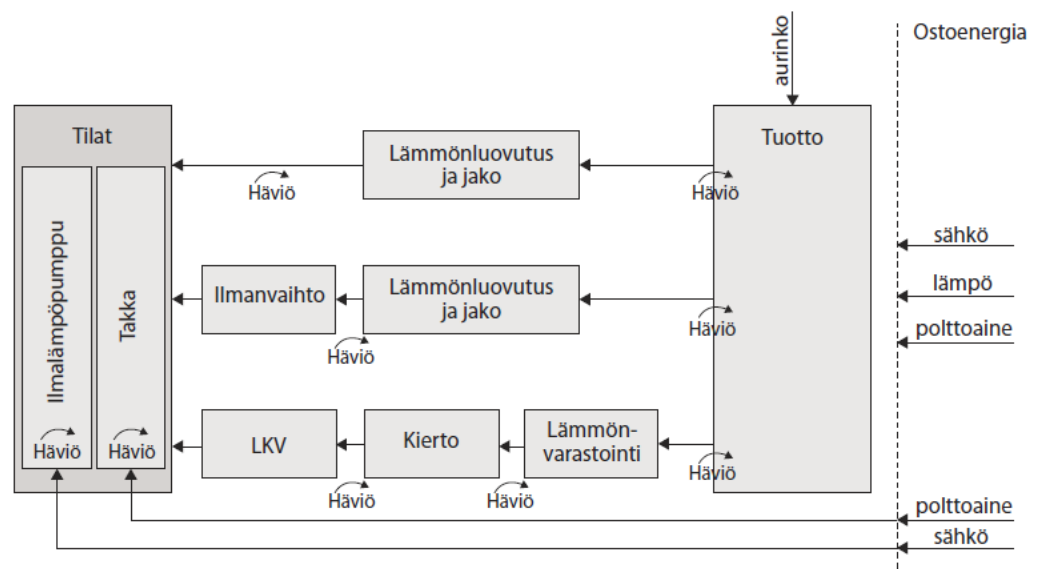
- rakennuksessa olevien henkilöiden lukumäärä
- valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus
- ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain sekä ikkunoiden auringon säteilyn läpäisykerroin
- lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt
- rakennuksen tilojen lämpöhäviöt. (RakMK D5/2012.)

Kohdassa 6, lämmitysjärjestelmän energiankulutus, lasketaan

- tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve
- lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve
- lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä
- lämpöpumpun sähköenergian kulutus.

Laskelmien lähtötietona tarvitaan vähintään

- tilojen lämmitysenergian nettotarve
- ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve. (RakMK D5/2012.)



Kuva 3. Lämmitysjärjestelmälaskennan periaate (RakMK D5/2012.)

Kohdassa 7 lasketaan ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus. Laskelmien lähtötietoina tarvitaan

- ilmanvaihtokoneiden sähkötehot tai SFP-luvut
- ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat.

Kohdassa 8, Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus, lasketaan sähkö- ja lämpöenergian kulutus. Lähtötietoina tarvitaan

- ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia
- huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia. (RakMK D5/2012.)





## 2.5 Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 ja YA 176/2013

Lain tarkoituksena on erityisesti lisäämällä mahdollisuuksia rakennusten energiatehokkuuden vertailuun edistää rakennusten energiatehokkuutta ja edistää uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013/ 50.)

Rakennuksen omistajalla on velvollisuus hankkia energiatodistus ja käyttää sitä lain edellyttämällä tavalla. Velvollisuus hankkia energiatodistus koskee rakennusta, jossa käytetään energiaa tarkoituksenmukaisten ilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Laki ei koske

- rakennusta, jonka pinta-ala on enintään 50 m<sup>2</sup>
- loma-asuntoa
- väliaikaista rakennusta
- teollisuus- ja korjaamorakennusta
- muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettua maatilarakennusta
- suojeltua rakennusta
- kirkkoa tms. hartauden harjoittamiseen käytettyä rakennusta
- kasvihuonetta
- väestösuoja tms., jonka käyttö vaikeutuisi huomattavasti, jos lakia tähän sovellettaisiin
- puolustushallinnon salassa pidettävää tietoa sisältämää rakennusta.

Energiatodistus laaditaan koko rakennukselle asetuksen antamin pienin poikkeuksin. Uudisrakennuksen energiatodistuksella osoitetaan rakennuksen arvioitu energiatehokkuus, jota tarkennetaan ennen rakennuksen käyttöönottoa. Huoneistoa myytäessä tai vuokrattaessa tulee esittää voimassa oleva rakennuksen tai sen osan energiatodistus. Poikkeuksena ovat tapaukset, joissa kyseessä on samaan konserniin kuuluvien yhteisöjen välinen myynti tai vuokraus, joissa rakennus myydään purettavaksi, jos kyseessä on määräaikainen vuokraus (enintään vuodeksi), tai jos kyseessä on alivuokraus. Tällöin ei energiatodistusta vaadita. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013/ 50.)

Energiatodistus on voimassa enintään 10 vuotta sen laatimisesta. Energiatodistuksessa rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan sen luokitteluarvoa kuvaavalla tunnuksella. Rakennukset jaetaan käyttötarkoituksensa mukaisiin ryhmiin. Rakennuksen energiatehokkuus lasketaan jakamalla rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus rakennuksen pinta-alalla.

Lisäksi ilmoitetaan laskennallinen ostoenergiankulutus. Toteutunut ostoenergiankulutus ilmoitetaan, jos se on saatavilla. Todistuksessa voidaan antaa suosituksia toimista, joilla energiatehokkuutta voitaisiin parantaa, tai muista energia- tai ympäristöominaisuuksista.

Todistuksen laatijan on määritettävä rakennuksen tyypilliseen käyttöön tarvittava laskennallinen kokonaisenergiankulutus ja laskennallinen osatoenergiankulutus huomioiden rakennuksen tekniset järjestelmät ja ominaisuudet. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013/ 50.)

Kokonaisenergiankulutus määritetään painottamalla laskennallista osatoenergiankulutusta eri energiamuotojen kertoimilla, jotka on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa 132/1999. Energiatodistuksen laatijan on selvitettävä olemassa olevan rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavat ominaisuudet asiakirjoista, havainnoimalla paikan päällä sekä haastatteleamalla käyttäjiä. Energiatodistuksen saa laatia henkilö, jolla on voimassa oleva pätevyys ja joka on rekisteröity energiatodistuksen laatijoista pidettävään rekisteriin. Pätevyys on voimassa määräajan, enintään 7 vuotta. Todistuksen laatijan tulee pitää ammattitaitoaan yllä niitä tekemällä tai koulutuksella. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013/ 50.)

Ns. kevennetyn energiatodistuksen hankkiminen voi tulla kyseeseen, jos myytävä tai vuokrattava rakennus, kiinteistö tai huoneisto on arvoltaan hyvin vähäinen; kyseeseen voi tulla myös muu syy, kuten esimerkiksi lähisukulaisuus.

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus valvoo tämän lain ja sen nojalla annettujen määräysten ja säännösten noudattamista. Energiatodistuksen laatijan on säilytettävä asiakirjat, laskelmat, tiedot ja todistukset vähintään 12 vuotta. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013/ 50.)

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/ 2013 astui voimaan 1.6.2013, samoin ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Se koskee paitsi uudisrakennuksia, myös vanhan, vuoden 1980 jälkeen rakennetun pientalon myyntiä ja vuokrausta. 1.7.2017 alkaen laki koskee myös ennen vuotta 1980 rakennettuja pientaloja.

## 2.6 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä YA 4/13

Tätä asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa käytetään energiaa valaistukseen, tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen tai jäähdytykseen ja joissa tehdään rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä. Rakennuksia, joita energiatehokkuuden parantamisvelvollisuus ei koske, on lueteltu laissa rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

Asetuksessa mainitaan, että

- rakennuksen käyttötarkoituksen pysyessä ennallaan voidaan kesäajan huonelämpötilan laskenta jättää tekemättä

- lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä on esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa joko rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennuksesta hankkeen laajuuden mukaisesti. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

#### Laskentaperiaatteet:

- Rakennusosien tai teknisten järjestelmien parantamista voidaan kompensoida tekemällä muut toteutettavat toimenpiteet vaatimusten mukainen taso ylittäen.
- Usean toisiaan lähellä olevan rakennuksen yhdessä tuottama ja käytämä omavarainen energia voidaan laskea hyödyksi.
- Pääasiallinen lämmitysjärjestelmä on mitoitettava laskennallisesti täydelle mitoitusteholle pois lukien lämpimän käyttöveden osuus.
- Kesäaikainen ylikäynnistyminen voidaan suunnitella passiivisin keinoin. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

#### Rakennusosakohtaiset vaatimukset:

- ulkoseinän alkuperäinen U-arvo x 0,5 (enintään  $U = 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), käytötarkoituksen muutoksessa U-arvo x 0,5, kuitenkin  $U = 0,6$  tai parempi
- yläpohjan muutoksessa U-arvo x 0,5 (enintään  $U = 0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), käytötarkoituksen muutoksessa U-arvo x 0,5, kuitenkin  $U = 0,6$  tai parempi
- alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan
- uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon on oltava  $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  tai parempi
- vanhoja ikkunoita tai ovia korjattaessa lämmönpitävyttä parannetaan mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

#### Teknisiä järjestelmiä peruskorjattaessa on toimittava seuraavasti:

- ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen on oltava 45 %
- koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW
- koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW
- ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,5 kW
- lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan uusimisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan
- vesi- ja viemärijärjestelmien uudistus: menetellään kuten uudisrakentamisessa. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta pienentämällä, on rakennusluokittain noudatettava määrättyjä energiankulutuksen vaatimuksia:

- pien-, rivi- ja ketjutalot  $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$

- muut rakennukset 130 – 370 kWh/m<sup>2</sup>.

Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan standardikäyttöön perustuvaa kokonaisenergiankulutusta pienentämällä, E-luku on laskettava rakennusluokan mukainen ominaiskulutus huomioiden seuraavasti:

- pien-, rivi- ja ketjutilat, E vaadittu  $\leq 0,8 \times E$  - laskettu.

Luvanvaraiseen rakennushankkeeseen ryhtyvän on valittava rakennusosien tai rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi jokin näistä vaihtoehdoista:

- Rakennus täyttää peruskorjattavien, uudistettavien ja uusien osalta säädetyt rakennusosakohtaiset vaatimukset.
- Rakennuksen energiankulutus on enintään säädettyjen vaatimusten mukainen.
- Rakennuksen kokonaisenergiankulutus on enintään säädettyjen vaatimusten mukainen. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

Rakennuksen ulkovaipan energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteydessä on huolehdittava, että ulkovaippa ja sen liitokset ympäröiviin rakenteisiin tiivistetään siten, että lämmöneristyskerrokset suojataan ilmavirtauksilta. Korjauksia suunniteltaessa ja toteutettaessa toimenpiteet on valittava niin, että rakenteiden oikea lämpö-, ääni- ja kosteustekninen toimivuus sekä paloeristävyys varmistetaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

Asuinrakennusten energian tai kokonaisenergian kulutusta laskettaessa on käytettävä ilmanvaihtokerrointa 0,5x 1/h. Tarvittaessa on esitettävä, kuinka varmistetaan ilmanvaihdon oikea toiminta ja kuinka huolehditaan riittävästä tuloilman saannista. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on ilmanvaihtoa parantavien toimenpiteiden jälkeen todennettavasti varmistettava lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän oikea ja energiatehokas toiminta sekä tehtävä taloteknillisten järjestelmien tasapainotus ja säätö. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden osoittaminen tulee selvittää luvan hakemisen yhteydessä rakennusvalvontaviranomaiselle. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013/ 4.)

## 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 3.1 Pientalojen energiatehokkuus

Rakennuksissa käytetään noin 40 prosenttia kaikesta energiasta Suomessa. Se on merkittävin yksittäinen kasvihuonekaasupäästöjen lähde. Tiukkenevien rakennusmääräysten ansiosta uudet pientalot ovat vanhoihin verrattuna energiapihejä. Uusien talojen osuus koko rakennuskannasta on kuitenkin pieni. Sen vuoksi nykyiset talot ja niiden energiankäyttö ovat ratkaisevassa roolissa esimerkiksi ilmastonmuutoksen kannalta.

#### 3.1.1 Pientalojen energiankulutus

Pientaloissa kuluu Suomessa enemmän energiaa kuin rivi- ja kerrostaloissa yhteensä. Se tulee asukkaille kalliiksi ja nopeuttaa ilmastonmuutosta. Pientalossa energia tarkoittaa sähköä ja lämpöä. Molempien kulutusta voi vähentää monella tavalla. Kyse on paljolti asumistottumuksista.

Tärkeimpiä energiaparannuksia ovat lämmitysjärjestelmän päivittäminen ja lämpöhäviöiden torjuminen. Talot ovat kuitenkin yksilöllisiä, joten eri taloihin sopivat eri keinot.

Yhteistä kaikille pientaloille on, että rakennusta on tarkasteltava kokonaisuutena. Lämmitys, ulkovaippa, ilmanvaihto ja asukkaiden tottumukset vaikuttavat toisiinsa. Siksi toimenpiteet kannattaa suunnitella perusteellisesti ja pätevän ammattilaisen kanssa.

#### 3.1.2 Lämmitys ja sähkö

Pientaloissa energiaa tarvitaan eniten tilojen lämmitykseen. Lisäksi sitä kuluu käyttöveden lämmittämiseen, kotitaloussähköön ja jäähdytykseen. Yleisesti voidaan sanoa: mitä pohjoisempana talo sijaitsee, sitä suurempi on lämmityksen osuus. Pientalon kuluttaman energian jakautuminen:

- 50 % lämmitys
- 20 % lämmin vesi
- 30 % kotitaloussähkö
- ( 2 % jäähdytys).

Ulkovaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt vaikuttavat lämmitystarpeeseen ratkaisevasti. Lämpöhukkaa voidaan vähentää ikkunoiden tiivistämisellä tai energiakorjauksilla.

