

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Kiinteistöjohtaminen

2010

Ulla Salonen

ULKOVAIPAN VAIKUTUS RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUTEEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ulla Salonen

ULKOVAIPAN VAIKUTUS RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUTEEN

Kiinteistöt kuluttavat noin 30 % energiasta Suomessa. Kiinteistöjen lämmitysenergiasta pientalot kuluttavat suurimman osan, noin kolmanneksen. Pientalojen korjaamisella energiatehokkaammiksi voidaan vaikuttaa suureen osaan energian kulutuksessa.

Vanhoissa pientaloissa tyypillisiä riskirakenteita energian kulutuksen kannalta ovat huono eristävyys, höyryn/ ilmansulun puuttuminen, painovoimainen ilmanvaihto, 2-lasiset ikkunat sekä huonot ulko-ovet. Kohdistamalla korjaukset edellä mainittuihin rakenteisiin saadaan energiaa säästettyä ja asumismukavuus paranee.

Vuoden 2008 alussa uudisrakentamisessa tuli voimaan energiatodistus, joka on lakisääteinen asiakirja rakennuksen energiantarpeesta. Energiatodistuksen luokitus on monille tuttu kodin kylmälaitteista: A-luokassa energiaa kuluu vähän, ja G-luokan kiinteistö on paljon kuluttava. Vanhoilla kiinteistöillä energiatodistuksen luokitus perustuu toteutuneeseen kulutukseen, ja todistuksen voi kirjoittaa isännöitsijä.

Energiatehokkuuden parantaminen voidaan aloittaa pienillä korjaustoilla. Lämmitysverkoston perussäädöllä on hyvä aloittaa rakenteita rikkomaton energiaremontti. Ikkunoiden tiivistäminen ja lämmityslaitteiden toiminnan tarkastus tulisi tehdä säännöllisesti, jotta vialliset laitteistot eivät turhaan kuluttaisi energiaa.

Lämpökuvaus on yksi hyvä tapa tutkia mahdollisia virheitä sekä laatupoikkeamia rakenteita rikkomatta. Vanhoissa rakennuksissa lämpökuvaus on hyvä ottaa jo korjaustöiden suunnitteluvaiheessa mukaan, lämpökuvauksella voidaan selvittää vaurioiden laajuutta sekä paikantaa korjattavia alueita. Uudisrakennuksissa ja korjauksen jälkeen lämpökuvauksella voidaan suorittaa laaduntarkkailua; eristeiden puuttuminen ja asennusvirheet näkyvät lämpökuvissa hyvin.

ASIASANAT:

Ikkunat, energia, lämpökamerat

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Real Estate Management

April 2010 | 45 pages

Jouko Lehtonen

Ulla Salonen

EFFECT OF OUTER WALLS ON ENERGY EFFICIENCY

In Finland about 30% of all energy is used by real estates. By improving the energy efficiency of detached houses. Significant savings in energy consumption may be achieved.

Typical risk-structures in old buildings are caused by the old building techniques themselves. Focusing the renovations on old windows, doors and insulation will lower heating costs and improve the quality of living.

Making the house energy-efficient does not always mean breaking the structures of the house. The simple adjustment of radiators is a good start, but keeping the house energy-efficient is a continuous project.

Thermal-imaging gear is a big help in certain cases. In old buildings it reveals thermal leaks and lack of insulation without breaking any walls. In new buildings it can be used in quality control.

KEYWORDS:

windows, energy, thermal-imaging gear

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
1.1 Työn taustat	5
1.2 Työn tavoitteet	6
2 RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUS	7
2.1 Yleistä	7
2.2 Uudet rakennukset	7
2.3 Vanhat rakennukset	8
3 ILMAVUOTOJEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN	9
4 ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT MÄÄRÄYKSET	10
4.1 Yleistä	10
4.2 Kiristyvät määräykset	10
4.3 Energiatodistus	11
4.4 Uudet rakennukset	12
4.5 Vanhat rakennukset	12
4.6 Ikkunoiden energiatodistus	13
5 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	14
5.1 Yleistä	14
5.2 Ulkovaippa	14
5.3 Ikkunoiden ja ovien vaihto	15
5.4 Rakenteita muuttamatta	15
5.5 Uudet keksinnöt	16
6 LÄMPÖKUVAUS RAKENTEIDEN TUTKIMUSMENETELMÄNÄ	16
6.1 Lämpökuvaus ennen rakenteiden korjausta	18
6.2 Lämpökuvaus rakenteiden korjauksen jälkeen	18
6.3 Lämpökuvauksen luotettavuus tutkimusmenetelmänä	19
7 IKKUNOIDEN ILMAVUOTOJEN SEKÄ LÄMMÖNLÄPÄISYN SELVITTÄMINEN LÄMPÖKAMERALLA	19
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	23
9 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	27
KUVAT	
Kuva 1. Rakennusten lämpöhäviöt rakennusosittain	9

Kuva 2. Ikkunoiden energiatodistus.	13
Kuva 3. Ikkunaremontin vaiheiden oikea suoritusjärjestys	15
Kuva 4. Lämpökamera	17
Kuva 5. Sepänkatu 1	20
Kuva 6. Lämpötilahavainnot Turku 18.3.-23.3.2009	20
Kuva 7. Lämpökuva 5, peittämätön ikkuna	21
Kuva 8. Lämpökuva 3, muovilla peitetty ikkuna	21
Kuva 9. Alumiinipaperilla peitetty ikkuna	22
Kuva 10. Lämpökuva 1. Alumiinipaperilla peitetystä ikkunasta	22
Kuva 10. Kotelossa kulkeva rullaverho	23

TAULUKOT

Taulukko 1. Lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoja uudisrakentamisessa	11
---	----

LIITTEET

Liite 1. Lämpökuvausmittausraportti	
-------------------------------------	--

1 Johdanto

1.1 Työn taustat

Energiantuotanto aiheuttaa suuren osan päästöistä, joita pääsee ilmakehään, ja nyt tähän ollaan puuttumassa uusilla rakennusten eristämistä koskevilla määräyksillä. Energiatehokkuuteen liittyviä määräyksiä uudistetaan ja muutokset tulevat voimaan vuoden 2010 alussa. Uudet määräykset tähtäävät rakennusosien U-arvojen pienentämiseen tehokkaampia eristeitä ja paksumpia eristekerroksia käyttämällä. Uudisrakentamisen osalta määräykset ohjaavatkin rakentamista koko ajan entistä energiatehokkaampaan suuntaan. Olemassa olevaan rakennuskantaan energiatehokkuuden parantaminen tulee yleensä ajankohtaiseksi jonkin muun korjauksen yhteydessä. Pelkästään eristeiden lisääminen ilman muuta remontin tarvetta ei välttämättä ole kustannuksien kannalta järkevää. Julkisivusaneerauksen yhteydessä vaihdetaan ikkunat uusiin paremman U-arvon omaaviin ja lisätään eristettä seinäpintoihin.

Korjausrakentamisessa törmätään usein siihen, että jokin rakenne on vaurioitunut selkeästi rakennusvirheen takia. Rakenne on tehty parhaan saatavissa olevan tiedon mukaan, mutta tieto vain on muuttunut uusien tutkimusten mukana. Se mikä on ollut oikea menetelmä rakentaa ja korjata 20 vuotta aikaisemmin, ei enää välttämättä täytä nykymääräyksiä. Korjauskohteissa voidaan saavuttaa merkittäviä energiasäästöjä pelkästään tekemällä korjaukset oikein.

Rakennusmateriaaliteollisuuden voimakkaasti lisääntyessä uusia materiaaleja on tullut paljon käyttöön ja kaikista ei vielä ole ollut tarpeeksi tietoa, joten rakennusvirheitä on tehty siinä uskossa, että rakennetaan hyvin. Kosteuden siirtymistä rakenteissa nykymateriaaleilla on tutkittu, ja se osataan ottaa paremmin huomion suunniteltaessa uusia rakenteita tai korjattaessa vanhaa. Joidenkin materiaalien kohdalla kehitys on ollut huimaa, mutta vielä pitäisi parantaa, jos aiotaan saavuttaa 2010 voimaan tulevat määräykset.

Rakentamisen laadusta käydään koko ajan enemmän keskustelua julkisuudessa. Uudisrakentamisessa aikataulujen kiristyminen on saanut aikaan sen, että rakenteiden kuivumiseen ei ole varattu tarpeeksi aikaa ja näin ongelma syntyy jo ennen rakennuksen käyttöönottoa. Korjauspuolella aikataulut ovat yhtäläillä kireät ja vaikuttavat työn onnistumiseen. Huolellinen töiden suunnittelu on kaikessa rakentamisessa erittäin tärkeää. Myös suunnitelmien mukainen toteutus on tärkeää. Ei riitä että on suunniteltu hyvin, jos suunnitelmia ei toteuteta.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli tutkia rakennusten ilmapuotojen osuutta energian kulutuksessa ja pohtia, miten erityisesti ulkovaipan ikkuna-aukkojen ilmapuotoja voisi vähentää ja kuinka paljon ne vaikuttavat energian kulutukseen ja asumisviihtyvyyteen. Keinot tutkimiseen ovat kirjallisuustutkimus ja käytännön kokeet lämpökameralla.

