

Aki Kaainen

# Lämpökuvauksen hyödyntäminen korjausrakennustyömaalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

12.11.2014

Tekijä Otsikko	Aki Kaakinen Lämpökuvauksen hyödyntäminen korjausrakennustyömaalla
Sivumäärä Aika	32 sivua + 19 liitettä 12.11.2014
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Tapani Järvenpää, Metropolia Yksikönjohtaja Marko Rinkinen, Peab Oy
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka lämpökuvausta voidaan hyödyntää korjausrakennustyömaalla laadunvarmistuksen työkaluna. Tutkimuskohteina olivat lämpökuvauksen palveluntarjoajat, lämpökameroiden hinnat ja ominaisuudet. Lisäksi opinnäytetyön aiheeseen liittyen tehtiin lämpökuvaus Lauttasaaren Metallin työmaalla lämpövuotojen osalta ja pohdittiin korjausmenetelmiä. Opinnäytetyössä kerrottiin lämpökuvien tulkinnasta ja selostettiin lämpökuvauksen yleisiä periaatteita.</p> <p>Peab Oy:n käyttöön luovutettiin hintavertailu kameroista ja lämpökuvausraportti, jota voidaan hyödyntää seuraavien työmaiden työnsuunnittelussa ja hankinnassa.</p>	
Avainsanat	Lämpökuvaus, lämpökamera, lämpövuoto, korjausrakentaminen

Author	Aki Kaakinen
Title	Utilizing Thermal Imaging in Renovation Construction Sites
Number of pages	32 pages + 19 appendices
Date	12 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree programme	Civil Engineering
Specialization option	Construction management
Instructors	Tapani Järvenpää, Senior Lecturer, Metropolia Marko Rinkinen, Head of Renovation Unit, Peab Oy
<p>The Subject of the thesis was to study how thermal imaging can be used at a renovation construction site as a quality assurance tool. The research subjects were thermal imaging service providers and the prizes and features of infrared cameras. In addition, thermal imaging was used at a renovation site of Lauttasaaren Metalli to detect heat leaks, and consequently, repair methods were discussed. General principles of thermal imaging and interpretation of thermal images were explained in the thesis.</p> <p>Price comparison of thermal imaging cameras and thermal imaging report were handed over to Peab. This information can be used in the planning and procurement.</p>	
Keywords	Thermal imaging, Thermal camera, Heat leak, Renovation

## Käsitteistö

Emissiivisyys	Pinnan kyky lähettää lämpösäteilyä. Emissiivisyysluku, emissiiviteetti, kertoo kuinka suuri osa kappaleen lähettämästä energiasta on pinnasta lähtevää omaa energiaa [1; 2].
Ilmanvuotoluku	Ilmanvuotoluku n50 kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnin aikana vuotoreittien kautta.
Infrapunasäteily	Sähkömagneettista säteilyä, jota ei voi havaita paljaalla silmällä. Infrapunasäteilyn aallonpituus on suurempi, kuin näkyvän valon. Esimerkiksi lämpökamera voi havaita infrapunasäteilyn.
Korjausluokka	Lämpötilaindeksin määrittämä luokitus, joka on jaettu ryhmiin korjaustarpeen mukaan.
Korjausrakentaminen	Korjausrakentaminen on kaikkea rakentamista, jossa vanhaa rakennusta entisöidään, uudistetaan, kunnostetaan tai muutetaan käyttötarkoitusta.
Kylmäsilta	Kylmäsilat ovat rakennuksen vaipan paikallisia rakennusosia, joissa syntyy korkea lämpöhäviö. Kohonnut lämpöhäviö johtuu siitä, että rakenneosassa on paikallisesti materiaaleja, joilla on suuri lämmönjohtavuus.

Lämpökamera	Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin. Se mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn, infrapunasäteilyn, voimakkuutta. Lämpökamera muuttaa kohteen lämpösäteilyvoimakkuuden lämpötilatiedoksi, josta lämpökuva muodostetaan digitaalisesti [1; 2].
Lämpökuvaus	Lämpökuvaus on ainetta rikkomaton rakennusten laadun- ja kunnonarviointimenetelmä, jolla tarkoitetaan pinnan lämpötilajakauman määrittämistä ja kuvaamista mittaamalla pinnan infrapunasäteily [1; 2].
Lämpötilaindeksi	Lämpötilaindeksillä voidaan mitata ulkovaipan lämpöteknistä toimivuutta, jos olosuhteet poikkeavat normaalista.
Lämpöviihtyvyys	Lämpöviihtyvyys on optimaalisen huoneilman lämpötilan, ilmankosteuden ja vedontunteen summa.
Normaalikäyttötilanne	Tarkoitetaan olosuhteita, joissa mitattava tila tavallisesti on [1; 2]
Tiiviysmittaus	Rakennuksen ulkovaipan tiiveyttä mittaava toimenpide, joka määritetään 50 pascalin alipaineessa tiivistämällä läpiviennit ja käyttämällä joko rakennuksen omaa ilmanvaihtojärjestelmää tai erillistä poistoilmanpuhallinta.
Ulkovaippa	Ulkovaipalla tarkoitetaan rakennekerrosta, joka erottaa sisätilan ulkotilasta.

