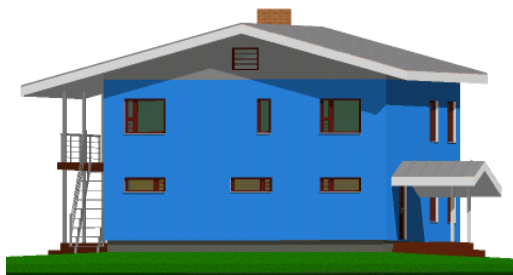


PIENTALON EKOMITTARIT

1. VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖLUKU
2. PIENTALON LÄMMÖNTARVE
3. ENERGIATEHOKKUUDEN HINTA
4. ILMAVUOTOLUKU
5. ENERGIATEHOKKUUDEN JA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN LAATUTÄHDET JA LAATUPISTEET



VTT

Oulun kaupunki, rakennusvalvonta

Martti Hekkanen, Markku Hienonen,
Juhani Ilmarinen, Mikko Kilpeläinen,
Tapio, Klemettilä, Tapani Mäkikyrö,
Tommi Riippa, Pekka Seppälä &
Kauko Tulla

Pientalon ekomittarit

Pientalon ekomittarit

Martti Hekkanen, Markku Hienonen, Juhani Ilmarinen,
Mikko Kilpeläinen, Tapio Klemettilä, Tapani Mäkikyrö,
Tommi Riippa, Pekka Seppälä & Kauko Tulla

ISBN 951-38-6819-2 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6820-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2006

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Kaitoväylä 1, PL 18021, 90571 OULU
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 2090

VTT, Kaitoväylä 1, PB 18021, 90571 OULU
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 2090

VTT Technical Research Centre of Finland, Kaitoväylä 1, P.O. Box 18021, FI-90571 OULU, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 2090

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2006

Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemetilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko. Pientalon ekomittarit [Key methods for energy efficiency and ecological impacts in private housing]. Espoo 2006. VTT Tiedotteita – Research Notes 2354. 43 s. + liitt. 9 s.

Avainsanat small houses, constructions, energy efficiency, technical quality, eco-efficiency, heat conduction, heat consumption, air tightness, thermography, building envelopes

Tiivistelmä

Tutkimuksessa kehitettiin pientalojen ekotehokkuuden mittaamiseksi viisi ekomittaria, jotka ovat:

- vaipan johtumishäviöluku (EM 1)
- pientalon lämmöntarve (EM 2)
- energiatehokkuuden hinta (EM 3)
- ilmapuotoluku (EM 4)
- energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten laatupisteet ja -tähdet. (EM 5).

Ekomittareista laskennallisia ovat mittarit EM 1, EM 2 ja EM 3, kohteessa tehtävään mittaukseen perustuva mittari on EM 4 ja nettikyselyyn rakentuva mittari on EM 5.

Ekomittareiden avulla ohjataan rakennuksen suunnittelua ja toteutusta siten, että pientalon rakentaja tekee suunnittelun aikana valintoja, joilla kohteen energiatehokkuus ja ympäristölle aiheutuvat rasitukset voidaan optimoida.

Ekomittareita testattiin Oulun asuntomessuilla vuonna 2005. Ekomittaria 1 ei kuitenkaan testattu, koska rakennussuunnitelmien taloudellisuuden arviointia ei asuntomessujen yhteydessä tehty. Pääpaino oli ekomittarissa 5, joka pitää sisällään myös ekomittarit 2, 3 ja 4.

Ekomittareita on helppo käyttää, ja niiden avulla voidaan kohteen energiatehokkuutta ohjata. Lämmöntarvelaskelman tekeminen on tällä hetkellä suunnittelijalle haastava asia. Elinkaarilaskelmien käyttö suunnittelun ohjauksessa on erittäin harvinaista. Päättökset tehdään käytännössä edelleen muuhun kuin elinkaarikustannuksiin perustuen.

Ilmapuotoluku on hyvä teknisen laadun mittari. Sitä täydentävä lämpökuvaus todettiin hyödylliseksi rakentamisvaiheen laadunvarmistusmenetelmäksi. Menettelyn kenttätyössä ja raportoinnissa on vielä kehittämistä.

Pientalon tähtiluokitus on Oulun kaupungin kehittämä tavalliselle pienrakentajalle tarkoitettu laadun varmistusmenetelmä. Energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset ovat osa tätä mittaristoa. Menettelyä sovellettiin asuntomessukohteisiin, ja kohteiden välillä voitiin mittarin avulla todeta selkeitä eroja. Yksittäisen kohteen läpikäyminen vaatii aikaa noin 8–12 tuntia, josta energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten arvioinnin osuus on noin 2–3 tuntia.

Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko. Pientalon ekomittarit [Key methods for energy efficiency and ecological impacts in private housing]. Espoo 2006. VTT Tiedotteita – Research Notes 2354. 43 p. + app. 9 p.

Keywords small houses, constructions, energy efficiency, technical quality, eco-efficiency, heat conduction, heat consumption, air tightness, thermography, building envelopes

Abstract

In this research five E-keys were developed for a single family house. These are:

- Total heat conduction (EKey 1)
- Total heat consumption (Ekey 2)
- The price of energy efficiency (Ekey 3)
- Air tightness figure based on thermography and air tightness test of building cover (Ekey 4)
- Quality points and quality stars for energy efficiency and environmental impacts (Ekey 5).

Ekey 1 and Ekey 3 is meant for planning process to optimize the U-values or the efficiency of heat recovery system. By Ekey 2 the total energy consumption can be estimated. Ekey 4 is a quality insurance document but it can also be utilized to find out air leakings from the cover before the interior coverings have been set. The document is appended to the building service manual.

The E-keys were tested in the housing exhibition of Oulu in 2005. The E-keys are simple to use. Some problems still exist. Building planners are not very familiar to heating energy consumption or LCC-analysis. So it is difficult to steer the building plans when the target level is unknown. LCC-analysis is too difficult for ordinary architects or building planners. Although the model EM 3 is very simple, it still demands a lot of work to make architects to use the system. It is obvious that in some cases wrong choices were made due the insufficient economical data.

Thermography and air tightness test is very useful tool. There are still problems in field work, equipments and in documents and reporting.

The mostly used E-key is the star glassification system (Ekey 5). It can be found freely from internet and almost every one can use it. It takes a lot of time (totally about 8–12 hours / building), but compared with the life time of a single family house (50–100 years), it is not waste of time.

Alkusanat

Oulun kaupungin rakennusvalvontavirasto käynnisti vuonna 2003 tutkimushankkeen nimeltä ”Pientalon tekninen laatu”. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää tavallisen pientalorakentajan tarpeisiin teknisen laadunohjauksen menetelmä. Teknisen laadun osatekijät ovat kosteudenkestävyys, sisäilmaston laatu, energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset. Tutkimuksen tulokset ovat kaikkien vapaasti käytettävissä. Teknisen laadun mittaristo on löydettävissä Oulun kaupungin Internet-sivuilta osoitteesta <http://www.pientalonlaatu.fi>.

Tämä julkaisu perustuu energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten kehitystyöstä tehtyyn työraporttiin /8/. Raportti sisältää myös sellaisia asioita, joita varsinaisessa kehitysohjelmassa ei tarkasteltu. Raportissa esitetään pientalon energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten mittaamisessa käytettävät menetelmät – ekomittarit. Ekomittarilla tarkoitetaan laskennallista tai mitattavissa olevaa suuretta, jolla voidaan rakennuksen energiatehokkuuteen ja ympäristövaikutuksiin liittyvää ominaisuutta arvioida. Mittarit ovat suurimmaksi osaksi jo aikaisemmin käytössä olleita, mutta nyt niistä on tehty kokonaisuus, jolla energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten optimointi on mahdollista tehdä.

Kehitystyö tehtiin asiantuntijaryhmässä, johon kuuluivat virastopäällikkö Tapani Mäki-kyrö, laaturaportin päällikkö Pekka Seppälä, tarkastuspäällikkö Tapio Klemettilä, LVI-tarkastusinsinööri Juhani Ilmarinen ja tarkastusinsinööri Markku Hienonen Oulun kaupungin rakennusvalvontavirastosta, professori Mikko Kilpeläinen Oulun yliopistosta, arkkitehti Tommi Riippa Hengitysliitto Heli ry:stä ja ryhmäpäällikkö Kauko Tulla VTT:stä. Projektin johtajana toimi Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston virastopäällikkö Tapani Mäki-kyrö. Tutkimukseen osallistuivat lisäksi VTT:stä tutkija Timo Kauppinen, erikoistutkijat Ilpo Kouhia ja Keijo Kovanen, työtekniikat Erkki Vähsöyrinki ja Pertti Uhlbäck ja tutkimusohjelmajohtaja Terhi Kylmänen. Tutkimuksessa avustivat lisäksi insinöörit Jenni Rönkä, Merja Heikkinen ja Noora Kauhanen Kajaanin ammattikorkeakoulusta.

Tutkimusta ohjasi työryhmä, johon kuuluivat rakennusneuvos Erkki Laitinen ympäristöministeriöstä, toimitusjohtaja Aarne Jussila Rakennustutkimus RTS Oy:stä ja asiakasryhmäpäällikkö Kari Vikström Motivasta. Lämpimät kiitokset rakennusneuvos Teppo Lehtiselle ympäristöministeriöstä ja myös diplomi-insinööri Pekka Leppäselle rakentamista kommentoivista ja kannustuksesta tutkimuksen aikana.

Tutkimusta rahoittivat Oulun kaupunki, VTT ja ympäristöministeriön klusteriohjelma.

Oulussa 24.8.2006

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	6
Keskeiset käsitteet	8
1. Johdanto	13
1.1 Tutkimuksen tausta.....	13
1.2 Tutkimuksessa kehitetyt ekomittarit.....	13
2. Pientalon ekomittarit.....	15
2.1 Ekomittari 1 – vaipan johtumishäviöluku	15
2.2 Ekomittari 2 – pientalon lämmöntarve	17
2.2.1 Tavoitteellinen lämmöntarve	17
2.2.2 Lämmöntarpeen laskeminen	19
2.3 Ekomittari 3 – energiatehokkuuden hinta.....	26
2.3.1 Elinkaarikustannukset	26
2.3.2 Energiatehokkuuden elinkaarikustannukset.....	26
2.4 Ekomittari 4 – ilmavuotoluku.....	30
2.4.1 Ilmavuotoluvun määrittäminen	30
2.4.2 Lämpökuvaus ja pintalämpötilaindeksit ilmavuotoluvun määrittämisen yhteydessä	32
2.5 Ekomittari 5 – teknisen laadun tähtiluokitus	36
3. Johtopäätökset.....	39
3.1 Tulosten hyödynnettävyys.....	39
3.2 Jatkokehitystarpeet	40
Lähdeluettelo	43

Liitteet:

Liite 1: Tutkimuksessa käytetty vertailutalo

Liite 2: Lämmöntarvelaskelma perustalolle

Liite 3: Pientalon teknisen laadun ohjaus ja arvio laadun ohjauksen onnistumisesta Oulun asuntomessuilla vuonna 2005

Keskeiset käsitteet

Ekomittari	Ekomittarilla tarkoitetaan laskennallista tai mitattavaa suu- retta, jolla voidaan mitata tuotteen ekologista toimivuutta.
Ekotehokkuus	Toimintaa, joka tavoitteena on tuottaa enemmän palvelua ja hyvinvointia vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella. /4/
Elinkaari	Rakennuksen elinkaari tarkoittaa rakennuksen taloudellista pitoaikaa, jonka jälkeen rakennus puretaan tai perus- parannetaan.
Energiankulutus	Energiankulutus tarkoittaa kohteessa normaalin käyttöti- lanteen aikana toteutunutta energiantarvetta kilowattitun- teina mitattuna määrätyllä ajanjaksolla. Energiankulutus voidaan ilmoittaa kokonaiskulutuksena tai suhteellisena kulutuksena kohdistettuna huoneistopinta-alaa, bruttopin- ta-alaa tai rakennustilavuutta kohden.
Energiantarve	Energiantarpeella tarkoitetaan rakennuksen lämmön ja sähkön kokonaistarvetta, joka voidaan tyydyttää joko os- toenergialla tai rakennuksessa olevilla järjestelmillä, jotka hyödyntävät uusiutuvia energiamuotoja (auriongon säteily, maahan varastoitunutta lämpöä). Energiantarve on suunnit- teluvaiheessa asetettava tavoite, johon toteutuvaa kulutusta voidaan verrata. Rakennuksen energiantarve on osa pienta- lon tähtiluokitusjärjestelmää ja sisältää seuraavat arvioitavat kohdat: lämmön kokonaistarve, rakenteiden U-arvot ja ra- kennuksen talotekniset järjestelmät. Lisäksi energiantarpeen laatupisteisiin vaikuttavat toteutusvaiheessa tehdyt ratkaisut ja rakennuksen mitattu ilmavuotoluku sekä asumisen aikai- set energiankulutukseen liittyvät ratkaisut.
Energiatehokkuus	Energiatehokkuus on termi, jota teknisen laadun mittaristossa käytetään kuvaamaan rakennuksen energiankulutukseen ja -tarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. Energiatehokkuuteen sisäl- tyy energiankulutuksen lisäksi rakennuksen sellaiset ominai- suudet (lämmöneristysrakenteet, vaipan tiiviys, ilmanvaihto- järjestelmän lämmöntalteenottojärjestelmän vuosihyötysuh- de), joilla on välitön vaikutus energiankulutukseen.