Tavoitteena oli myös saada aikaiseksi patenttihakemukseen tarvittavat asiakirjat ja kehittää ajatusta edelleen sekä miettiä, toimiiko idea käytännössä. Patentti koskee ikkunoiden ilmapuotojen pienentämistä ja rakenneosan lämmöneristävyyden parantamista ilman rakenteellisia muutoksia. Patenttihakemuksen keskeneräisyyden vuoksi työtä ei voi liittää osaksi opinnäytettä.

”Patenttilain mukaan keksinnön tulee olla uusi siihen verrattuna, mikä on tullut tunnetuksi ennen hakemuksen tekemispäivää ja sen on erottava siitä olennaisesti. Jos keksintö on tullut tunnetuksi ennen hakemuksen tekemispäivää missä maassa tahansa kirjoituksen tai esitelmän välityksellä, hyväksikäyttämällä tai muulla tavoin, siihen ei myönnetä patenttia.” (Patentti- ja rekisterihallitus 2003.)

2 Rakennusten energiankulutus

2.1 Yleistä

Kiinteistöt kuluttavat noin 30 % loppuenergian kulutuksesta Suomessa. Pientalot ovat suurin kuluttajaryhmä lämmitysenergian kulutuksessa. Niiden osuus kulutuksesta on noin kolmannes. Asuinkerrostalot, toimisto-, liike- ja palvelurakennukset vievät toisen kolmanneksen, ja viimeinen kolmannes jakaantuu muiden rakennustyyppien kesken. (Motiva 2010.)

Rakennusten elinkaaren aikana suurin osa energiasta kulutetaan rakennusten käytön aikana. Rakennustyypistä, rakennustekniikasta, ylläpidon tasosta ja käyttötavasta riippuen energian kulutus on 10-20-kertainen rakentamiseen verrattuna. (Erat 1994, 123.) Tämä on vähitellen herättänyt huomiota, ja nyt yritetään vaikuttaa käytönaikaiseen energiankulutukseen enemmän kuin rakentamisessa käytettyyn energiaan. Kun halutaan pienentää asumisesta aiheutuvaa energiankulutusta, joudutaan usein lisäämään eristeitä ja tekemään erilaisia kalliimpia ratkaisuja energiasäästön puolesta. Se, mitä on tehty eristämiseen rakentamis- tai korjausvaiheessa, tulee takaisin pienempänä energiankulutuksena.

Rakennuksissa lämpöenergian kokonaiskulutus koostuu rakennuksen vaipan lämpöhäviöistä, vaipan ilmapuodoista, ilmanvaihdon kuluttamasta energiasta, lämmitysjärjestelmän erilaisista häviöistä sekä lämpimän käyttöveden tuottamisesta ja jakelusta. Rakennuksessa olevat sähköjärjestelmät kuluttavat myös energiaa. (Energiaselvitys 2009.) Kiinteistöjen ylläpitokustannuksista noin 40 % koostuu energiakustannuksista (Myyryläinen 2008, 47). Energiatehokkuutta parantamalla vaikutetaan suureen osaan kiinteistön ylläpitokustannuksista.

2.2 Uudet rakennukset

Uudet ja vanhat rakennukset kuluttavat energiaa eri tavalla. Uusissa taloissa on jo yleensä paksummat sekä tehokkaammat eristeet, paremmat ikkunat sekä

ovet kuin vanhoissa taloissa. Suunnittelussa otetaan huomioon energiankulutus määräyksien ja asumismukavuuden takia. Vaikka ikkunat ovat kehittyneet nopeasti, ne ovat suuria energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä, koska samalla, kun ikkunoiden U-arvot ovat parantuneet, ikkunapinta-ala on lisääntynyt. Olohuoneessa saattaa olla koko seinän kokoinen maisemaikkuna, jonka U-arvo on kolme kertaa korkeampi kuin seinärakenteen, millä on väistämättä vaikutus energian tarpeeseen. Lisääntyneen talotekniikan ansiosta uudemmissa taloissa energiaa kuluttavia laitteita löytyy yhä enemmän. Vanhoihin taloihin uusi tekniikka tulee usein peruskorjausten yhteydessä, kun halutaan parantaa laatutasoa.

Ilmanvaihto on yksi huomattava energiankulutukseen vaikuttava tekijä uusissa taloissa, joten suunnittelussa tulisi eri vaihtoehdot ottaa huomioon käytönaikaisen energiankulutuksen perusteella. Kiinteistöjen lämmityksen ja jäähdytyksen tarve on voimakkaasti kasvanut, ja painovoimaisen ilmanvaihdon tilalle on useasti tullut koneellinen poisto- ja tuloilmanvaihto, joka kuluttaa energiaa enemmän kuin painovoimainen ilmanvaihto. Lämmön talteen otto (LTO) poistoilmasta yhdistettynä koneelliseen poistoon on helppo tapa säästää energiaa.

2.3 Vanhat rakennukset

Vanhan pientalon tyypillisiä riskirakenteita energian kulutuksen kannalta ovat huono eristävyys, höyryn / ilmansulun vuotaminen, painovoimainen ilmanvaihto, 2-lasiset ikkunat ja huonot ulko-ovet. Aikaisemmin on käytetty purua eristeenä ala- ja yläpohjassa sekä seinissä, ja vuosien saatossa eristekerros on painunut kasaan eikä enää toimi halutulla tavalla. Ilmansulkuna toimiva paperi voi olla irti seinien ylä- ja alareunoista sekä ikkunoiden karmien ympäriltä, jolloin kylmä ulkoilma pääsee vuotamaan sisälle aiheuttaen vedontunteen. (Kaila 1997, 157.)

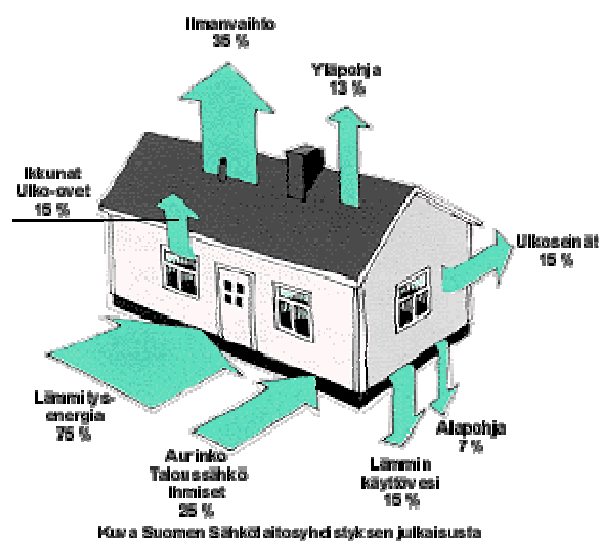
Suuria energiasyöppöjä ovat vanhat 2-lasiset ikkunat, joita on vielä useissa taloissa. Vanhojen 2-lasisten ikkunoiden U-arvo on noin 3,0, uudempien kolmilasisten MSE-ikkunoiden U-arvo on noin 1,8, ja selektiivilasilla

varustettujen ikkunoiden U-arvo vaihtelee 1,1 ja 1,4 välillä. (Ikkunat 2009.) Vanhoissa taloissa ei siis välttämättä yllätä lähellekään nykyistä 1,4 U-arvoa joka 1.1.2010 kiristyi arvoon 1,0.

3 Ilmavuotojen vaikutus energiankulutukseen

Rakennusten ilmavuodoista puhuttaessa tarkoitetaan ilmaa, joka kulkee ulkovaipan läpi sekä vaipassa olevien reikien kautta. Rakenteen läpi kulkee ilmaa hallitusti sekä hallitsemattomasti. Hallittu ja suunnitellusti toimiva ilman kulku rakenteissa ei aiheuta ongelmia eikä vaadi korjaustoimenpiteitä. Hallitsematon ilmankulku rakenteissa aiheuttaa energiantarpeen kasvua sekä aiheuttaa usein ongelmia kosteuden kulkiessa ilman mukana paikkoihin, joissa kosteudesta on haittaa. Varsinkin ikkunoiden ja ovien liitoskohdissa on helposti vuotokohtia, joista kylmä ilma pääsee sisälle aiheuttaen vedontunteen.

Rakennusten lämpöhäviöt (Kuva 1) voidaan jakaa rakennusosien kesken seuraavasti: Ilmanvaihto vie 35 %, yläpohja 13 %, ulkoseinät 15 %, ikkunat ja ulko-ovet 15 %, alapohja 7 % ja lämmin käyttövesi 15 %. Vastaavasti energiasta 75 % tulee rakennukseen lämmityksen kautta ja 25 % energiantarpeesta hoituu taloussähköllä, auringosta saavalla energialla sekä ihmisistä saatavalla lämmöllä.