# Sisällys

## Käsitteistö

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkimusongelma	1
1.3	Tutkimustavoite ja aiheen rajaus	1
2	Lauttasaaren Metalli	2
2.1	Historia	2
2.2	Asunnot ja rakenteet	2
3	Korjausrakentaminen Suomessa	4
3.1	Korjausrakentamisen historiaa	4
3.2	Korjausrakentamisen määritelmä	5
4	Lämpökuvaus	6
4.1	Yleistä	6
4.2	Infrapunasäteily ja emissiivisyys	9
4.3	Pätevyudet ja raportointi	10
5	Lämpökamerat ja oheismittaukset	12
5.1	Lämpökamerat	12
5.2	Ilmanvuotoluku ja tiiviysmittaus	13
5.3	Kosteusmittaus	14
5.4	Sähkölaite ja LVI tutkimukset	15
6	Lämpövuodot	16
6.1	Lämpövuotojen havaitseminen	16
6.2	Lämpövuotojen korjaus	17
6.3	Lämpötilaindeksi	19
7	Lämpökuvien tulkinta	21
8	Kyselytutkimus	22
8.1	Tutkimusongelma	22
8.2	Tutkimuksen toteutus	22

8.3	Tutkimuksen tulokset	22
8.4	Kyselyn tulokset	23
9	Lämpökuvausyrityksen haastattelu	27
10	Lauttasaaren Metallin lämpökuvaustyö	30
11	Tulokset	31
12	Yhteenveto	31
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Lämpökameroiden vertailu	
	Liite 2. Valmistautumisohje lämpökuvaukseen	
	Liite 3. Flir-B60 lämpökameran tuotekortti	
	Liite 4. Lauttasaaren metallin lämpökuvat ja korjausehdotukset	

# 1 Johdanto

Tässä luvussa kerrotaan opinnäytetyön taustatiedoista, tutkimusongelmasta ja tavoitteesta.

## 1.1 Tausta

Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, miten lämpökuvausta voisi hyödyntää korjausrakentamisen työkaluna työnaikaisessa laadunvalvonnassa. Opinnäytetyöhön liittyen tehtiin kokonaisvaltainen lämpökuvaukseen Lauttasaaren Metalli As Oy:n korjausrakennustyömaalla. Lämpökuvauksen ja oheismittausten periaatteita ja mahdollisuuksia selvitetään työssä rakennusurakoitsijan ja tilaajan näkökulmasta.

## 1.2 Tutkimusongelma

Opinnäytetyön tutkimusongelmana on korjauskustannusten pienentäminen ja laadunvarmistuksen parantaminen. Tutkimusta voidaan myös käyttää tehostamaan urakkalaskentaa ja työmaahankintoja.

Korjaukset luovutusvaiheen aikana rakennustyömaalla ovat kalliita ja hankalia töitä. Lämpökuvaukseen voidaan mahdollisesti hyödyntää jo sisävalmistusvaiheessa, jolloin rakennusvirheiden korjaaminen on huomattavasti helpompaa ja edullisempää.

## 1.3 Tutkimustavoite ja aiheen rajaus

Tavoitteena oli tehdä ohjekortti korjausrakennushankkeen pääurakoitsijalle, josta saa selville lämpökuvauksen ja kameroiden hinnat, huomioon otettavat tekijät ja riskikohdat rakenteissa. Opinnäytetyössä selvitetään lämpökuvauksen käyttöä korjausrakennustyömaalla, kerrotaan lämpökuvauksen yleisistä periaatteista ja oheismittauksista.

Opinnäytetyössä tutkitaan myös kameroiden hintoja ja ominaisuuksia, haastatellaan lämpökuvauksyrityksiä ja selvitetään lämpökuvauksen hankinnan hintoja.



Lauttasaaren Metallin rakennustyömaa kuvattiin lokakuussa 2014, jolloin ulkolämpötila oli riittävän matala. Tavoitteena oli tutkia sisävalmistusvaiheessa olevan rakennustyömaan vuotokohtia ja selvittää lämpökuvauksesta tietämättömälle urakoitsijalle, mitä lämpökuvauksella voidaan tutkia missäkin rakentamisvaiheessa.

Haastattelujen ja sähköpostikyselyn avulla saatiin myös kattava tietopaketti lämpökuvauksen tilaamisen hinnoista ja markkinoilla olevista kameroista omaan rakennusaikaiseen laadunvarmistukseen.

## **2 Lauttasaaren Metall**

Lauttasaaren Metall on Helsingin Lauttasaarella sijaitseva rakennus. Tässä luvussa tarkastellaan rakennuksen historiaa ja rakenteita.









### **2.1 Historia**

Lauttasaaren Metall suunniteltiin kiinteistönä alunperin teollisuuskäyttöön. Vuonna 1948 valmistuneen talon suunnittelijana toimi arkkitehti Else Aropaltio. Talossa on toiminut muun muassa kutomo ja poliisivarikko. Nyt rakennus muutetaan asuintaloksi. [1.]

### **2.2 Asunnot ja rakenteet**

Rakennukseen tulee kaksi rappukäytävää ja yhteensä 58 loft-henkistä asuntoa, joiden koot vaihtelevat 29 - 210 m<sup>2</sup> välillä. Rakennuksen ala- ja välipohjat ovat paikallaan valettua teräsbetonia, ja runko koostuu paikallaan valetuista palkeista ja pilareista. Ulkoseinässä rakenteena toimii 270 mm:n Siporex-harkko. Rakennuksen yläpohja on betonirakenteinen. Ulkoseinässä on maalattu kivirappaus. [1.]