Lämmitysjärjestelmän valinta määrittää lämmityksen päästöt ja talon energiatehokkuuden kokonaisuutena. Korjausrakentamisessa tyypillinen tilanne on vanhenevan öljylämmityksen korvaaminen toisella järjestelmällä tai sähkölämmityksen täydentäminen muilla laitteilla.

Yli­läm­mittämistä kannattaa välttää. Oleskelutiloissa suositeltava lämpötila on 21 astetta. Makuuhuoneissa se voi olla muutaman asteen alempi­kin. Talvella on hyvä vähentää läm­mittämistä tiloissa, joissa ei oleskella, tai jotka eivät muuten tarvitse läm­mitystä. On hyvä muistaa, että yhden asteen lämpötilan pudotus säästää energiakuluissa 5 %.

Mitä tiiviimpi ja energiatehokkaampi ulkovaippa, sitä suuremmaksi muodostuu lämpimän veden osuus energiankäytöstä. Passiivitaloissa se voi olla yli 35 prosenttia. Vedenkulutukseen vaikuttavat eniten asukkaiden tottumukset ja vesikalusteiden ikä ja ominaisuudet. Nykyaikaisilla kalusteilla veden virtaamaa voidaan vähentää kymmeniä prosentteja.

Hyvin varustellussa omakotitalossa kotitaloussähköä kuluu eniten valais­tuksen, viihdelaitteisiin, LVI-laitteisiin ja kylmlaitteisiin. Kotitalouksien välillä on kuitenkin suuria, elintavoista johtuvia eroja. Omakotitalon keskimääräinen (10 000 kWh) kotitaloussähkön kulutus vuodessa jakaantuu seuraavasti:

– valaistus ja muu	2100 kWh
– viihde	1800
– LVI-laitteet	1500
– kylmlaitteet	1200
– kiuas	1000
– pyykinpesu	700
– ruoanvalmistus	700
– lattialämmitys	650
– auton lämmitys	350.

Tilojen jäähdytys yleistyy Suomessa ilmalämpöpumppujen myötä. Jäähdyt­tyksen osuus on 2–4 % pientalon energiantarpeesta. Tiivis ulkovaippa sekä ikkunoiden kautta tulevan auringonlämmön ehkäisy estävät huonetilojen yli­lämpöä ja vähentävät jäähdytystarvetta. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.2 Pientalon lämmitysvaihtoehdot

Pientalojen lämmitykseen kuluu runsaasti energiaa pohjoisilla leveysas­teilla. Vaihtoehtoisia energialhteitä on tarjolla nykyään enemmän kuin koskaan. Sopivan lämmitysjärjestelmän valinta riippuu monesta seikasta, muun muassa talosta, tontista, sijainnista, asukkaiden mieltymyksistä ja budjetista. Taloudellisesti merkittävintä ei ole laitteiston hinta, vaan pit­källä aikavälillä kokonaiskustannukset. Saneerauskohteissa on olennaista mitoittaa järjestelmä oikein. Se onnistuu, kun energiankulutus tunnetaan tarkasti.

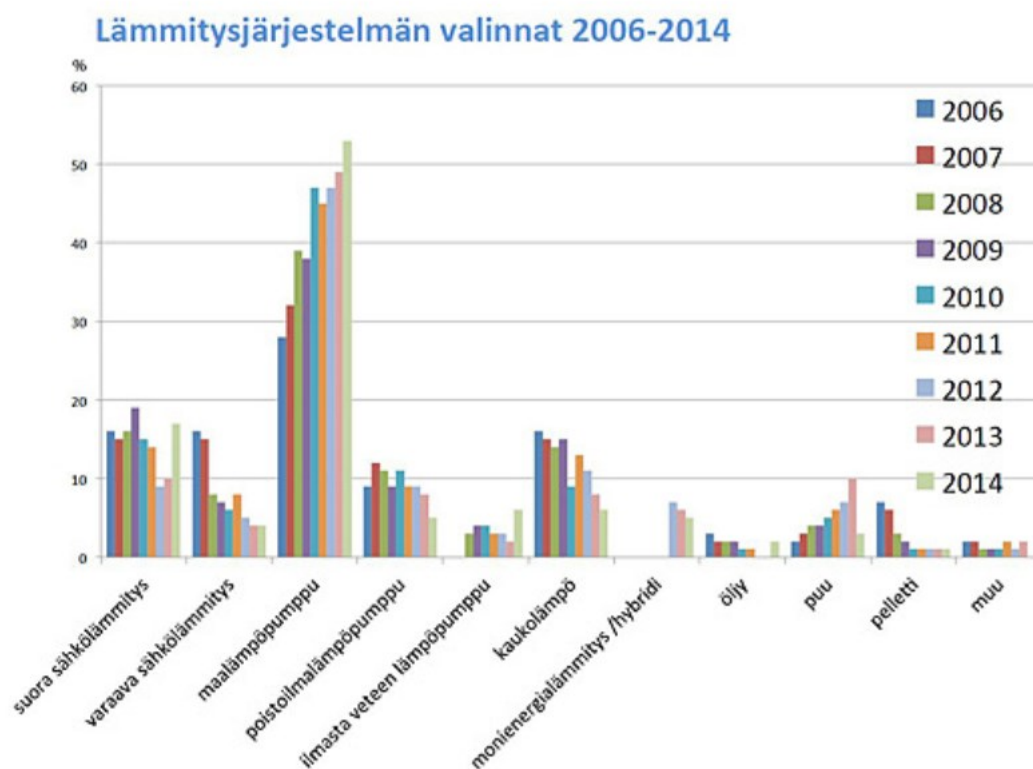
Lämmitysjärjestelmät jaotellaan päälämmitysjärjestelmiin ja niitä täyden­täviin tukilämmitysjärjestelmiin. Päälämmitysjärjestelmiä ovat lämpöpum­put, puu- ja pellettilämmitys, sähkö-, öljy-, ja kaasulämmitys sekä kauko-

lämpö. Tukilämmitysjärjestelmiin luetaan aurinkolämpö, tulisijat ja ilmalämpöpumput. Kahden tai useamman järjestelmän yhdistelmää kutsutaan hybridijärjestelmäksi. Lämmitysjärjestelmien plussat ja miinukset, liite 1.

### 3.2.1 Hybridilämmitys

Perinteisesti pientalon lämmitysjärjestelmä on pysynyt samana rakennuksen koko elinkaaren ajan. Tämä on muuttumassa. Nykyisin rakennetaan hybridijärjestelmiä, joissa yhdistellään eri lämmitysmuotoja: öljyn tai maalämmön rinnalle asennetaan aurinkokeräimiä ja suoraa sähkölämmitystä täydennetään lämpöpumpuilla ja takoilla. Hybridijärjestelmissä energiaa otetaan eri ajankohtina sieltä, mistä sitä saa edullisimmin. Hybridilämmitystä voi muokata energian hinnan, julkisten tukien, teknisen kehityksen ja asukkaiden mieltymysten mukaan.

Hyvä lämmitysjärjestelmä vähentää asumiskustannuksia ja päästöjä ja parantaa viihtyvyyttä. Se voi myös nostaa rakennuksen arvoa. Aurinkopaneelien ja pientuulivoimaloiden avulla voidaan myös tuottaa osa pientalon kuluttamasta sähköstä. Talokohtainen mikrotuotanto on Suomessa vielä melko pientä, mutta se on yleistymässä.



Kuva 5. Lämmitysjärjestelmän valinnat (Motiva 2017.)

### 3.2.2 Aurinkoenergia

Auringosta saadaan runsaasti ilmaista energiaa. Sitä kannattaakin hyödyntää pientaloissa myös Suomen oloissa, jos se vain kokonaistaloudellisesti on kannattavaa. Auringon energiaa voidaan hyödyntää sekä lämpönä että sähköinä.

Aurinkokeräimet täydentävät useimmiten vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Lisäksi keräimillä voidaan lämmittää käyttövesi, joten ne voidaan asentaa myös taloon, jossa on suora sähkölämmitys ja sähkövaraaja. Auringon lämpö varastoidaan varaajaan. Lämpö siirtyy keräimistä varaajaan putkistossa kiertävän lämmönsiirtonesteen avulla. Kun aurinko lämmittää riittävästi, käynnistyy termostaatin ohjaama pumppu, ja lämmönsiirtonesteen kierto putkistossa alkaa. Neste kulkee varaajassa kierukan läpi ja luovuttaa lämpöä varaajassa olevaan veteen. Jäähdytynyt lämmönsiirtoneste kiertää takaisin keräimiin. Kun aurinko laskee tai se ei lämmitä tarpeeksi, pumppu sammuu ja nesteen kierto pysähtyy. (Ympäristöministeriö 2016.)

Vesikiertoisessa lämmityksessä päälämmitysjärjestelmä optimoidaan toimimaan aurinkokeräinten kanssa. Öljy- tai pellettipoltin käynnistyy automaattisesti silloin, kun keräimet eivät tuota riittävästi lämpöä. Keskitalvella aurinkoenergian tuotto on hyvin pientä. Kesällä pientalon käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia voidaan saada kokonaan auringosta. Järjestelmän suunnittelussa ja keräinten asentamisessa tulee käyttää kokenutta ammattilaista. (Ympäristöministeriö 2016.)

Aurinkopaneeli koostuu vierekkäisistä piikunnoista, jotka muuttavat auringon säteilyä sähköksi. Liikkuvia osia ei ole, joten paneelit ovat usein pitkäikäisiä. Paneeleja kytketään useita rinnakkain tehontarpeen mukaan. Suomessa aurinkopaneeleja on käytetty tähän mennessä laajemmin lähinnä kantaverkon ulkopuolella sijaitsevilla mökeillä. Virta riittää valaistukseen ja rajalliseen määrään muita laitteita. Järjestelmään kuuluu yksi tai useampi akku sekä lataussäädin. Vaihtosuuntaaja muuttaa 12 V:n tasajännitteen normaaliksi 230 V:n verkkosähköksi, jos näin halutaan. Tällöin sillä voidaan käyttää periaatteessa mitä tahansa sähkölaitetta. Aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan tarkkaan kulutuksen mukaan. Sähköverkkoon kytkettyjen pientalojen aurinkosähköjärjestelmät ovat Suomessa vielä suhteellisen harvinaisia. Investointi on kallis, ja sähkön hinta jää pitkälläkin aikavälillä korkeaksi verkkosähköön verrattuna. Sähkön hinnan nousu tulevaisuudessa saattaa kuitenkin muuttaa tilannetta aurinkosähkön eduksi. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.2.3 Maalämpö

Maalämpö perustuu maaperän varastoimaan lämpöenergiaan. Peruskallion sisällä on ympäri vuoden lämpöä 5–8 astetta. Tätä lämpöä voidaan



hyödyntää rakennuksen lämmittämiseen lämmönkeruupiirin avulla. Maalämpö sopii sekä uudisrakennuksiin että nykyisiin pientaloihin. Nykyisissä taloissa se korvaa usein vanhenevan öljylämmityksen.

Maalämpöjärjestelmässä pientalon tonttiin porataan vähintään yksi pystysuora, (useimmiten) 150–200 metriä syvä reikä, johon upotetaan kaksi alapäästä toisiinsa kiinnitettyä putkea. Keruuputkissa virtaa lämmönsiirtonestettä, jonka mukana maaperään varastoitunut lämpö siirtyy talon sisällä olevaan maalämpöpumppuun. Lämpöpumppu ottaa lämmön talteen kompressorin ja kylmäaineen avulla ja luovuttaa sen vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän putkistoon, lattiaan tai pattereihin. (Ympäristöministeriö 2016.)

Lämmönkeruupiiri voidaan vaihtoehtoisesti upottaa vesistöön tai kaivaa maanpinnan alle vaakasuoraan. Suomessa suositaan pystysuoraa porausta, koska peruskallio on lähellä maanpintaa ja usein tontit ovat niin pieniä, ettei putkisto mahdu vaakasuoraan.

Maalämpöpumppu ei vaadi erillistä teknistä tilaa, vaan se voidaan sijoittaa esim. kodinhoitohuoneeseen. Kaappimaisessa laitteessa on usein pieni varaa. Toimintaa ohjataan digitaalisen näytön avulla.

Maalämpöpumppu toimii sähköllä, mutta se tuottaa lämpöä hyvällä hyötysuhteella. Maalämpö säästää suoraan sähkölämmitykseen verrattuna yli 60 % sähköä, se on vaivaton käyttää eikä juuri vaadi huoltoa. Maalämpö on myös ympäristöystävällinen vaihtoehto. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.2.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu on suosittu laite, joka parhaimmillaan säästää 30–50 % sähkölämmitteisen pientalon lämmitykseen tarvittavasta energiasta. Ilmalämpöpumppu ei yksinään riitä, vaan se täydentää päälämmitysjärjestelmää. Parhaiten se sopii pientaloihin, joissa on suora sähkölämmitys.

Ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö ottaa talteen ulkoilmaan varastoitunutta auringon lämpöä. Lämpö siirretään kylmäaineen välityksellä sisäyksikköön, josta lämpö vapautuu huoneilmaan. Ilmalämpöpumpun hyötysuhde on vuositasolla noin kaksi, mikä tarkoittaa sitä, että yksi kilowatti sähköä tuottaa kaksi kilowattia lämpöä. Hyötysuhde on olennaisesti sähkölämmitystä parempi. Jotta säästöjä saavutettaisiin, pitää ilmalämpöpumppu asentaa oikein, käyttää oikein ja huoltaa säännöllisesti. (Ympäristöministeriö 2016.)

Sisäyksikkö asennetaan keskeisesti siten, että sen puhaltama lämmin ilma leviää mahdollisimman esteettömästi rakennuksessa. Ulkoyksikkö asennetaan ulkoseinälle valmistajan määrittämälle korkeudelle ja suojataan lumelta. Lämmityskaudella ulkoyksikkö tuottaa kondenssivettä, joka on halitusti ohjattava pois perustuksia kastelemasta.

Sähkölämmityksen automaattinen kytkentä asetetaan 2–4 astetta viileämmälle kuin ilmalämpöpumpun asetus. Näin pumppu tuottaa suurimman osan lämmöstä, ja sähkölämpö menee päälle vain tarvittaessa. Lämmityskaudella pumppu käy jatkuvasti lukuun ottamatta kovimpia pakkasia. Alin kannattava käyttölämpötila on laitteesta riippuen -15 - -20 astetta.