Kuva 1. Rakennusten lämpöhäviöt rakennusosittain (Valkeakoski 2009).

Eri lähteissä rakenneosien prosenttiosuudet lämpöhäviöistä vaihtelivat muutaman prosentin ja rakenneosat on jaoteltu eri tavoin. Ikkunat ja ovet ovat yleensä neliömäärältään pieni alue verrattuna koko seinäpinta-alaan, mutta niiden merkitys lämpöhäviöihin on niin suuri, että ne ilmoitetaan erikseen.

4 Energiatehokkuuteen vaikuttavat määräykset

4.1 Yleistä

Rakentamisessa energiatehokkuuteen vaikutetaan Ympäristöministeriön asetuksilla. Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia vaan voidaan käyttää muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja. (Ympäristöministeriö 2009.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osioista, C eristykset ja D LVI ja energiatalous, löytyy uusien rakennusten energiatalouden suunnitteluun määräykset ja ohjeet.

4.2 Kiristyvät määräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kohtaan D3 on tullut uusia määräyksiä koskien rakennusten energiatehokkuutta. Ensimmäiset uudet asetukset astuivat voimaan 1.1.2008 kumoten 30.10.2002 annetut asetukset. Vuoden 2010 alussa tuli lisää uusia asetuksia, jotka kiristävät uusien rakennusten sallittua energiankulutustasoa entisestään. Aiheen ollessa ajankohtainen asetuksia on uusittu tiuhaan tahtiin. Ennen asetuksen voimaantuloa vireille tulleeseen rakennuslupahakemukseen voidaan soveltaa aikaisempia määräyksiä, joten vanhojen määräysten kanssa rakennetaan vielä pitkään.

Esimerkiksi ikkunoiden U-arvot (Taulukko 1) ovat kiristyneet lyhyessä ajassa huomattavasti. Ikkunavalmistajat ovat saaneet tehdä kehitystyötä nopeassa tahdissa pysyäkseen vaatimusten mukana.

Taulukko 1. Lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoja uudisrakentamisessa (Ympäristöministeriö 2010).

Lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoja

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti

Voimaantulopäivämäärä

1.1.2008

1.1.2010

seinä		0,24 W/m ² K		0,17 W/m ² K
hirsiseinä (hirsiseinärakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)		-		0,40 W/m ² K
yläpohja, ulkoilmaan rajoittuva alapohja		0,15 W/m ² K		0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)		0,19 W/m ² K		0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa		0,24 W/m ² K		0,16 W/m ² K
ikkuna, ovi		1,4 W/m ² K		1,0 W/m ² K
kattoikkuna		1,5 W/m ² K		1,0 W/m ² K

4.3 Energiatodistus

Uusille asuinrakennuksille tuli voimaan 1.1.2008 energiatodistus, joka on lakisääteinen asiakirja rakennuksen energiantarpeesta. Energiatodistuksessa

kiinteistöt luokitellaan energiatehokkuuden perusteella asteikolla A-G. Samanlainen luokitus on käytössä kodin kylmälaitteissa, joten se on jo tuttu suurelle osalle ihmisiä. A-luokan kiinteistö on vähän energiaa kuluttava, ja G-luokassa energiaa kuluu huomattavan paljon. Energiatodistus on pakollinen uusille rakennuksille ja suurelle osalle vanhoja rakennuksia. Ohjeita ja neuvoja energiatodistuksen laatimiseen saa ympäristöministeriön oppaasta ”Energiatodistusopas 2007.” (Ympäristö 2009.)

4.4 Uudet rakennukset

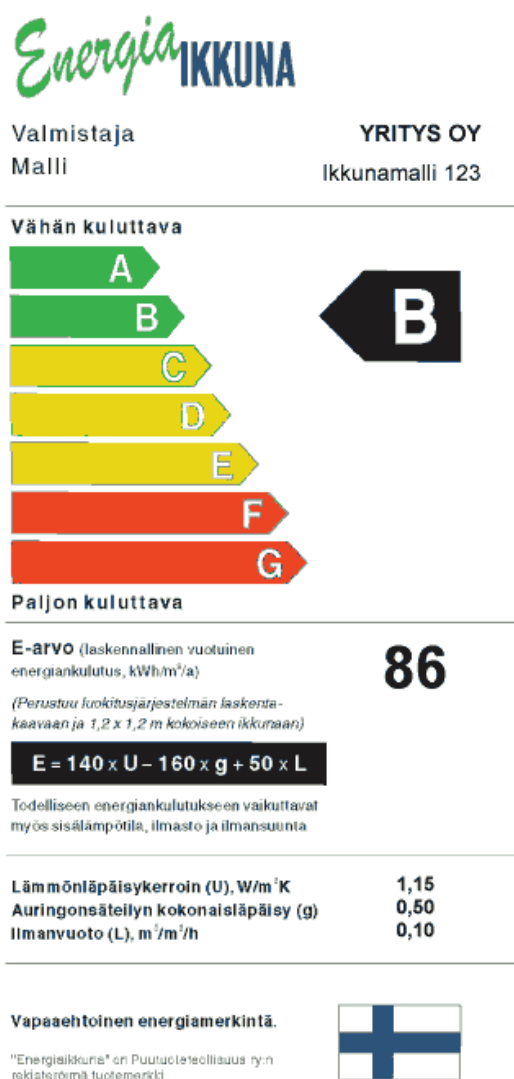
Uusien asuinrakennusten rakennuslupahakemukseen tulee liittää energiatodistus, jonka allekirjoittaa pääsuunnittelija. Uusien rakennusten energiatehokkuusluku on laskennallinen. Rakennusluvan yhteydessä erillistä pätevyyttä pääsuunnittelijalta ei edellytetä, koska oletetaan, että pääsuunnittelija on pätevä laskemaan energiatehokkuusluvun. Rakennuslupamenettelyn yhteydessä annettu todistus on voimassa yli kuuden asunnon kiinteistöillä neljä vuotta ja enintään kuuden asunnon kiinteistöillä kymmenen vuotta. (Myyryläinen 2008, 54.)

4.5 Vanhat rakennukset

Vanhoilla rakennuksilla energiantodistus on vapaaehtoinen enintään kuuden asunnon yhtiöissä. Olemassa olevilla rakennuksilla energiatodistus laaditaan toteutuneen vuosikulutuksen mukaan. Vanhoilla yli kuuden asunnon kiinteistöillä energiatodistus on pakollinen, ja se voidaan tehdä erillisen energiakatselmuksen yhteydessä, tai sen voi kirjoittaa isännöitsijä. Erillinen energiatodistus on voimassa kymmenen vuotta, ja sen antajalla tulee olla todettu pätevyys. Pätevyyden myöntää Suomen LVI-yhdistys ja Kiinteistöalan Koulutuskeskus. Isännöitsijätodistuksen liitteenä annettava todistus on voimassa vuoden, ja se päivitetään vuosittain aina edellisen vuoden energiankulutuksen mukaan. Isännöitsijä ei tarvitse erillistä pätevyyttä energiatodistuksen antamiseen. (Myyryläinen 2008, 57.)

4.6 Ikkunoiden energiatodistus

Uusille ikkunoille on tullut vapaaehtoinen energiatodistus (Kuva 2), jossa luokitus on samankaltainen kuin kylmälaitteilla ja kiinteistöillä. Ikkunat on jaettu luokkiin A-G ikkunoiden lämmitystarpeen mukaan. Todistuksesta löytyy myös ikkunan U-arvo, joka on helposti vertailtavissa muiden ikkunoiden kanssa. (Ikkunoiden energialuokitus 2009.)



Kuva 2. Ikkunoiden energiatodistus (Motiva 2009.)

5 Energiätehokkuuden parantaminen

5.1 Yleistä

Rakennusten energiätehokkuuden parantamiseen on useita erilaisia keinoja. Suomessa ei vielä ole juurikaan tehty pelkkiä energiätehokkuutta parantavia korjauksia. Yleensä peruskorjausten yhteydessä energiätehokkuus parantuu siinä samalla. Ikkunoiden ja ovien vaihto uusiin parantaa yleensä huomattavasti energiätehokkuutta. Julkisivun koko ilme muuttuu helposti esimerkiksi lämpörappauksella, joka voidaan tehdä vanhan elementin tai rappauksen päälle, jos tartunta alustaan on edelleen hyvä.

Energiätehokkuuden parantamiseen suunnatut korjausavustukset ovat saaneet taloyhtiöt kiinnostumaan energiankulutuksesta. Korjaukset, jotka ovat olleet tulossa ajankohtaiseksi, on ehkä aloitettu hieman aikaisemmin kuin ilman korjausavustuksia.