Ilmanpitävyys	Ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan kykyä estää ilmavirtausten pääsy rakenteiden läpi, vrt. rakennuksen tiiviys.
Ilmansulku	Ilmansulku tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle.
Ilmavuotoluku	Ilmavuotoluku tarkoittaa rakennukseen koejärjestelyjen avulla mitattua vuotoilmamäärää, joka siirtyy yhdessä tunnissa vaipan rakenteiden läpi, kun sisä- ja ulkoilman välillä vallitsee 50 Pascalin paine-ero. Yleensä mittaus tehdään siten, että rakennuksen sisälle aiheutetaan alipaine. Ilmavuotolukuun liittyviä määräyksiä ei Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ole, mutta osassa C3 suositellaan, että ilmavuotoluku olisi mahdollisimman pieni ja tavoitearvoksi ilmoitetaan $n_{50} = 1,0$ l/h.
Kestävä kehitys	Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyiselle ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet.
Kestävän kehityksen ekologinen ulottuvuus	Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ja toiminnan sopeuttaminen maapallon luonnonvaroihin ja luonnon sietokykyyn. /5/
Kestävän kehityksen periaatteet	Ekologiset, taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuurilliset reunaehdot, joiden mukaan yritysten ja kansalaisten tulisi järjestää toimintansa. /4/
Kestävän kehityksen ulottuvuudet	Kestävä kehitys sisältää kolme ulottuvuutta: ekologisen, yhteiskunnallisen ja kulttuurisen. /5/
Kiinteistön hoito	Kiinteistön hoito on jatkuva palveluprosessi, jolla käytön kannalta terveelliset ja turvalliset olosuhteet pystytään takaamaan. Omakotitaloissa hoitoon kuuluvat mm. seuraavat tehtävät: rakennuksen hallinnointi ja siihen liittyvät vuosittaiset kustannukset (kiinteistövero, tonttivuokra, vakuutukset, kiinnitykset), rakennuksen lämmönkulutus, rakennuksen sähkönkulutus, rakennuksen vedenkulutus,

	<p>rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien vuosittaiset tarkastukset ja huollot, tietoliikenneyhteydet ja niistä aiheutuvat kustannukset, jätehuollon toteutus ja siitä aiheutuvat kustannukset, ulko-alueiden hoitokustannukset, siivouskustannukset.</p>
Kiinteistönpito	<p>Kiinteistönpito käsittää kaikki juridiset, taloudelliset, hallinnolliset ja tekniset toimet, jolla kiinteistössä olevan toiminnan jatkuva häiriötön sujuvuus voidaan turvata. Kiinteistönpidossa pyritään noudattamaan kestävän kehityksen periaatteita ja takaamaan käyttäjille terveelliset ja turvalliset olosuhteet sekä sisätiloissa että rakennuksen ulkopuolella.</p>
Kunnossapito	<p>Kunnossapito tarkoittaa määrävälein tehtävää korjausta, jonka tavoitteena on palauttaa rakennusosan alkuperäinen laatutaso. Kunnossapitotoimenpide toistetaan kunnossapitojaksojen välein.</p>
Käyttöikäsuunnittelu	<p>Käyttöikäsuunnittelu tarkoittaa toimintatapaa, jolla suunnitteluvaiheessa varmistetaan, että rakentaminen toteuttaa kestävän kehityksen periaatteita.</p>
Käyttökätavoite	<p>Käyttökätavoite on rakennuksen osalle asetettu tavoiteikä, joka sen tulisi saavuttaa, kun se pidetään hoidolla ja kunnossapidolla toiminnan vaatimukset täyttävässä kunnossa.</p>
Laatupiste	<p>Laatupiste tarkoittaa teknisen laadun ohjausjärjestelmässä ominaisuudelle annettavaa painoarvoa, jonka merkitys riippuu ominaisuuden merkityksestä osana arvioitavaa kokonaisuutta. Laatupisteitä on kussakin laadun ohjauksen osamittaristossa 100. Suunnitteluvaiheessa kiinnittyy laatupisteistä 80, toteutusvaiheessa 10 ja asumisen yhteydessä 10.</p>
Laatupisteen hinta	<p>Laatupisteen hinta tarkoittaa rahassa mitattavaa hintaa, joka joudutaan uhraamaan, kun ominaisuuden laatupisteiden määrää halutaan nostaa. Laatupisteen hinta määritellään hankintahinnan perusteella. Lisäksi voidaan laskea vaihtoehtojen elinkaarikustannusten ero, joka mittaa suoraan laadun hinnan aiheuttamaa muutosta.</p>

Lämmin tila	Lämmin tila on sellainen tila, jonka mitoittavaksi huone- lämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä valitaan +17 °C tai sitä korkeampi lämpötila. Rakennuksen ilmatilavuus mitataan huonealan mittausperiaatteita nou- dattaen.
Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo	Lämmönläpäisykerroin U ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpöti- laero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään W/(m ² K).
Lämpötilaindeksi	Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpöteknistä toimivuutta.
Pientalojen tähtiluokitus	Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston kehittämä tavalliselle pientalorakentajalle tarkoitettu teknisen laadun ohjausjärjestelmä, joka koostuu seuraavista osista: raken- nuksen kosteudenkestävyys, rakennuksen sisäilmasto, ra- kennuksen energiantarve ja rakennuksen ympäristövaiku- tukset. Tähtiluokituksessa yksi tähti tarkoittaa viran- omaismääräysten minimivaatimukset täyttävää rakennusta ja viisi tähteä erinomaista teknisen laadun toteutusta.
Rakennuksen huoltokirja	Ks. rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje.
Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeella tarkoitetaan kiin- teistönpitoa tukevaa kiinteistökohtaista asiakirjakokonai- suutta. Käyttö- ja huolto-ohjeesta käytetään myös nimitystä ”huoltokirja”.
Rakennuksen vaippa	Rakennuksen vaippaan sisältyvät ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu raken- nuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennus- osat. Vaippaan kuuluvat siten alapohja, ulkoseinät, yläpoh- ja, ikkunat ja ulko-ovet. Vaipan rakenteiden määrät mita- taan suunnitelmista bruttopinta-alan mittausperiaatteita noudattaen.

Taloudellinen pitoaika	Rakennuksen tai rakennuksen osan taloudellinen pitoaika tarkoittaa ajanjaksoa, jolloin rakennus tai sen osa kannattaa ylläpitää toiminnan vaatimukset täyttävässä kunnossa. Pientalon taloudellisena pitoaikana käytetään 100 vuotta.
Ylläpito	Ylläpito on toimintaprosessi, jolla kiinteistönpidon tavoitteet siirretään käytäntöön. Ylläpitokustannuksiin sisältyvät kiinteistön hoidosta aiheutuvat vuosittaiset kustannukset, säännöllisin väliajoin syntyvät kunnossapitokustannukset ja kiinteistössä toiminnan muutoksista johtuen tehtävät peruseräparannus- ja muutosrakentamiskustannukset.

1. Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Oulun kaupungin rakennusvalvontavirasto käynnisti tammikuussa 2003 pientalojen teknisen laadunohjauksen projektin. Projektin tarkoituksena oli tuottaa tavalliselle pientalorakentajaperheelle rakennuksen teknisen laadun arviointiin helppokäyttöinen ja hyviin teknisiin valintoihin ohjaava ja kannustava suunnittelujärjestelmä. Menettelyyn sisältyvät seuraavat osat: kosteudenkestävyys, sisäilman laatu, energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset.

Ympäristöministeriö myönsi tutkimukselle tutkimusmäärärahan toukokuussa 2003. Kehitystyö ja testaus kytkettiin kiinteästi Oulussa vuonna 2005 pidettäville valtakunnallisille asuntomessuille.

Tutkimuksen tuloksena kehitettiin pientalojen teknisen laadun mittaristo (ks. <http://www.pientalonlaatu.fi>, jota sovellettiin Oulun asuntomessuilla vuonna 2005. Tutkimuksesta on laadittu loppuraportti /7/ ja VTT:n työraportti /8/. Tässä julkaisussa esitetään ekomittarit, jotka tutkimuksessa kehitettiin ja joiden toimivuutta käytännössä on arvioitu noin kahden vuoden ajan. Ekomittarit on tarkoitettu pientalojen energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten arviointiin ja suurin osa niistä on kaikkien vapaasti käytettävissä.

1.2 Tutkimuksessa kehitetyt ekomittarit

Pientalojen ekotehokkuuden ekomittarit ovat:

Vaipan johtumishäviöluku, joka kuvaa rakennuksen suunnitteluratkaisun ja rakenteiden U-arvon perusteella vaipan kokonaisjohtumishäviötä (yksikkö W/ K) ja suhteellinen johtumishäviöluku, joka kuvaa suunnitteluratkaisun energiataloudellisuutta (yksikkö W/ asm^2 K).

Pientalon lämmöntarve, joka määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskentamallin pohjalta kehitetyllä laskentaohjelmalla. Tutkimuksessa kehitettiin kaksi laskentaohjelmaa: VTT Energiasenior ja VTT Energiajunior. Jälkimmäinen laskentaohjelma on yleisessä käytössä ja löydettävissä Internetistä. (ks. <http://www.pientalonlaatu.fi>). Lämmöntarvelaskelman perusteella kohteelle voidaan tulostaa sertifikaatti, jossa esitetään kohteen kokonaislämmöntarve, ostettava lämpöenergian määrä ja kustannukset, lämmitysenergian kulutusluokka, sähköenergian tavoitekulutus ja kustannukset vuodessa sekä lämmityksen ja sähkön kulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vuodessa.

Energiatehokkuuden hinta, jonka avulla voidaan rakennuksen vaipan (alapohja, ulkoseinät, ikkunat, ulko-ovet ja yläpohja) elinkaarikustannukset laskea ja laskelman perusteella päättää, minkälaisia rakenteita kohteessa kannattaa käyttää. Energiatehokkuuden hinta perustuu nykyarvomenetelmällä laskettuihin elinkaarikustannuksiin. Vaipan elinkaarikustannuslaskelman lisäksi hinta voidaan tehdä ilmanvaihtojärjestelmälle. Tutkimuksessa kehitettiin kaksi laskentaohjelmaa: VTT Ympäristösenior ja VTT Ympäristöjunior. Jälkimäinen ohjelma on löydettävissä Internetistä (ks. <http://www.pientalonlaatu.fi>).

Ilmavuotoluku perustuu kohteessa tehtävään tiiviysmittaukseen ja lämpökamerakuvaukseen. Kenttätutkimuksessa paikannetaan rakenteiden lämpötekniiset puutteet ja ilmavuodot lämpökamerakuvauksella. Tulokset esitetään laatutodistuksena, joka liitetään pientalon käyttö- ja huolto-ohjeisiin.

Energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten teknisen laadun pisteet, jotka ovat osa pientalon tähtiluokitusta (ks. <http://www.pientalonlaatu.fi>).

2. Pientalon ekomittarit

2.1 Ekomittari 1 – vaipan johtumishäviöluku

Vaipan johtumishäviöluku lasketaan kuvassa 1 esitettävällä tavalla. Lähtötietoina tarvitaan rakenteiden pinta-alat, U-arvot ja rakennuksen asuntopinta-ala. Kokonaisjohtumisluku muodostuu alapohjan, yläpohjan, ikkunoiden, ulko-ovien ja ulkoseinien johtumislukujen summana. Mitä suurempi johtumisluku on, sitä suuremmat ovat johtumishäviöt. Kun kokonaisjohtumishäviöluku jaetaan asuntopinta-alalla, saadaan energiataloudellisuutta mittaava vaipan johtumisluku. Suunnitteluratkaisua ja rakennevalintoja voidaan pitää energiataloudellisuudeltaan erinomaisena, kun asunnon johtumishäviöluku on pienempi kuin $0,5 \text{ W/asm}^2 \text{ K}$. Nykymääräysten mukaisilla rakenteilla ja taloudelliseltaan kohtuullisella rakennussuunnitelmalla tavanomainen johtumishäviöluku on $0,5\text{--}0,8 \text{ W/asm}^2 \text{ K}$. Jos johtumishäviöluku on tätä korkeampi, kannattaa suunnitteluratkaisun kehittämistä ja rakenteiden U-arvojen parantamista vakavasti pohtia.

Oulun asuntomessuilla viisi laatutähteä saneen kohteen vaipan johtumishäviöluku oli määräysten mukaisilla U-arvoilla 1,03. Kohteessa käytetyillä U-arvoilla johtumishäviöluvuksi muodostui 0,63. Suunnitteluratkaisun vaikutus energiataloudellisuuteen on erittäin suuri eikä sitä tule missään olosuhteissa jättää ottamatta huomioon. Oikeilla rakennevalinnoilla voidaan kuitenkin energiataloudellisuuteen vaikuttaa, ja suunnitteluratkaisultaan kallis kohde voidaan saada energiatehokkuudeltaan hyväksyttävälle tasolle. Rakenteiden optimointi tulee tehdä elinkaaritarkastelujen avulla.

1. Mikä on talon asuntopinta-ala, asm^2 ?	<input type="text"/>	(1)
2. Mikä on talon		
alapohjan pinta-ala (sisämittojen mukaan), m^2	<input type="text"/>	(2)
yläpohjan pinta-ala (sisämittojen mukaan), m^2	<input type="text"/>	(3)
ikkunoiden pinta-ala (ulkomittojen mukaan), m^2	<input type="text"/>	(4)
ulko-ovien pinta-ala (ulkomittojen mukaan), m^2	<input type="text"/>	(5)
ulkoseinän pinta-ala (ulkomittojen mukaan), m^{2*}	<input type="text"/>	(6)
* rakennuksen piiri * rakennuksen korkeus alapohjaeristeen alapinnasta yläpohjaeristeen yläpintaan ikkunoiden ja ulko-ovien pinta-alat vähennetään		
3. Mikä on		
alapohjan U-arvo, $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(7)
yläpohjan U-arvo, $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(8)
ikkunoiden U-arvo, $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(9)
ulko-ovien U-arvo, $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(10)
ulkoseinän U-arvo, $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(11)
4. Mikä on vaipan kokonaisjohtuvuus, W/K		
alapohjan johtumisluku $\text{W}/\text{asm}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(2*7)
yläpohjan johtumisluku $\text{W}/\text{asm}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(3*8)
ikkunoiden johtumisluku $\text{W}/\text{asm}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(4*9)
ulko-ovien johtumisluku $\text{W}/\text{asm}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(5*10)
ulkoseinän johtumisluku $\text{W}/\text{asm}^2 \text{K}$	<input type="text"/>	(6*11)
YHTEENSÄ:	<input type="text"/>	(12)
5. Mikä on vaipan johtumisluku, $\text{W}/\text{k}, \text{asm}^2$	<input type="text"/>	(12)/(1)

Kuva 1. Vaipan johtumishäviöluvun laskeminen. Vaipan lämmönkulutus aiheutuu alapohjan, ulkoseinän, yläpohjan, ikkunoiden ja ulko-ovien kautta johtuvasta lämpöenergiasta. Lämmöntarpeeseen vaikuttaa rakenteiden määrä ja rakenteen lämmöneristävyys eli U-arvo.

Vaipan johtumishäviöluku riippuu rakennuksen asuntopinta-alasta, bruttopinta-alasta, lämmitettävästä rakennustilavuudesta ja rakenteiden U-arvoista. Asumisen tarpeista lähtevä tilojen toiminnan suunnittelu edeltää ekomittarin 1 käyttöä. Ekomittarilla 1 voidaan alustavat tilaohjelmat ja suunnitteluratkaisut saattaa vertailukelpoiseen muotoon. Ekomittareilla 2 ja 3 saatavat tulokset ovat samansuuntaisia ekomittarin 1 kanssa.

1. Aseta asumiselle vaatimukset.
2. Muuta vaatimukset tilaohjelmaksi, jossa vaatimukset konkretisoituvat tiloilta vaadittaviksi ominaisuuksiksi.
3. Laadi tilaohjelman perusteella vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja ja mittaa laajuustiedot
4. Laske vaihtoehtojen vaipan johtumishäviöluvut ja vertaa niitä keskenään.
5. Jos vaipan johtumishäviöluku on $1,0 \text{ W/K asm}^2$, kuluu vaipan kautta lämmitysenergiaa elinkaaren aikana 1200 MWh ja tämä lämpömäärä kuormittaa ilmastoa 300 tonnilla hiilidioksidia.

2.2 Ekomittari 2 – pientalon lämmöntarve

2.2.1 Tavoitteellinen lämmöntarve

Energiatehokas pientalo on energiaa säästävää, viihtyisää, toimivaa ja terveellinen, jolle on ominaista:

- rakennuksen vaipan hyvä lämmöneristävyys
- rakennuksen vaipan hyvä ilmanpitävyys
- hallittu ilmanvaihto ja lämmöntalteenotto poistoilmasta sekä
- uusiutuvien energialähteiden ja kotimaisten energialähteiden hyödyntäminen.

Taulukossa 1 esitetään määräysten mukaan rakennetun ja energiatehokkaan omakotitalon lämmöntarve Pohjois-Suomessa (Oulu). Taulukossa esitettäviä lukuja voidaan pitää tavoitteellisina, joihin on mahdollista päästä kun suunnitteluratkaisu on taloudellinen, vaipan ilmanpitävyys on erinomainen (ilmavuotoluku = $1,0 \text{ l/h}$), ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenottojärjestelmä toimii suunnitelman mukaisesti ja kotimaista energiaa (puu) ja uusiutuvia energialähteitä (aurinko) hyödynnetään. Kohde, jolle kulutustavoite on laskettu, on esitetty liitteessä 1.