Ilmalämpöpumppua voi käyttää kesällä myös jäähdyttämiseen. Tällöin laite siirtää lämpöä sisäilmasta ulos. Tosin sitä kannattaa käyttää viilennykseen harkitusti, sillä jäähdytykseen voi kulua enemmän energiaa kuin mitä talven aikana säästetään.

Laitteen huoltoa ei ole syytä unohtaa. Sisäyksikön karkeasuodattimet on puhdistettava tai vaihdettava valmistajan ohjeiden mukaan. Ulkoyksikkö on pidettävä puhtaana lumesta ja muusta liasta. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.2.5 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa ulkoilmasta lämpöä ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Kylmäaineen avulla kuljetetaan lämpöenergiaa ulkoyksiköstä sisäyksikköön. Lämpö siirtyy lämmitysveteen, joka kiertää talon putkistoissa. Samalla laitteella voidaan lämmittää myös käyttövesi. Hyötysuhde on samaa luokkaa kuin ilmalämpöpumpulla. Toisin kuin ilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ei sovellu jäähdyttämiseen. Hankintahinta on pienempi kuin maalämpöpumpulla, mutta se ei toimi kovimmilla pakkasilla. Varaava takka on hyvä lisälämmityskeino. (Ympäristöministeriö 2016.)

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) ottaa lämmitysenergiaa talosta poistettava jäteilmasta. Pumppu siirtää lämmön senhetkisen tarpeen mukaan tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. PILP vaatii toimiakseen tuloilma- ja poistoilmakanaviston. Sisäilman viilentäminen onnistuu pumpun mallin mukaan.

Jotta poistoilmasta saadaan riittävästi energiaa talteen, on ilmanvaihdon oltava riittävän tehokasta. Mitä enemmän talossa on sähkölaitteita ja valoja päällä, sitä paremmin energiaa myös saadaan talteen. Energian hyöty vuositasolla on noin 60–80 prosenttia.

Poistoilmalämpöpumpulla ei voida tuottaa kaikkea talon tarvitsemää energiaa. Erityisesti pakkasjaksojen aikana puun poltto tuo huomattavan avun ja pienentää ostettavaa sähköenergiämäärää. (Ympäristöministeriö 2016.)

Koska matalaenergia- tai passiivitalon uudistalo ei vaadi suurta energiämäärää vuositasolla, on poistoilmalämpöpumppu näihin luonteva valinta. Jäteilman lämpötila kertoo, kuinka paljon poistoilmasta pystytään otta-

maan energiaa talteen. Mitä viileämpi jäteilmän lämpötila on, sitä enemmän lämpöä saadaan talteen. Kun poistoilman lämmönluovutus ei riitä kylmemmillä ilmoilla, laitteen sähkövastus tuottaa tarvittavan lisälämmön.

Kun rakennuksen sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitystehon tarpeeseen nähden, poistoilmalämpöpumpun hankinta on kannattavinta. Poistoilmalämpöpumppu huolehtii talon huonetilojen lämmityksen lisäksi ilmanvaihdesta sekä lämpimän käyttöveden tuottamisesta. (Motiva 2017.)

### 3.2.6 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa joko huonekohtaisena tai vesikiertoisena. Sähkölämmityksellä on hyvä hyötysuhde, ja se säätyy tarkasti. Myös hankintakustannukseltaan sähkölämmitys on muita lämmitysmuotoja edullisempi ratkaisu. Haittapuolena on kalliimpi energian hinta ja usein myös tuotannon aiheuttamat päästöt eli hiilijalanjälki. Sähkölämmittäjän kannattaa siis tehdä talo, joka tarvitsee vähän lämmitysenergiaa, kuten pienikokoiset matala- ja passiivienergiatalot. Tukimuotona kannattaa käyttää puulämmitystä.

Yleisin sähkölämmitysmuoto on ollut patterilämmitys, radiaattori. Radiaattoreita on kahta päätyyppiä, suljettu- ja virtaus- eli yhdistelmälämmitin. Lämpö siirtyy huoneeseen joko lämpösäteilynä laitteen ulkopinnasta tai lisäksi läpi virtaavan ilman välityksellä. Teho säädetään patterin omalla termostaatilla. Nykyiset termostaattimallit ovat elektronisia, hiljaisia ja pitävät lämpötilan erittäin tasaisena. Patterit sijoitetaan huoneessa sen viileimpiin kohtiin, ikkunoiden alle.

Yleisin sähköinen lattialämmitys on sähkökaapeleilla toteutettu betonilattialämmitys. Myös puu- tai levyrakenteiseen lattiaan voidaan kaapelilämmitys asentaa. Lattialämmityksessä lämpö siirtyy huoneeseen pintoja lämmittävänä säteilylämpönä. Sähköinen lattialämmitys voi olla joko jatkuvatoiminen tai (osittain) varaava.

Jatkuvatoiminen on päällä vuorokauden ympäri termostaatin ohjaamana. Ratkaisu sopii tapauksiin, joissa lattiapäällyste luovuttaa lämmön nopeasti huonetilaan, kuten klinkkeri- muovimatto- tai puu- ja kipsilevyllattiat.

Osittain varaavassa lattialämmityksessä betonilaatta lämmitetään edullisemmän sähkötariffin aikana, yleensä yöaikana. Varaavaa lattialämmitystä voidaan täydentää esimerkiksi katto- tai patterilämmityksellä. Lattian pintamateriaalina on usein lämpöä hitaasti luovuttava materiaali kuten parketti. Säädetävyys ei ole niin tarkka kuin jatkuvatoimisella, koska massiivinen betoni reagoi hitaasti lämpövaihteluihin.

Erytyisesti 1980-luvulla tuli pientalojen suosituksi lämmitysmuodoksi kattolämmitys. Siinä kattorakenteeseen asennetut lämmityskelmut lämmittävät

vät kattoverhoilun säteillen lämmön lattian, seinien, ikkunoiden ja huonekalujen kautta huoneilmaan. Kattolämmitys soveltuu hyvin oleskelutiloihin, keittiöön ja makuuhuoneisiin. Jotta lämpö pääsee vapaasti säteilemään elementeistä, ei niiden kohdalla saa olla korkeita kaappeja tai muita esteitä. Kattolämmitystä säädetään, kuten muitakin sähkölämmitysmuotoja, huonetermostaattien avulla. Kattolämmitystä markkinoitiin aikoinaan energiaa säästävänä ratkaisuna, koska säteilylämpö saa aikaan saman lämmöntunteen iholla pienemmällä huonelämpötilalla kuin patterilämmitys. Sittemmin kattolämmityksen suosio on laskenut miltei olemattomiin.

Myös vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä voidaan käyttää sähköä. Lämpö tuotetaan silloin joko sähkövastuksin varustetulla varaajalla tai sähkökattilalla. Lämpö jaetaan huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Sähkökattila sopii parhaiten pienehköihin, alle 100 m<sup>2</sup>:n kokoiisiin omakotitaloihin. Etuna on halpa hankintahinta, haittana kalliimpi energiahinta.

### 3.2.7 Öljylämmitys

Öljylämmitys oli vuosikymmeniä yksi Suomen suosituimpia pientalojen lämmitysmuotoja. Sen suosio on kuitenkin hiipunut öljykriisin, energian hinnankorotusten ja tiukkenevien energiamääräysten myötä. Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, öljypoltimesta, säätölaitteistosta ja öljysäiliöstä. Järjestelmä tuottaa sekä huonetilojen että lämpimän käyttöveden tarvitseman energian, joten erillistä lämmönvesivaraajaa ei tarvita. Lämpö jaetaan huoneisiin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä.

Kattilaan asennettu termostaatti ohjaa öljypoltinta automaattisesti lämmönkulutuksen mukaan. Automaattinen liekinvahti varmistaa laitteiston turvallisen toiminnan. Parhaat öljykattilat pystyvät hyödyntämään 90–95 % polttoöljyn energiasta. Uusimalla vanha öljykattila voidaan öljynkulutusta vähentää huomattavasti. Tyypillinen omakotitalo kuluttaa 2500 – 3000 litraa polttoöljyä vuodessa. Öljylämmitysjärjestelmä tarvitsee lattiatilaa 4–6 m<sup>2</sup>. Öljypolttimen huoltoväli on kaksi vuotta tai 5000 litraa käytettyä polttoöljyä. (Motiva 2012.)

Öljy on fossiilinen polttoaine, joka palaessaan aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. Öljylämmitysjärjestelmään voidaan liittää myös uusiutuvaa energiaa. Aurinkokerääjillä voidaan tuottaa lämmintä käyttövettä. Kaksoispekattilaa käyttämällä on mahdollista käyttää puuta tukipolttoaineena.

Kaasulämmitysjärjestelmä muistuttaa periaatteeltaan öljylämmitystä, ja lähes kaikkia öljylämmityskattiloita voidaan käyttää myös maa- tai biokaasulla. Maakaasua ei yleensä varastoida, vaan talo kytketään maakaasuverkkoon, joita löytyy yli 40 kunnan alueelta. Kaasun saanti edellyttää liittymistä paikkakunnan jakeluverkkoon. Suomessa on noin 4000 maakaasulla lämpiävää pientaloa. Jos vanha öljykattila on kunnossa, se voidaan

muuttaa kaasukäyttöiseksi. Kattila puhdistetaan ja siihen liitetään sopiva kaasupoltin. Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähiten haitallinen. Se aiheuttaa neljänneksen vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin öljylämmitys. (Motiva 2012.)

### 3.2.8 Tulisijat ja kamiinat

Tulisijoilla voidaan tuottaa merkittävä osa huonetilojen lämmitystarpeesta ja samalla vähentää ostoenergian tarvetta. Tulisijoja on erityyppisiä, varaavia takkoja ja kevytrakenteisia kamiinoita. Kevyet tulisijat luovuttavat usein lämpöenergian nopeasti ja suurella teholla. Varaavissa tulisijoissa lämpö puolestaan varastoidaan tulisijan massiivisiin rakenteisiin, ja se vapautuu huonetiloihin tasaisesti ja pitkään.

Pellettitakat sopivat hyvin sähkölämmityksen rinnalle. Uuteen, hyvin eristettyyn pientaloon kannattaa valita joko massiivinen varaava takka tai pellettitakka, jonka lämmitystehoa voidaan säätää. Varaavan tulisijan hyötysuhde on 80–85 prosenttia.

Takkaan asennetulla lämmönvaihtimella voidaan siirtää osa takan tuottamasta lämmöstä esimerkiksi lämpimään käyttöveteen. (Ympäristöministeriö 2016.)

## 3.3 Valmistautuminen korjaushankkeeseen

Pintarakenteiden ja teknisten järjestelmien säännöllisellä tarkkailulla ja tarpeenmukaisella huollolla voidaan merkittävästi vähentää vaurioiden syntymistä ja välitöntä korjaustarvetta. Kaikki rakenteet tulevat kuitenkin jossain vaiheessa korjausikään. Oikeaoppiseen talon pitoon kuuluu, että ylläpitokorjaukset suunnitellaan ja toteutetaan pitkäjänteisesti talon huoltokirjan ja korjaussuunnitelman pohjalta, jolloin niihin voidaan taloudellisesti ajoissa varautua.

Tehokkain tapa säästää korjauskustannuksissa on välttää korjaukset kokonaan.

Kaikille korjaushankkeille on yhteistä, että niihin kannattaa valmistautua huolella käyttäen ammattilaisten apua. Jos korjaamiseen liittyvät esiselvitykset, esim. kuntoarvio tai -tutkimus tai energiakatselmus on tehty huolella, korjaushankkeen pitäisi sujua jouhevasti ja yllätyksettä.

Heti korjaushankkeen alkuvaiheessa kannattaa olla yhteydessä paikalliseen rakennusvalvontaviranomaiseen hankkeen luvanvaraisuuden ja viranomaisten asettamien muiden reunaehtojen selvittämiseksi. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.4 Rakennuspiirustukset

Korjaus- tai saneerausrakentamisen tekninen suunnittelu alkaa, kun alkuperäiset rakennuspiirustukset on saatettu sähköiseen muotoon. Vuosikymmenten kuluessa on saatettu rakenteita tai huonejärjestelyjä muuttaa. Tällöin on hyvä, että muutokset kirjataan yhdistäen ne alkuperäisiin piirustuksiin, eli piirustukset päivitetään.

Rakennuslupa vaaditaan, kun talo muuttuu remontin seurauksena niin paljon, että viranomaisten pitää olla selvillä muutoksista. Oman kunnan rakennusvalvontaviranomaisilta saa tietoa hankkeen luvanvaraisuudesta sekä luvan edellyttämistä piirustuksista ja dokumenteista. Rakennuslupa tulee hakea ja saada ennen remontin alkua.

### 3.5 Kuntoarvio ja kuntotutkimus

Kuntoarviossa ja -tutkimuksessa saadaan tietoa rakennuksen todellisesta kunnosta, korjaustarpeesta ja tulevasta kustannuksista. Kuntoarvioihin voi sisältyä 5–10 vuoden korjaussuunnitelma. Tarkemman, rajattuun rakennuksen osaan kohdistuvan kuntotutkimuksen tarkoituksena on varmistua rakennusten kriittisten osien kunnosta. Toisaalta se antaa myös tietoa korjaussuunnittelua ja oikeiden korjausmenetelmien valintaa varten.

#### 3.5.1 Kuntoarvio

Täydellisen kuntoarvion tekemiseen tarvitaan sekä rakennustekniikan että LVI- ja sähkötekniikan asiantuntijoita. Ensimmäiset kuntoarviot suositellaan tehtäväksi jo alle kymmenen vuoden ikäisiin taloihin. Itse kuntoarvio suositellaan päivitettäväksi 5–10 vuoden välein. Sen yhteydessä voidaan tehdä myös laajennettu energiatalouden selvitys tai energiakatselmus.