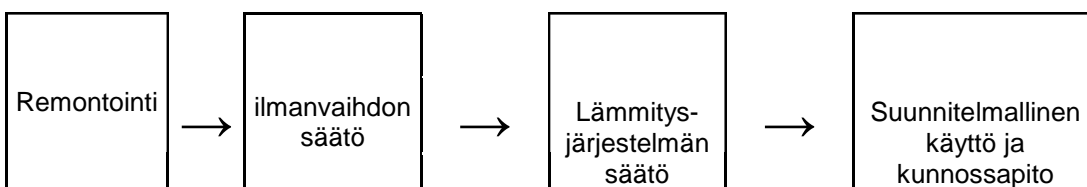
5.2 Ulkovaippa

Koska ilman lämmöneristysarvo λ on erittäin pieni, parhaimmat lämmöneristeet sisältävät paljon ilmaa ja ovat erittäin keveitä. Tämä johtaa siihen, että eristeet ovat myös herkkiä tuulelle, eli rakennuksen tuulensuojan tulee olla ehjä, jotta eriste toimii niin kuin on tarkoitettu. (Kaila 1997,152.) Lisäämällä eristeitä ja peittämällä julkisivu rappauksella, laatalla tai kivilevyllä saadaan parannettua seinän lämmöneristyskykyä. Riippuen elementtien kunnosta lisäeristys voidaan tehdä suoraan vanhan elementin päälle. Tällöin elementtien sisä- ja ulkokuori tulee ankkuroida kiinni toisiinsa riittävän hyvin, jotta uuden ulkokuoren paino jakautuu tasaisesti. Elementtien ulkokuoren ollessa niin huonossa kunnossa ettei ankkurointi enää onnistu, on parempi purkaa ulkokuori sekä vanha lämmöneriste kokonaan pois ja rakentaa uusi pinta sisäkuorten päälle.

5.3 Ikkunoiden ja ovien vaihto

Rakennusten ulkovaipan yksi suuri osa on ikkunat, jotka vaihtamalla saadaan yleensä suuri säästö energiankulutuksessa. Ikkunoiden vaihtamista mietittäessä tulee aina ottaa huomioon myös asumisviihtyvyyden paraneminen. Vanhat 2-lasiset ikkunat tuntuvat helposti vetoisilta, koska ikkunan pintalämpötila on helposti useita asteita matalampi kuin huonetilan lämpötila. Ikkunoiden sekä ovien vaihdon yhteydessä voidaan sopia lämpökamerakuvauksen tekemisestä vaihdon jälkeen, jolloin saadaan selville mahdolliset kylmäsillat, joita on jäänyt, sekä karmien tiivistys.

Ikkunoiden ja ovien vaihto vaikuttaa välillisesti myös kiinteistön ilmanvaihtoon ja lämmitysjärjestelmän säätöihin. Tärkeää on, että remontin jälkeen ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmä (Kuva 3) säädetään oikeassa järjestyksessä. Remontin jälkeen ensimmäiseksi säädetään ilmanvaihto, ja sen jälkeen säädetään lämmitysjärjestelmä. Käyttö ja kunnossapito tulee olla suunniteltua parhaan hyödyn saavuttamiseksi. (Hemmilä ja Saarni 2001, 59.)



Kuva 3. Ikkunaremontin vaiheiden oikea suoritusjärjestys (Hemmilä ja Saarni 2001, 59).

5.4 Rakenteita muuttamatta

Aina ei tarvitse repiä koko taloa auki. Energiatehokkuutta voidaan parantaa myös säästämällä energiaa, ja parhaiten säästäminen onnistuu, kun kulutus on tarkkaan tiedossa. Asentamalla vanhoihin taloyhtiöihin huoneistokohtaiset vesi- ja sähkömittarit kulutuksen kustannukset kohdistuvat suoraan käyttäjälle. Kun säästetty vesi tai sähkö näkyy suoraan lompakossa, motivaatio säästämiseen on ihan eri kuin kiinteällä maksulla, jossa säästö ei näy suoraan omassa taloudessa.

Lämmitysverkoston perussäätö on erittäin hyvä keino vaikuttaa rakennusten energiankulutukseen ilman suuria rakenteisiin kohdistuvia korjaustoimenpiteitä. Asiantuntijan tarkistaessa lämmityslaitteiston kunnon saadaan tietoa koneiden ja laitteiden uusimistarpeesta sekä vialliset laitteet vaihdettua turvallisesti. Toimimattomat termostaatit aiheuttavat sen, että lähellä lämmönjakokeskusta olevat asunnot ovat lämpimämpiä kuin kauempana olevat ja lämpimistä asunnoista kenties tuuletetaan lämpöä pihalle samaan aikaan, kun toisaalla kärsitään kylmyydestä.

5.5 Uudet keksinnöt

Koko ajan tulee markkinoille uusia tuotteita, joista osa liittyy energiankulutuksen vähentämiseen joko uudistuotannossa tai korjausrakentamisessa. Jotkut uusista keksinnöistä ovat paranneltuja versioita vanhoista tunnetuista materiaaleista tai laitteista ja yleensä parannukset ovat tulleet sitä kautta, että on huomattu mahdollisuus toimia paremmin. Kaikki tuotteet eivät kuitenkaan helposti sovellu ihan jokaisen käyttöön, mutta vaihtoehtoja on erilaisia.

Uusien ratkaisujen käytössä on myös omat ongelmansa, jotka pitäisi tiedostaa siinä vaiheessa, kun suunnittelee niitä käyttävänsä. Vielä ei välttämättä ole tietoa pitkäaikaisista vaikutuksista, joita jonkin uuden tuotteen käyttö saattaa aiheuttaa. Käyttäjien antamaa palautetta ei vielä ole, laitteiden tai materiaalien käyttö saattaa olla vaikeaselkoista ja aiheuttaa sitä kautta virheitä. Jonkin uuden koneen tai materiaalin suuri suosio saattaa aiheuttaa markkinoiden ylikuumenemisen, jolloin helposti tulee mukaan yrittäjiä, jotka eivät välttämättä toimi hyvän rakennustavan mukaan joko tietämättömyyttään tai sitten tahallaan.

6 Lämpökuvaus rakenteiden tutkimusmenetelmänä

Lämpökuvaus perustuu lämpö- eli infrapunasäteilyyn. Jokainen kohde tuottaa luonnostaan lämpösäteilyä, joka mitataan erityisellä lämpö- eli infrapunakameralla. Lämpökameran (Kuva 4) käytössä kiinteistöjä kuvattaessa lämpötila sisällä ja ulkona on hyvin tärkeää ottaa huomioon, lämpötilaero pitää

olla vähintään 15 °C ja ulkoilman lämpötila enintään +5 °C. Rakennusten ilmapuotoja kuvattaessa lämpötilaeron tulee olla vähintään 10 °C ja ulkolämpötilan tulee olla enintään +10 °C. (Keski-Uudenmaan LämpöKuvausPalvelu 2009.)



Kuva 4. Lämpökamera (Infradex 2010).

Rakentamisessa lämpökameran käyttö keskittyy lähinnä talvikaudelle, kun lämpötila on lähelle 0 °C. Mahdollisimman tasaiset olosuhteet sisällä ja ulkona edesauttavat kuvauksen onnistumista. Rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto, tulisi kuvaus suorittaa ilmanvaihtokoneiden ollessa pois päältä. Huoneistoon tai taloon voidaan luoda hallittu alipaine ilmanvuotoluvun (n_{50}) selvittämiseksi ja ilmapuotojen saamiseksi paremmin näkyviin. Paine-ero auttaa vuotokohtien havaitsemista lämpökameralla, kun ilma pyrkii alipaineistettuun huoneeseen. Ulkoilman lämpötilan kanssa yhtä tärkeitä sääolosuhteita ovat tuuli ja auringonpaiste. Pilvinen ja tuuleton sää antaa tasaisimman tuloksen. Auringon lämmön kuumentamat rakenteet tai kova puuskittainen tuuli voivat antaa virheellistä tietoa lämpökameralla kuvattaessa. Kova tuuli voi antaa rakenteiden kunnosta virheellisesti huonomman kuvan. (Uusitupa 2010.)

Lämpökameraa voidaan käyttää työn ja materiaalien laadunvalvontaan. Piiloon jääviä rakenteita voidaan kuvata työn jäätyä seuraavien vaiheiden alle. Parasta olisi kuitenkin suorittaa kuvaus ja rakenteiden tarkastus ennen rakenneosien piilottamista, jotta välttyttäisiin turhalta purkamiselta. Käytettäessä lämpökameraa työn laadun tarkistamiseen tulisi tietää, miltä oikein tehty rakenne näyttää lämpökamerakuvissa. Materiaalien tarkistamisessa on yhtäläillä tärkeää tietää, miltä oikein asennettu laite näyttää tai miltä materiaalin

tulisi näyttää, kun se on oikeanlaista. Ilmanvaihtolaitteisiin liittyvien putkien eristykset voidaan tarkistaa lämpökameralla, sekä rakennuksen eristämässä tehdyt virheet saadaan näkyviin. Etenkin ikkunoiden karmien tilkitsemisessä tehdyt virheet näkyvät hyvin. (Uusitupa 2010.)