Auringosta saatavan energian ja kotimaisen biopolttoaineen hyötyenergian osuus on arvio. Laskelma osoittaa, että nykyisellä teknologialla meillä on mahdollisuus rakentaa omakotitaloja, joissa ei käytännössä tarvita juuri lainkaan lämmitykseen ostettavaa energiaa. Etelä-Suomessa lämmöntarve on vielä 15 % taulukossa 1 esitettyä pienempi.

Uusiutuvien energiamuotojen ja bioenergian käyttö on toistaiseksi hyvin vähäistä. Puun pienpolttoon liittyy lisäksi ympäristöterveydellisiä riskejä. Taulukossa esitettävät luvut ovat arvioita, joihin käytännössä päästään, jos rakennuksessa on noin 12 m²:n aurinkokeräin ja koivupuuta poltetaan tehokkaassa, varaavassa tulisijassa noin 1 kiinto-m³ vuodessa.

Taulukko 1. Suunnitteluratkaisultaan taloudellisen pientalon lämmöntarve, kun kohde toteutetaan rakentamismääräysten minimivaatimusten mukaisesti (normaalitalo) ja matalaenergiatalona. Tarkastelupaikkakunta on Oulu.

Lämmöntarpeen aiheuttaja	NORMAALITALO	MATALA-ENERGIATALO
	kWh/asm ² , v	kWh/asm ² , v
Alapohja	16	10
Ulkoseinät	28	17
Yläpohja	10	5
Ikkunat	25	18
Ulko-ovet	6	3
Yhteensä 1	85	53
Vuotoilmanvaihto	20	6
Hallittu ilmanvaihto	35	20
Yhteensä 2	140	79
Lämmin käyttövesi	23	23
Yhteensä 3	163	102
Sisäiset energiat	-47	-58
Yhteensä 4	116	44
Aurinko	0	-10
Kotimainen bioenergia	-5	-20
Ostettava lämpöenergia	111	14

Lähteissä /1/, /2/ ja /3/ on käsitelty energiatehokkaan pientalon rakentamista. Lisäksi Motivan Internetsivuilta /<http://www.motiva.fi/> löytyy runsaasti tietoa energiatehokkaasta rakentamisesta ja ylläpidosta. Rakenteellisia ratkaisuja on löydettävissä mm. lämmöneristevalmistajien Internetsivustoilta.

2.2.2 Lämmöntarpeen laskeminen

Pientalon lämmöntarve lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitettävällä tavalla. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve muodostuu koneellisen ilmanvaihdon lämmitysenergiasta, käyttöveden lämmitysenergiasta ja tiloihin lämmityslaitteilla tuotavasta energiasta. Tilan energiankulutuksen muodostavat rakenteiden johtumislämpöhäviöt, vuotoilman ja korvausilman lämmittäminen sekä tuloilman lämmittäminen tuloilman lämpötilasta sisäilman lämpötilaan. Tiloihin tuotava nettoenergia saadaan vähentämällä tilan lämpöhäviöistä sisäisistä lämmönlähteistä hyödyksi saatava lämpö.

Tutkimuksessa kehitettiin lämmöntarpeen arviointia varten kaksi laskentaohjelmaa: VTT Energiasenior ja VTT Energiajunior. VTT Energiaseniorilla voidaan lämmöntarpeen lisäksi tarkastella uusiutuvien lämmitysmuotojen ja tukilämmitysjärjestelmien merkitystä ostettavan lämmitysenergian tarpeeseen. Ohjelmalla voidaan lisäksi laskea talon ostoenergian vuosittainen hinta ja lämmityksestä ja sähkön käytöstä aiheuttavat hiilidioksidipäästöt. Edelleen ohjelmalla voidaan tuottaa talolle energiatodistus. Ohjelma on tällä hetkellä tutkimuskäytössä. Kuvissa 2–4 esitetään VTT Energiasenior -ohjelmasta saatavat tulosteet. Tutkimuksessa laadittiin kaikille Oulun asuntomessutaloille energiasertifikaatit. Sertifikaatteja ei kuitenkaan julkaistu asuntomessujen yhteydessä, koska Suomessa on parhaillaan käynnissä rakennusten energiatodistuksiin liittyvä kehitystyö.

Teknisen laadun mittaristoon liitettiin VTT Energiajunior -laskentaohjelma (ks. kuvat 5 ja 6). Ohjelmalla voidaan myös laskea tavoitekulutus, mutta tässä ohjelmassa ole mahdollisuutta tehdä paikkakuntaakohtaisia tarkasteluja eikä ohjelma tulosta energiankulutuksen sertifikaattia.

Kohde nro

Villa Laivakello



Talo päädyistä 1:100

Omistaja
Katuosoite
Tarkastelupaikkakunta
Rakennusvuosi
Kerrostien lukumäärä
Bruttoala, brm²
Asuntopinta-ala, asm²
Mitattu ilmavuotoluku
Rakennustilavuus, rm³

Helena ja Pekka Seppälä

Oulu

2005

2

229

191

1,2

720

Asukasmäärä

5

Tilatehokkuus

1,20

Kerroskorkeus

3,77

Rakenteet

	RakMK	Kohde
ala, m ²	U-arvo /A	U-arvo/U
Alapohja 1	110	0,25
Alapohja 2		
Ulkoseinä 1	212	0,25
Ulkoseinä 2		
Yläpohja 1	87	0,16
Yläpohja 2		
Ikkunat 1	56	1,4
Ikkunat 2		
Ulko-ovet	16	1,4
Ulko-ovet 2	0	

Johtumisluku (W/asm² K)

RakMk	Kohde
0,144	0,09
0,000	0,00
0,277	0,17
0,000	0,00
0,073	0,04
0,000	0,00
0,410	0,29
0,000	0,00
0,117	0,05
0,000	0,00
1,02	0,63

Talotekniikka

	RakMk	Kohde
Vedenkulutus, dm ³ /hlö, vrk	120	120
Ilmanvaihto, 1/h	0,5	0,5
Vuotoilmanvaihto, 1/h	0,2	0,075
Lämmöntalteenotto - %	30	60
Säätöjärj. hyötysuhde, %	80	100
IV:n käyttöaika, %	100	100
Aurinkeräimen pinta-ala		12

Uusiutuvat energia On

Maalämpö	0	
Aurinko	-2400	X
Takka	-4000	X
Yhteensä	-6400	

Poltettava puumäärä, m³/V

1

Sähkölaitteet

Valaistus, kWh/htm², v
Taloussähkö, kWh/vrk
Sähkökiukaan teho, KW
Kiuas päällä, krt/viikko
Lattialämmitys, kWh/m²

12

8

6

2

IV-laitteet

Puhallin, kWh/vrk Takan teho, kW
Sähköinen jälkilämmitysvastus, kwh/vrk
Muu sähköntarve

2,5

Kuva 2. Perustietojen syöttölomake, VTT Energiasenior.

VTTENERGIASENIOR				KULUTUSTAVOITTEET	
Kohde nro:	/illa Laivakello				
Lämmöntarve	Normitalo	MEPI-talo			
	RakMk	Kohde	Ero	RAKMK	Kohde
	kWh/v	kWh/v	kWh/v		
Johtumishäviöt	18797	7575	-11221	50 %	41 %
alapohja	3300	1980	-1320		
ulkoseinät	6360	3816	-2544		
yläpohja	1670	835	-835		
ikkunat	9408	6720	-2688		
ulko-ovet	2688	1152	-1536		
Sisäiset energiat	-10907	-13634	2727		
Ilmanvaihto	6618	3782	-2836	18 %	21 %
Vuotoilmanvaihto	3782	1418	-2364	10 %	8 %
Lämmin käyttövesi	4380	4380	0	12 %	24 %
Paikkakuntakorjaus	4222	1118	-3104	11 %	6 %
Yhteensä	37799	18273	-19525	100 %	
kWh/htm² , vuosi	197,9	95,7			
kWh/rm³ , vuosi	52,5	25,4	48 %		
Vaipan johtumisluku W/asm ² K		0,63			
Vaipan johtumisluku, W/K		121			

Sähköntarve (ei lämmitys)		
	kWh/v	kWh/htm ²
Taloussähkö	2920	15,3
Valaistus	2292	12
Ilmanvaihto + lämmitys	913	4,8
Sähkökiuas	936	4,9
Muu sähköenergia	0	0
Yhteensä	7060,5	37,0

Kokonaisenergiantarve				
	BRUTTO		NETTO	
	kWh/v	kWh/htm ²	kWh/v	kWh/htm ²
Lämmitysenergiankulutus	18273	96	11873	62
Sähköenergiankulutus	7061	37	7061	37
Kokonaisenergiankulutus	25334	133	18934	99

Kuva 3. Kulutustavoitteet, VTT Energiasenior.

Kohde nro: Villa Laivakello

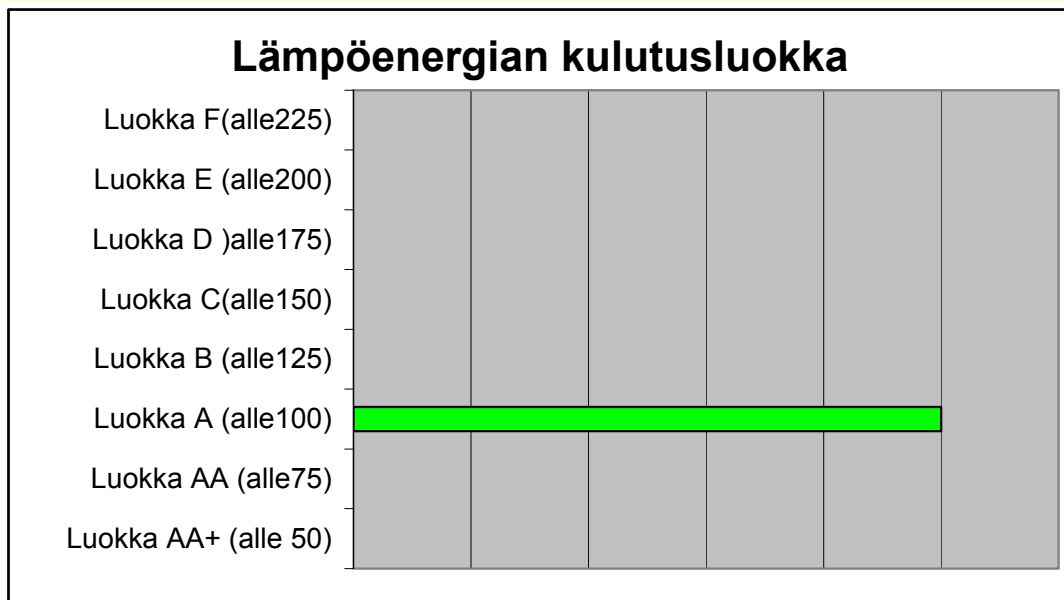
Omistaja: Helena ja Pekka Seppälä

Hinta	€/kwh	CO ₂ -päästöt	g/kWh	€/tn
Lämpö	0,06	Lämpö	250	16
Sähkö	0,12	Sähkö	250	16

	Ostettavan lämpöenergian määrä ja hinta vuodessa		CO ₂ -päästöt ja päästön hinta	
	kWh	€	kg	€
Rakenteet *	8134	488,069	2034	33
Hallittu ilmanvaihto *	4341	260,45	1085	17
Vuotoilmanvaihto	1418	85,0905	355	6
Käyttöveden lämmitys	4380	262,8	1095	18
Yhteensä	18273	1096	4568	73

* paikkakunnasta johtuva lämmöntarve on kohdistettu rakenteiden ja hallitun IV:n kulutukseen (50/50)

Sähkön hinta vuodessa	kWh	€	kg	€
Taloussähkö + sauna	3856	462,72	964	15
Valaistus	2292	275,04	573	9
Muu sähköntarve	913	109,5	228	4
	7060,5	847,26	1765	28



Kuva 4. Sertifikaatti, VTT Energiasenior.

KOHTEEN PERUSTIEDOT

Kohde	Villa Laivakello	Bruttopinta-ala	229	kem ²
Osoite		Asutuspinta-ala	191	asm ²
Laatija		Rakennustilavuus	857	rm ³
E-hinta		Lämmin rakennustilavuus	857	rm ³
Palaa liittymään		Lämmitystarveluku, S ₁₇	5264	°Cvrk

1 Vaipan rakenteet	RakMk:n minimivaatimus U-arvon osalta	m ²	U-arvo
Alapohja, maanvarainen	0,25	110	0,15
Alapohja, tuulettuva	0,16		
Ulkoseinä	0,25	212	0,15
Yläpohja	0,16	87	0,075
Ikkunat	1,40	56	1,00
Ulko-ovet	1,40	16	0,6
		m ²	%
Ikkunoiden suuntaus	Etelä	31	
	Länsi	8	
	Pohjoinen	4	
	Itä	14	

100

Asukkaiden lukumäärä	kohteessa vakituiseista asuvat ihmiset	5	hlö
Vedenkulutuksen tavoite	keskimäärin 100–150 l /hlö, vrk	120	l/hlö, vrk
Taloussähkönkulutuksen tavoite	Viitearvo, 52 kWh/asm ² (RET)	37	kwh/asm ²
Valaistuksen sähkönkulutuksen tavoite	Viitearvo, 10 kWh/asm ² (RET)		kwh/asm ²
Lämmitys- ja iv- järjestelmän sähkönkulutuksen tavoite	Viitearvo, 13 kWh/asm ² (RET)		kwh/asm ²
Mikä on rakennuksen ilmanvuotoluku?	Ilmanvuotoluku on pientaloissa keskimäärin 1–5	1,25	1/h
Mikä on Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, %	RakMk:n minimivaatimus 30 %	64	%
Onko ilmanvaihdon sähköinen jälkilämmitysvastus?	Lisää laitesähkönkulutusta 30 kWh/asm ²		x = kyllä
Onko rakennuksessa aurinkokeräin?	Alentaa lämmönkulutusta 3000 kWh/vuosi	x	x = kyllä
Onko rakennuksessa maalämpöpumppu?	Alentaa primäärienergian tarvetta 50 %		x = kyllä

Kuva 5. Lähtötietojen syöttö, VTT Energiajunior.