Kuntoarvio suoritetaan aistinvaraisesti ja rakenteita rikkomatta. Joitain yksittäisiä mittauksia saatetaan tehdä, mutta nimensä mukaisesti kuntoarvio on arvio rakennuksen kunnosta ja sen korjaustarpeesta. Myös asukkaiden mielipiteitä ja havaintoja kysytään usein kuntoarviota tehtäessä. Kuntoarvion tilaamisesta, toteuttamisesta ja raportin laatimisesta on julkaistu yleiset ohjeet. Ohjeiden mukaisen kuntoarvion laadintatyölle myönnetään korjausavustusta. (Ympäristöministeriö 2016.)

#### 3.5.2 Kuntotutkimus

Jos rakennuksen jonkin osa-alueen kuntoa ei saada kuntoarvion menetelmillä luotettavasti selville, voi kuntoarvion tekijä esittää tehtäväksi tarkempaa kuntotutkimusta. Tällaisia paikkoja voivat olla esim. ulkobetoni-rakenteet, kuten julkisivut ja parvekkeet, vesi- ja viemäri-laitteet, sisäilma sekä sähköjärjestelmät. Myös asbestikartoitus voidaan lukea kuntotutkimuksen piiriin. Kuntotutkimuksen tekijältä vaaditaan vankkaa ammattiosaamista

tutkittavalta osa-alueelta. Lisäksi tutkimuksen tekijällä on oltava näytteiden ottamista ja analysointia varten tarvittavat työkalut ja laitteet sekä mahdollisuus analysoida otetut näytteet. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.6 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on ainetta rikkomaton tutkimusmenetelmä niin uudisrakennusten laadunvalvontaan kuin vanhojen rakennusten kuntotutkimuksiin. Paras ajankohta lämpökuvaukselle on marraskuusta huhtikuulle. Kuvauksella voidaan arvioida rakenteiden lämpöteknistä toimivuutta. Rakenteita rikkomatta voidaan nopeasti määrittää lämpövuotokohdat sekä havaita, onko kyseessä eristyspuute, ilmavuoto, kylmäsilta vai kosteusvaurio. Lämpökuvauksella voidaan määrittää suurien pintojen pintalämpötilajakauma. Lämpökuvaajan ja kuvien tulkitsijan luotettava kuvaustulos asettavat tekijöille vaatimuksiksi rakennusfysiikan, rakenteiden ja lämpökameran sovel-lusohjelmien riittävän tuntemisen. Lämpökuvaajilta edellytetään VTT:n myöntämää henkilösertifiointia. (RT 14–11239/2016.)

Lämpökuvauksen toimeksiannosta tehdään kirjallinen sopimus (Rakennuk-sen lämpökuvaussopimus – lomake RT 80352). Sopimuksessa määritellään toimeksiannon sisältö, mittausajankohta sääolosuhteen huomioiden sekä haluttu raportointitapa ja -ajankohta. Sopimuksesta tulisi ilmetä

- kohteen lähtötiedot
- tutkimussuunnitelma
- mittauslaitteisto
- mittausolosuhteet
- mittaajan pätevyys
- osapuolten tehtävät
- tutkimuksen toteutus ja raportointi.

#### 3.6.1 Lähtötiedot

Kuvauskohteen lähtötietoina tulisi kirjata rakennuksen pohjapiirros, tar-peelliset rakennusleikkaukset, rakennuksen runkotyyppi, ala- ja yläpohja-rakenteet, lämmitys-, lämmönjako- ja ilmanvaihtojärjestelmät sekä valmis-tumisvuosi. (RT 14–11239/2016.)

#### 3.6.2 Mittauslaitteisto

Rakennusten lämpökuvauksessa käytettävän lämpökameran tulee olla mittaava ja tasapainotettu sekä kuvantava mittalaite. Kamera muodostaa kuvattavasta kohteesta lämpökuvan esittäen kohteen pintalämpötilaja-kauman. (RT 14–11239/2016.)

### 3.6.3 Pätevyys

Rakennusten lämpökuvaajalla tulee olla sekä lämpökuvauksen että rakennustekniikan asiantuntemus (esim. VTT:n myöntämä henkilösertifikaatti).

### 3.6.4 Tutkimuksen toteutus

Lämpökuvaaja tutustuu tilaajan antamiin rakennusta koskeviin lähtötietoihin ja kirjaa tiedot sekä olosuhdetiedot lomakkeeseensa ja liittää tiedot kuvausraporttiin. Ennen kuvauksia on kameran asetukset tarkastettava ja säädettävä. Kalibrointi tarkastetaan ennen ja jälkeen kuvauksen esim. vertaamalla kameran mittaustulosta tunnettuun lämpötilaan.

Sisäkuvauksessa kuvausetäisyys on 2 ... 4 metriä ja ulkokuvauksessa alle 10 metriä. Ulkovaippa lämpökuvataan yleensä kokonaisuudessaan, tai sitten kuvataan vain tiedossa olevat ongelmakohdat, jos näin on sovittu. Kuvaus toteutetaan säännöllisesti esimerkiksi tilat myötöpäivään kiertämällä. Kuvauspaikat merkitään pohjapiirroksen numeroin ja nuolin. Heijastusten vaikutus eliminoidaan kuvakulmaa vaihtamalla. Lämpökuvia tallennetaan havaituista poikkeavista pintalämpötiloista tai epäillyistä rakennekohdista. (RT 14–11239/2016.)

### 3.6.5 Raportointi

Lämpökuvaaja tulkitsee ottamansa kuvat, tekee johtopäätökset ja antaa suositukset jatkotoimenpiteiksi. (RT 14–11239/2016.)

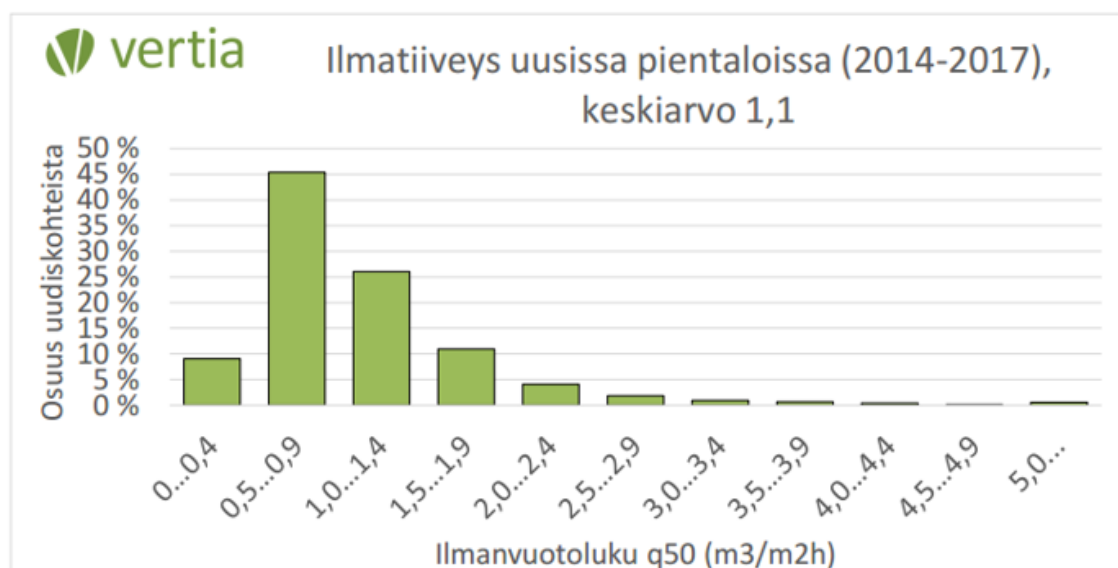
## 3.7 Ilmatiiviysmittaus

Tiiviysmittauksella selvitetään rakennusvaipan ilmanvuotoluku,  $q_{50}$  -luku. Ilmanvuotoluvulla tarkoitetaan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 pa:n paine-erolla rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Mitä pienempi luku, sen parempi ilmatiiveys (heikko 4, erinomainen 0,5). Mitattujen uusien pientalojen ilmanvuotoluvun keskiarvo on 1,1. Vanhoissa pientaloissa se on keskimäärin 4.

Ilmanvuotokohdat löytyvät useimmiten ovista, ikkunoista, rakenneliitoksista sekä erilaisista läpivienneistä, kuten ilmanvaihto- ja sähköputkituksista.



Taulukko 4. Ilmatiiveys uusissa pientaloissa (Vertia 2017)



### 3.8 Radon

#### 3.8.1 Radonin esiintyminen

Radon on näkymätön, hajuton ja mauton radioaktiivinen kaasu, jota voi esiintyä sisäilmassa. Talon alla oleva maaperä on tärkein radonin lähde. Asuntoon radon kulkeutuu perustuksessa olevien rakojen kautta. Radonia ei voi mitenkään aistia, ja mittaaminen onkin ainoa tapa saada pitoisuus selville. Jos pitoisuus on korkea, voidaan radon-pitoisuutta alentaa esim. radonimurilla. Helpointa radonin torjuminen on kuitenkin talon rakennusvaiheessa. Noin puolet suomalaisen saamasta säteilyannoksesta on peräisin sisäilman radonista. Pitkäaikainen asuminen korkeassa radonpitoisuudessa lisää merkittävästi riskiä sairastua keuhkosyöpään. Sisäilman radon on toiseksi merkittävin tunnettu keuhkosyövän aiheuttaja tupakoinnin jälkeen. (STUK 2016.)

Maaperän radonpitoinen ilma tunkeutuu asuntoon talon alapohjassa olevien rakojen kautta asunnon alipaineisuuden vuoksi. Alipaineen aiheuttaa ulko- ja sisäilman välinen lämpötilaero sekä koneellinen ilmanvaihto. Talvella radonpitoista ilmaa virtaa sisälle enemmän kuin kesällä. Tällöin myös radonpitoisuudet ovat talvella korkeampia. Myös juomavedessä voi olla radonia. (STUK 2016.)

#### 3.8.2 Säteilyarvot ja mittaus

Radonpitoisuuden yksikkönä on becquerel, Bq. Lääkintöhallituksen ohjeiden mukaan uudisrakennuksen radonpitoisuuden on oltava alle 200 Bq/m<sup>3</sup> ja vanhojen alle 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Rakennusmateriaalit vaikuttavat radonpitoisuuteen eniten betonirakenteisissa asunnoissa. Jos sekä seinät, katto ja lattiat on tehty betonielementeistä, ne tuottavat asuntoon STUK:in mukaan keskimäärin noin 70 Bq/m<sup>3</sup>:n radonpitoisuuden. Puurakenteisessa pientalossa vastaava arvo on alle 20 Bq/m<sup>3</sup>. (STUK 2016.)

Hyvin ilmaa läpäisevät sora- ja hiekkaharjut ovat radonpitoisen ilman ehtymätön lähde. Harjuille perustetuissa taloissa radonpitoisuudet ovatkin selvästi suurempia kuin muille maalajeille perustetuissa lähiympäristön taloissa. Enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup> ylittäviä asuntoja voi olla kaikkialla Suomessa, mutta suurin todennäköisyys radonin esiintymiselle on Etelä-Suomen ja Pirkanmaan harjualueilla. Korkeimmat mitatut radonpitoisuudet ovat asunnoissa olleet yli 30 000 Bq/m<sup>3</sup> (koko vuoden keskiarvo). (STUK 2016.)

Asunnon radonpitoisuutta tutkitaan Säteilyturvakeskuksen reikäkantisilla mittauspurkeilla. Purkki asetetaan huoneeseen sopivalle paikalle, ja sen annetaan olla paikallaan vähintään kuukauden ajan. Tämän jälkeen purkki lähetetään STUKille analysoitavaksi. Yleensä mittaus on parasta tehdä talviaikaan, koska lämmitys vetää radonia maaperästä ja tuuletus asunnossa on pienin. (Kaila 1997, 496.)

### 3.8.3 Torjuntakeinot

Radonvaaran torjunta on helpoin tehdä uudisrakennusvaiheessa. Talo voidaan rakentaa tuulettuvalla alapohjalla, ns. rossipohjalla, tai maavaraisrakentamisen yhteydessä talon alle asennetaan keräilyputkisto, josta radon tuulettuu poistoputkea pitkin katolle. Tuulettusta tehostamaan voidaan poistoputkeen asentaa radonimuri.

Myös vanha rakennus voidaan radon-korjata. Seinän ja lattian liitokset voidaan tiivistää, tai voidaan tehostaa asunnon ilmanvaihtoa. Nämä helposti toteutettavat toimenpiteet sopivat silloin, kun radonpitoisuus on välillä 200–400 Bq/m<sup>3</sup>. Jos lukema on suurempi kuin 400 Bq/m<sup>3</sup>, ensisijaisia menetelmiä ovat lattialaatan alta imevä radonimuri tai talon ulkopuolelle muutaman metrin päähän perustuksista rakennettava radonkaivo.

## 3.9 Asbesti

### 3.9.1 Koostumus ja ominaisuudet

Asbesti on rakentamisessa monin tavoin hyödynnetty materiaali. Sen vaarallisuus selvisi yleisesti vasta 1970-luvulla. Uusissa tuotteissa ei asbestia enää saa käyttää, mutta etenkin vuosien 1960–1990 välillä valmistetuissa tuotteissa sitä on runsaasti jäljellä.

Asbesti on useiden silikaattimineraalien kuituista muunnosta. Asbestikivi muodostuu kuiduista, joilla on taipumus murtua erittäin pieniksi piikeiksi. Ne ovat terveydelle vaarallisia sisään hengitettynä erittäin pienen kokonsa vuoksi. Asbestikuidut voivat aiheuttaa keuhkosairauksia kuten asbestoosia, paksuuntumia ja tulehduksia sekä keuhkosityöpää.

### 3.9.2 Asbestin käyttö

Asbesti ei ole viime vuosisadalla keksitty materiaali, vaan asbestia on käytetty Suomessa jo 4500 vuotta sitten saviastioiden vahvistamiseen. Sitä on käytetty myös Euroopassa ja Kiinassa tulenkestävän kankaan materiaalina. Asbestia on käytetty sen palonkestävyyssominaisuuksien takia uunikivinä, laastin vahvikkeena ja keramiikassa sekä erilaisessa rakentamisessa.