Ulkoseinät eristetään villalla ja rapataan. Sisäpuolelle tulee Siporex-pinnoille lisälämmöneristys, ilmansulkupaperi ja levytys. Palkki- ja pilaripinnat jäävät loft-henkisyydes- sään näkyviin. Kaikki ikkunat vaihdetaan uusiin. Vesikaton Siporex-harkot puretaan, asennetaan uusi polyuretaanilevytys lämmöneristykseksi ja pellitetään. Rakennuksen energialuokan tulee olla D, eli sama kuin uusissa rakennuksissa. [1.] (Kuva 1.)

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	<b>A</b> 	
151 - 170	<b>B</b> 	
171 - 190	<b>C</b> 	
191 - 230	<b>D</b> 	
231 - 270	<b>E</b> 	
271 - 320	<b>F</b> 	
321 -	<b>G</b> 	

*Paljon kuluttava*

**Kuva 1. Rakennusten energialuokat.**

### 3 Korjausrakentaminen Suomessa

Tässä luvussa selvitetään korjausrakentamisen historiaa ja sen määritelmiä.

#### 3.1 Korjausrakentamisen historiaa

Koska rakennukset kuluvat ajan saatossa sekä teknisesti että toiminnallisesti, on niitä korjattava toiminnan ylläpitämiseksi. [2.]

1980-luvulla suurimman osan korjauksista tekivät rakennusten omistajat ja heidän omat organisaationsa. Korjausten kohteena olivat pääosin ennen vuotta 1960 rakennetut rakennukset, joihin tehtiin energiataloudellisia korjauksia sekä tilamuutoksia. Rakennusten huono kunto ja teknisen käyttöiän täytyminen oli vasta kolmanneksi yleisin korjausten syy. [2.]

1990-luvulle tultaessa oli liiketoiminnallisen korjaustoiminnan osuus kasvanut 40 prosenttiin. Suhteellisesti eniten korjattiin edelleen ennen vuotta 1960 valmistuneita rakennuksia. Pintakorjausten määrä oli suurempi, kuin energiatehokkuuden parantamisen tai talotekniikan uusimisen. Korjausrakentamisen teknologiakehitys ja koulutus oli alkanut, ja korjausrakentamisen erityispiirteet tunnistettiin paremmin. [2.]

2000-luvun alussa liiketoiminnallisen korjausrakentamisen osuus oli noussut 70 prosenttiin. Osuutta oli kasvattanut vaatimus käyttää ammattitaitoista työvoimaa suunnittelussa ja toteutuksessa. Rakennusten korjaaminen rakennusosa kerrallaan korosti erikoisurakoinnin merkitystä. Työnjohdon rooli näyttäytyi uudella tavalla ja projektinjohto-osaaminen korostui, koska työt jaettiin useille eri urakoitsijoille ja työntekijät olivat entistä useammin ulkomaalaisia. [2.]

2000-luvulla korjausrakentamisen kehittäminen on edennyt laajalla rintamalla. Verrattuna aiempiin vuosikymmeniin rakennusten kunnon sijaan on alettu kantaa huolta rakennuksissa asuvien ja toimivien ihmisten hyvinvoinnista. [2.]

### 3.2 Korjausrakentamisen määritelmä

Korjausrakentaminen eli saneeraus tarkoittaa olemassa olevan rakennuksen laajaa yhdellä kertaa tapahtuvaa korjaamista tai muuttamista. Rakennuksen tai muun rakennelman kestoajan aikana näin laajoja toimia tehdään vain muutaman kerran. Korjausrakentamiseen liittyy usein rakenteiden ja laitteiden kunnossapitoa, jota tehdään myös kiinteistön ja rakenteiden hoitoon liittyvänä työnä. [3.]

Sen mukaan onko korjausrakentamisen tavoitteena muuttaa, kasvattaa vai säilyttää rakennusta tai rakennelmaa, voidaan toiminnot jakaa seuraavasti:

- **Peruskorjaus** on korjausrakentamista, jossa rakennus korjataan yhtä hyväksi kuin se oli uutena.
- **Perusparannus** pyrkii ylittämään rakennuksen aiemman laatutason ja tekemään toiminallisuuden entistä paremmaksi.
- **Uudistaminen** modernisoi esimerkiksi tilajakoa, rakennusosia tai laitteistoja.
- **Lisärakentaminen** laajentaa pinta-alaa rakennuksen tai rakennelman sisä- tai ulkopuolelle tehtävin uusin rakentein.
- **Konservointi** pyrkii säilyttämään olemassa olevaa rakennustekniikkaa.
- **Entistäminen** ei restaurointi pyrkii palauttamaan entisiä arvoja tai rakennustapoja, eli säilyttämään tai palauttamaan esimerkiksi rakennuksen arkkitehtuuria.
- **Rekonstruointi** on uuden kopion rakentamista hävinneestä rakennuksesta säilyneiden jäänteiden tai asiakirjojen perusteella.[3.]

Korjausrakentamisessa on noudatettava viranomaisten antamia rakennusmääräyksiä soveltuvien osien. Vanhan rakennuksen korjaamisen yhteydessä ei ole kuitenkaan pakko noudattaa uusimpia rakennusmääräyksiä, vaan siinä voidaan myös soveltaa niitä määräyksiä, jotka olivat voimassa, kun rakennus tehtiin.

Rakennusmääräysten muuttuessa on myös korjausrakentamisessa kiinnitettävä enemmän huomiota laadunvarmistukseen korjausrakennuskohteissa. Lämpökamera on yksi laadunhallinnan työkalu, jolla voi selvittää monia rakennusteknisiä vikoja jo toteutusvaiheessa.