VTT ENERGIA JUNIOR 1.0				Suhteellinen eristystaso kuvaa kohteessa käytettyjen rakenteiden ja RakMK:n minimivaatimusten suhdetta. Mitä alaisempi luku on, sitä paremmat ovat rakenteet.			
Kohde	Villa Laivakello	229	brm ²	kokonaiskerrosala			
Osoite	0 191	asm ²	asuntopinta-ala				
Laatija	0 857	rm ³	rakennustilavuus				
		857	rm ³	lämmin rakennustilavuus			
Paluu		5264	°Cvrk	Lämmitystarveluku, S ₁₇			
KOHDE		(1)	(2)	(1 * 2)			
Normi Mepi	1 Vaipan rakenteet	u-arvo *	m ² **	W/Km ²	2 Asukkaiden lkm, hlö	5	
	Alapohja,maanvarainen	0,15	110,00	16,5	3 Vedenkulutus, l/hlö,vrk**	120	
	Alapohja, tuulettuva	0,00	0,00	0	4 Ikkunoiden suuntaus, %		
	Ulkoseinä	0,15	212,00	31,8	etelä	länsi	itä
	Yläpohja	0,08	87,00	6,525	0 %	0 %	0 %
	Ikkunat	1,00	56,00	56			
	Ulko-ovet	0,60	16,00	9,6	5 LTO:n vuosihyötysuhde, %***	64	
	* tähän merkitään kohteessa käytetty u-arvo			0,63	6 Ilmanvuotoluku, 1/h****	1,3	
	** tähän merkitään suunnitelmasta mitatut pinta-alat.					7 Taloussähkö, kWh /v *	7067
	Suhteellinen eristystaso			62 %	8 Aurinkokeräin	X	
						9 Maalämpöpumppu	0
						** oletusarvo 120 l/hlö,vrk.	
						*** RakMK:n minimivaatimus, käytetään todellista LTO:n vuosihyötysuhdetta.	
						**** jos tiedossa kohteessa mitattu ilmanvuotoluku, käytetään sitä.	
	Päästöjen arviointi						
	Kansi						
Lämmöntarve				Kwh/asm ²			
	Johtumishäviöt	kWh	kWh/asm ²	Normitalo	249		
		17899	94	Kohde	99,2		
	alapohja	2452		MEPI-talo	101,1		
	ulkoseinä	4726					
	yläpohja	970					
	ikkunat	8323					
	ulko-ovet	1427					
	Hallittu ilmanvaihto	6362	33				
	Vuotoilmanvaihto	2209	12				
	Lämmin käyttövesi	4380	23				
	Sisäiset lämpöenergiat	-11908	-62				
	Yhteensä	18942	99	CO ₂ -päästöt			
	Aurinkokeräin	-3000	-15,7				
	Maalämpö	0	0,0	CO ₂ -päästöt			
	Yhteensä	-3000	-16	kg	kg/asm ² · v		
				-750	-3,9		
	Lämpö ja sähkö yhteensä	23009	120	5752	30,1		
	Kokonaislämmönkulutus suhteessa RakMK:n mukaisen talon lämmönkulutukseen			53 %			
	Kokonaislämmöntarve suhteessa määräysten mukaiseen lämmöntarpeeseen, kun uusiutuvien energiamuotojen käyttö on otettu huomioon.			45 %			

Kuva 6. Tulostuslomake, VTT Energiajunior.

Lämmöntarve lasketaan joko VTT Energiajunior- tai VTT Energiasenior-ohjelmalla. Lämmöntarve ilmoitetaan kokonaisenergian kulutuksena ja ostoenergian tarpeena, jolloin kokonaiskulutuksesta vähennetään uusiutuvista energiamuodoista hyödyksi saatava energia. Teknisen laadun tähtiluokituksessa on kokonaisenergiantarpeelle asetettu kriteerit muodossa kWh/asm² vuodessa. Tähtiluokituksessa kokonaislämmöntarveluokitus on seuraava (ks. taulukko 2).

Taulukko 2. Lämmöntarpeen tavoitekulutusluokat Pientalon tähtiluokitus -menettelyssä.

Pientalon vuosittainen lämmöntarve	Tähtiluokituksen energialuokka	Laatupisteet
alle 165 kWh/asm ²	e	6
alle 150 kWh/asm ²	d	10
alle 135 kWh/asm ²	c	14
alle 110 kWh/asm ²	b	18
alle 95 kWh/asm ²	a	22
alle 85 kWh/asm ²	a+	26
alle 75 kWh/asm ²	a++	30

Tähtiluokitusmenettelyssä palkitaan lisäksi uusiutuvien energiamuotojen käyttämisestä 6 laatupisteellä, kun yksikin seuraavista kriteereistä on voimassa

- maalämpöenergian nettotuotto on vähintään 8 000 kWh vuodessa
- aurinkoenergian nettotuotto on vähintään 2 500 kWh vuodessa
- ilmalämpöenergian nettotuotto on 1 500 kWh vuodessa tai
- tuulienergian nettotuotto on vähintään 2 500 kWh vuodessa.

Uusiutuvien energiamuotojen ja biopolttoaineesta hyödyksi saatavan energian arvioimiseksi ei ole olemassa yleistä ohjetta. Tarkastelu tehdään valmistajan ohjeen mukaan erillislaskelmana.

<p>1. Määritä kohteelle lämmöntarve.</p> <p>2. Tarkastele lämmöntarpeen jakautumista vaipan johtumishäviöiden, ilmanvaihdon, vuotoilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden osalta.</p> <p>3. Arvioi sisäisten lämpöenergian lähteiden merkitystä lämmöntarvetta pienentävänä tekijänä.</p> <p>4. Laadi lämmöntuottolaskelma, jossa otat huomioon uusiutuvien lämmitysenergian lähteiden ja kotimaisen polttoaineen merkityksen lämmöntarpeen kattamisessa.</p> <p>5. Jos rakennuksen ostettava lämmöntarve on 150 kWh/asm² vuodessa, ovat siitä aiheutuvat kustannukset elinkaaren (100 v.) aikana noin 15 0000 euroa.</p>	<div style="border: 1px solid black; height: 100%; width: 100%;"></div>
---	---

2.3 Ekomittari 3 – energiatehokkuuden hinta

2.3.1 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannukset muodostuvat investointikustannuksista, joihin lisätään elinkaaren aikaiset hoito- ja kunnossapitokustannukset. Jotta eri aikoina syntyviä kustannuksia voidaan verrata, pitää tulevaisuudessa syntyvät kustannukset muuttaa nykyhetkeen. Tämä tapahtuu diskonttauksen avulla. Diskonttausta varten tarvitaan tieto laskentakorosta eli rahan hinnasta ja toimenpiteen suoritusajankohdasta nykyhetkeen verrattuna. Esimerkki 1 kuvaa omakotitalon elinkaarikustannusten muodostumista.

*Esimerkki 1. Omakotitalon hankintahinta on 250 000 euroa. Omakotitalon vuosittaiset ylläpitokustannukset (lämmitys, kiinteistövero, sähkö, vesi, vakuutukset, tonttivuokra, jätehuolto, huolto- ja korjaukset) ovat noin 4 000 euroa. Jos talon pitoaika on 50 vuotta ja rahan hintaa ei oteta huomioon (laskentakorko on 0 %), ovat elinkaarikustannukset yhteensä $250\,000\text{ €} + 50 * 4\,000\text{ €} = 450\,000\text{ €}$. Tähän on lisäksi lisättävä kohteen jäännösarvo pitoajan päättyessä. Jos kunnossapito tehdään suunnitelmallisesti, on kohde teknisesti 50 vuoden kuluttua nykyistä vastaavassa kunnossa, jolloin jäännösarvo olisi 250 000 euroa. Nollakorolla elinkaarikustannukset ovat siten 700 000 euroa.*

Rahoituksella on aina hinta. Kun hankinta joudutaan tekemään lainarahoituksella, pitää nykyhetkellä kuluvaan rahaa arvostaa enemmän kuin tulevaisuudessa syntyviä kustannuksia. Esimerkiksi 4 %:n laskentakorolla omakotitalon elinkaarikustannukset ovat $250\,000 + 21 * 4\,000 + 0,14 * 250\,000 = 36\,9000$ euroa. Kerroin 21 on diskonttaustekijä, jossa vuosittain toistuva kustannus muutetaan nykyarvoksi. Eli tallettamalla nykyhetkellä $21 * 4\,000$ euroa pankkitilille, josta saadaan 4 %:n korkoa, voidaan tulevaisuudessa syntyvät kustannukset kattaa.

Laskentakorolla eli rahan hinnalla on elinkaarikustannuksiin suuri merkitys. Myös pitoajan merkitys on suuri, joten nykyhetkellä halpa tuote, joka joudutaan uusimaan esimerkiksi viisi kertaa pitoajan kuluessa, voi muodostua elinkaaritarkastelussa hyvinkin kalliiksi.

2.3.2 Energiatehokkuuden elinkaarikustannukset

Tutkimuksessa kehitettiin elinkaarikustannusten laskentamalli, joka kuvaa energiatehokkuuden hintaa. Hinta muodostuu seuraavien vaipan osien elinkaarikustannuksista:

- alapohja ja perustukset
- ulkoseinä
- yläpohja
- ikkunat ja ulko-ovet
- ilmanvaihtojärjestelmä.

Energiatehokkuuden hinnan arviointiin kehitettiin ohjelma, joka nimettiin VTT Ympäristöjunioriksi. Elinkaarikustannusten arviointi tehdään seuraavasti:

1. Valitaan alapohjan, ulkoseinän, yläpohjan ja ikkunoiden sekä ulko-ovien osalta tarkasteluun ne vaihtoehdot, jotka rakennuksessa ovat tarkoituksenmukaisia. Rakenteita tarkastellaan ilman ulkoverhousta ja sisäpuolista pinnoitetta, jolloin kunnossapitotoimenpiteitä ei esiinny kuin ikkunoiden ja ulko-ovien kohdalla. Näissäkin rakenteissa kunnossapitotoimenpiteenä tarkastellaan vain ikkunan ja ulko-oven uusimista, joka tehdään valmistajan ilmoittaman tavoitteellisen käyttöiän päättyessä.
2. Syötetään laskentaohjelmaan rakenteen yksikköhinta.
3. Syötetään laskentaohjelmaan rakenteen U-arvo.
4. Valitaan taloudellinen pitoaika (oletusarvo 100 vuotta) ja laskentakorko (oletusarvo 4 %). Rakenteella ei oleteta olevan jäännösarvoa.
5. Syötetään ohjelmaan energian hinta, joka on esimerkiksi tällä hetkellä energiasta maksettava hinta.
6. Ohjelma laskee rakenteen elinkaarikustannuksen. Taloudellista pitoaikaa ja laskentakorkoa vaihtelemalla voidaan tarkastella valinnan herkkyyttä.
7. Lasketaan vaipan rakenteiden kokonaiselinkaarikustannukset ja tehdään päätös, mikä rakenne on elinkaarikustannuksiltaan edullisin.
8. Tehdään herkkyystarkastelut ainakin laskentakoron, energian hinnan ja pitoajan suhteen.

Kuvissa 7 ja 8 esitetään VTT Ympäristöjuniorin laskentalomakkeet.

VTTYMPÄRISTÖJUNIOR

VAIPAN RAKENTEET

Kohde	VTTmallitalo				
Osoite	Oulu				
Bruttoala	229	brm ²	Taloudellinen pitoaika v	100	
Asuntoala	191	asm ²	Laskentakorko %	2,00 %	43,098
Lämmin tilavuus	615	l-rm ³	Lämmön hinta c/kWh	6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alapohja	Määrä, yks.	Investointikustannus	Kp-kust.	Kp-jakso	Energia-kustannus	U-arvo	Elinkaarikustannus	Valinta
	m ²	€	€	v	€/yks.	W/m ² K	€/yks.	merk. x
Vaihtoehto 1	110	31	0,00	100	101,92	0,26	132,92	
Vaihtoehto 2	110	37	0,00	100	78,40	0,2	115,40	x
Vaihtoehto 3	110	41	0,00	100	58,80	0,15	99,80	
Vaihtoehto 4	110	43	0,00	100	70,56	0,18	113,56	
Ulkoseinä	Määrä, yks.	Investointikustannus	Kp-kust.	Kp-jakso	Energia-kustannus	U-arvo	Elinkaarikustannus	Valinta
	m ²	€	€	v	€/yks.	W/m ² K	€/yks.	merk. x
Vaihtoehto 1	212	75	0,00	100	98,00	0,25	173,00	
Vaihtoehto 2	212	79	0,00	100	82,32	0,21	161,32	
Vaihtoehto 3	212	85	0,00	100	66,64	0,17	151,64	x
Vaihtoehto 4	212	80	0,00	100	94,08	0,24	174,08	
Yläpohja	Määrä, yks.	Investointikustannus	Kp-kust.	Kp-jakso	Energia-kustannus	U-arvo	Elinkaarikustannus	Valinta
	m ²	€	€	v	€/yks.	W/m ² K	€/yks.	merk. x
Vaihtoehto 1	87	44	0,00	100	62,72	0,16	106,72	
Vaihtoehto 2	87	50	0,00	100	50,96	0,13	100,96	
Vaihtoehto 3	87	56	0,00	100	39,20	0,1	95,20	x
Vaihtoehto 4	87	47	0,00	100	62,72	0,16	109,72	
Ikkunat	Määrä, yks.	Investointikustannus	Kp-kust.	Kp-jakso	Energia-kustannus	U-arvo	Elinkaarikustannus	Valinta
	m ²	€	€	v	€/yks.	W/m ² K	€/yks.	merk. x
Vaihtoehto 1	60	300	660,00	50	548,80	1,4	1508,80	x
Vaihtoehto 2	60	330	726,00	50	470,40	1,2	1526,40	
Vaihtoehto 3	60	350	770,00	50	392,00	1	1512,00	
Vaihtoehto 4	60	440	968,00	50	313,60	0,8	1721,60	
Ulko-ovet	Määrä, yks.	Investointikustannus	Kp-kust.	Kp-jakso	Energia-kustannus	U-arvo	Elinkaarikustannus	Valinta
	m ²	€	€	v	€/yks.	W/m ² K	€/yks.	merk. x
Vaihtoehto 1	16	350	770,00	50	548,80	1,4	1668,80	x
Vaihtoehto 2	16	400	880,00	50	392,00	1	1672,00	
Vaihtoehto 3	16	700	1540,00	50	235,20	0,6	2475,20	
Vaihtoehto 4	16	300	1320,00	25	548,80	1,4	2168,80	

Kuva 7. VTT Ympäristöjunior, vaipan rakenteiden elinkaarikustannusten laskenta. Pitoaika 100 vuotta, laskentakorko 2 %, energian hinta 6 c/kWh.

VTTYMPÄRISTÖJUNIOR		TULOKSET			
Kohde	VTTmallitalo				
Tarkenne	Oulu				
		Investointi- kustannus	Kp- kustannus	Energia- kustannus	Elinkaari- kustannus
		€	€	€	€
Alapohja					
-	-	-	-	-	0
X	Vaihtoehto 2	4070	0	8624	12694
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
Ulkoseinä					
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
X	Vaihtoehto 3	18020	0	14128	32148
-	-	-	-	-	0
Yläpohja					
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
X	Vaihtoehto 3	4872	0	3410	8282
-	-	-	-	-	0
Ikkunat					
X	Vaihtoehto 1	18000	39600	32928	90528
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
Ulko-ovet					
X	Vaihtoehto 1	5600	12320	8781	26701
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	0

	€	€/asm ²	
Investointikustannukset	50562	265	30 %
Kunnossapitokustannukset	51920	272	30 %
Energiakustannukset	67871	355	40 %
YHTEENSÄ	170353	892	

Kuva 8. VTT Ympäristöjunior, rakenteiden valinta ja tulostuneet elinkaarikustannukset. Valinta tehdään laittamalla (x) laskentalomakkeessa sen rakenteen kohdalle, jonka elinkaarikustannus on pienin.

Ilmanvaihtojärjestelmän kohdalla arviointi tehdään vastaavalla tavalla. Vertailukohtina on aina rakennuksen vuotoilmanvaihto, painovoimaisesti toteutettu ilmanvaihto ja neljä vaihtoehtoista tapaa koneellisen ilmanvaihdon toteuttamiseksi

Ilmanvaihtojärjestelmän elinkaarikustannusten arvioinnissa on otettava huomioon sekä lämmitysenergian hinta että ilmanvaihtokokeen vaatiman sähköenergian hinta. Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä kuluttaa sähköä sekä puhaltimien että mahdollisten esi- ja jälkilämmitysvastusten kautta. Sähkön hinnan tuleva kehitys vaikuttaa merkittävästi tuloksiin.