Rakentamiskäytöstä mainittakoon kateaine- ja ulkoverhouslevyt sekä kattohuopien lujittaminen. Lisäaineena asbestia on käytetty bitumiliimoissa ja -massoissa sekä katto- ja rapattujen pintojen maaleissa. Niin ikään asbestia saattaa löytyä massalattioista, muovimatoista ja -laatoista, seinäpäällysteistä, laasteista ja liimoista sekä lämpökojeiden ja putkistojen eristeistä. (Kaila 1997, 52.)

### 3.9.3 Kartoitus ja purku

Asbestikartoitus ja -purkutyö on luvanvaraista toimintaa, jota saavat tehdä vain työsuojeluhallituksen valtuuttamat liikkeet. Kiinteästi rakennusaineeseen sitoutuneet asbestikuidut eivät ole haitallisia, vaan vasta ilmaan joutuvat. Rikkoutunut materiaali sen sijaan voi levittää jatkuvasti asbestia. Koska kuidut ovat hyvin pieniä, leijailevat ne pitkään huoneilmassa.

Täydellisessä kartoituksessa tutkitaan ohjelman avulla ja näytteitä ottaen rakennuksen kaikki mahdolliset asbestilähteet. Asbestiesiintymä joko jätetään merkittynä paikalleen, peitetään pintamateriaalilla, koteloidaan tai poistetaan. Purkajat käyttävät suojavarustusta, pölyn leviäminen estetään muovituksella ja tila siivotaan pölyttömäksi erikoisimurein. Lopuksi ilman puhtaus tarkistetaan mittauksin. (Kaila 1997, 53.)

## 3.10 Esteettömyys

### 3.10.1 Esteetön talo helpottaa kotona asumista

Asunnon toimivuus ja joustavuus eri elämäntilanteissa liittyy asumisen esteettömyyteen. Omassa kodissa pitäisi pystyä asumaan myös ikääntymisen myötä ja elämäntilanteiden muuttuessa.

Pientalorakentaja toteuttaa haaveensa senhetkisten tarpeidensa pohjalta. Kannattaisi kuitenkin ajatella niin ihmisten kuin talonkin elinkaarta. Esteettömyys on elämänlaatua kaikissa elämäntilanteissa. Perustoimintojen pitäisi sujua mahdollisimman vaivattomasti.

### 3.10.2 Esteettömyyden erilaisia ratkaisuja

Esteettömyydessä voi olla kyse joko perusratkaisusta tai sitten yksityiskohdista. Liikkumisesteinen henkilö ei voi kaksikerroksisessa omakotitalossa käyttää kaikkia tiloja, ellei talossa ole hissiä tai nostinta.

On tärkeää, että pihalta pääsee sujuvasti ja esteettä ulko-ovelle, että pystyy avaamaan oven helposti ja että ovesta ja tuulikaapista pääsee vaivatta sisälle. Pientalot on rakennettu pääsääntöisesti ympäröivää maanpintaa korkeammalle, mikä tekee esteettömän sisäänkäynnin toteuttamisen jo lähtökohtaisesti haastavaksi.

Sisätiloissakin saattaa olla lattian tasoeroja. Kynnykset saattavat olla liikuntarajoitteiselle hankala paikka, ja oviaukot ovat usein liian kapeita apuvälineillä liikkuvalla. Ulko-ovi ei saa olla liian raskas avattavaksi silloin, kun voimat ovat jostain syystä vähentyneet.

Vaikka kynnyksiä yleensä kannattaa esteettömyyssiistä välttää, on kylpyhuoneen ovella oltava matala kynnyks, joka estää veden valumisen muihin huoneisiin. Se voisi esimerkiksi olla joustavaa materiaalia, jolloin se antaa myöten ja helpottaa esimerkiksi apuvälineen kanssa liikkumista. Perinteinen suihkuallas tai -kaappi ei ole paras esteettömyyden kannalta, vaan suihkuverhot tai saranoidut suihkuseinät.

Saunan perinteiselle lauteelle pääsy voi olla joillekin vaikeaa. Asiaa voidaan helpottaa rakentamalla lauteille johtavat portaat nousultaan riittävän mataliksi ja varustamalla ne molemminpuolisilla käsijohteilla. Lauteet voi rakentaa myös tavallista matalammiksi käyttämällä ns. laavukiuasta, jossa lämmönlähde on tavallista alemmalla.

Esteetöntä keittiötä suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota asennuskorkeuksiin. Alakaappien tilalle kannattaa vaihtaa mahdollisimman paljon ulosvedettäviä laatikostoja ja kulmakaappiin laittaa ns. karusellimekanismi. Keittiön alakaapit ja laatikostot voivat olla myös rullilla varustettuja irtolaatikostoja, jolloin ne on helppo siirtää pois tieltä, jos on tarvetta päästä istumaan työpöydän tai tiskipöydän äärelle.

Kodinkoneiden sijoitteluun kannattaa myös kiinnittää huomiota. Liesi on mahdollista varustaa ns. liesiturvalla, joka katkaisee sähkön, jos levy on unohtunut päälle. Myös turvallisuutta lisäävä ratkaisu on keittiön tiskipöydän etureunaan liitetty tunnistin, joka katkaisee automaattisesti veden tulon, kun siirtyy pois tiskipöydän ääreltä, vaikka olisi itse unohtanut kääntää vesihanauksen kiinni.

Valaistus on paitsi viihtyvyys-, myös turvallisuustekijä. Tärkeää on luoda valaistus, joka ei häikäise, vaan on tasainen ja riittävä. Eteiseen sekä kellari- ja ullakkotiloihin on hyvä asentaa valojen syttymisautomaattiikka.

Pistorasiat on liian usein sijoitettu pelkästään lattian rajaan, kun niiden oikea paikka käytettävyyden kannalta on usein ylempänä. (Ympäristöministeriö 2016.)

### 3.11 1970-luvun talon ominaispiirteitä

#### 3.11.1 Tyypilliset rakenteet

1970-luvun taloista tehtiin entistä matalampia. Lattiapinta rakennettiin lähelle maanpintaa, ja matalat perustukset valesokkelirakenteineen yleistyivät. 70-luvun pientalossa on tyypillisesti matala harjakatto tai tasakatto. Ilmanvaihtojärjestelmänä on monesti painovoimainen ilmanvaihto tai koneellinen poistoilmanvaihto. Kantavana runkona taloissa on yleensä rannakarakeinen puurunko tai tiilimuuraus ja verhouksena on puuverhous, tiilimuuraus tai asbestisementtilevy. Taloihin on yleisesti tehty lisälämmöneristysremontti.

#### 3.11.2 Tyypillisimmät ongelmakohdat

##### 1. Tasakatto

1970-luvulla taloihin rakennettiin tasakattoja, jotka huoltamattomina ovat kosteusvaurioriskejä. Tasakatoissa on kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalin ja sen saumojen sekä räystäspellitysten kuntoon. On tarkistettava, että kattokaltevuudet ohjaavat sadevedet kattokaivoihin tai vesikouruihin. Vuotava kate on uusittava tai korjattava. Jos kattorakenteen vauriota epäillään, rakenne on tutkituttava ammattilaisella. Sinkityt ja maalatut konesaumapeltikatteet kestävät 60 vuotta. Kumia sisältävät uudemmat kumibitumikermikatteet kestävät 25–35 vuotta. Vanhempien bitumikermikatteiden käyttöikä on jo täyttynyt vuosituhaten vaihteessa. Kattopinta on puhdistettava vähintään kaksi kertaa vuodessa. (Hengitysliitto 2017.)

##### 2. Kattoikkuna

Kattoikkunat ovat erittäin riskialttiita ratkaisuja. Kattoikkunoihin tiivisty helposti sisäilman kosteus, joka kastelee valokuilun pintamateriaalit. Myös ikkunan läpivienti voi vuotaa. (Hengitysliitto 2017.)

##### 3. Vuotojäljet

Sattuneet vesivuodot voivat jättää jälkiä sisäseinä- tai kattopintoihin. Havaitut vuotokohdat on korjattava ja tiivistettävä. Myös epätiivis höyry-

sulku, jolloin sisätilojen kosteus pääsee kylmiin kattorakenteisiin, voi aiheuttaa vesijäljen tiivistyessään ja valuessaan takaisin sisätiloihin. (Hengitysliitto 2017.)

#### 4. Savupiippu tai tuuletusputki

Rapautunut savupiippu tai puuttuva piipunhattu päästävät vettä hormistoon. Vesikaton yläpuolella olevan muuratun piipun tekninen käyttöikä on 30 vuotta. Eristämätön viemärin tuuletusputki jäätyy helposti talvella ja aiheuttaa hajuongelmia veden häipyessä vesilukoista. (Hengitysliitto 2017.)

#### 5. Tasakatto harjakatoksi

Jos tasakatto muutetaan harjakatoksi, on vanha huopakate poistettava kokonaan. Huopakatteen alla olevaa laudoitusta ei pidä jättää umpinaiseksi, koska vanhan katon eristeen pitää tuulettua. Kaikki lävistysputket tulee jatkaa uuden vesikatteen yläpuolelle ja eristää. (Hengitysliitto 2017.)

#### 6. Lumi

Lumen poisto tasakatoilta parantaa katon kosteusteknistä toimivuutta, mutta auttaa myös kattoa kestämään lumitaakan alla. On syytä kuitenkin jättää katolle noin 10 cm:n lumikerros, ettei rikota kattomateriaalia, läpivientejä ja kattokaivoja. (Hengitysliitto 2017.)

#### 7. Ikkunat ja ovet

Jos uloimman lasin sisäpinnalle tiivistyy kosteutta, pääsee lämmintä sisäilmaa ikkunoiden väliin. Kosteus tiivistyy kylmemmälle ikkunapinnalle. Sisäpuitten tiiviste on tällöin puutteellinen. Ulkopuite ei saa olla liian tiivis, vaan ylä- ja alareunaan on jätettävä tuuletusraot. Jos kosteus tiivistyy sisäikkunan sisäpinnalle, on kyseessä huono ilmanvaihto tai epätavallisen runsas kosteustuotto. (Hengitysliitto 2017.)

#### 8. Ulkoseinät ja perustukset

Ulkoseinien kosteusvauriot johtuvat usein julkisivun puutteellisesta tuuleduksesta. Tiiliverhouksen takana ei yleensä ole riittävää, vähintään 3 cm:n tuuletusrakoa. Lisäksi alimman tiilirivin joka kolmas pystysauma pitäisi olla auki ja yläosasta tulisi olla yhteys ulkoilmaan, jotta tuuletus toimisi. Tuuletusraon olemassaolon voi tarkistaa esimerkiksi irrottamalla oven pielilaudan. (Hengitysliitto 2017.)

Valesokkelirakenteessa ulkoseinän kantava runko on sisälattian alapuolella ja usein myös maanpinnan tasolla tai jopa sen alapuolella. Tällöin maaperän kosteus pääsee siirtymään runkoon ja lämmöneristysmateriaaleihin. Tiili- tai lautaseinän läpi tunkeutuva vesi rasittaa myös rakennetta. Valesokkelirakenne ei tuuletu, ja sen vuoksi siihen kehittyy helposti kosteusvaurio. (Hengitysliitto 2017.)

#### 9. Julkisivumateriaali

Perustusten, seinien ja pielilaudoitusten tulee olla puu-, tiili-, betoni- tai maalipinnaltaan ehjiä, eikä niissä saa olla halkeamia tai koloja, joista vesi

pääsee rakenteeseen. Läikät, härmeen muodostuminen ja maalipinnan hilseily voi viitata rakenteen kostumiseen, halkeilu myös perustusten painumiseen. (Hengitysliitto 2017.)

#### 10. Ulkoseinän tiiveys

Ulkoseinän höyrönsulun ja ikkuna- tai ovikarmien välistä tai katto- ja seinäliittymistä ei saa tulla ilmavirtoja sisälle (Hengitysliitto 2017).

#### 11. Salaojat

Jos salaojia ei ole tai ne toimivat huonosti, perustukset saattavat kastua. Salaojat sijaitsevat rakennuksen perustusten ulkopuolella ja aina anturan alimman tason alapuolella. Niiden tarkoituksena on johtaa maaperässä liikkuvat vedet rakennuksen ympäriltä pois kastelemasta perustuksia. Jos salaojat puuttuvat, ne tulee asentaa. Salaojien teon yhteydessä kannattaa asentaa myös kattovedet pois vievä sadevesiputkisto. Kattovesiä ei saa johtaa salaojaan. (Hengitysliitto 2017.)

#### 12. Sadevedet

Sadevedet on ohjattava pois perustusten viereltä joko pintakouruin tai sadevesiputkiston avulla. Taloa ympäröivien maapintojen tulee kallistua rakennuksesta pois päin kolmen metrin matkalla vähintään 15 cm. (Hengitysliitto 2017.)

#### 13. Istutukset

Puita ei saisi olla viiden metrin, pensaita kolmen metrin ja kukkapenkkejä metrin etäisyydellä talosta. Nurmikkoa ei myöskään suositella seinävierustalle asti, vaan esimerkiksi betonikiveä tai luonnon kiveä suodatinkankaan päälle asennettuna. (Hengitysliitto 2017.)

#### 14. Maavarainen alapohja

Lattiarakenteet, joissa puukorotus ja lämmöneristeet on asennettu betonilaatan päälle, ovat kosteusvaurioherkkiä. Mikrobit viihtyvät kostean betonilaatan ja sen päällä olevan eristekerroksen välissä. Myös puiset tukirakenteet ovat usein homeessa. (Hengitysliitto 2017.)

70-luvulla toteutettiin lattiarakenteita, joissa maavaraisen laatan ulkoreunaan valettiin lattiavalun kanssa samanaikaisesti reunavahvistukseksi palkki kantamaan seiniltä tuleva kuorma ja antamaan sokkelille korkeutta. Pohjalaatta on talvisaikaan kylmin reuna-alueilta varsinkin, jos vahvistuksen sokkelihalkaisu puuttuu tai rakenteesta aiheutuu kylmäsiltoja. (Hengitysliitto 2017.)