## 4 Lämpökuvaus

Tässä luvussa kerrotaan lämpökuvauksen periaatteista, kuvausolosuhteista ja raportoinnista.

### 4.1 Yleistä

Lämpökuvaus voidaan tehdä joko yksi- tai kaksivaiheisena. Yksivaiheinen lämpökuvaus tehdään normaalissa käyttötilanteessa. Kaksivaiheinen lämpökuvaus tehdään kahdessa eri painesuhteessa, joista ensimmäinen vaihe kuvataan normaalitilanteessa ja toinen vaihe 50 Pa:n alipaineessa, joka voidaan luoda käyttäen erillisiä poistoilmapuhaltimia tai rakennuksen omalla poistoilmajärjestelmällä mahdollisuuksien mukaan.

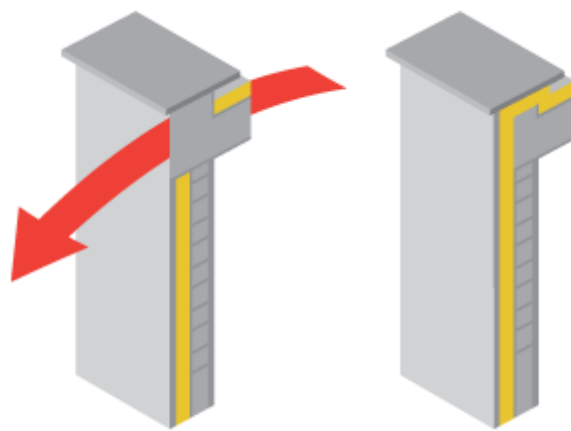
Lämpökuvauksen tarkoituksena korjausrakentamisessa on määrittää rakennuksen ulko-vaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen toimivuus ja tiiviys.

Lämpökameran avulla voidaan samalla selvittää muita rakennuksen ja rakenteiden toimivuuteen sekä olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyteen liittyviä tekijöitä, kuten ilmanvirtausreitit, rakenteiden fysikaalista toimintaa ja tietyn edellytyksillä kosteusvaurioita ja LVIS-laitteiden toimintaa. [4.]

Rakennustyömailla lämpökuvausta käytetään erityisesti laadunvarmistusmenetelmänä. Lämpökuvaus tehdään pääsääntöisesti joko urakoitsijan tai rakennuttajan puolesta. Tärkeimpiä tarkistuskohtia ovat rakenteiden liittymät, läpiviennit, ikkunat, mahdolliset kylmäsiljat, eristepuutteet ja muut erilaiset lämpövuodot. (Kuva 2.).

Kuvauksella voidaan osoittaa korjausta tarvitsevat rakenteet. Lämpökuvausta voidaan hyödyntää teollisuuden mittauksissa, kiinteistöjen kuvauksissa ja rakentamisen aikaisessa valvonnassa. [4.]

Reunaehtoina kuvaukselle on, että ulkoilman lämpötila ei saa vaihdella enempää kuin 10 astetta kuvauksentekoaikana. Parhaimman mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi tulisi lämpötilaeron sisä- ja ulkoilman välillä olla 15 astetta ja kuvattavan tilan tulisi olla alipaineistettu.

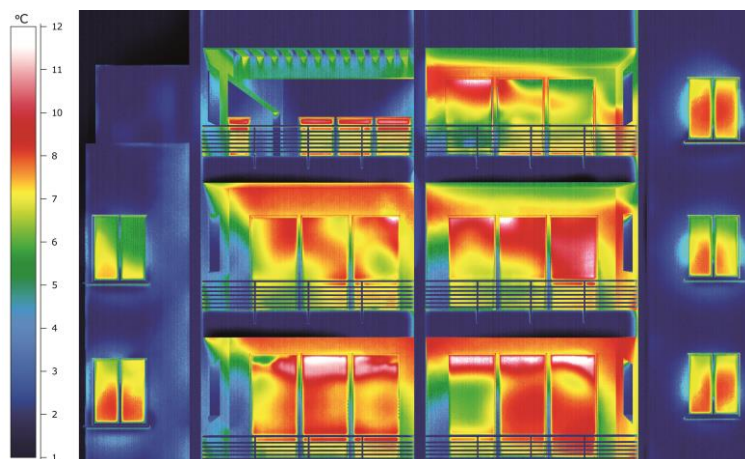


**Kuva 2. Kylmäsilta rakenteessa ja sen ehkäisy [3].**

Asuinkiinteistössä lämpökuvaus suoritetaan yleensä rakennuksen sisätiloissa. Tällöin tilan valmistelutoimenpiteet tulee tehdä 12 tuntia ennen lämpökuvausta. Ennen kuvausta täytyy tehdä seuraavat toimenpiteet:

- Irtaimisto pitää siirtää kuvattavilta ulkoseiniltä niin, että seinän viereen jää metri vapaata tilaa.
- Kun kuvataan kiintokalusteiden sisäpuolelta (esim. ulkoseinillä olevat kaapistot), on kalusteiden oltava tyhjiällä ja ovien oltava auki 12 tunnin ajan ennen kuvausta.
- Ikkunaverhot on otettava pois tai siirrettävä keskelle ikkunaa 12 tuntia ennen kuvausta. Ikkunoiden muovisuojaukset poistetaan, jos halutaan tarkastella lasin kitkauksen tiiveyttä.
- Kuvattavien tilojen lämmityksen ja ilmastoinnin pitää olla normaalin käyttötilanteen mukaisilla asetuksilla 24 tuntia ennen kuvausta. [4.]