1. Valitse vaipan rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän osalta 3–4 vaihtoehtoa.	
2. Määritä vaihtoehtojen investointikustannukset ja kunnossapidon tarve ilmanvaihtojärjestelmän osalta.	
3. Määritä toteutuskonseptien energiatehokkuus ja energiatehokkuuden hinta elinkaarilaskentaohjelmalla.	
4. Tee arvoanalyysi, jossa otat huomioon rakenteisiin sisältyvät muut ominaisuudet (kivitalo/puutalo)	
5. Vertaa energiatehokkuuden hintaa rakennushankkeen kokonaishintaan, huomaat miten pienellä lisäkustannuksella energiatehokkuutta voidaan parantaa.	

2.4 Ekomittari 4 – ilmapuotoluku

2.4.1 Ilmapuotoluvun määrittäminen

Suomessa ei ole määräyksiä vaipan ilmanpitävyydestä. Rakentamismääräyskokoelman osassa C3 on kuitenkin suositus, että 50 Pascalin alipaineessa määritetyn rakennuksen ilmapuotoluvun tulisi olla noin 1,0. (RakMk C3 / kohta 2.3). Määräyksissä todetaan, että vaipan tulee olla niin tiivis, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Rakenteisiin tulee tehdä tarvittaessa erillinen ilmansulku. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen.

Rakennuksen tiiviys mitataan alipainemenetelmällä, jossa tutkittavaan tilaan aiheutetaan puhaltimella 50 Pa:n alipaine. Puhallin asennetaan yleensä ulko-oveen tai ikkunaan.

Alipaineen pysyvyyden saamiseksi tarvittavaa ilmamäärää seurataan 5 Pa:n välein. Ilmamäärä kuvaa rakennukseen tapahtuvaa vuotoilmaa vaipan vuotokohtien kautta. Ennen alipaineistusta rakennuksen tuloilmanvaihtojärjestelmä kytketään pois päältä ja kaikki poistoventtiilit ja näkyvät epätiiviyyskohdat tiivistetään esimerkiksi muovilla. Alipaineen pysymiseksi tarvittava ilmamäärä jaetaan rakennuksen ilmatilavuudella (lämmin ilmatilavuus). Suhdeluku kuvaa vaipan ilmanvuotoa vallitsevassa alipaineessa. Ilmavuotoluku esitetään yksikössä 1/h eli samalla tavoin kuin ilmanvaihdon vaatimus luonnonmukaisen ilmanvaihdon kohteissa (RakMk D2, liite 1). Ilmavuotoluvun perusteella voidaan laskea rakennuksen vuotoilmanvaihtokerroin jakamalla mitattu luku vaikiolla 15.

Rakennuksen tekeminen tiiviiksi edellyttää hyvää rakennussuunnittelua ja huolellista toteutusta. Pohjamuodoltaan yksinkertaisen rakennuksen tekeminen tiiviiksi on helpompaa kuin runsaasti nurkkia, sisäänvetoja useita eri materiaaleista olevia rakenteita sisältävän kohteen.

Esimerkki 2. Jos talon ilmavuotoluku on 5,0 1/h ja talon lämmin tilavuus 500 m³, on siitä aiheutuva ylimääräinen lämmöntarve vuodessa 4 400 kWh. Nykyisellä energian hinnalla (6 c/kWh) tämä merkitsee 264 euron ylimääräistä kulua vuodessa. Talon käyttöiän (50 vuotta) aikana turhan energiankulutuksen suuruus on 13 200 euroa. Ilmakehää kuormitetaan talon käyttöiän aikana turhaan 55 tonnilla hiilidioksidia.

Kyseinen ilmavuotoluku on vielä nykyään varsin tavallinen uusien pientalojen kohdalla. Rakennuksen tekeminen ilmatiiviiksi ei käytännössä aiheuta yhtään lisäkustannuksia.

Vaipan huono ilmanpitävyys aiheuttaa asumisviihtyisyyden alentumista vetohaittojen ja alhaisten pintalämpötilojen vuoksi. Riski kosteus- ja homevaurioiden syntymiseen lisääntyy.

Taulukko 3. Ilmavuotoluvun perusteella määräytyvät laatupisteet Pientalon tähtiluokitusmenettelyssä.

Ilmavuotoluku	Laatupisteet
alle 4,0 1/h	3
alle 3,0 1/h	6
alle 2,5 1/h	8
alle 2,0 1/h	10
alle 1,5 1/h	11
alle 1,0 1/h	12

Rakennuksen ilmanpitävyydestä voi lisäksi saada lisäpisteitä tähtiluokitusmenettelystä seuraavista asioista:

- Onko ilmansulku liitoskohdissa limitetty ja teipattu, mahdollisuuksien mukaan myös puristettu (2 laatupistettä)
- Onko läpivientien kohdalla käytetty kaulusrakennetta tai tiiviys on varmistettu tavalla, josta on olemassa kirjallinen suunnitelma (1 laatupiste)
- Onko rakenteet kuvattu lämpökameralla sisäpuolelta ennen sisäpintojen viimeistelyä ja maalausta (1 laatupiste)?

2.4.2 Lämpökuvaus ja pintalämpötilaindeksit ilmavuotoluvun määrittämisen yhteydessä

Lämpökuvauksen tavoitteena on n aikana paikantaa ne lämmöneristykseen ja vaipan ilmavuotoihin liittyvät puutteet, jotka voivat myöhemmin aiheuttaa asumishaittoja ja turhaa energiankulutusta. Lämpökamerakuvaus tehdään siinä vaiheessa, kun rakennus on mahdollista saada ilmatiiviiksi, mutta seiniä ja kattopintarakenteita ei vielä ole asennettu. Kuvaus tehdään kaksivaiheisena rakennuksen sisäpuolelta siten, että ensin kuvataan rakenteet normaalitilanteessa ja sen jälkeen 50 Pa:n alipaineessa. Lämpökuvauksen tulokset raportoidaan ja tutkimusraportissa esitetään

- kuvaushetkellä vallinneet olosuhteet ja kuvauksessa läsnä olleet henkilöt
- mitattu ilmavuotoluku 50 Pa:n alipaineessa
- lämpökamerakuvausten tulokset ja lämpötilaindeksit ainakin seuraavien rakenteiden osalta: alapohjan ja ulkoseinän liittymä, ikkunan ja ulkoseinän liittymä, välipohjan ja ulkoseinän liittymä, ulkoseinän ja yläpohjan liittymä, yläpohjan läpi menevien läpivientien ja yläpohjan liittymä, ulko-oven ja ulkoseinän liittymä sekä korkeiden lasipintojen pintalämpötilat.
- lämpötilaindeksi lasketaan normaalissa käyttötilanteessa tehdyistä lämpökamerakuvista Asumisterveysohjeessa esitettävällä tavalla.
- kuvauksen perusteella annetaan rakentajalle korjausohjeet, jos kuvauksessa havaitaan lämmöneristykseen liittyviä virheitä tai haitallisia ilmavuotoja.

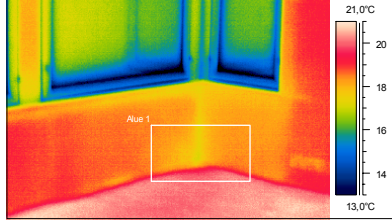
Kuvissa 9–13 esitetään Oulun asuntomessulla toteutetun kohteen (Villa Laivakello) lämpökuvauksen tulokset. Kohteen ilmavuotoluku on 1,2 l/h eikä rakenteissa ole sellaisia ilmavuotoja, jotka voisivat asumisen aikana aiheuttaa terveellisyyteen tai viihtyvyyteen liittyviä haittoja.

Ulkoseinän ja alapohjan liittymä
Olohuoneen erkkerin oikeaa alaosa.

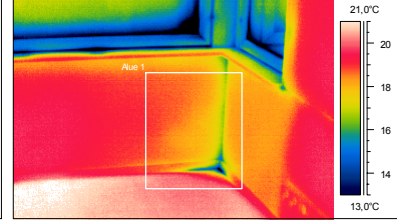
Valokuva kohteesta



Lämpökuvaku kohteesta, ei alipaineistusta



Lämpökuvaku kohteesta, alipaineistus 50 Pa



Ulkolämpötila	-2
Sisälämpötila	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisuus	puolipilvinen

Alue 1 : max	20,6 °C
Alue 1 : min	17,1 °C
Alue 1 : avg	18,6 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,91

Alue 1 : max	20,6 °C
Alue 1 : min	11,7 °C
Alue 1 : avg	18,3 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

Johtopäätökset.

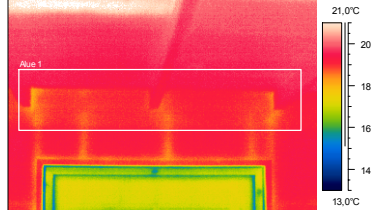
Kuva 9. Villa Laivakello, ulkoseinän ja alapohjan liittymä. Lämpötilaindeksi on 91 % eli liitos on tehty erittäin hyvin. Asumisterveysohjeessa on hyvän tason lämpötilaindeksi pistemäiselle lämpötilalle 65 %.

Ulkoseinän ja välipohjan liittymä
Keittiön ikkunan päältä.

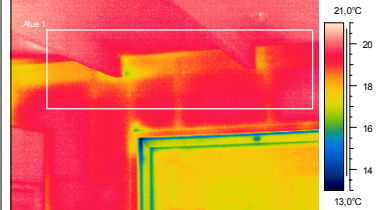
Valokuva kohteesta



Lämpökuvaku kohteesta, ei alipaineistusta



Lämpökuvaku kohteesta, alipaineistus 50 Pa



Ulkolämpötila	-2
Sisälämpötila	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisuus	puolipilvinen

Alue 1 : max	20,0 °C
Alue 1 : min	17,9 °C
Alue 1 : avg	19,2 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,95

Alue 1 : max	20,5 °C
Alue 1 : min	16,6 °C
Alue 1 : avg	19,2 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

Johtopäätökset.

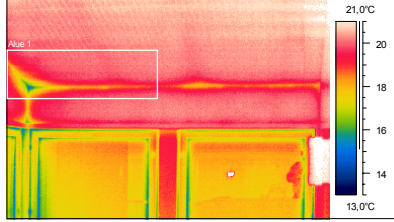
Kuva 10. Villa Laivakello, ulkoseinän ja välipohjan liittymä. Lämpötilaindeksi on 95 % eli liitos on tehty erittäin hyvin. Asumisterveysohjeessa on hyvän tason lämpötilaindeksi pistemäiselle lämpötilalle 65 %.

Yläpohjan ja ulkoseinän liittymä
Portaikon kohta.

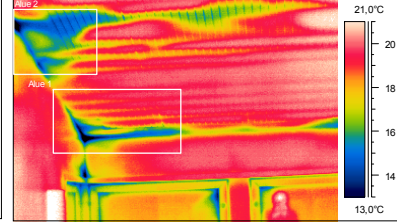
Valokuva kohteesta



Lämpökuvaku kohteesta, ei alipaineistusta



Lämpökuvaku kohteesta, alipaineistus 50 Pa



Ulkolämpötilä	-2
Sisälämpötilä	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisuus	puolipilvinen

Alue 1 : max	20,5 °C
Alue 1 : min	15,0 °C
Alue 1 : avg	19,5 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,81

Alue 1 : max	20,1 °C
Alue 1 : min	9,4 °C
Alue 1 : avg	18,2 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

Johtopäätökset.

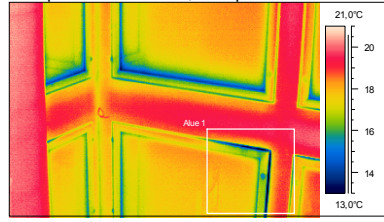
Kuva 11. Villa Laivakello, ulkoseinän ja yläpohjan liittymä. Lämpötilaindeksi on 81 % eli se täyttää Asumisterveysohjeessa asetetun pistemäisen lämpötilan hyvän tason raja-arvon (yli 65 %) selvästi. Alipaineistuksen yhteydessä otetutusta kuvasta voidaan nähdä, että rakenteessa on kuitenkin lievä ilmavuoto, joka näkyy sinisenä alueena.

Ikkuna
Olohuoneen vasenpuoli, ikkunoiden väli.

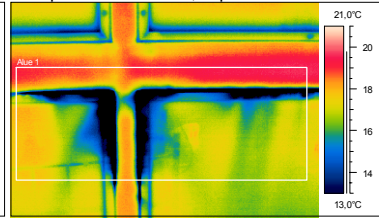
Valokuva kohteesta



Lämpökuvaku kohteesta, ei alipaineistusta



Lämpökuvaku kohteesta, alipaineistus 50 Pa



Ulkolämpötilä	-2
Sisälämpötilä	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisuus	puolipilvinen

Alue 1 : max	20,0 °C
Alue 1 : min	12,1 °C
Alue 1 : avg	17,8 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,67

Alue 1 : max	19,9 °C
Alue 1 : min	4,3 °C
Alue 1 : avg	16,2 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

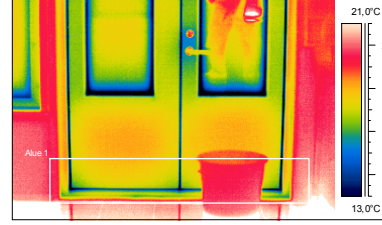
Kuva 12. Villa Laivakello, ikkunan liittymä seinään. Lämpötilaindeksi on 67 %. Alipaineistuksen yhteydessä otetutusta kuvasta voidaan nähdä, että rakenteessa on ilma-
vuotoa, jotka erottuvat sinisinä alueina. Kysymyksessä on tiivistevuoto. Liittymän pinta-
lämpötilä täyttää Asumisterveysohjeen raja-arvon.

Ulko-ovi
Keittiön pariovi luoteeseen, oven alaosa.

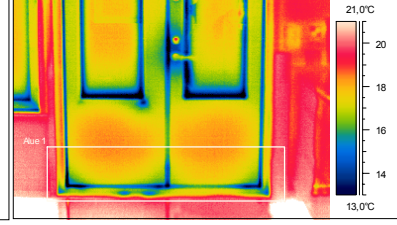
Valokuva kohteesta



Lämpökuvaku kohteesta, ei alipaineistusta



Lämpökuvaku kohteesta, alipaineistus 50 Pa



Ulkolämpötila	-2
Sisälämpötila	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisuus	puolipilvinen

Alue 1 : max	21,5 °C
Alue 1 : min	9,1 °C
Alue 1 : avg	18,0 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,53

Alue 1 : max	21,5 °C
Alue 1 : min	9,9 °C
Alue 1 : avg	17,7 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

Kuva 13. Villa Laivakello, ulko-oven liittymä seinään. Lämpötilaindeksi on 53 % eli rakenteessa on laatuvirhe. Ilmavuoto johtunee kynnyksen alapuolen tiivisteestä. Kuva osoittaa kuitenkin myös seikan, että lämpökamerakuvaus ei ole erehtymätöntä. Normaalitilanteessa tarkastelualueen pintalämpötila on alhaisempi kuin 50 Pa:n alipaineessa mitattu pintalämpötila. Tämä on teorian vastainen tulos, jonka syynä voi olla esimerkiksi sisä- tai ulkolämpötilan muuttuminen lämpökuvauksen yhteydessä.

Rakentamismääräyskokoelman osassa C3 asetettu tavoitearvo on 1,0 l/h. Toppilan asuntomessukohteiden joukossa Villa Laivakellon ilmanpitävyys oli 21 mitatun kohteen joukossa jaetulla kolmannella sijalla eli erittäin hyvä.