6.1 Lämpökuvaus ennen rakenteiden korjausta

Korjauksien suunnittelussa lämpökamerakuvaus on hyvä apuväline arvioitaessa vaurioiden laajuutta ja kohtaa. Näin työ voidaan kohdistaa oikeaan paikkaan ja kustannukset pysyvät paremmin hallinnassa. Lämpökamera näyttää kohdat, joissa tiiviys on puutteellinen, eristysmateriaali vahingoittunut tai puuttuu, putkien hikoilusta ja vuodoista johtuvat kosteusvauriot, sekä missä lämpöä on liian paljon tai liian vähän. Myös toimivien rakenteiden kuvaaminen on joskus tarpeellista. Lattialämmitysputkien ja -kaapeleiden tarkka sijainti on tärkeä tietää ennen korjauksen aloittamista, jotta ei turhaan rikota toimivia rakenteita. (Keski-Uudenmaan LämpöKuvausPalvelu 2009.)

Rakennuksen ulkovaipan viat ja puutteet voidaan tarkistaa lämpökameralla ennen kuin korjaustyön suunnittelu alkaa. Rakennuksen vaipan ilmavuodot, lämmöneristeiden toimivuus ja kunto, kylmäsiilat ja mahdollisesti kostuneet eristeet olisi hyvä selvittää etukäteen. (Turun ammattikorkeakoulu 2010.)

Lämpökameralla saadaan tietoa siitä, mistä kohtaa rakenteita kannattaa lähteä tutkimaan tarkemmin. Rakenteita voidaan purkaa perusteellisia tutkimuksia varten lämpökameralla otettujen kuvien perusteella päätetyistä paikoista.

6.2 Lämpökuvaus rakenteiden korjauksen jälkeen

Rakentamisessa voidaan lämpökameraa käyttää myös korjauksen jälkeen, jolloin saadaan tietoa korjauksen onnistumisesta. Jos tarkoitus on ollut korjata seinärakenteissa näkyneitä ilmavuotoja, on hyvä ottaa samoista kohdista kuvat, jotta saadaan selville, onko korjaustoimenpide pienentänyt ilmavuotaja vai onko kenties aiheutettu lisää vaurioita rakenteille.

VTT:n tutkimuksessa 1984 mitattiin talojen ilmatiiveys ennen korjausta ja korjauksen jälkeen. Mittauksen ansiosta korjaajilla oli käytössään sekä mittauksen tulos että vuotokohtien sijainti, ja silti vain kolmasosan tiiveys selvästi parani. Toinen kolmannes selvisi samoihin arvoihin ja viimeisen kolmanneksen tiiveys jopa kärsi korjaustoimenpiteestä. (Kaila 1997, 479.) Sama pätee myös lämpökameraa käytettäessä: Jos korjauksen tavoite on ollut parantaa energiatehokkuutta, selvitettyjen ilmapuotojen pitäisi vähentyä ratkaisevasti.

6.3 Lämpökuvauksen luotettavuus tutkimusmenetelmänä

Lämpökameroiden hintojen lasku on mahdollistanut sen, että yhä useammat ovat voineet hankkia jonkinlaisen lämpökameran yrityksen käyttöön. Samalla kuitenkin on mahdollistunut se, etteivät kaikki ketkä kameraa käyttävät välttämättä ole saaneet kunnollista koulutusta kameran käyttöön, eivätkä varsinkaan saatujen kuvien tulkitsemiseen. Kaikissa kuntotutkimusmenetelmissä on syytä luottaa ammattilaisiin, koska virheellisen tiedon perusteella tehdyt päätökset voivat viivästyttää tarpeellisia korjauksia, tai aiheuttaa turhia korjauksia, joilla ei saavuteta asumisviihtyisyyden paranemista eikä energiasäästöjä.

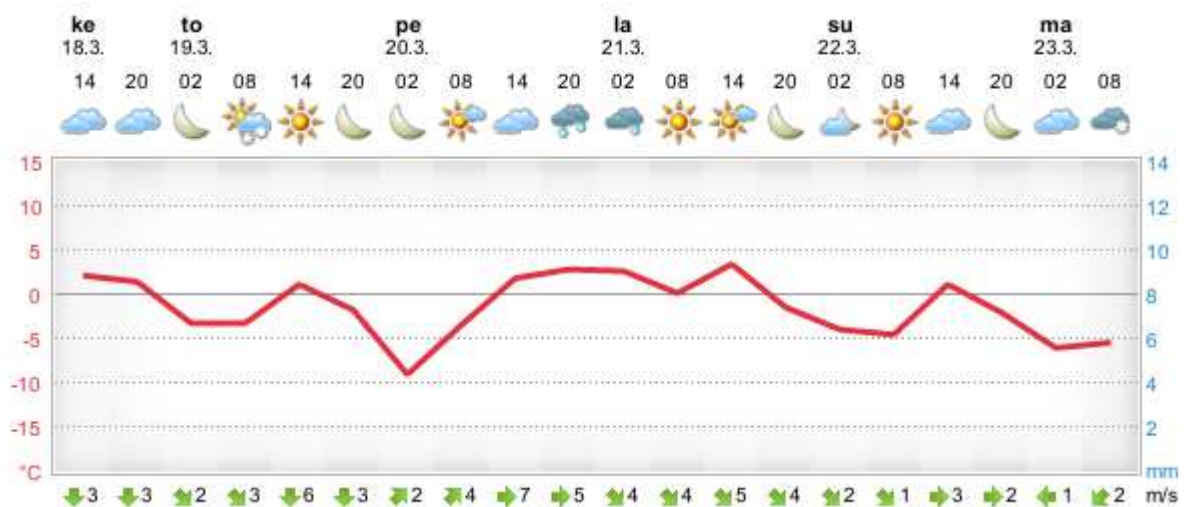
7 Ikkunoiden ilmapuotojen sekä lämmönläpäisyn selvittäminen lämpökameralla

Koska tarkoitus oli myös kokeilla lämpökameran käyttöä energiatehokkuuden parantamisessa, otettiin kahdesta Sepänkatu 1:n (Kuva 5) ikkunasta kuvia, joissa ensin oli koko ikkuna karmeineen peitetty muovilla ja toinen ikkuna alumiinipaperilla. Toinen kuvasarja otettiin ikkunoista ilman mitään suojausta. Kuvaukset suoritti laboratorioinsinööri Jani Sintonen 22.3.2009 rakennuslaboratoriossa.



Kuva 5. Sepänkatu 1 (Turun Seudun Karttapalvelu 2010).

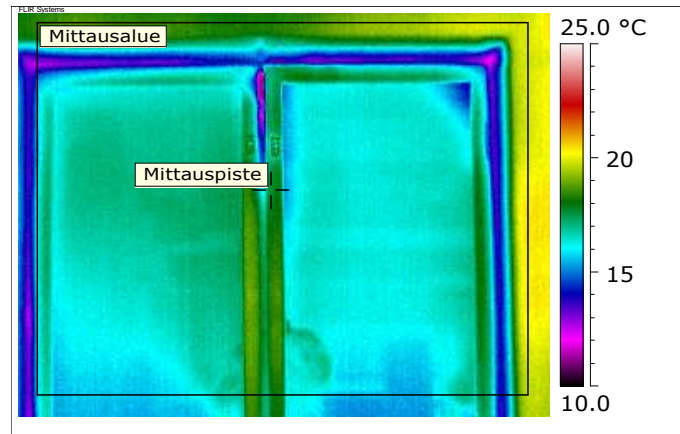
Ilman ulkolämpötila kuvaushetkellä oli noin 1 °C (Kuva 6) ja sisäilman lämpötila 18.5 °C. Suositeltu lämpötilaero on vähintään 15 °C, ja lämpötilaero oli kuvaushetkellä 17.5 °C. Tuulen nopeus/tuulen suunta oli 2 m/s W ja pilvisuus puolipilvinen. Olosuhteet lämpökuvaukselle olivat hyvät, ja kuvista näkyy ilmavuodot ja lämpötilaerot hyvin.