Lämpökuvaus tehdään pääsääntöisesti rakennuksen sisäpuolelta. Lisäksi rakennus voidaan kuvata tarvittaessa ulkopuolelta (Kuva 5.) sekä lämmöneristyskerroksen kylmältä puolelta niiltä osin kuin se on mahdollista, esim. ullakolta. Ulkopuolisessa kuvauksessa on erityisesti huomattava edeltäneiden sääolosuhteiden sekä ulkoverhouksen tuuletusraon vaikutukset. [4.]



**Kuva 3. Lämpökuva rakennuksen ulkopuolelta, korkealla resoluutiolla. [1.]**

## 4.2 Infrapunasäteily ja emissiivisyys

Auringosta maahan tulevasta säteilystä noin puolet on infrapunasäteilyä, eli lämpösäteilyä. Lämpökamerat ottavat vastaan lämpösäteilyä ja muuttavat sen kuvaksi samaan tapaan kuin tavallinen kamera muodostaa kuvan näkyvän valon perusteella.

Infrapunasäteilyn aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon, kun taas ultravioletin pienempi. Erilaiset materiaalit lähettävät lämpösäteilyä eri tavalla, joka riippuu pinnan emissiivisyydestä ( $\epsilon$ ) ja pintalämpötilasta. (Kuva 4.)



Kuva 4. Valon spektri

Materiaalin emissiokerroin on väliltä 0–1. Luku kuvaa pinnan kykyä säteillä infrapunaenergiaa. Täysin mustan ja matan kappaleen emissiokerroin on 1 ja kiiltävän ja heijastavan 0. Emissiokertoimen ollessa matala (0–0,5), on pinnan lämpötilaa vaikea mitata lämpökameralla. Luvun ollessa korkea (0,85–1) saadaan riittävän tarkasti mitattua lämpötilaeroja.

Lämpökameralla ei voi mitata ilman tai muiden kaasujen lämpötiloja. Monet kamerat kuitenkin sisältävät ilman lämpötilamittarin ja kertovat mitattavan kohteen emissiokertoimen. Useimpien rakennusmateriaalien emissiokertoimet ovat lähellä arvoja 0,85–0,95, jolloin saadaan normaaleissa olosuhteissa luotettavia tuloksia.



### 4.3 Pätevyudet ja raportointi

Lämpökuvauksen suorittamiseen ei tarvitse viranomaismääräysten ja -ohjeiden mukaan minkäänlaista pätevyyttä. Yleisenä ammattitaitovaatimuksena voidaan pitää, että kuvajalla on asiantuntemusta rakennustekniikasta ja lämpökuvauksesta. Pätevyyden voi todistaa lämpökuvauksen perustutkintotodistuksella tai VTT:n myöntämällä henkilösertifiikaatilla. (Kuva 1.) [5.]

Lämpökuvauksesta luovutetaan tilaajalle lämpökuvausraportti, jossa esitetään ongelma-kohtat lämpökuvina, korjausluokitukset ja korjausehdotukset sekä mahdollisia muita jatkotoimenpide-ehdotuksia. Lisäksi lämpökuvausraportissa tarkastellaan rakennuksen lämpötekniistä toimivuutta kokonaisuudessaan. Tilaajan pyynnöstä lämpökuvaus voidaan toteuttaa myös ilman kirjallista raportointia. Tällaisia ovat tyypillisesti pienimuotoiset lämpökuvaukset, esimerkiksi lattialämmityskaapelien paikannukset. [5.]



Kuva 5. VTT-henkilösertifiikaatti [6.]

## LÄMPÖKUVAUSRAPORTIN SISÄLLYSLUETTELO

## YHTEENVETO

1. KOHTEEN YLEISTIEDOT.....	
1.1 KOHDE JA OSOITE .....	
1.2 TUTKIMUKSEN TILAAJA .....	
1.3 TUTKIMUKSEN TAVOITE .....	
1.4 TUTKIMUKSEN TEKIJÄT .....	
1.5 TUTKIMUSAJANKOHTA .....	
1.6 KUVAUS KOHTEESTA .....	
2. LÄHTÖARVOT .....	
2.1 MITTAUSMENETELMÄT .....	
2.2 ULKO- JA SISÄILMAN OLOSUHTEET .....	
2.3 RAKENNUKSEN ILMANVAIHTO.....	
2.4 RAKENNUKSEN RAKENTEET .....	
3. OHJEET JA MÄÄRÄYKSET .....	
3.1 TERVEYDELLISET OHJEET JA MÄÄRÄYKSET .....	
3.2 RAKENTEELLISET OHJEET JA MÄÄRÄYKSET .....	
4. RAJA-ARVOT .....	
Asumisterveysohjeen antamat pintalämpötilaohjeet ja niiden tulkinta	
Muut kohteeseen mahdollisesti sovellettavat kriteerit	
5. LÄMPÖKUVAKSEN TULOKSET ja JOHTOPÄÄTÖKSET .....	
Vikojen taulukointi ja korjausluokitus sekä sanallinen yhteenveto jatkotoimenpiteistä	
Arvio myös mahdollisista muista pintalämpötiloihin vaikuttavista tekijöistä	
Liitteet	
Lämpökuvasivut (mittausraportti)	
Pohjapiirustukset	

Kuva 6. Esimerkki lämpökuvausraportin sisällysluettelosta [6.]