#### 15. Väliseinät

Väliseinät rakennettiin maavaraisissa lattioissa lähtemään betonisen pohjalaatan päältä tai pohjalaatan alapuolelta oman anturan päältä. Alaohjauspuut ovat usein kosteusvaurioituneet maaperän kosteuden vuoksi. (Hengitysliitto 2017.)

## 16. Märkätilat

Huonosti hoidetut märkätilojen pinnat ovat kosteusvaurioriski. Kylpyhuoneen muovimattojen ja -tapettien saumojen sekä lattiakaivon liitoskohdan tulee olla ehjät. Muita ongelmakohtia ovat seinän alaosan tai lattian lävistävien putkien ja putkien kiinnikkeiden saumat.

On varmistettava, että kaikki läpivientikohdat ovat vesitiiviitä. Silikoni- ja laastisaumojen sekä laattojen kuntoa on seurattava, samoin niiden mahdollista irtoamista. Ennen vuoden 1999 vedeneristysmääräysten voimaan tuloa rakennetuissa kylpyhuoneissa on harvoin toimivaa vedeneristystä laattojen alla. Jos vedeneristys on puutteellinen, on korjausta harkittava nopeasti. Jos märkätilassa ei ole riittävää ilmanvaihtoa, voi vesihöyry tunkeutua kylmiin rakenteisiin ja muuttuessaan vedeksi aiheuttaa kosteusvaurion. Saunan ja suihkutilan välisen oven alareuna pitää olla kynnykseltön ja avoin. (Hengitysliitto 2017.)

## 17. Ilmanvaihto

Oikein toimiva ilmanvaihto poistaa sisäilman epäpuhtauksia ja kosteutta ja tuo raikasta ilmaa sisätiloihin. Tulo- eli korvausilmaa pitäisi tuoda olo- ja makuuhuoneisiin sekä takka- ja työhuoneisiin joko venttiilin kautta tai ikkunoista.

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ja koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä poistoilmaventtiilit tulee löytyä keittiön, WC:n, kylpyhuoneen, pesuhuoneen, saunan, vaatehuoneen ja varaston katosta. Venttiilien olisi oltava aina auki. Koneellista poistoilmajärjestelmää ohjataan usein liesituulettimesta. On huolehdittava, että katolla tai liesituulettimessa oleva puhallin toimii. (Hengitysliitto 2017.)

## 18. Ilmalämmitys

70-luvun taloista löytyy ilmalämmityslaitteita, joissa yhdistyy sekä ilmanvaihto että lämmitys. On varmistettava, että laitteisto ottaa tuloilman suoraan ulkoa, eikä vesikaton alta ullakkotilasta. Järjestelmässä on käytetty ääneneristeenä mineraalivillaa, ja on varmistettava, ettei niistä pääse kuituja sisäilmaan. (Hengitysliitto 2017.)

## 19. Siirtoilmareitit

Ilma siirtyy sisätiloissa huoneesta toiseen ovien kohdalta. Jos ovi on tiivis, ilma ei siirry. Oven alaosassa pitäisi olla 20 mm:n rako tai ovesa siirtoilmasäleikkö. (Hengitysliitto 2017.)

## 20. Kylmähuone

Kylmähuoneita rakennettiin 60–70 luvuilla ilman minkäänlaisia kosteuseristeitä, ja ne ovat lähes poikkeuksetta kosteusvaurioituneet. Kylmähuone ympäröivine rakenteineen kannattaa purkaa pois. (Hengitysliitto 2017.)



### 21. Vuotavat vesijohdot

Jos vesimittarin lukemalaskuri pyörii hiukankin ilman, että mikään vedenkulutuslaite on päällä, on syytä epäillä vesivuotoa järjestelmässä. Vesiputkien liitokset on tarkistettava, samoin WC-pöntön venttiili.

Vesi-, viemäri- ja lämmitysputkistot on yleensä asennettu rakenteiden sisälle, jolloin niiden vuotokohtia on mahdoton silmäämääräisesti tarkistaa. (Hengitysliitto 2017.)

### 22. Viemärit

Viemärien kunto tulee tarkastaa, puhdistaa lattiakaivot ja altaiden vesilukot. (Hengitysliitto 2017.)

### 23. Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän osat tulee huolellisesti käydä läpi, varsinkin jos kyseessä on vesikeskuslämmitys. Vettä ei saa tippua lattialle missään kohtaa. Jos liittimissä on runsaasti hapettumaa, syynä voi olla pieni vuoto kierrelittimessä. Putkiston hitsatut liitokset on syytä myös tarkistaa. (Hengitysliitto 2017.)

### 24. Koneiden liitännät

Koneiden vesi- ja viemäriliitännät tulee tarkastaa huolellisesti. Pesukoneen sijoittamista muualle kuin märkätilaan tulee välttää. Koneiden alla tulisi olla turvakaukalo, joka tuo mahdollisen vesivuodon näkyville. (Hengitysliitto 2017.)

### 25. Asbesti

Asbestikartoitus on omistajan vastuulla. Tätä nykyisin kiellettyä rakennusmateriaalia voi olla putkieristeissä, lattia- tai julkisivumateriaaleissa ym. Kun asbestipitoista materiaalia lähdetään purkamaan, on muistettava, että se on luvanvaraista toimintaa ja siitä on tehtävä ilmoitus työsuojelutarkastajalle. (Hengitysliitto 2017.)

## 3.12 Huomiokohteita

Pientalon kantavaa runkoa täydentäviä rakennusosia ovat mm. ikkunat ja ovet sekä kevyet väliseinät. Julkisivuun kuuluvilla aukoilla, ikkunoilla ja ovilla on tärkeä merkitys paitsi toiminnallisesti, myös lämpötalouden kannalta. Sinänsä toimivan rakennusosan purkaminen tai vaihto uuteen ei ole myöskään materiaali- tai kustannustehokkuuden kannalta järkevää.

### 3.12.1 Ikkunat

Ikkunapintojen kautta karkaa noin 15 prosenttia pientalon tarvitsemasta lämmitysenergiasta.

Uusitut ikkunat parantavat asumisviihtyvyyttä korkeamman pintalämpötilan, vedottomuuden ja moitteettoman toiminnan ansiosta. Samalla paranevat myös ääneneristys, heloitus ja tuuletusratkaisut. Ikkunoiden vaihtoa suunniteltaessa on muistettava huolehtia ilmanvaihdon korvausilman saannista.

Uusien ikkunoiden lämmöneristävyys on huomattavasti parantunut viime vuosina: on otettu käyttöön selektiivikalvot, kasvatettu eristyslaselementtien ilmaväliä ja korvattu umpiolasien ilma jalokaasulla. Nykyisin suurimassa osassa uusista ikkunoista on alumiininen ulkopuite, ja karmin ulkopinta on verhottua alumiinia.

### 3.12.2 Putkiremontti

Kun 40-vuotiaassa talossa tehdään isohkoa peruskorjausta, kannattaa harkita myös putkiston vaihtamista uuteen. Kun se voidaan yhdistää muuhun korjaukseen, on se myös taloudellisesti perusteltua. 1970-luvun aikakauden vesijohdot ovat tyypillisesti joko kupari- tai teräsputkea ja viemärit valurautaa tai PVC-muovia.

### 3.12.3 Ilmanvaihto

Peruskorjattavassa pientalossa ilmanvaihtojärjestelmä on yleensä joko painovoimainen tai poistoilmanvaihto on koneellinen.

Painovoimainen ilmanvaihto johtaa poistoilman huoneistokohtaisten venttiilien ja pystysuorien hormien kautta katolle ja ottaa tilalle ilmaa korvausilmaventtiileistä. Kesällä lämpötilaerojen ollessa pieniä järjestelmän teho on yleensä riittämätön.

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilmaa poistetaan katolla sijaitsevan huippuimurin avulla yleensä keittiöstä ja märkätiloista.

Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä on mahdollista muuttaa nykyaikaiseksi lämmön talteenotolla varustetuksi tulo-poistojärjestelmäksi. Poistoilma johdetaan ulos lämmönvaihtimen kautta, jossa se lämmittää huoneisiin sisään puhallettavan tuloilman.

Rakennuksen vaipan, seinien, alapohjan ja yläpohjan sekä ikkunoiden ja ovien tiivistäminen kuuluu energiatehokkuuden parantamiseen.

Tehdään sitten minkälainen korjaus tahansa, on syytä huolehtia siitä, että venttiilit ja kanavat ovat puhtaat ja että korvausilmaa saadaan tarpeeksi. Yksi keino edistää ilmanvaihtoa on ns. tuloilmaikkuna, jonka tiivisteissä tai puitteissa on aukkoja oikeissa kohdissa. Ulomassa puitteessa aukko jäte-

tään alalaitaan ja sisemmässä ylälaitaan. Ideana on, että jonkin verran ilmaa pääsee sisälle, mutta se lämpiää ikkunoiden välissä. Tuloilmaikkunat toimivat paremmin, jos niitä on vain talon tuulisella puolella.

Ilmanvaihdon riittävyttä voi olla vaikea arvioida tarkasti ilman kalliita mittauksia. Yksi edullinen tapa voisi olla seuraavien kohtien havainnointi:

- Tuntuuko ilma raikkaalta sisään tullessa?
- Haihtuuko kosteus kylpyhuoneen peilistä 5–10 minuutissa?
- Kuivuuko sauna seuraavaan aamuun mennessä?
- Koneellisessa järjestelmässä: pysyykö paperiarkki testattaessa poistoventtiilissä?

#### 3.12.4 Data-yhteydet

Vanhojen antenni- ja puhelinverkkojen kapasiteetti ei riitä nykyaikaisiin laajakaistayhteyksiin, joten näidenkin järjestelmien uusiminen kannattaa yhdistää tulevaan energiaremonttiin.

Ketjutettu yhteisantenniverkko korvataan tähtimäisellä, standardit täyttävällä ratkaisulla. Laitteet voidaan usein sijoittaa esim. sähköpääkeskuksen yhteyteen. Laajakaistayhteyksien siirtotienä voidaan käyttää erilaisia kaapelointiratkaisuja, kuten yleiskaapelointia, koaksiaalikaapelia, radioaaltoja tai valokaapeleita.

#### 3.12.5 Sähkö

Peruskorjattavan pientalon sähkövarustus on yleensä kymmeniä vuosia vanha, eikä siksi enää ajan tasalla. Pistorasioita on usein liian vähän, ja talon sähköpääkeskuskin saattaa vaatia uusimisen.

Nykyisin kaikki uudet pistorasiat on varustettava vikavirtasuojauksin. Johdotojen upotukset voivat vaatia rakennusteknisiä töitä, kuten piikkausta ja tasoitusta. Pinta-asennuksina johdotustyöt ovat yksinkertaisempia.

#### 3.12.6 Märkätilakorjaukset

Kosteus on yleensä asuintilojen pahin vihollinen. Vähäinenkin vuotovesi voi rakenteisiin päästessään aiheuttaa vaikeita kosteusvaurioita. Märkätilakorjaukset ovatkin talon sisätilojen osalta kaikkein vaativimpia töitä, ja ne kannattaa suunnitella ja toteuttaa huolella.

Märkätiloja ovat kylpy- ja pesuhuoneet, suihkuhuoneet ja saunat. Keittiö ei ole märkätila, ei myöskään WC, jos siellä ei ole suihkua tai lattiakaivoa.

Märkätilan lattia- ja seinäpinnoitteen tulee toimia vedeneristeenä tai sen taakse on tehtävä erillinen vedeneristys.

Rakenteiden on suositeltavaa olla kivirakenteisia, jolla saavutetaan riittävän luja ja liikkumaton alusta pinnoitteelle. Märkätilan lattiaan ei saa tehdä muita kuin viemäröinnin läpivientejä.

### 3.12.7 Sauna

Saunaremontti kohdistuu yleensä pintamateriaaleihin, ja työ aloitetaan purkamalla pois vanhat lauteet, panelointi ja laatoitus.

Remontin yhteydessä tarkastetaan lämmöneristeiden ja runkorakenteiden kunto, samoin tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan kiukaan ja lauteiden kiinnitystuet. Paneloinnin alle asennetaan kuumuutta kestävä höyrynsulku, yleisemmin alumiinipintainen rakennuspaperi.

Lattia vesieristetään ja limitetään 150 mm:n matkalta seinän höyrynsulun kanssa. Seinän ja katon paneloinnin alle jätetään min. 20 mm:n tuuletusrako.

Löylyhuoneen tilavuus määrittää kiukaan koon. Ilmanvaihto on tärkeä osa toimivaa saunaa. Sähkösaunassa tuloilmaventtiilin tulee olla vähintään 50 cm kiukaan kivipinnan yläpuolella. Poistoilmaventtiili sijoitetaan mahdollisimman alas vastakkaiselle seinälle.

## 3.13 Vanhojen rakennusmateriaalien tietopankki

Ympäristöministeriön sivuilla osoitteessa [www.ymparisto.fi/rakentaminen/korjaustieto/vanhojenrakennusmateriaalientietopankki](http://www.ymparisto.fi/rakentaminen/korjaustieto/vanhojenrakennusmateriaalientietopankki) on palvelu, jossa on koottua tietoa vanhojen rakennusmateriaalien ja -osien ominaisuuksista, käytöstä, hyödyntämisestä ja haitallisuudesta.

## 4 TULOSTEN ESITTELY (ENERGIAKORJAUKSEN TOTEUTTAMINEN)

### 4.1 Kohteen esittely

Tarkastelun kohteena on vuonna 1974 valmistunut betonirunkoinen pientalo Hämeenlinnassa. Asuinkerroksen ulkoseinä on tiiliverhoiltu, kellarikerroksen ulkoseinä on betonipintainen. Talo on kaksikerroksinen rinneratkaisu, jossa autotalli, varasto- ja aputilat sijaitsevat 1. kerroksessa ja asuin-tilat 2. kerroksessa.

Talossa on matala harjakatto, painovoimainen ilmanvaihto ja varaava lattialämmitys sähköllä.