Kuva 6. Lämpötilahavainnot Turku 18.3.-23.3.2009 (Foreca 2009)

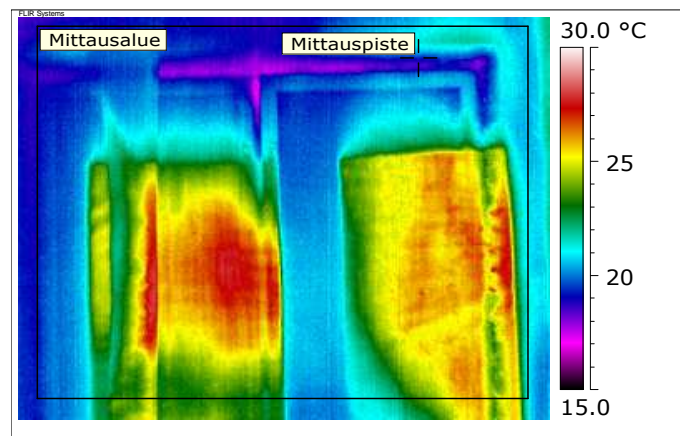
Lämpötilaindeksillä saadaan arvioitua rakennuksen ulkovaipan lämpöteknistä toimivuutta. Erityisesti vaipan läpivientien ja liittymäkohtien kuntoa voidaan arvioida lämpötilaindeksin avulla. Ulkovaipan ja seinän pistemäistä lämpötilaa kuvaavan lämpötilaindeksin välttävä arvo on ≥ 61 % ja hyvä taso ≥ 65 %. (Asumisterveysohje 2010.)

Lämpökuvat 5, 7 ja 8 (LIITE 1) näyttävät, että lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta on selkeästi alle suosituksen. Matalimmat lämpötilat on mitattu karmien ja seinän liitoskohdissa, joten siellä selkeästi on ilmavuotoja.



Kuva 7. Lämpök kuva 5, peittämätön ikkuna (LIITE 1)

Sama ikkuna muovilla peitettynä (Kuva 8) näyttää edelleen karmien kohdalta ilmavuotoja, peitettynä muovilla karmien kohdat näyttävät läpimämmiltä kuin peittämättömässä kuvassa.

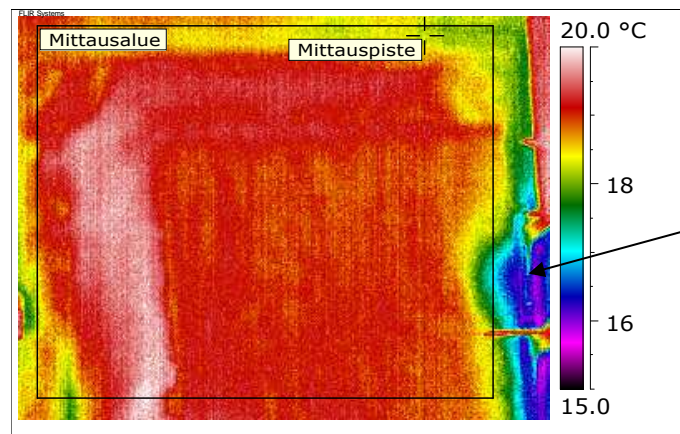


Kuva 8. Lämpök kuva 3, muovilla peitetty ikkuna (LIITE 1)

Lämpökuvat peitetyistä ikkunoista (Kuva 9 ja 10) näyttävät lämpötilaindeksin sekä pintalämpötilan olevan huomattavasti korkeampi kuin peittämättömissä ikkunakuvissa. Ikkunoiden annettiin olla peitettynä noin vuorokauden ennen kuvien ottamista, jolloin ilma ikkunan ja alumiinipaperin/muovin välissä ehti tasaantua.



Kuva 9. Alumiinipaperilla peitetty ikkuna (Sintonen 2009).



Kuva 10. Lämpökuvasta 1. Alumiinipaperilla peitetystä ikkunasta (LIITE 1)

Lämpökuvasta (Kuva 10), joka on otettu alumiinipaperilla peitetystä ikkunasta, näkyy hyvin, mikä vaikutus pienilläkin rei'illä on ilmavuotoihin. Lämpötila suurimmassa osassa kuvaa on 18-20 astetta. Kuvan reunassa alumiinipaperin teippausta ei saatu seinässä olevan hyllykön takia kunnolla kaikista kohdista kiinni (Nuoli kuvassa), ja se näkyy selvästi kylmempänä kohtana.

Kuvista voidaan päätellä, että peittämällä vetoisa ikkuna huolellisesti voidaan saavuttaa asumismukavuuden parantumista ilman ikkunoiden vaihtoa. Verhot,

jotka asettuvat tiiviisti ikkunan vierellä seinää vasten estävät vedot tunnetta ja vähentävät hukkaan menevää lämmitysenergiaa.



Kuva 10. Kotelossa kulkeva rullaverho

Kotelossa kulkeva rullaverho (Kuva 10) voidaan asentaa vanhan ikkunan päälle, ja näin saadaan energiaa säästettyä ilman ikkunoiden vaihtoa. Ikkunoiden vaihto saattaa olla liian suuri korjaus saatuun hyötyyn nähden. Uudet ikkunat voivat muuttaa rakennuksen ilmettä liian paljon eikä vaihto onnistu.

8 Johtopäätökset

Energiansäästön ollessa ajankohtainen aihe tietoa on saatavilla hyvinkin paljon. Mitä enemmän aiheeseen perehdyin, sitä enemmän huomasin, että aiheen rajaus olisi pitänyt itse tehdä paremmin ja sitten pysyä niissä raameissa, jotka on itselleen asettanut. Mielestäni en ole saanut läheskään kaikkia asioita esille mitkä olisin halunnut. Koska työn tekeminen hieman viivästyi ja olen ollut työelämässä energiatehokkuuden parantamiseen liittyvissä korjauskohteissa mukana, se on myös antanut asioille eri näkökulmaa.

Energiansäästö on tällä hetkellä ja tulevaisuudessa suuri vaikuttaja rakentamisessa, niin korjaus- kuin uudisrakentamispuolella. Vain aika näyttää,

ollaanko energiansäästöissä oikeilla jäljillä, toimivatko nyt suunnitellut ratkaisut niin kuin pitäisi vai onko jotain jäänyt huomaamatta.

Kiristyvien lämmöneristämistä koskevien vaatimusten eduista eivät asiantuntijat ole olleet ainakaan julkisuudessa yksimielisiä. On sanottu, että saadut säästöt ovat niin pieniä, ettei todellista säästöä tule tai sitten rakenteiden kosteustekninen toiminta muuttuu, kun eristeitä lisätään. Kastepiste siirtyy väärään paikkaan rakenteissa, ja kosteusvaurion mahdollisuus on todennäköistä. Korjausrakentamisessa tulisikin olla erittäin tarkka, ettei toimivaa rakennetta eristetä pilalle.

Varmaa on vain se, että rakennuskanta vanhenee ja korjausrakentaminen työllistää useita tuhansia rakennusalan ammattilaisia lähitulevaisuudessa. Mielenkiinnolla odotan, mitä kaikkia uusia ratkaisuja kehitetään vanhan korjaamiseen ja uuden rakentamiseen.

9 Yhteenveto

Energiantuotanto aiheuttaa suuren osan päästöistä, joita pääsee ilmakehään. Kiinteistöt kuluttavat noin 30 % loppuenergiankulutuksesta Suomessa, lämmitykseen kuluu siitä suurin osa. Rakennusten elinkaaren aikana suurin osa energiasta kulutetaan käytön aikana. Energiankulutus voi olla jopa 10-20-kertainen rakentamisaikaiseen kulutukseen verrattuna. Käytönaikaista kulutusta voidaan pienentää valitsemalla paremmin eristäviä materiaaleja. Työn laadulla on myös suuri merkitys energiansäästöä haettaessa. Puutteet ilmansulussa ja tiivistyksissä voivat aiheuttaa suurta vahinkoa, joka on vaikeaa ja kallista korjata jälkeinpäin.

Kiinteistöjen energian kulutukseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota energiatehokkuuteen vaikuttavien määräyksien muuttuessa. Viimeisimmät muutokset tulivat voimaan vuoden 2010 alussa. Ennen muutoksen voimaantuloa haettuihin rakennuslupiin pätevät aikaisemmat määräykset, vanhojen määräysten mukaan rakennetaan siis vielä pitkään.

Kiinteistöjen energiatodistus on yksi keino vaikuttaa energiankulutukseen. Se on ollut pakollinen uusilla rakennuksilla, sekä vanhoilla yli kuuden asunnon kiinteistöillä, vuoden 2008 alusta lähtien. Uusilla rakennuksilla todistus on laskennallinen ja se tulee liittää rakennuslupahakemukseen, vanhoilla rakennuksilla todistus perustuu toteutuneeseen kulutukseen. Energiatodistuksen avulla on helppo vertailla kiinteistöjen energiankulutusta.

Energiatehokkuuden parantaminen vanhoissa rakennuksissa tapahtuu yleensä muun korjaamisen yhteydessä. Lisälämmöneristämistä on vaikea toteuttaa ilman julkisivujen muuttamista, koska yleensä lämmöneriste lisätään rakennusten ulkopintaan. Elementtitaloissa eriste lisätään suoraan elementin päälle, ja sen päälle tulee valittu pinta, rappaus, laatta tai levy. Ikkunoiden ja ovien vaihto parantaa yleensä huomattavasti energiatehokkuutta. Vanhoilla ikkunoilla U-arvo saattaa olla 3, ja uusien ikkunoiden U-arvo on 1.