## 5 Lämpökamerat ja oheismittaukset

Tässä luvussa kerrotaan lämpökameroiden, tiiviysmittausten ja kosteusmittausten toimintaperiaatteista.

### 5.1 Lämpökamerat

Rakennusten lämpökuvauksessa käytettävän lämpökameran tulee olla mittaava ja tasapainotettu sekä kuvantava mittalaite. Tämä tarkoittaa sitä, että kamera muodostaa kuvattavasta kohteesta lämpökuvan, joka esittää kohteen pintalämpötilajakauman. Kameran rungon ja ulkoisten olosuhteiden aiheuttamat lämpötilavaihtelut eivät vaikuta itse mitaustulokseen, ja kameralla voidaan mitata suoraan pintalämpötiloja.



**Kuva 7. Flir-T640 lämpökamera [8.]**

Lämpökamerassa tulee olla myös kuvien tallennusmahdollisuus raportointia, tulosten jälkikäsitelyä ja analysointia varten. Lämpökameraa, jossa ei ole lämpökuvien jälkikäsitely- ja analysointiominaisuutta, voidaan käyttää esimerkiksi rakennustyön aikaiseen laadunvalvontaan. [1; 7.]

Lämpökameroiden hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat

- näkökentän laajuus
- lämpökuvan resoluutio
- lämpötilamittauksen herkkyys
- näytön koko
- aluemittauspisteiden lukumäärä
- liitännät ja lisävarusteet. (Liite 1.)

## 5.2 Ilmanvuotoluku ja tiiviysmittaus

Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnin aikana vaipan vuotoreittien kautta 50 pascalin ali- tai ylipaineessa. Mitä pienempi ilmanvuotoluku on, sitä parempi energiatehokkuus rakennuksella on. Korjausrakentamisessa 1–2/h on hyvä arvo, kun taas passiivitalossa tulee ilmanvuotoluvun olla alle 0,5/h.

Ilmatiiveyden mittaus suoritetaan siten, että rakennukseen tarkoituksellisesti ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot (ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakanavat, korvausilmaventtiilit), tulisijat ja hormit suljetaan tiiviisti teippaamalla tai muulla luotettavalla tavalla. Myös ovien ja ikkunoiden tulee olla kiinni ilmatiiveyden mittauksen aikana. Tiiviysmittaus tapahtuu sitä varten tehdyllä painekoelaitteistolla. (Kuva 8.)



**Kuva 8. Tiiviysmittauksen painekoelaitteistoa**

Lisäksi hyvä ilmanpitävyys parantaa rakenteiden kosteusteknistä toimintaa, koska kostea sisäilma ei pääse virtaamaan rakenteisiin ja toisaalta siksi, että kylmä ulkoilma ei pääse jäädyttämään rakennetta ja aiheuttamaan materiaalikerrosten välisiin rajapintoihin homeen kasvulle otollisia olosuhteita tai kosteuden tiivistymisriskiä.

### 5.3 Kosteusmittaus

Rakenteista tehtävillä suhteellisen kosteuden mittauksilla saadaan niiden kosteusteknistä käyttäytymistä. Mittaustulosten perusteella voidaan myös arvioida, onko rakenteessa ylimääräistä kosteutta ympäristöönsä nähden ja ovatko kosteuslukemat rakenteen toiminnan kannalta kriittisen korkeita. Tulosten perusteella voidaan myös arvioida kosteusvaurion syytä, laajuutta sekä kuivatuksen tarvetta.

Porareikämittauksessa porataan yli 10 mm halkaisijaltaan oleva reikä, joka imuroidaan tyhjäksi ja asennetaan muoviputki reikään. Putken pää ja putken ja betonin rajakohdat tiivistetään ilmatiiviillä kitillä. Porausvaikutuksen poistuttua reiästä noin 3 vuorokauden jälkeen asennetaan sähköisen mittalaitteen anturi putkeen ja tiivistetään ilmatiiviillä kitillä. Anturin annetaan olla putkessa 1–4 tuntia, jonka jälkeen anturi yhdistetään mittalaitteeseen ja luetaan tulokset. Jos mittari näyttää kosteuden anturin ollessa putkessa, niin kosteuden nousun pysähtyttyä anturi voidaan irrottaa. (Kuva 9.)

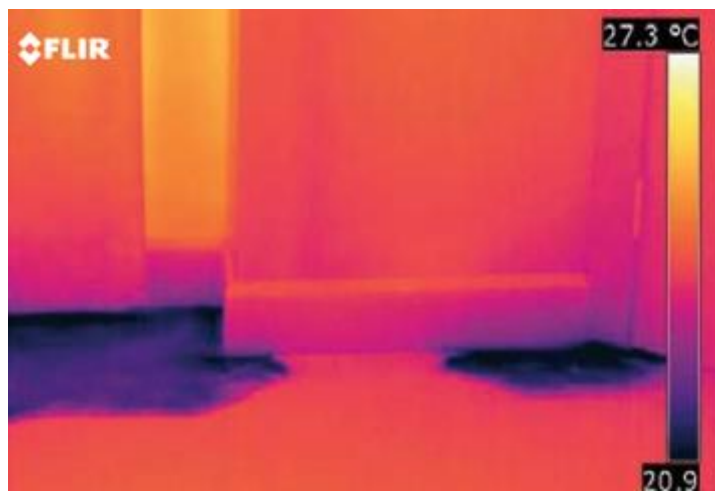
Suhteellisen kosteuden mittauksessa tulee myös mitata ilman lämpötila kyseisessä tilassa. Tarkimman tuloksen saa +15...+25° lämpötilassa.