Tehdyistä remonteista mainittakoon vuonna 2001 asennettu varaava takka hormeineen. Muuten asunnon pintaverhous on lähes alkuperäiskuntoinen. Huoltoremontteja on tehty säännöllisesti, kuten peltikaton ja sokkelin huoltomaalaukset. Samoin ikkunoiden ja ovien tiivisteet on vaihdettu jo useampaan kertaan.

Valaisimien lamput on kaikki vaihdettu energiaa säästäviksi LED-lampuiksi ja kodinkoneet vähän kuluttaviksi A-luokan kodinkoneiksi.

Lämmitysjärjestelmän päivittäminen alkaa olla ajankohtainen, onhan lämmityskaapeleilla ikää jo yli 40 vuotta.

### 4.2 E-luvun laskenta, lähtötilanne

#### 4.2.1 Kohteen lähtötiedot

- rakennusvuosi 1974
- maanpäällinen kerrostasoala 123 m<sup>2</sup>
- lämmitetty nettoala 161 m<sup>2</sup>
- rakennustilavuus 650 m<sup>3</sup>
- varaava sähkölämmitys
- sähkön kulutus 15700 kWh/vuosi + polttopuut n. 8 m<sup>3</sup>
- veden kulutus n. 80 m<sup>3</sup>/vuosi
- ulkoseinän U-arvo 0,3 [W/m<sup>2</sup>K]
- yläpohjan U-arvo 0,19
- alapohja, maanvastainen 0,19
- ikkunat ja ovet 2,2.

Rakennuksen E-luku laskettiin e-neuvonta.fi:n nettisivuilla olevalla laskurilla lähtötietojen ja piirustuksesta mitattujen muiden lähtöarvojen perusteella. Laskentatulokset on esitetty liitteessä 7.

Rakennuksen nykyiseksi E-luvuksi saatiin 341 kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>/vuosi. Laskenta-arvon perusteella energiatehokkuusluokaksi tuli E.

#### 4.3 Piirustukset sähköisenä

Talon pohjapiirustus laadittiin sähköiseen muotoon CAD-piirrosohjelmalla. Näin saatiin pohja, johon jatkosuunnitelmat ja laskelmat ja muut mahdolliset toimenpiteet on mahdollista tehdä tietokonepohjaisena. Talon piirustukset kerroskohtaisesti on esitetty liitteessä 4.

#### 4.4 Lämpökamerakuvauksen tulokset

##### 4.4.1 Olosuhteet ja ominaisuudet

Lämpökamerakuvaukset suoritettiin talven 2016–2017 aikana, jolloin lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä oli suurimmillaan ja näin lämpötila-erotuvuus parhaimmillaan. Kamerana käytettiin FLIR E5x -kameraa. Kamera on kevyt, helppokäyttöinen ja kestävä. Kamerassa on MSX-ominaisuus, joka yhdistää visuaali- ja lämpökuvaa ja tallentaa kuvat analysointia varten. Analysointi onnistuu kameran FLIR Tools -ohjelmiston avulla.

##### 4.4.2 Kuvaustulokset

Sisäkuvauksessa kameran säädöt asetettiin siten, että poikkeava lämpötila, alle 15°C, erottuu sinisellä värillä muuten musta-valkoiselta ruudulta. Yleisesti ottaen kuvaus antoi aika hyviä tuloksia rakenteiden kunnosta ja tiivyydestä, koska selvästi viileämpiä kohtia erottui vain muutamasta paikasta.

Alle 15°C:n lukemia lämpökamera osoitti vain ulko-ovien kohdalla, oven ja karmin rajapinnassa ja kynnyksien kohdalla, ei muualla.

Ulkokuvauksessa sama ilmiö esiintyi, eli ovet pielineen hukkasivat lämpöä eniten. Muita heikkoja lämpötiiveyskohtia oli paikoin alakerran sokkelin liittymäkohdissa, missä sokkeli liittyy muuhun rakenteeseen. Lämpökameran kuvia on esitetty liitteessä 2.

#### 4.5 Radon-mittaus

Mittauspurkin oltua 2 kk ajan asunnossa keskeisellä paikalla se lähetettiin analysoitavaksi säteilyturvakeskukseen Helsinkiin. Paluupostissa saapuikin sitten tulos: mittaustuloksen mukaan radonpitoisuus asunnossa oli 294 Bq/m<sup>3</sup> ± 33. Tämä on vielä sallituissa rajoissa vanhan rakennuksen ollessa kyseessä, mutta kommenttina selosteessa oli *Korjausta syytä harkita*.

Rakenteiden tiivistäminen ja ilmanvaihdon parantaminen olisivat korjaavia toimenpiteitä tässä tapauksessa.  
Mittaustulos on esitetty liitteessä 3.

#### 4.6 Rakenteelliset korjaukset

Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13, Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, todetaan, että

korjaus- tai muutostyöhankeeseen ryhtyvän on lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittäin, tai koko rakennuksesta hankkeen laajuuden ja päättämänsä tavan mukaisesti.

Päätettiin valita vaihtoehto, jossa rakennuksen kokonaisenergiankulutusta pienennetään vaadittuun arvoon:  $E - \text{vaadittu} \leq 0,8 \times E - \text{laskettu}$ .

Asumisenergian minimointia toteutetaan tehokkaalla eristyksellä, vaipan ilmapuotojen minimoinnilla, oikeilla energiavalinnoilla, aurinkoenergian hyödyntämisellä, asianmukaisilla säädöillä sekä järkevällä asumisella.

Ensimmäinen askel kiinteistön energiankulutuksen vähentämisessä on selvittää, mihin energiaa kuluu ja millä tavoin energiankulutusta voisi vähentää. Hyviä välineitä tähän ovat energiatodistus ja energiakatselmuks.

##### 4.6.1 Ulkoseinä

Koska 70-luvulla rakennettu ulkoseinä betoni- ja tiilipintoineen on massiivinen jo sinällään eikä siinä esiinny haitallista halkeilua tai kosteus- tai muita ongelmia, päätettiin se jättää saneeraustoimenpiteiden ulkopuolelle. Varsinkin, koska seinän U-arvo on sinällään aivan kohtuullinen ja monissa saneerauskohteissa on todettu, että seinän lisäeristämällä ei saavuteta mainittavia säästöjä energiakuluissa suhteessa siihen käytettyyn investointiin.

##### 4.6.2 Maavarainen alapohja

Rakennuksen maavarainen alapohja on rakennusajankohdalleen tyypillinen kaksinkertainen betonilaatta EPS-eristyksin. Eristyksen paksuus on 70–100 mm. Koska rakenteessa ei ole todettu kosteus- tai muita vaurioita eikä lattiaa avaavaan remonttiin haluttu ryhtyä, päätettiin alapohja jättää ennalleen. Lisäksi perustussyvyys ei sallinut alustaa kaivettavan anturan pintaa alemmaksi. Hukkalämpö alapohjan kautta on noin 12 % lämmityskustannuksista.

#### 4.6.3 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien kautta johtuva hukkalämpö on sen sijaan merkittävä, vaikka pinta-ala ei kovin suuri olekaan. Niiden korjaukseen kannattaa panostaa, koska lämpöhäviö niiden kautta on 38 % lämmityskuluista. Vanhan 70-luvun ikkunan U-arvo, vaikka 3-lasinen onkin, on aivan eri luokkaa kuin uuden suojakaasutäytteisen lämpölasi-ikkunan. Lisäksi niiden vaihtaminen on käytännössä helpompaa monen muun rakenteen korjaukseen verrattuna.

Pientä takapakkia ikkunoiden korjausremontin suunnitteluun toi Hämeenlinnan kaupungin rakennusvalvonta eväten olohuoneen isojen ikkunoiden varustamisen tuuletusikkunoin. Perusteluna oli:

Rakennus on niin tyypillinen aikansa edustaja, että sen ulkonäköä tai rakenteita ei haluta muutettavan.

Asuinseudun muita taloja ympärillä kyllä on remontoitu mikä minkäkin laiseksi.

Uusien ikkunoiden U-arvo on luokkaa 0,9.

#### 4.6.4 Yläpohja

Yläpohjan eristys on rakentamisajankohdalleen tyypillinen, noin 200 mm:n mineraalivillakerros, jonka laskettu U-arvo on 0,19 ja lämpöhukka 12 %. Sen lisäeristäminen on suhteellisen helppo ja edullinen toimenpide, joten se päätettiin suorittaa. 200 mm:n puhallusvilla-lisäeristyksellä U-arvo saatiin paranemaan lukemiin 0,09. Enempää villaa yläpohjaan ei käytännössä voi lisätä ullakkotilan räystäään puoleisen pään mataluudesta johtuen. Ullakon hyvästä tuuletuksesta on huolehdittava, kun nykyisen rakenteen lämpöä hukkaava ja ullakkoa kuivattava vaikutus lakkaa.

#### 4.6.5 Esteettömyyskorjaukset

Vaikka tämä osa-alue ei varsinaiseen energiaremonttiin kuulukaan eikä siinä paranna rakennuksen E-lukua tai vähennä energiankulutusta, myös tätä asiaa kuitenkin käsitellään tässä työssä muutamin parannusehdotuksin.

Ulko-oven avaamista helpottamaan voisi asentaa uudentyyppiset avainlukot, joissa avaimen kääntövoimalla ei tarvitsisi voittaa koko oven kiinnittävää voimaa.

Keittiössä kannattaisi suosia alakaappeja päivittäisen käyttötavaran säilytyksessä, ettei tarvitsisi kurotella niitä yläkaapin hankalista paikoista.



Lieden voisi varustaa ns. liesiturvalla, joka sammuttaa automaattisesti päälle unohtuneen lieden asetetun ajan kuluttua.

Joitain pistorasioita voisi olla sijoitettuna käyttökorkeudelle sen sijaan, että ne ovat usein pelkästään lattian rajassa.

Liikkumisrajoitteisen jokapäiväistä kulkemista kaksikerroksisessa rakennuksessa helpottaisi portaisiin asennettava tuolihissi. Se voidaan asentaa 90 cm leveään porraskäytävään, eikä siinä oleva kulmakaan ole esteenä. Esimerkiksi seniorihissit.fi toimittaa tällaisiin tiloihin suunniteltuja Alpharatkaisuja asennettuna ja tarkastettuna. Hintaluokka on 8 000–10 000 euroa.

## 4.7 Talotekniikan korjaukset

### 4.7.1 Vesi- ja viemäriputket

Vaikka putkien vesivuotoja ei ole esiintynytäkään eikä siksi putkien akuuttia korjaustarvetta ole, on laitteistolla jo ikää yli 40 vuotta. *Parempi uusia ennen kuin vaurioita tulee* on hyvä motto, ja siksi putkistot on tarkoitettu vaihtaa vähitellen, vaikka se ei varsinaiseen energiatehokkuuteen vaikutakaan. Putket kulkevat pääosin kellarikerroksen katossa, joten niiden uusiminen vaikka putkihaara kerrallaan on mahdollista. Samalla vesikalusteet kannattaa uusida nykyaikaisiksi, tosin niitä on vuosien kuluessa uusittukin.

### 4.7.2 Ilmastointi

Talossa on painovoimainen ilmanvaihto, mikä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtokoneita ei ole, vaan korvausilma tulee ja poistuu lämpötila- ja painerojen vaikutuksesta venttiili- ja ikkunatuuletuksella. Koska asukkaat ovat pääosin olleet tyytyväisiä tähän järjestelmään ja koska on olemassa monia esimerkkejä siitä, miten ilmastoinnilla on pilattu rakenteita ilman että toimiva, vedoton järjestelmä olisi saatu aikaan, päätettiin nykyinen järjestelmä säilyttää ainakin toistaiseksi. Asiaan palataan myöhemmin, jos se osoittautuu tarpeelliseksi.

### 4.7.3 Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmä vaatimuksineen on muuttunut talon olemassaolo-vuosien aikana. Paitsi että sähköpisteiden määrä on lisääntynyt huomasti, myös maadoitettujen ja vikavirtasuojattujen pistorasioiden tarve on kasvanut sähkölakien ja -määräyksien muuttumisen seurauksena. 70-luvulla maadoitettuja pistorasioita asennettiin vain keittiöön, pesutiloihin, autotalli- ja varastotiloihin sekä ulos. Vikavirtasuojista ei puhuttu lainkaan.

Nykyisin maadoitetut, vikavirtasuojatut pistorasiat asennetaan kaikkiin huonetiloihin sekä luonnollisesti myös ulkotiloihin. Määräykset eivät ole taannehtivia, eli asennuksia ei tarvitse muuttaa, jos asennuksiin ei muuten kosketa. Mutta jos pistorasioita tai valopisteitä halutaan lisätä, on ne rakennettava nykymääräysten mukaisesti.

Lämmityksenä talossa on ollut varaava lattialämmitys sähkökaapelein, ja sen lisäksi muutama massavaraaja. Lämpö on varastoitunut halvemmalla sähköllä yöaikaan, ja näin varastoitunutta lämpöä on voitu käyttää päiväaikaan tarpeen mukaan. Lämmin käyttövesi on tuotettu vesivaraajalla myös yöaikaan.

Suurempaan sähköremonttiin ei ole nähty nyt tarvetta ryhtyä. Lämmitysjärjestelmä aiotaan kuitenkin uusia, mistä on jäljempänä erillinen osio.

#### 4.8 Lämmitystapa ja -jako

Koska valtiovalta ei suosi sähköä rakennusten lämpöenergian tuottamisessa (mikä sinällään on ihmeellistä, koska sähkö**autoja** puolestaan suositetaan polttomoottoriautojen kustannuksella muun muassa verohelpotuksin) ja koska kohteen sähkölämpökaapelit ovat jo reilusti yli 40 vuotta vanhat ja sisältävät jo toimintariskin, päätettiin lämmitysjärjestelmä uudistaa nykyaikaisempaan, vähäpäästöiseen ja energiapihiin ratkaisuun.

Lopullinen lämmitysenergian tuottotapa ja -jakelu päätetään rakennuksen simuloinnin jälkeen, mutta ensimmäinen vertailu eri järjestelmien välillä tehtiin Motivan internetsivujen kautta saatavalla vertailulaskurilla (<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>).