Niin uusissa kuin vanhoissa rakennuksissa huolellinen suunnittelu ennen rakentamista tai korjaustyöhön ryhtymistä on erittäin tärkeää. Kustannuksien tulisi vastata saavutettua hyötyä, ja se pitäisi myös pystyä mittamaan jotenkin. Energiankulutuksen seurannalla saadaan numeroarvoja, joita voidaan verrata ennen ja jälkeen korjauksen, ja niillä näyttämään, että korjaus on tuonut toivottuja säästöjä. Asumisviihtyvyyden parantumisesta on vaikeampi mitata, koska siitä ei helpolla saada mitattavissa olevia tietoja. Erilaiset kyselyt ennen ja jälkeen korjauksen voivat antaa tietoa asukkaiden tyytyväisyydestä.

Ikkunoiden vaihdon ja muun perusparannuksen yhteydessä olisi hyvä tehdä myös patteri/ lämmitysverkoston perussäätö, ettei saatua energiatehokkuuden parannusta tuuleteta ulos viallisten termostaattien takia. Myös ilmastointilaitteiden kunto tulisi tarkistaa säännöllisin väliajoin.

Lämpökuvaus rakenteiden tutkimusmenetelmänä yleistyy jatkuvasti. Lämpökameroiden hintojen laskiessa yhä useammalla on mahdollisuus ottaa lämpökuvia.

Rakentamisessa lämpökuvauksen käyttö keskittyy talvikaudelle jolloin saadaan sopiva lämpötilaero aikaiseksi. Lämpökuvaus on hyvä keino suorittaa

laadunvalvontaa niin uusissa kuin vanhoissa kohteissa. Lämpökuvat ennen ja jälkeen korjauksen kertovat, onko korjaus onnistunut. Esimerkiksi ikkunoiden lämpökuvaus korjauksen jälkeen voidaan sopia tehtäväksi jo urakkasopimusta tehdessä. Kaikkien ikkunoiden kuvaaminen mahdollisten asennusvirheiden varalta tuo hieman lisää kustannuksia, mutta varmistaa sen, ettei eristeisiin jää aukkoja.

Lämpökuvien ottaminen ja tulkinta tulisi tehdä ammattilaisten toimesta, muuten saattaa jäädä selviä virheitä huomaamatta tai puututaan sellaisiin seikkoihin, jotka eivät tarvitse korjaamista.

Sepänkatu 1:stä otettujen lämpökuvien perusteella ikkunat kaipaisivat vaihtoa tai ainakin huoltoa. Ikkunoiden tiivisteet tulisi tarkistaa ja vaihtaa tarvittaessa. Peittävä verho ikkunoiden edessä pienentäisi lämpötilaeroja ikkunoiden ja seinärakenteen välillä, eivät ikkunat tuntuisi niin vetoisilta. Lämpökuva ei välttämättä kerro mikä ikkunassa tai muussa rakenteessa on vialla, mutta ne kertovat mistä kannattaa alkaa tarkemmin tutkia.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Erat, Bruno 1994. Ekologia, ihminen, ympäristö. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

Hemmilä K & Saarni S. 2002. Ikkunaremontti . Tampere: Tammer-paino Oy

Kaila, Panu 1997. Talotohtori. Kolmastoista painos. Porvoo: WS Bookwell Oy

Myyryläinen, Leevi 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy

Sähköiset lähteet

Asumisterveysohje 2010. Asumisterveysohje 2003. Viitattu 13.2.2010. Saatavissa: <http://www.finlex.fi> > Normit > Asumisterveysopas

Foreca 2009. Säätilahavainnot. Viitattu 23.3.2009. Saatavissa: <http://www.foreca.fi> > havainnot

Hukkalämpö Oy 2009. Energiaselvitys. Viitattu 26.2.2009. Saatavissa: <http://www.energiaselvitys.com> > Palvelut > Energiatodistukset.

Ikkunat 2009. Viitattu 18.45.2009. Saatavissa: <http://www.suomirakentaa.fi> > Korjausrakentaminen > Runko ja vaippa > Ikkunat

Infradex 2010. Lämpökamerat. Viitattu 6.3.2010. Saatavissa: <http://www.infradex.com> > rakennus > lämpökamerat

Motiva 2010. Ajankohtaista. Viitattu 27.4.2009. Saatavissa: <http://www.motiva.fi> > Yrityksille ja yhteisöille > Kiinteistö ja rakennusala.

Keski-Uudenmaan LämpökuvausPalvelu 2009. Lämpökuvauspalvelu. Viitattu 26.2.2009. Saatavissa: <http://www.lampokuvauspalvelu.fi> > Lämpökuvauspalvelu.

Patentti- ja rekisterihallitus 2009. Patenttiopas 2003. Viitattu 26.2.2009. Saatavissa: <http://www.prh.fi> > Patentit > Patentinhaku Suomessa > Patenttiopas.

Pientalon lämpöhäviöt 2009. Lämmitys. Viitattu 14.5.2009. Saatavissa: <http://www.valkeakoski.fi> > Tekniset palvelut > Valkeakosken Energia Oy > Asiakaspalvelu > Vinkit > Kodin energiansäästöohjeita > Lämmitys

Turun ammattikorkeakoulu 2010. Rakentaminen. Viitattu 6.3.2010. Saatavissa: <http://www.turku.fi> > Turun ammattikorkeakoulu > Asiakaspalvelut > Palvelut aloittain > Rakentaminen

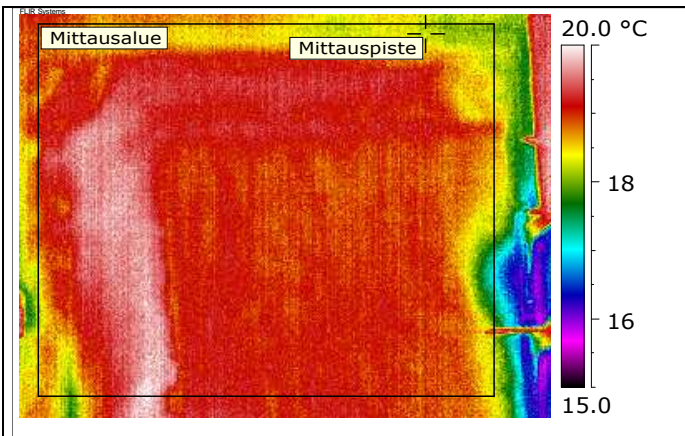
Turun Seudun Karttapalvelu 2010. Opaskartta. Viitattu 6.3.2010 Saatavissa: <http://opaskartta.turku.fi>

Uusitupa, Tero 2007. Lämpökamerakuvaaminen ja kuvien analysointi. Viitattu 11.3.2010 Saatavissa: <https://publications.theseus.fi> > Ammattikorkeakoulut > Tampereen ammattikorkeakoulu > Sähkötekniikan koulutusohjelma > Uusitupa Tero

Valkeakoski 2009. Lämmitys. Viitattu 226.2.2009. Saatavissa: <http://valkeakoski.fi> > Valkeakoski > Tekniset palvelut > Valkeakosken Energia Oy > Asiakaspalvelu > Vinkit > Kodin enegiansäästöohjeita > Lämmitys

Ympäristö 2009. Energiatodistusopas. 26.3.2009. Saatavissa: <http://ymparisto.fi> > Maankäyttö ja rakentaminen > Energia- ja ekotehokkuus > Energiatodistusopas

Kuvauspaikka: Rak.lab.	Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009
-------------------------------	------------------------------------



Lämpökuva 1.