Tiiviysmittaus ja lämpökamerakuvaus vaativat kohteessa aikaa noin 2–3 tuntia. Esivalmisteluja tarvitaan noin 0,5 tuntia kohdetta kohti. Tulosten käsittely ja raportointi vaativat aikaa 1–2 tuntia kohdetta kohden. Lämpökamerakuvausten ja siihen liittyvän tiiviysmittauksen kustannukset ovat noin 600–1 000 euroa/kohde (alv = 0 %). Villa Laivakellon rakennuskustannuksiin suhteutettuna tiiviysmittauksesta ja lämpökamerakuvauksesta aiheutuvat kustannukset ovat noin 0,15 %.

<p>1. Tee rakennuksessa tiiviysmittaus siinä vaiheessa, kun rakenteissa olevat ilmavuodot ja lämmöneristyksen mahdolliset puutteet on vielä mahdollista helposti korjata.</p> <p>2. Lämpökuvauksen osaavia konsultteja on Suomessa runsaasti ja nykyisin lämpökamerakuvaajan on mahdollista saada VTT:n sertifiointi, joka osoittaa, että hän hallitsee lämpökuvien tulkinnan.</p> <p>3. Nykyaikaisen pientalon, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, tulee olla tiiviydeltään mahdollisimman hyvä, eli ilmavuotoluvun tulee olla 1.0 tai pienempi.</p>	
--	--

2.5 Ekomittari 5 – teknisen laadun tähtiluokitus

Uusin ekomittari on pientalon teknisen laadun tähtiluokitukseen sisältyvä kysymyspatteristo. Kysymykset ovat nähtävissä Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston www-sivuilla ja muodostavat osan pientalon teknistä kokonaislaatua

Kuvassa 14 on esitetty ympäristöopas, joka sisältää pientalon teknisen laadun määrittämisen. Julkaisu on tulostettavissa ympäristöministeriön www-sivuilta ja se on saatavissa myös painotuotteena.



Kuva 14. Pientalon tekninen laatu, loppuraportti.

Energiatohokkuuden ja ympäristövaikutusten arviointi tehdään suunnitteluvaiheessa, toteutusvaiheessa ja asumisen aikana. Tämä ekomittari on osa Pientalon tähtiluokituksen liittyvää mittaristoa, jonka muut osat ovat kosteudenkestävyys ja sisäilman laatu. Ekotehokkuuden laatupisteet muodostuvat seuraavista tekijöistä:

- Suunnitteluvaihe, yhteensä 89 laatupistettä jakaantuen seuraavasti
 - lämmön kokonaistarve, 36 pistettä
 - rakenteiden U-arvot, 29 pistettä
 - talotekniset järjestelmät, 25 pistettä
- toteutusvaihe, yhteensä 16 laatupistettä
- käyttövaihe, yhteensä 16 laatupistettä.

Ympäristövaikutusten laatupisteet muodostuvat seuraavista tekijöistä:

- Suunnitteluvaihe, yhteensä 89 laatupistettä jakaantuen seuraavasti
 - hiilidioksidipäästöt, 32 pistettä
 - tontti, 12 pistettä
 - rakennusmateriaalit. 12 pistettä
 - muuntojoustavuus 10 pistettä
 - turvallisuus 10 pistettä
 - käyttöikäsuunnittelu 15 pistettä
- toteutusvaihe, yhteensä 22 laatupistettä
- käyttövaihe, yhteensä 11 laatupistettä.

Pientalojen lopullisia laatutähtiä laskettaessa voidaan eri osia painottaa eri tavalla. Tämän ekomittarin käyttö ja sisältö on löydettävistä osoitteesta <http://www.tekninen.laatu.fi>. Oulun asunomessuilla vuonna 2005 Pientalon tähtiluokitus -järjestelmä oli ensimmäisen kerran käytössä ja siitä saatiin hyviä kokemuksia. Liitteessä 3 esitetään virastopäällikkö Tapani Mäkikyrön järjestelmän pohjalta tekemä pientalojen arviointi.

1. Perehdy pientalon teknisen laadun tähtiluokitukseen (http://www.pientalonlaatu.fi).	
2. Pisteytä energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset ja tee kohteelle lämmöntarvelaskelma.	
3. Laske kohteelle energiatehokkuuden hinta.	
4. Tee työn aikana kohteessa tiiviysmittaus ja lämpökamerakuvaus.	

3. Johtopäätökset

3.1 Tulosten hyödynnettävyys

Tutkimuksessa kehitettiin pientalojen ekotehokkuuden mittaamiseksi viisi ekomittaria, jotka ovat:

- vaipan johtumishäviöluku (EM 1)
- pientalon lämmöntarve (EM 2)
- energiatehokkuuden hinta (EM 3)
- ilmapuotoluku (EM 4)
- energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten laatutähdet ja -pisteet. (EM 5).

Ekomittareista laskennallisia ovat mittarit EM 1, EM 2 ja EM 3, kohteessa tehtävään mittaukseen perustuva on EM 4 ja nettikyselyyn rakentuva on EM 5.

Ekomittareiden avulla ohjataan rakennuksen suunnittelua ja toteutusta siten, että pientalorakentaja voi tehdä suunnittelun aikana valintoja, joilla kohteen energiatehokkuus ja ympäristölle aiheutuvat rasitukset voidaan optimoida. Tiiviysmittaus ja lämpökuvaus ovat samalla selkeä laadunvarmistusdokumentti, joka tulee liittää pientalolle laadittavaan huoltokirjaan.

Ekomittarit on tarkoitettu pientalorakentajalle ja suunnittelijalle. Mittareiden käyttö edellyttää jonkin verran rakentamisen perusasioiden tuntemusta, joten ensisijaisesti mittarit on tarkoitettu arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden apuvälineiksi. Johtumishäviöluku heijastaa samalla rakennussuunnitelman taloudellisuutta, joten sitä voi käyttää myös hankesuunnitelman rakennustaloudellisuuden mittarina.

Ekomittareita sovellettiin Oulun asuntomessuilla vuonna 2005. Palaute on ollut pääosin positiivista. Ekomittaria 5 on palautteen perusteella kehitetty ja kehitetään edelleen.

Tiiviysmittaukseen ja lämpökamerakuvaukseen (Ekomittari 4) liittyen on tutkimuksen aikana valmistunut ohjekirja, joka parantaa kuvauksen käytettävyyttä kentällä. Edelleen on kuitenkin pulmana lämpökamerakuvausta tekevien yritysten vähäinen määrä etenkin, kun menettelyssä tarvitaan tilan alipaineistusta. Viranomaismääräysten osalta muutoksia ei ole näkyvissä (ks. /6/).

Energiatodistus tullaan jatkossa vaatimaan myös uusilta pientaloilta. Tutkimuksessa kehitetty laskentatapa (Ekomittari 2) on käytöltään yksinkertainen ja nopea ja tarkkuus-
tasoltaan todennäköisesti riittävä, jotta sillä voidaan energiatodistuksen edellyttämät laskelmat tehdä. Yksittäisen kohteen energiankulutuslaskelman tekeminen vaatii aikaa

noin 0,5–1 tuntia, ja ekomittarin avulla on helppo tarkastella esimerkiksi rakenteiden tai ilmanvaihtojärjestelmän merkitystä energiankulutuksessa.

Energiatehokkuuden hinnan (Ekomittari 3) avulla voidaan nähdä, mikä on energiankulutukseen ja myös ympäristökuormitukseen vaikuttavien ratkaisujen hinta rakennusvaiheessa ja elinkaaren aikana. Laskelmalla voidaan helposti paikantaa ne rakennuksen osat, joissa on järkevää tehdä investointipäätös rakennusvaiheessa kalliimman vaihtoehdon eduksi, kun päätöskriteerinä käytetään koko rakennuksen elinkaarta. Ekomittariin liittyvä laskentaohjelma on yksinkertainen käyttää. Käytännössä investointilaskennan perusteet on silti tunnettava, jotta tuloksia osataan tulkita oikein.

3.2 Jatkokehitystarpeet

Tutkimuksessa todettiin seuraavat jatkotutkimustarpeet:

1. Pientalon teknisen laadun kokonaisarvioinnin laajentaminen asuttavuuden arviointiin.

Oulun kaupungin rakennusvalvontavirasto on käynnistämässä hanketta, jossa teknisen laadun mittariston tapainen tavallisen käyttäjän valintoja ohjaava menettely ulotetaan myös asumisen suunnitteluun. Niillä valinnoilla, joita tehdään ennen varsinaisen rakennussuunnittelun alkamista, on koko prosessin kannalta suurin merkitys. Asumisen suunnittelun kansanomaistamista on Suomessa tutkittu jonkin verran, mutta pientalosuunnittelun ohjauksessa ei tämän tyyppisiä oppaita ole aikaisemmin tehty.

2. Olemassa olevan pientalon teknisen laadun tähdittäminen, energiatodistuksen laatiminen ja energiataloutta parantavien toimenpiteiden kannattavuuden arvioinnin kehittäminen.

Tässä tutkimuksessa kehitetyt ekomittarit on tarkoitettu uudisrakennukselle. Ekomitareita voi kuitenkin nykyisessä muodossaan soveltaa olemassa oleviin pientaloihin. Ekomittaria 3 (elinkaarikustannuslaskelma) tulee kuitenkin kehittää siten, että siinä tarkastellaan energiatehokkuutta parantavien investointien vaikusta elinkaarikustannusten avulla ja voidaan samalla laskea vaihtoehtoisten korjauskonseptien kannattavuus esimerkiksi nykyarvon tai takaisinmaksuajan perusteella. Laskentaohjelmaa laajentamalla voidaan tehdä työkalu, uusiutuvaa energiaa käyttävien lämmitystapojen ja kotimaisen polttoaineen hyödyntämistä pientaloissa voidaan edistää.

3. Elinkaarianalyysin kehittäminen.

Elinkaarikustannuksiin perustuva päätöksenteko parantaa rakennussuunnitelmien taloudellisuutta ja todennäköisesti myös asuttavuutta. Se vähentää rakentamisen ja käytön aikaisia ympäristövaikutuksia ja kannustaa myös uusiutuvien energiamuotojen nykyistä paljon tehokkaampaan hyödyntämiseen.

Elinkaarilaskelmia ei pientalojen suunnittelussa juurikaan hyödynnetä. Alan toimijoille on kehitettävä helposti saatavissa oleva ja käytöltään yksinkertainen sovellus, jolla elinkaaritarkastelut voidaan tehdä. Tutkimuksessa kehitetty mittaristo on toimiva, mutta käyttöliittymä vaatii hieman perehtyneisyyttä.

Euroopan unionissa on käynnissä tähän liittyvä selvitystyö /9/. Suomen tulee olla vahvasti mukana tämän kehityksen edistämisessä. Suomessa on sekä teknisen että taloudellisen suunnittelun osaamista, ja Suomi joutuu maantieteellisen sijaintinsa vuoksi panostamaan rakennusten energiatehokkuuteen.

4. Pientalon ilmapuotoluvun ja siihen liittyvän lämpökamerakuvausten raportoinnin kehittäminen.

Ilmapuotoluvun mittaaminen ja lämpökamerakuvaus on eräs tärkeimpiä rakentamisvaiheen aikaisia laadunvarmistusmittauksia.

Lämpökamerakuvausten toteutus rakentamisen ollessa vielä käynnissä on vaikea prosessi. Tiiviysmittauksen tekemiseen ei myöskään ole käytettävissä kenttätutkimuksessa tarpeellista ohjetta. Tiiviysmittauksen hallitsevia toimijoita on Suomessa hyvin vähän, ja tiiviysmittauskaluston saatavuus on heikohko. Myös tiiviysmittauksen ja lämpökuvauksen raportointi vaatii nykyistä yksityiskohtaisempaa ohjeistusta.

5. Ekomittareista tiedottaminen ja ekomittareiden hyödyntäminen rakennusalan koulutuksessa.

Pientalon ekomittari on hyödytön ellei sitä käytetä. Ekomittarit 1 ja 2 ovat työkaluja, jotka kuuluvat jokaisen arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan käyttöön. Ekomittaria 3 käyttää rakennuttaja, joka ymmärtää, että talon käyttöikä on useita sukupolvia. Ekomittarin avulla voidaan rakennusalan koulutuksessa lisätä elinkaarilaskennan tuntemusta. Suurin ongelma elinkaariarvioinnin yleistymisen esteenä lienee helppojen laskentaohjelmien puuttuminen. Ekomittari 4 vaatii yleistyäkseen tukea myös julkiselta taholta. Rakentamismääräyksiin tulee ottaa mukaan vaatimus uudisrakennuksen tiiviydestä. Lausunnolla olevassa energiatodistusmallissa on vaatimus ilmapuotoluvun ilmoittamisesta, joka on erittäin myönteinen asia. Ekomittarin 5 kehittämisestä ja

ylläpitämisestä vastaa Oulun kaupungin rakennusvalvontavirasto. Pientalon teknisen laadun tähtiluokitus ja siihen sisältyvä ekomittari ovat jatkuvassa käytössä, jolloin menetelmän ajanmukaisuus on varmuudella turvattu.

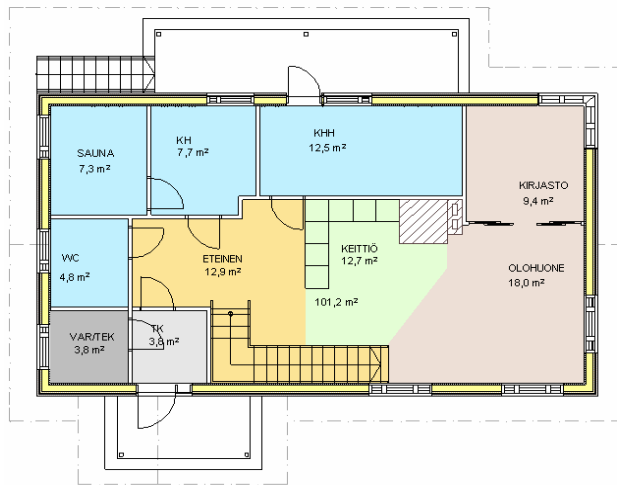
Lämmöntarvelaskelman laatiminen ja energiatehokkuuteen liittyvien elinkaarilaskelmien sisällyttäminen nykyistä paremmin alan koulutukseen on suotavaa.

Lähdeluettelo

- 1 Laine, J. & Saari, M. Espi-matalaenergiatalo. VTT Tiedotteita 1924. Espoo 1998. 75 s. + liitt. 44 s. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1924.pdf>.
- 2 Leppänen, P. Rakennan energiaa säästävän pientalon. Rakennustieto Oy, Tampere 1994. ISBN 951-682-315-7.
- 3 Ahtiainen, A., Hynynen, A., Leppänen, P. & Nousiainen, K. Rakennan ekotalon puusta. Rakennustieto Oy Rakentajain Kustannus, Helsinki. 1995. 111 s. ISBN 951-682-359-9.
- 4 Rissa, K. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä. Ympäristöministeriö, Edita, Helsinki 2001. 208 s.
- 5 Kestävä kehitys, lähivuosien toimenpiteitä Suomessa ja Suomen kansainvälisessä yhteistyössä. Suomen kestävän kehityksen toimikunta 1995, Helsinki.
- 6 Paloniitty, S. & Kauppinen, T. Rakennusten lämpökuvaus. Rakennusteollisuus RT ry, Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy, Jyväskylä 2006. 78 s. + liitt.
- 7 Kilpeläinen, M. et al. Pientalon tekninen laatu, tähtiluokitus, opas pientalojen rakennuttajille ja suunnittelijoille. Ympäristöministeriö, 2006. 14 s.
- 8 Hekkanen, M. et al. Energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset osana pientalon teknistä laatua. VTT työraportti, julkaisematon, Oulu 2006.
- 9 McCrea, A. LCC-methology project for EU. NO 30-CE-0043513/00-47.