**Kuva 9. Suhteellisen kosteuden mittauslaitteistoa**

Myös pintakosteuden ilmaisinta voi käyttää mitatessa rakenteellisista kosteuksista. Nämä mittausarvot eivät kuitenkaan anna oikeaa kuvaa materiaalin suhteellisesta kosteudesta, vaan toimivat ainoastaan suuntaa antavana arvona. Näissä mittauslaitteissa on yleensä näyttö ja pallomainen, kiinteä anturi.

Lämpökameraa voidaan myös käyttää antamaan kuvaa kosteusvaurioiden laajuudesta. Kastunut rakenne muuttaa lämpötilaansa hitaammin kuin kuiva, jolloin esimerkiksi lämpötilaa nostamalla pystytään kartoittamaan kastuneita alueita ja rakenteita. (Kuva 10.)



**Kuva 10. Kosteusvaurio lattiassa lämpökameralla havaittuna**

#### 5.4 Sähkölaite ja LVI tutkimukset

Lämpökuvauksella pystytään myös tarkistamaan erilaisten LVIS-laitteiden ja -reittien toimintaa. Lämpökuva paljastaa ylikuumenneet sulakkeet ja liitännät sähkökeskuksessa. Rakennusaikaisessa käytössä pystytään etsimään vaurioituneita lämmitysputkia ja johdot. Rakenteiden sisällä ja maan allakin olevia talotekniikka-asennuksia voidaan tutkia lämpökameralla, lämpötilan manipulointia käyttäen. Myös ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa, virtausreittejä ja mahdollisia vuotokohtia voidaan tarkistaa lämpökuvauksella.

## 6 Lämpövuodot

Tässä luvussa kerrotaan lämpövuodoista, niiden havaitsemisesta ja korjaamisesta.

### 6.1 Lämpövuotojen havaitseminen

Lämpövuotoja voi olla vaikea havaita ilman lämpökameraa, mutta yleisimpiä havaintoja joita voi tehdä, on mainittu seuraavassa:

- Kun tuntee vedontunnetta asunnossa tai asunnossa on kylmä.
- Kun energiankulutus on suhteettoman suuri.
- Kun epäillään kosteusvauriota.
- Kun ikkuna huurtuu.
- Kun sisäpuolelle kertyy huurretta.
- Kun jääpuikkoja muodostuu ulkopuolelle. (Kuva 11.)

Myös silloin kannattaa miettiä lämpökuvauksen tekemistä, kun on aikeissa tehdä korjauksia rakennukseen. Tällöin voidaan varmistaa, että saadaan kerralla kaikki vuodot ja vauriot korjattua, mikä taas parantaa rakennuksen lämpötekniistä toimivuutta. [3.] Rakennuksen yleisimpiä vuotokohtia ovat ikkuna- ja ovirakenteet, rakennusten nurkka-alueet, ala-, väli- ja yläpohjan liitoskohdat, läpiviennit, pistorasiat ja vesikatot.

Lisäksi eristeen puuttuminen aiheuttaa kylmäsiltoja. Eristeviat tulevat yleisimmin esille, jos rakennuksessa on kierot tai vajaakantiset runkotolpat, jolloin eristettä ei ole voitu kunnolla asentaa. Toinen yleinen vika on, että eristeen ja rungon välissä on pieni rako, jossa ilma pääsee liikkumaan. Lisäksi eristevikana voi olla, että asennusvaiheessa eriste on vaurioitunut tai se on sullottu liian tiiviiksi. [4.]



**Kuva 11. Jääpuikkoja muodostunut ulkopuolelle [3.]**

## 6.2 Lämpövuotojen korjaus

Lämpövuotojen korjaamisessa tulee ottaa huomioon vanhan rakenteen tyyppi, miten laaja lämpövuoto on kyseessä ja minkä tyyppinen se on. Lämpövuotoa korjattaessa tulee helposti ylikorjattua rakennetta, jos ei osata määrittää sen vakavuutta.

Pieni reikä ulkovaipassa voi aiheuttaa voimakasta vedontunnetta, mutta on korjaustoimenpiteeltään helppo. Halkeama tai reikä täytetään injektoimalla se polyuretaanihartsilla tai hienorakeisella sementtimassalla. Yleisiä vuotokohtia ovat myös ikkunoiden ja ulkoviekien rakenteet ja liittymät.

Ikkunoissa voi olla monia eri kohtia, mistä ilma vuotaa:

- karmin ja aukkorakenteen liitos
- puitteen ja karmin liitos
- karmien ja puitteiden kulmaliitokset
- lasin ja puitteen liitos.

Näiden korjaustoimenpiteitä ovat

- karmin ja aukon välisten eristeiden uusiminen ja sisäpuolinen elastinen kittaus,
- tiivisteiden vaihtaminen ja tarvittaessa puitteen uusi sovitus
- liitosten tiivistys tiivistysmassalla
- lasin uudelleen kittaus tai uuden lasin asennus.



Ulko-ovissa, ovilehtien kieroutuessa tiivisteiden vaihto ei välttämättä auta, vaan voidaan joutua listoittamaan karmin sisäpuolelta tiivistelistalla. (Kuva 12.)