Tunniste	Arvo	Mittausparametrit	Arvo
Mittauspiste	18.3 °C	Etäisyys	3.0 m
Mittausalue: Maks	20.1 °C		
Mittausalue: Min	16.8 °C		
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	90		
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	99		
		Tunniste	Arvo
		Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
		Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
		Emissiivisyys	0.92
		Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W	Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Pilvisyys	Puolipilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Ulkoilman lämpötila	1.0 °C	Sisäilman lämpötila	18.5 °C

Kommentit:

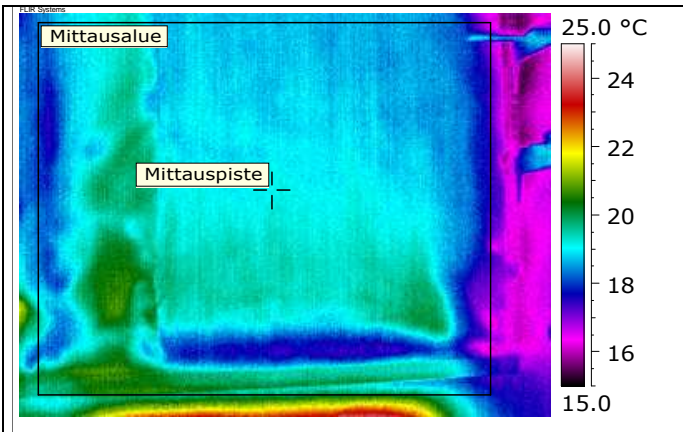
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 2.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	19.1 °C
Mittausalue: Maks	21.0 °C
Mittausalue: Min	15.8 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	85
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	103

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



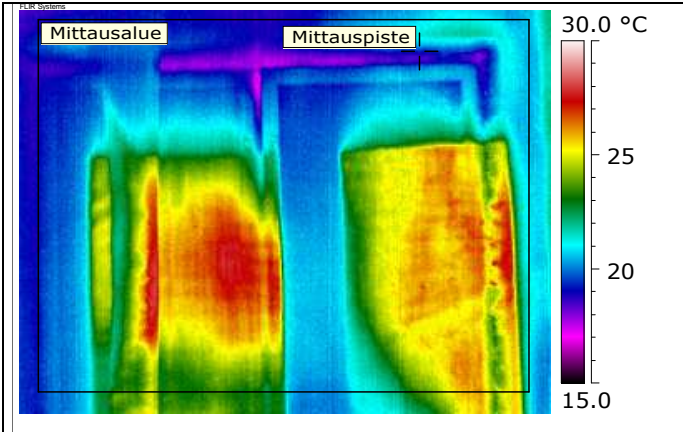
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 3.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	19.5 °C
Mittausalue: Maks	28.1 °C
Mittausalue: Min	16.7 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	90
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	106

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



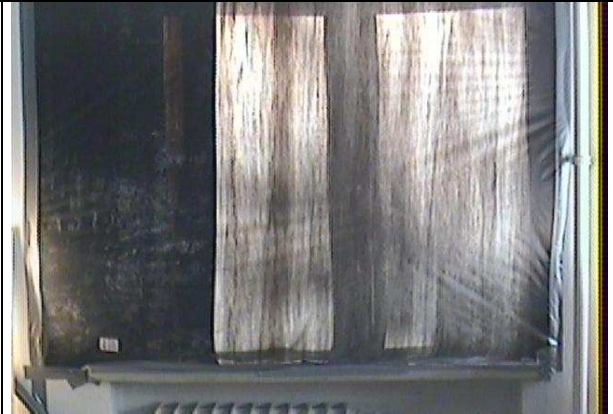
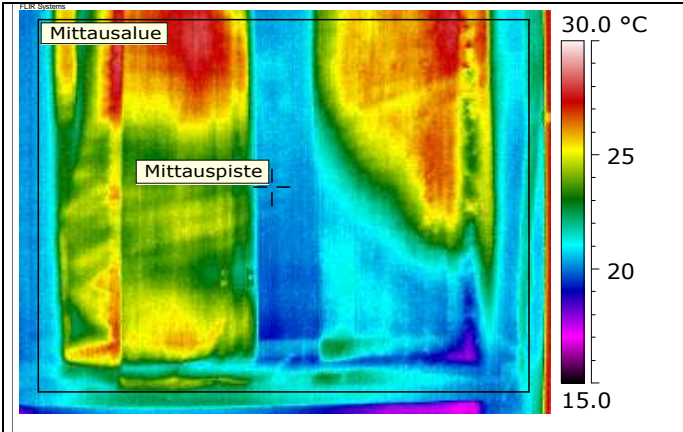
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 4.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	20.2 °C
Mittausalue: Maks	28.3 °C
Mittausalue: Min	17.6 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	95
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	110

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



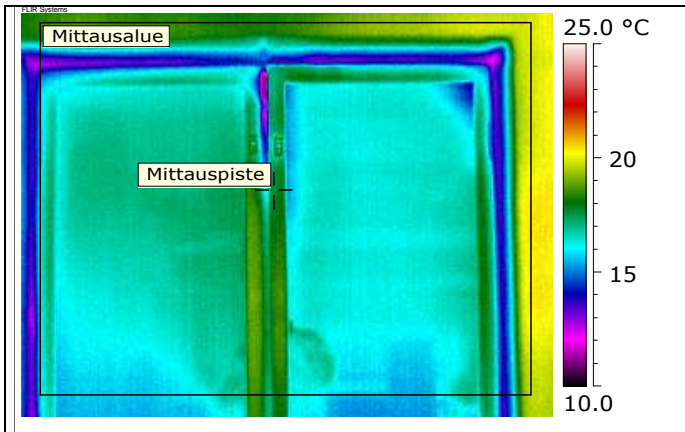
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 5.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	17.7 °C
Mittausalue: Maks	20.6 °C
Mittausalue: Min	10.9 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	56
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	96

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.5 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.0 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



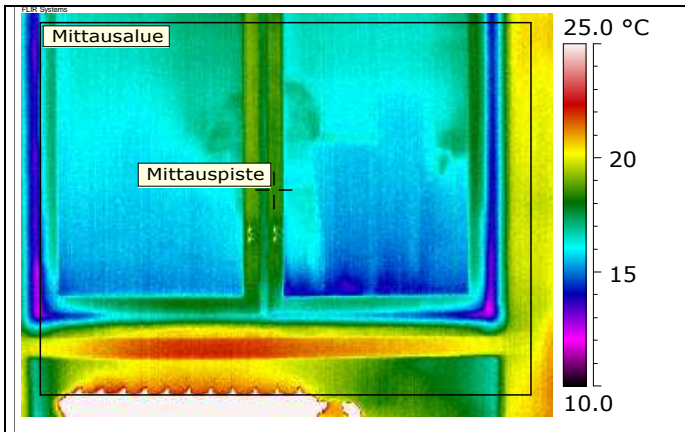
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 6.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	18.6 °C
Mittausalue: Maks	32.2 °C
Mittausalue: Min	12.1 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	64
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	100

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



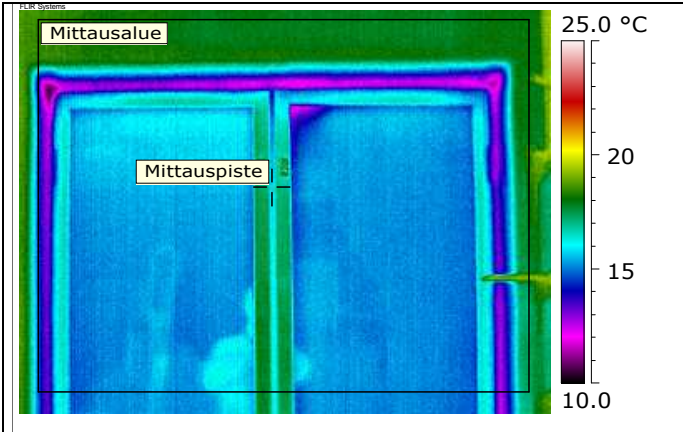
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 7.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	15.7 °C
Mittausalue: Maks	19.6 °C
Mittausalue: Min	10.4 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	54
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	84

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



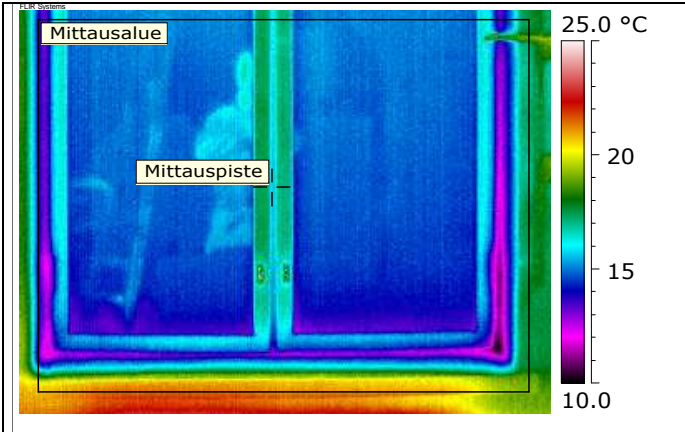
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kuvauspaikka: Rak.lab.

Kuvauspäivämäärä: 22.3.2009



Lämpökuva 8.

Tunniste	Arvo
Mittauspiste	15.6 °C
Mittausalue: Maks	21.8 °C
Mittausalue: Min	9.8 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	50
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	84

Mittausparametrit	Arvo
Etäisyys	3.0 m
Tunniste	Arvo
Lämpökuva: Kameratyyppi	P65 PAL
Lämpökuva: Kameran sarjanumero	23401689
Emissiivisyys	0.92
Taustalämpötila	17.5 °C

Tuulen nopeus/tuulen suunta	2 m/s, W
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila	1.0 °C

Sisäilman suhteellinen kosteus	40.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen arvo = alipaine sisällä)	-5 Pa
Sisäilman lämpötila	18.5 °C



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668

Kommentit:



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA

RAKENNETUTKIMUSLABORATORIO

sepänkatu 1, 20700 Turku
puh 010 5535668