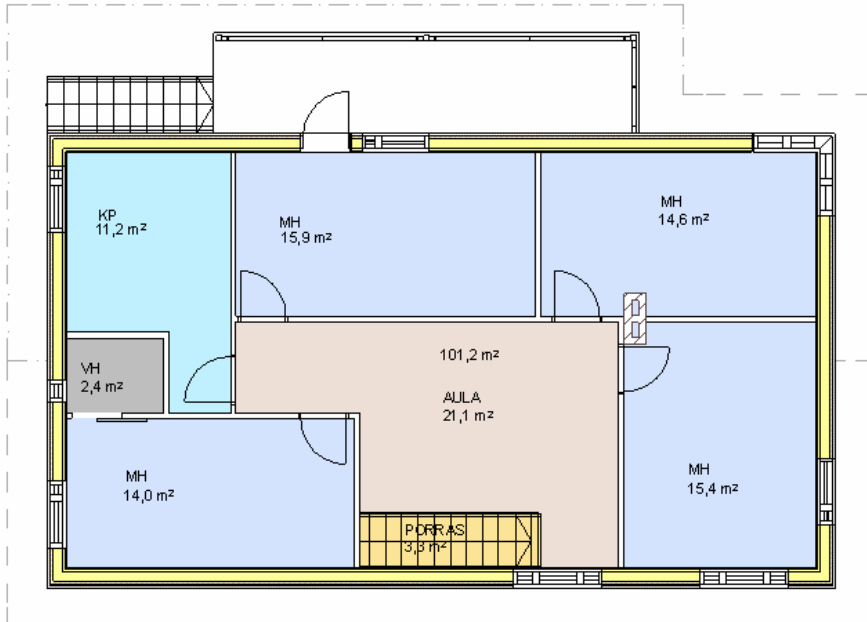
Liite 1: Tutkimuksessa käytetty vertailutalo

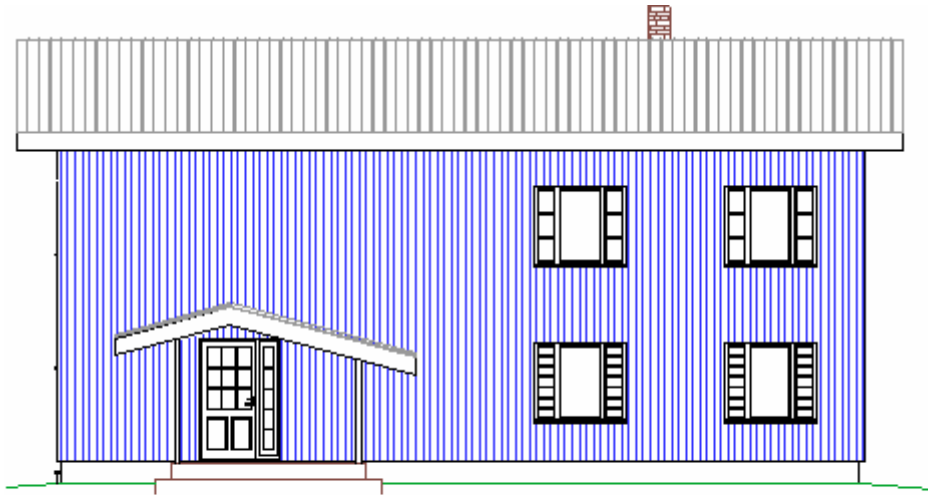
1.kerros



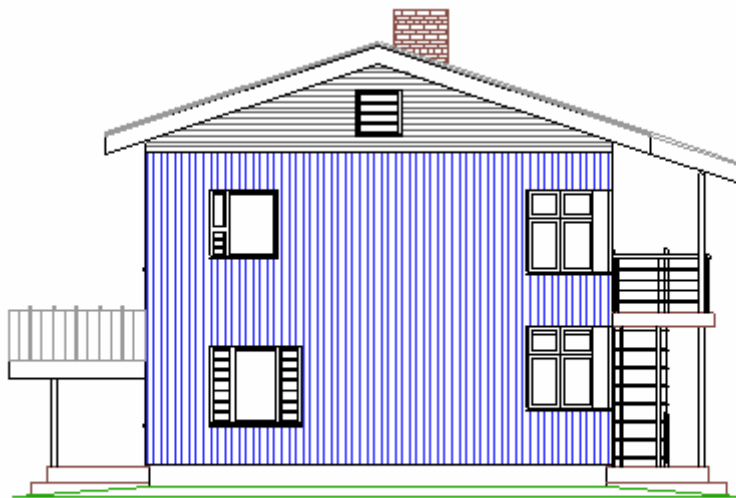
kaksi kerrosta		
US	178	m ²
AP	102	m ²
YP	102	m ²
IKK	28,5	m ²
UO	6,7	m ²

2. kerros





Talo edestä 1:100

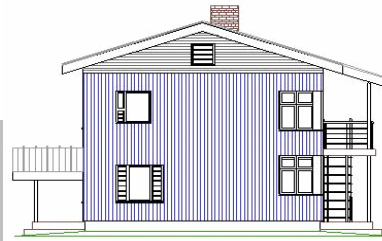


Talo päädyistä 1:100

Liite 2: Lämmöntarvelaskelma perustalolle

Kohde nro

Perustalo



Talo päädyistä 1:100

Omistaja

Mallitalo

Katuosoite

Tarkastelupaikkakunta

Oulu

Rakennusvuosi

2005

Kerrosten lukumäärä

2

Bruttoala, brm²

220

Asukasmäärä

5

Huoneistoala, htm²

203

Tilatehokkuus

1,08

Rakennustilavuus, m³

600

Kerroskorkeus

2,96

Rakenteet

	ala, m ²	RakMK U-arvo/A	Kohde U-arvo/U	yks/htm ²	Vert.arvo	Ero
Alapohja 1	102	0,25	0,15	0,502	0,50	0,00
Alapohja 2				0,000		0,00
Ulkoseinä 1	178	0,25	0,15	0,877	0,88	0,00
Ulkoseinä 2				0,000		0,00
Yläpohja 1	102	0,16	0,08	0,502	0,50	0,00
Yläpohja 2				0,000		0,00
Ikkunat 1	28,5	1,4	1	0,140	0,14	0,00
Ikkunat 2				0,000		0,00
Ulko-ovet	6,7	1,4	0,6	0,033	0,03	0,00
Parvekeovet	0			0,000		0,00

Talotekniikka

Vedenkulutus, dm ³ /hlö, vrk	120	120
Ilmanvaihto, 1/h	0,5	0,5
Vuotoilmanvaihto, 1/h	0,15	0,05
Lämmöntalteenotto - %	30	60
Säätö.järj. hyötysuhde, %	100	100
IV:n käyttöaika, %	100	100

Lämmöntuotantotapa

maalämpö	
aurinko	
kaukol.	
sähkö	
öljy	
pelletti	
puu	

Sähkölaitteet

Valaistus, kWh/htm ² , v	12
Taloussähkö, kWh/vrk	8
Sähkökiukaan teho, KW	6
Kiuas päällä, krt/viikko	2
Lattialämmitys, kWh/m ²	

IV-laitteet

Puhallin, kWh/vrk	2,5
Jälkilämmitysvastus, kwh/vrk	
Muu sähköntarve	
Lämmöntuotannon hyötysuhde	

Kohde nro:	Perustalo				
Lämmöntarve	Normitalo	MEPI-talo			
	RakMk	Kohde	Ero	RAKMK	Kohde
	kWh/v	kWh/v	kWh/v		
Johtumishäviöt	10995	4255	-6740	39 %	30 %
alapohja	3060	1836	-1224		
ulkoseinät	5340	3204	-2136		
yläpohja	1958	979	-979		
ikkunat	4788	3420	-1368		
ulko-ovet	1126	482,4	-643		
Sisäiset energiat	-11303	-11303	0		
Ilmanvaihto	7034	4019	-3015	25 %	28 %
Vuotoilmanvaihto	3015	1005	-2010	11 %	7 %
Lämmin käyttövesi	4380	4380	0	16 %	31 %
Paikkakuntakorjaus	2766	671	-2095	10 %	5 %
Yhteensä	28190	14330	-13859	100 %	
kWh/htm² , vuosi	138,9	70,6			
kWh/rm³ , vuosi	47,0	23,9	51 %		

Sähköntarve (ei lämmitys)

	kWh/v	kWh/htm ²
Taloussähkö	2920	14,4
Valaistus	2436	12
Ilmanvaihto + lämmitys	913	4,5
Sähkökiuas	936	4,6
Muu sähköenergia	0	0
Yhteensä	7204,5	35,5

Kokonaisenergiantarve (brutto)

	kWh/v	kWh/htm ²
Lämmitysenergiankulutus	14330	71
Sähköenergiankulutus	7205	35
Kokonaisenergiankulutus	21535	106

Liite 3: Pientalon teknisen laadun ohjaus ja arvio laadun ohjauksen onnistumisesta Oulun asuntomessuilla vuonna 2005

Tapani Mäkikyrö, virastopäällikkö, Oulun kaupunki, rakennusvalvonta /10.8.2005

Työryhmä on kehittänyt Oulun rakennusvalvonnan johdolla nykyaikaisen työkalun / järjestelmän pientalojen teknisen laadun suunnitteluun, arviointiin ja valintoihin. Järjestelmän dynaaminen Internetversio avautui 15.7.2005 osoitteessa <http://www.pientalonlaatu.fi>. Hanke valmistuu kolmen vuoden työstämisen jälkeen vuoden 2005 lopussa. Oulun asuntomessujen pientalot toimivat pilottikohteina järjestelmän yksityiskohtien testaamisessa.

Työryhmässä on Oulun rakennusvalvonnan lisäksi mukana VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka Oulu, Merikosken tutkimuskeskus Oulu / HELI ry ja Oulun yliopisto. Ohjausryhmässä on edellisten lisäksi ympäristöministeriö, Pientaloteollisuus ry, Motiva Oy, Sisäilmayhdistys ry ja Ok Suomen Asuntomessut.

Kehitetty järjestelmä muistuttaa rakentamisen osapuolia keskeisistä teknisen laadun valinnoista sekä auttaa vaihtoehtojen löytämisessä ja arvioimisessa. Se on tarkoitettu perheille ja heidän asiantuntijoilleen, taloteollisuudelle ja -kaupalle. Talon teknisiä ominaisuuksia luokitellaan muusta tekniikan testaamisesta tutulla tähtiluokituksella, 1–5 laatutähdellä. Yksi tähti vastaa jo rakentamismääräykset täyttävää minimitasoa.

1. Valinnat ratkaisevat elinkaaren

Pienrakentamisessa on tarjolla hyvin eritasoisia suunnitteluratkaisuja ja toteutustapoja. Ne ja asumistottumukset käytännössä määrittävät talon kestävyys, asumismukavuuden, energiankulutuksen ja elinkaarikustannuksen sekä suhteen ympäristöön. Taloissa on rakentamis- ja asumistekniikoiden kehittyessä paljon valittavaa. Valintojen pitää olla tietoisia, ei sattumanvaraisia.

Mitä teknisen laadun arviointi sisältää?

Järjestelmä sisältää noin 280 kysymystä, jotka kohdistuvat neljään teknisen laadun osa-alueeseen: kosteudenkestävyys, sisäilman laatu, energiankulutus ja ympäristövaikutukset. Kysymykset toimivat teknisten asioiden muistilistana ja samalla arvotavat / pisteyttävät suunnittelu-, rakentamis- ja käyttövaiheen ratkaisut.

Valintojen pisteytys ja laadun tähtiluokitus tapahtuvat automaattisesti järjestelmän nettisovelluksessa. Jokainen osa-alue saa omat laatutähtensä. Myös koko tekniselle

laadulle määritetään painotettu keskiarvo ja laatu tähdet. Luokitus kehittyy jatkuvasti kokemuksiin perustuen.

Laadusta voi saada 1...5 tähteä. Jo yksi tähti tarkoittaa rakentamismääräysten mukaista minimitasoa eli on täysin hyväksyttävä tulos. Arviointi on omalla vastuulla kaikille avoin.

Mikä on laadun arvioinnin tavoite?

Tavoite on ”hoksauttaa” ja aktivoida rakentajaperheitä ja heidän asiantuntijoitaan teknisen laadun valinnoissa sekä tarjota heille laatu keskusteluun yhteinen ”kieli”. Se mahdollistaa osapuolille tavoitteiden asettamisen. Laadun valinnat pyritään saamaan tietoisiksi valinnoiksi ja sitä kautta laatu ”itseohjautumaan” elinkaarikustannuksiltaan edullisimmalle tasolle. Rakennustarvike- ja pientaloteollisuuden toivotaan reagoivan rakentajakentän uusiin tavoitteisiin.

TEKNISEN LAADUN TÄHTILUOKITUS OULUN ASUNTOMESSUILLA 2005

Kosteudenkestävyys tasoltaan parasta (3,6*)

Kosteudenkestävyyden taso arvioitiin neljästä osiosta parhaaksi. Tulos johtuneen Oulun rakennusvalvonnan vuosia kestäneestä aktiivisuudesta rakentamisen kosteudenhallintatyössä. Samaan suuntaan vaikutti myös rakennusvalvonnan aktiivinen ote määrän rakennuskesän 2004 ”jälkipyykkiä” kuivattaessa.

Jakauma: laatu tähtiä / taloja oli 5*/5, 4*/3, 3*/11, 2*/1, 1*/-. Keskiarvo oli 3,6* laatu tähteä.

Talojen kosteudenhallinnassa huolehdittiin hyvin mm. seuraavia asioita:

- Taloissa oli keskimäärin selkeät kattopinnat, ei paljon jirejä, kattoikkunoita eikä ”kottaraisia”.
- Julkisivuverhouksessa käytettiin yleensä 25–28 mm:n verhouslautaa.
- Perustuksien ja alapohjan kapillaarikatkon laatuun kiinnitettiin enenevästi huomiota.
- Katto- ja pintavesien poisjohtaminen hoidettiin keskimäärin hallitusti ja hyvin.
- Sateisen kesän jäljiltä tarvittava rakenteiden kuivatus suoritettiin oikeaoppisesti (lämmitys, tuuletus, mittaus).
- Vaipan tiiveyden parantuminen pienensi kosteusriskejä.

Mutta parannettavaakin jäi vielä kosteudenhallintaan:

Räystäättömyys rajoittaa edelleen varsinkin puuverhoiltujen talojen pitkäaikaiskestävyyttä.

Kosteusriskien kartoituksessa ja hallitsemisessa on parannettavaa esim. kellareiden ja sokkelin ulkopuolisten vesialtaiden osalta.

Kosteushälyttimet ja -ilmaisimet eivät yleistyneet, vaikka tietoa niistä tarjottiin.

Alapohjan ja ulkoseinän sekä märkätilojen yksityiskohtaisia rakenneleikkauksia ja -detaljeja ei yleensä esitetty.

Sisäilman laatua ei vielä suunnitella (3,0*)

Sisäilmastoon ei vielä paneuduta kokonaisuutena, mutta joitakin yksityiskohtia kyllä mietitään tarkasti. Moni asukas / rakennuttaja mieltää tavoitelleensa enemmän ja parempaa kuin todellisuudessa on pyydetty, suunniteltu ja toteutettu.