Vertailulaskurin tulokset, kts. Liite 5.

Vertailukohteiksi valittiin sähkölämmitys, ilma-ilma- ja ilma-vesilämpöpumppu yhdistettynä tulisijaan ja aurinkolämpöön sekä poistoilmalämpöpumppu.

Tässä vaiheessa karsittiin jo pois öljylämmitys, kaukolämpö, puupelletit ja maalämpö, vaikkakin maalämpö olisi käyttökustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Sitä vastaan puhui puolestaan korkeammat hankintakustannukset ja tontin hankalat maasto-olosuhteet maalämpöputkiston ja -kai-von asentamiselle.

Tarkasteltaessa vuotuisia energiakustannuksia edullisimmaksi vaihtoehdoksi osoittautuu ulkoilmavesilämpöpumppu yhdistettynä sähköön ja tulisijaan. Sen vuotuiset energiakustannukset ovat 1700 euron luokkaa.

Kallein vaihtoehto on puolestaan sähkö, noin 3100 euroa.

Kun huomioidaan myös investointi-kustannukset, on lämpöpumppuratkaisu edelleen edullisin ja kallein edelleen sähkölämpö.

Ilma-vesilämpöpumppuun siirryttäessä tulee lisäksi putkiston ja radiaattoreiden asennuksesta lisähintaa, joka on 15 000 euron luokkaa.

#### 4.9 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Jokainen hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti, ilman erillisiä laitteita. Talon sijoittaminen tontille, ikkunoiden koko ja suuntaus sekä rakennuksen massiivisuus vaikuttavat siihen, kuinka paljon aurinkoenergiaa hyödynnetään. Erilaisilla räystäs- ja kaihdinratkaisuilla voidaan estää auringon liiallinen lämpö.

Aurinkoenergiaa päätettiin hyödyntää aktiivisesti asentamalla aurinkosähköpaneelista katolle, vaikka taloudellisesti laskettuna sen takaisinmaksuaika on suhteellisen pitkä, noin 15 vuotta.

Aurinkosähköä hyödynnetään ainakin lämpimän veden lämmittämiseen. Imagolisesti aurinkosähköpaneeli on positiivinen asia, varsinkin kun talossa asuu sähköalalla vaikuttava henkilö.

Aivan muutaman paneelin tuotosta ei juuri hyötyä kerry, joten järjestelmäksi valittiin 3 kW tuottava paneelista piipohjaisia, yksikiteisiä kennoja. Kennojen pinta-ala on 20 m<sup>2</sup>, kennojen suunta etelään, ne asennetaan noin 30 asteen kulmaan ja ne ovat hieman tuuletettuja.

Järjestelmän hinta sisältäen paneelit, asennustelineet, kaapelit ja invertterit on luokkaa 5500 euroa.

Mitoitusohjeilla laskettiin järjestelmän tuotto, ja se on vuositasolla 2630 kWh. Tämä tekee 0,13 €/kWh:n sähkön hinnalla ostetun energian säästökseksi 342 euroa. Laskelma on esitetty liitteessä 6.

#### 4.10 E-luku muutosten jälkeen

Kun energiantehokkuuden parantamiseksi oli valittu vaihtoehto, jossa rakennuksen kokonaisenergiankulutusta pienennetään vaadittuun arvoon, oli päämääränä saavuttaa arvo  $0,8 \times 341 = 272 \text{ kWh}_E/\text{m}^2 / \text{vuosi}$ .

Laskelma E-luvusta muutosten jälkeen on esitetty liitteessä 7.

Ikkunoiden vaihdon, yläpohjan lisälämmöneristyksen sekä lämmöntuotto ja -jakojärjestelmän uudistamistoimenpiteiden jälkeen rakennuksen uudeksi E-luvuksi saatiin  $200 \text{ kWh}_E/\text{m}^2 / \text{vuosi}$ .

Tämä on hyvä luku rakennuksen ikä huomioiden. Rakennuksen uusi energiatehokkuusluokka on siis D.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU, POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Lämmityksen optimointi

Rakennuksen lämmitysjärjestelmä simuloitiin IDA-ICE-simulointiohjelmalla. Se on uudentyyppinen simulointiohjelma, jonka avulla voidaan mallintaa tarkasti rakennus ja sen järjestelmät. Sillä mahdollistetaan pieni energiankulutus ja suuri asumisviihtyvyys. Ohjelmiston avulla voidaan tutkia rakennuksen lämpötasetta sekä koko rakennuksen energiankulutusta.

#### 5.1.1 Lähtökohta

Tarkastelussa rakennuksen geometria mallinnettiin laadittujen piirustusten mukaiseksi. Rakennuksen alakerroksen seinät huomioitiin mallintamalla ne osittain maahan, koska talo sijaitsee rinteessä.

Energialaskentaa varten rakennus jaettiin vyöhykkeisiin. Lämpöpumput (2 kpl) asennettiin suuriin huonetiloihin, jotta niiden vaikutuspiiri olisi mahdollisimman suuri ja lämmönjako optimaalinen.

Rakennuksen ilmatiiveysluvaksi oletettiin  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ . Huoneiden asetuslämpötila oli asuinkerroksessa  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  ja puolilämpimissä alakerran tiloissa  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Mallinnuksessa käytettiin oletuslämpöpumppumallia, jonka lämpötuotto oli  $6 \text{ kW}$  ja COP- arvo  $3.2$ .

## 5.1.2 Simulointitulokset

Lämmöntarve ilman lämpöpumpua on esitetty alla olevassa taulukossa 5.

Taulukko 5. Lämmöntarve ilman lämpöpumpua.

Kuukausi	Lämmitysenergiantarve [kWh]
tammikuu	5063
helmikuu	4319
maaliskuu	4208
huhtikuu	2428
toukokuu	1198
kesäkuu	562
heinäkuu	149
elokuu	332
syyskuu	1025
lokakuu	2367
marraskuu	3566
joulukuu	4864
yht.	30079

Seuraavasta taulukosta ilmenee ilmalämpöpumpujen simuloitu lämmön tuotto.

Taulukko 6. Simuloitu lämmöntuotto.

Kuukausi	Alakerran ilmalämpöpumpun lämmöntuotto [kWh]	Asuinkerroksen ilmalämpöpumpun lämmöntuotto [kWh]	Lämmöntuotto yhteensä [kWh]
tammikuu	708	2236	2944
helmikuu	625	1908	2533
maaliskuu	626	1982	2608
huhtikuu	393	1335	1728
toukokuu	178	803	981
kesäkuu	66	439	505
heinäkuu	0	170	170
elokuu	3	306	309
syyskuu	57	799	856
lokakuu	286	1442	1728
marraskuu	471	1860	2331
joulukuu	663	2277	2940
yht.	4076	15557	19633

Taulukossa 7 on esitetty ilmalämpöpumppujen tuottaman lämmön prosentuaalinen osuus koko rakennuksen lämmöntarpeesta. Taulukon viimeisestä rivistä nähdään, että kokonaisuudessaan lämpöpumpuilla voidaan tuottaa 63 % rakennuksen lämmöntarpeesta. Osuutta voidaan kasvattaa lisäämällä lämpöpumppujen pyyntilämpötilaa, mutta tällöin myös lämpöhäviöt nousevat.

Taulukko 7. Lämmöntuoton prosentuaalinen osuus.

Kuukausi	Osuus lämmöntarpeesta [kWh]
tammikuu	57 %
helmikuu	58 %
maaliskuu	61 %
huhtikuu	69 %
toukokuu	76 %
kesäkuu	80 %
heinäkuu	82 %
elokuu	79 %
syyskuu	77 %
lokakuu	70 %
marraskuu	64 %
joulukuu	59 %
yht.	63 %

Taulukossa 8 on esitetty rakennuksen lämmityksen sähkönkulutus ilman ilmalämpöpumppuja, ilmalämpöpumppujen kanssa ja näiden erotus eli säästö.

Rakennuksen sähkönkulutus.

Kuukausi	Sähkön kulutus ilma ilmalämpöpumppuja [kWh]	Sähkön kulutus ilmalämpöpumppujen kanssa [kWh]	Säästö [kWh]
tammikuu	5149	3392	1757
helmikuu	4397	2887	1510
maaliskuu	4303	2721	1582
huhtikuu	2519	1414	1104
toukokuu	1296	653	643
kesäkuu	635	300	335
heinäkuu	208	94	114
elokuu	392	184	208
syyskuu	1112	543	569
lokakuu	2459	1335	1124
marraskuu	3657	2195	1462
joulukuu	4954	3196	1758
yht.	31080	18913	12167

## 5.2 Tulosten analysointi

Simulointi on suoritettu ilman sisäisiä lämpökuormia, kuten valaistusta, henkilöiden synnyttämää lämpöä ja muita sähkölaitteita, mikä aiheuttaa sähkönkulutuksen kasvun simulointiin. Lisäksi todellisuudessa käytössä oleva tulisija on jätetty simuloinnista pois, mikä kasvattaa myös simuloitua sähkönkulutusta.

Tässä yhteenvedossa on esitetty 1970-luvulla rakennetun pientalon lämmitystapauudistuksen suunnittelun tueksi simuloitu energiankulutus ja ilmalämpöpumppujen lämmöntuotto. Simuloinnin mukaan rakennuksen koko lämmöntarpeesta ilmalämpöpumpuilla voidaan tuottaa 63 %. (Hilden 2018).

Simulointilaskennan raportti on kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön liitteenä, liite 9.

Huomioiden tulisijasta saatava lämpö, sekä aurinkopaneelien tuotto, ei sähköä tukilämmityksenä enää juurikaan tarvita.





Seuraavassa listauksessa on mainittu esimerkkejä tilanteista, jolloin on syytä havahtua toimimaan:

- sähkön jakelussa keskeytys
- veden jakelu keskeytyy tai vesijohto jäätyy
- lämmitys keskeytyy
- vesijohdoissa esiintyy vuotoa
- tapahtuu sähkölaitepalo
- on poikkeuksellisen kova pakkasjakso
- lunta tai vettä sataa poikkeuksellisen paljon
- outo haju tai epätavallinen ääni
- esiintyy kosteusvaurio tai pinnoitteen irtoaminen
- ikkuna huurtuu poikkeuksellisesti
- painuma tai halkeama rakenteessa
- puurakenteen lahovaurio
- hyönteisiä poikkeuksellisesti sisätiloissa
- viemärin vetokyvyn heikkeneminen
- maan epätavallinen painuminen tontilla.

Tärkeintä on ymmärtää, että talosta täytyy pitää huolta.

## 5.5 Loppupäätelmä

Pientalon energiaremontin ja -korjauksen tulisi perustua faktatietoon rakennuksen kunnosta. Hyvän pohjan energiatehokkuuskorjauksille antavat laadittu energiatodistus ja sen pohjalta tehty energiakatselmus. Lämpökamerakuvaus paljastaa tehokkaasti ilmapuodot ja kylmäsillat.

Käytännössä rakennuksen energiatehokkuus kohenee parantamalla rakennuksen ilmanpitävyyttä, lisäämällä ulkovaipan eristävyttä ja parantamalla ilmanvaihdon lämmön talteenottoa.

Kohteen energiatehokkuus saatiin selville. Sitä parannettiin kohtuullisiin lukemiin ja lämmitysjärjestelmä uudistettiin. Olisiko tässä ainesta sadan vuoden taloksi?

## LÄHTEET

Energiavirasto 2017. Energiatehokkuus. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://www.energiavirasto.fi>

Hengitysliitto 2017. Ympäristöministeriön kosteus- ja hometalkoot – ohjelma. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://www.hometalkoot.fi/omakotitalot/1970-luvunomakotitalo/ongelma-kohtat>

Hilden, K. (2018). Ilmalämpöpumpujen lämmöntuotto. Raportti 7.1.2018

Kaila, P. (1997). *Talotohtori. Rakentajan pikkujättiläinen*. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta YA 50/2013. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130050>

Maankäyttö- ja rakennuslaki. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Metsälä, H. (2014). *Perinnerakennukset ja energiatehokas korjaaminen*. Tampere: Pirkanmaan rakennuskulttuuriyhdistys ry.

Motiva (2012). Pientalon lämmitysjärjestelmät. Haettu 14.8.2017 osoitteesta <http://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/pien-talonlammitysjarjestelmat>

Motiva (2017). Poistoilmalämpöpumppu. Haettu 14.8.2017 osoitteesta [http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu](http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu)

Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä. Ympäristöministeriön asetus (2013) YA 4/13. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://www.ym.fi/download/noname/%7BC811B930-25A1-4CF9-84AA-AC06CA8A182D%7D/31587>

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD 2010/31/EU. Haettu 20.7.2017 osoitteesta <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2015.fi/energiatehokkuussopimukset>

RakMK D3 (2011). Rakennuksen energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Haettu 14.8.2017 osoitteesta

[http://finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012\\_suomi.pdf](http://finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_suomi.pdf)

RakMK D5 (2012). Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Haettu 14.8.2017 osoitteesta

[http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D5-2012\\_suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D5-2012_suomi.pdf)

RT 14–11239 (2016). Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 20.7.2017 osoitteesta

<https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/tuotteet/rt&tuote=/113910>

Säteilyturvakeskus STUK (2016). Radon. Haettu 5.8.2017 osoitteesta

<http://stuk.fi/aiheet/radon>

Vertia Oy (2016). Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa. Raportti. Haettu 5.9.2017 osoitteesta

<http://vertia.fi>

Ympäristöministeriö (n.d.). Valmistaudu korjaushankkeeseen huolella. Haettu 20.7.2017 osoitteesta

<http://www.ymparisto.fi/rakentaminen/korjaustieto/Pientalot/korjaushankkeet/>

Ympäristöministeriö (2016). Kuntoarvio ja – tutkimus kartoittavat rakenteiden tilaa. Julkaisu 30.6.2016. Haettu 20.7.2017 osoitteesta

<http://www.ymparisto.fi/>

Ympäristöministeriö (2016). Valmistaudu korjaushankkeeseen huolella. Julkaisu 30.6.2016. Haettu 20.7.2017 osoitteesta

<http://www.ymparisto.fi/>