Jakauma: laatutähtiä / taloja oli 5*/-, 4*/7, 3*/6, 2*/7, 1*/-. Keskiarvo oli 3,0* laatutähteä.

Sisäilmastosta huolehdittiin tavanomaista paremmin mm. seuraavilla alueilla:

Suurten ikkunoiden haitat kesällä ja talvella huomioitiin normaalia paremmin käyttämällä sähkölämmitteisiä laseja, muita erikoislaseja, ulkopuolisia säteilysuojia, koneellista jäähdytystä jne.

Ilmanvaihtokoneet olivat usein malliston suurimpia tai useita koneita samassa asunnossa. Toisaalta osa koneista oli hyvin pieniä suunniteltuun tarpeeseen nähden.

Äänieristettyjä makuu- ja työhuoneita esiintyi normaalia enemmän.

Mutta parannettavaakin jäi vielä sisäilmastoon:

Korkeampien ilmastotavoitteiden edellyttämä työmaan ja rakennustöiden puhtausluokitus (P1, 2, 3) ei toteudu käytännössä.

Sisäilmaluokituksen (S1, 2, 3) käyttö tavoitteiden asettamisessa ja suunnittelun apuvälineenä on puutteellista, ilmeisesti järjestelmää eivät kaikki suunnittelijatkaan ole vielä sisäistäneet.

Yhteistyö ja tiedonkulku koko toimijaketjussa kangertelevat, asukkailla ei ole (ei anneta) tarpeeksi tietoa ilmanvaihdon ja lämmityksen tekniikan mahdollisuuksista ja käytöstä.

Energiankulutus oli osin erittäin hallittua (3,2*)

Energiankulutuksessa syntyi suuria eroja talojen välille. Niitä aiheuttivat vaipan erilaisten U-arvojen eli eristävyyserojen lisäksi pääasiassa vaipan ilmatiiveyserot ja erot ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton (LTO) vuosihyötysuhteessa (tehokkuudessa). Teknisen laadun mittaristossa ei arvioida tilaohjelman ja suunnitteluratkaisun laatua, ainoastaan teknisiä valintoja.

Jakauma: laatutähtiä / taloja oli 5*/1, 4*/7, 3*/7, 2*/4, 1*/1. Keskiarvo oli 3,2* laatutähteä.

Energiatehokkuuden osalta onnistuttiin hyvin mm. seuraavissa asioissa:

- Rakenteiden U-arvot olivat keskimäärin selvästi määräyksiä paremmat, eli useimpia rakennuksia voidaan rakenteiden puolesta pitää matalaenergiataloina.
- Alapohjan U-arvo oli keskimäärin 0,19 (vaatimus < 0,25), ulkoseinän U-arvo oli keskimäärin 0,21 (vaatimus < 0,25), ikkunoiden U-arvo oli keskimäärin 1,13 (vaatimus < 1,4), ulko-ovien 1,1 (vaatimus 1,4) ja yläpohjan 0,12 (vaatimus 0,16).
- Ilmavuotoluku (vaipan ilmanpitävyys eli tiiviys) oli erinomainen, keskimäärin 1,97 (ei vaatimusta, RakMk C3 suositus 1,0, keskimäärin VTT:n mittauksissa 3–4 uusissa taloissa), RET-perustalossa oletusarvona 6.0.
- LTO:n hyötysuhde keskimäärin 42 %, mutta vaihtelu suurta, 14 kohteessa ilmoitettu vuosihyötysuhde oli vain minimivaatimukset täyttävä eli 30 %.

Kehittämisen varaa on edelleen mm. seuraavissa asioissa:

Energiankulutuksen korkeahko taso johtuu suunnitteluratkaisuista. Energiataloudellisuudeltaan kalliin suunnitteluratkaisun kohdalla tulisi käyttää mahdollisimman energiatehokkaita rakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä kuten Villa Laivakello.

Ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde parantaa erittäin paljon talojen energiatehokkuutta, koska lämmitettävät ilmatilavuudet ovat paljon keskimääräistä suurempia.

Ikkunoiden suuntauksessa auringon säteilyenergian hyödyntämistä ei useimmissa kohteissa ollut mietitty.

Ympäristövaikutusten huomioiminen uutta ja vähäistä (2,6*)

Ympäristövaikutusten suunnittelu ja huomioiminen arvioitiin neljästä osiosta heikoimmaksi. Ympäristövaikutusten erot talojen välillä noudattivat energiankulutuksen eroja.

Ympäristövaikutusten osalta mittaristoa tulee vielä kehittää. Elinkaarisuunnittelun merkitys, huoltoihin ja kunnossapitoon varautuminen ja aktiivinen uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen ei vielä kiinnosta hankkeeseen ryhtyvää. Monimuotoisessa arkkitehtuurissa, jota Toppilan asuntomessualue tyypillisimmillään edustaa, olisi hyvin tärkeä miettiä tilannetta 20 vuoden tähtäyksellä. Miten vuonna 2025 rakennusten peruskorjaukset toteutetaan ja miten kiristyneiden ympäristövaatimusten osalta asuminen ja viihtyminen unelmakodeissa onnistuu?

Kohteissa ympäristövaikutusten pisteet tulivat käytännössä energiantarpeen kautta. Yhtään huoltokirjaa ei toistaiseksi (15.6.2005) ole käytettävissä.

Jakauma: laatutähtiä / taloja oli 5*/-, 4*/3, 3*/6, 2*/11, 1*/-. Keskiarvo oli 2,6* laatutähteä.

Ympäristövaikutusten osalta positiivista oli:

Matalaenergiataloissa käytetyistä ratkaisuista johtuen alhainen CO₂-päästö, mutta vaihtelu oli suurta.

Innovatiiviset ratkaisut mm. Villa Laivakellossa aurinkokeräimet.

Kaukolämmön hyödyntäminen.

Varaavien tulisijojen yleisyys ja kotimaisen polttoaineen käytön mahdollisuudet.

Kehittämisen varaa jäi kuitenkin paljon:

Elinkaari- ja käyttöikäsuunnittelu (huoltokirjat, ratkaisut, joilla helpotetaan tulevaa huoltoa ja kunnossapittoa).

Maalämmön vähäinen hyödyntäminen.

Elinkaarikustannusvertailujen puuttuminen, yhdessäkin kohteessa ei ollut esillä arviota vuosittaisista ylläpitokustannuksista ja tulevasta kunnossapitokustannuksista.

Tekijä(t) Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko			
Nimeke Pientalon ekomittarit			
Tiivistelmä Tutkimuksessa kehitettiin pientalojen ekotehokkuuden mittaamiseksi viisi ekomittaria, jotka ovat: <ul style="list-style-type: none"> – vaipan johtumishäviöluku (EM 1) – pientalon lämmöntarve (EM 2) – energiatehokkuuden hinta (EM 3) – ilmavuotoluku (EM 4). energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten laatupisteet ja -tähdet. (EM 5) <p>Ekomittareista laskennallisia ovat mittarit EM 1, EM 2 ja EM 3, kohteessa tehtävään mittaukseen perustuva mittari on EM 4 ja nettikyselyyn rakentuva mittari on EM 5.</p> <p>Ekomittareiden avulla ohjataan rakennuksen suunnittelua ja toteutusta siten, että pientalon rakentaja tekee suunnittelun aikana valintoja, joilla kohteen energiatehokkuus ja ympäristölle aiheutuvat rasitukset voidaan optimoida.</p> <p>Ekomittareita testattiin Oulun asuntomessuilla vuonna 2005. Ekomittaria 1 ei kuitenkaan testattu, koska rakennussuunnitelmien taloudellisuuden arviointia ei asuntomessujen yhteydessä tehty. Pääpaino oli ekomittarissa 5, joka pitää sisällään myös ekomittarit 2, 3 ja 4.</p> <p>Ekomittareita on helppo käyttää ja niiden avulla voidaan kohteen energiatehokkuutta ohjata. Lämmöntarvelaskelman tekeminen on tällä hetkellä suunnittelijalle haastava asia. Elinkaarilaskelmien käyttö suunnittelun ohjauksessa on erittäin harvinaista. Päätökset tehdään käytännössä edelleen muuhun kuin elinkaarikustannuksiin perustuen.</p> <p>Ilmavuotoluku on hyvä teknisen laadun mittari. Sitä täydentävä lämpökuvaus todettiin hyödylliseksi rakentamisvaiheen laadunvarmistusmenetelmäksi. Menettelyn kenttätyössä ja raportoinnissa on vielä kehittämistä.</p> <p>Pientalon tähtiluokitus on Oulun kaupungin kehittämä tavalliselle pienrakentajalle tarkoitettu laadun varmistusmenetelmä. Energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset ovat osa tätä mittaristoa. Menettelyä sovellettiin asuntomessukohteisiin, ja kohteiden välillä voitiin mittarin avulla todeta selkeitä eroja. Yksittäisen kohteen läpikäyminen vaatii aikaa noin 8–12 tuntia, josta energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten arvioinnin osuus on noin 2–3 tuntia.</p>			
Avainsanat small houses, constructions, energy efficiency, technical quality, eco-efficiency, heat conduction, heat consumption, air tightness, thermography, building envelopes			
ISBN 951-38-6819-2 (nid.) 951-38-6820-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)			
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)			Projektinumero
Julkaisuaika Syyskuu 2006	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 43 s. + liitt. 9 s.	Hinta B
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t) Oulun kaupunki, VTT, ympäristöministeriö	
Yhteystiedot VTT Kaitoväylä 1, PL 18021, 90571 OULU Puh. vaihde 020 722 111 Faksi 020 722 2090		Myynti VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	

Author(s) Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko			
Title Key methods for energy efficiency and ecological impacts in private housing			
Abstract In this research five E-keys were developed for a single family house. These are: <ul style="list-style-type: none"> – Total heat conduction (EKey 1) – Total heat consumption (Ekey 2) – The price of energy efficiency (Ekey 3) – Air tightness figure based on thermography and air tightness test of building cover (Ekey 4) – Quality points and quality stars for energy efficiency and environmental impacts (Ekey 5). <p>Ekey 1 and Ekey 3 is meant for planning process to optimize the U-values or the efficiency of heat recovery system. By Ekey 2 the total energy consumption can be estimated. Ekey 4 is a quality insurance document but it can also be utilized to find out air leakings from the cover before the interior coverings have been set. The document is appended to the building service manual.</p> <p>The E-keys were tested in the housing exhibition of Oulu in 2005. The E-keys are simple to use. Some problems still exist. Building planners are not very familiar to heating energy consumption or LCC-analysis. So it is difficult to steer the building plans when the target level is unknown. LCC-analysis is too difficult for ordinary architects or building planners. Although the model EM 3 is very simple, it still demands a lot of work to make architects to use the system. It is obvious that in some cases wrong choices were made due the insufficient economical data.</p> <p>Thermography and air tightness test is very useful tool. There are still problems in field work, equipments and in documents and reporting.</p> <p>The mostly used E-key is the star classification system (Ekey 5). It can be find freely from internet and almost every one can use it. It takes a lot of time (totally about 8–12 hours / building), but compared with the life time of a single family house (50–100 years), it is not waste of time.</p>			
Keywords small houses, constructions, energy efficiency, technical quality, eco-efficiency, heat conduction, heat consumption, air tightness, thermography, building envelopes			
ISBN 951-38-6819-2 (soft back ed.) 951-38-6820-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)			
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)			Project number
Date September 2006	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 43 p. + app. 9 p.	Price B
Name of project		Commissioned by city of Oulu, VTT, Ministry of the Environment	
Contact VTT Technical Research Centre of Finland Kaitoväylä 1, P.O. Box 18021 FI-90571 OULU, Finland Phone internat. +358 20 722 111 Fax +358 20 722 2090		Sold by VTT P.O. Box 1000 FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374	

VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2338 Martikainen, Antti. Ilmastonmuutoksen vaikutus sähköverkkoliiketoimintaan. 2006. 74 s. + liitt. 5 s.
- 2339 Takasuo, Eveliina. Modeling of Pressurizer Using APROS and TRACE Thermal Hydraulic Codes. 2006. 99 p. + app. 4 p.
- 2340 Modelling of multiphase chemical reactors (ModCheR). Final report. Manninen, Mikko (ed.). 2006. 181 p.
- 2341 Kara, Mikko. Electricity and emission allowance markets from Finnish viewpoint. Stydy. 2006. 105 p.
- 2342 Häkkinen, Tarja & Wirtanen, Leif. Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen ympäristö- ja elinkaarinäkökohtien arviointi. 2006. 29 s.
- 2343 Alanen, Jarmo, Haataja, Kari, Laurila, Otto, Peltola, Jukka & Aho, Isto. Diagnostics of mobile work machines. 2006. 122 p.
- 2344 Nieminen, Matti, Suomalainen, Marjut & Mäkinen, Tuula. Gasification of shredder residue. 2006. 46 p. + app. 2 p.
- 2345 Lahti, Maria, Kantola, Kristiina, Kinnunen, Timo, Kivinen, Tuomo, Koivisto, Juha-Pekka, Kortekangas, Atte, Ollikainen, Ville, Virtanen, Tytti, Koskela, Hanna, Noppari, Elina & Sirkkunen, Esa. "Kato, nyt sää oot telkkarissa." Digitaalinen LähiTV paikallisyhteisöjen viestinnässä. 2006. 160 s. + liitt. 57 s.
- 2346 Alahuhta, Petteri, Abrahamsson, Pekka, Törrö, Maaretta & Mutanen, Teemu. Idealiikkeen tulokset. 35 000 mobiilipalveluideaa vapaaseen käyttöön. 2006. 38 s. + liitt. 3 s.
- 2347 Hänninen, Hannu, Aaltonen, Pertti, Brederholm, Anssi, Ehrnstén, Ulla, Gripenberg, Hans, Toivonen, Aki, Pitkänen Jorma & Virkkunen, Iikka. Dissimilar metal weld joints and their performance in nuclear power plant and oil refinery conditions. 2006. 208 p.
- 2348 Valkokari, Katri, Airola, Merja, Hakanen, Taru, Hyötyläinen, Raimo, Ilomäki, Sanna-Kaisa & Salkari, Iiro. Yritysverkoston strateginen kehittäminen. 2006. 54 s. + liitt. 1 s.
- 2349 Simulation-based design process of smart machines. Lehtonen, Mikko (ed.). 2006. 184 p.
- 2350 Hekkanen, Martti & Heljo, Juhani. 2006. Rakennusten käyttö- ja huolto-ohjeiden kelpoisuus ja kehittämistarve. 47 s. + liitt. 8 s.
- 2351 Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. 2006. 38 s.
- 2352 Fagernäs, Leena, Johansson, Allan, Wilén, Carl, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula, Helynen, Satu, Daugherty, Erik, den Uil, Herman, Vehlow, Jürgen, Käberger, Tomas & Rogulska, Magdalena. Bioenergy in Europe. Opportunities and Barriers. 2006. 118 p.
- 2353 Liukko, Timo, Airola, Merja, Ilomäki, Sanna-Kaisa, Mikkola, Markku, Simons, Magnus & Pohto, Petteri. Kasvukompassi. 50+ -yritysten menestyksellisen kasvun ja kehittämisen mallit. 2006. 63 s.
- 2354 Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko. Pientalon ekomitariat. 2006. 43 s. + liitt. 9 s.

Tätä julkaisua myy	Denna publikation säljs av	This publication is available from
VTT PL 1000 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	VTT PB 1000 02044 VTT Tel. 020 722 4404 Fax 020 722 4374	VTT P.O. Box 1000 FI-02044 VTT, Finland Phone internat. + 358 20 722 4404 Fax + 358 20 722 4374