**Kuva 12. Oven tiivistelista**

Huonosti suunnitellut rakenteet voivat aiheuttaa kylmäsiltoja, jolloin lämmityskustannukset nousevat ja energiatehokkuus pienenee. Kylmäsiltoja esiintyy yleensä:

- yläpohjissa
- alapohjissa
- välipohjissa
- parveke-elementtien kiinnityskohdissa
- muissa julkisivuun kiinnitetyissä rakenteissa esim. palotikkaissa.

Näiden korjaaminen on yleensä paikallisesti hankalaa, ja varmin ratkaisu on ulkopuolinen lisälämmöneristys.

### 6.3 Lämpötilaindeksi

Vakio olosuhteet lämpökuvaukselle ovat -5 °C (±1 °C) ulkolämpötilalle ja +20 °C (±2 °C) sisälämpötilalle. Jos lämpökuvaukselta ei pystytä suorittamaan näissä olosuhteissa, niin käytetään lämpötilaindeksiä arvioimaan ulkovaipan lämpötekniistä toimivuutta. [4.]

Lämpötilaindeksin kaava on

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) * 100 [\%]$$

**TI** = Lämpötilaindeksi (%)

**T<sub>sp</sub>** = Sisäpinnan lämpötila (°C )

**T<sub>i</sub>** = Sisäilman lämpötila (°C )

**T<sub>o</sub>** = Ulkoilman lämpötila (°C ) [4.]

Laskentakaavalla saadut tulokset jaetaan korjausluokkiin:

1. Korjattava. Heikentää merkittävästi rakenteiden rakennusteknistä toimintaa. Heikko taso
2. Korjaustarve selvitettävä. Täyttää asumisterveydelle määrätyn välttävän tason.
3. Lisätutkimuksia. Hyvän tason vaatimukset täyttyvät, mutta riskin mahdollisuus on otettava huomioon kosteus- ja lämpötekniisessä toiminnassa. On tehtävä lisätutkimuksia, kuten kosteusmittaus tai tiiviysmittaus.
4. Täyttää hyvän tason vaatimukset. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä. [4.]

Korjausluokat määräytyvät lämpötilaindeksin mukaan eri pinnoille seuraavasti:

Pistemäistä vikaa tarkasteltaessa:

1. = 0–60 %
2. = 61–65 %
3. = 66–69 %
4. = 70–100 %

Seinää tarkasteltaessa:

1. = 0–80 %
2. = 81–82 %
3. = 83–84 %
4. = 85–100 %

Lattiaa tarkasteltaessa:

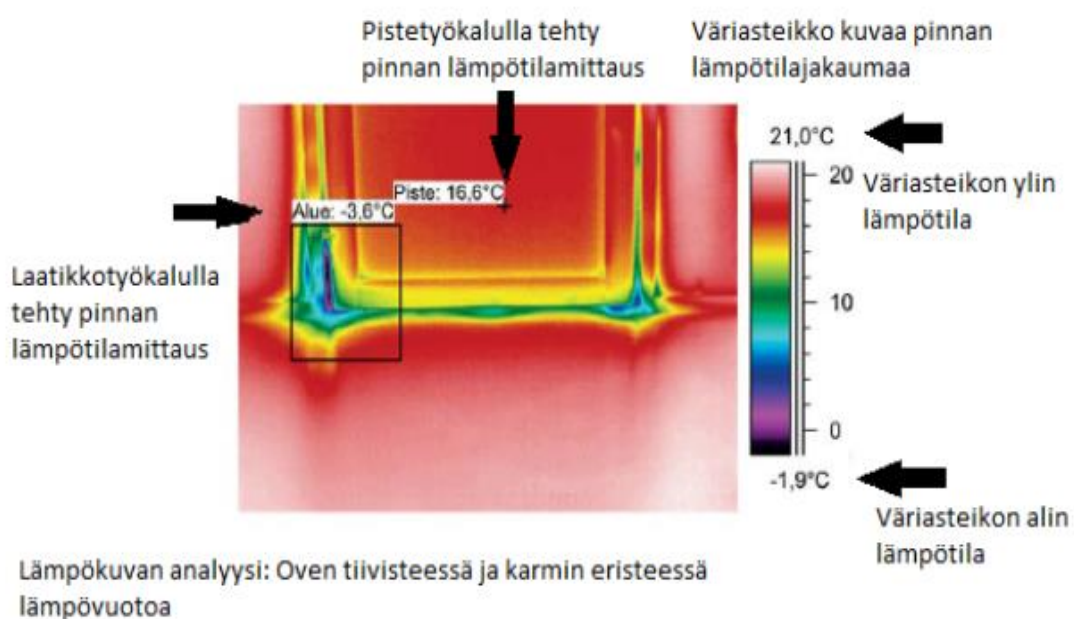
1. = 0–86 %
2. = 87–91 %
3. = 92–96 %
4. = 97–100 %

Kun lämpökuvausta käytetään työn aikana urakoitsijan sisäisessä laadunvalvonnassa, ei mittausolosuhteille anneta vaatimuksia. Kuvaus voidaan toteuttaa yksilöidyllä tavalla, kunhan mahdolliset rakenteiden lämpötekniset puutteet saadaan esiin. [1.]

## 7 Lämpökuvien tulkinta

Lämpökuvista voidaan nähdä kuvatun kohteen pintojen lämpötilat ja samalla vuotokohdat. Lämpökuvauksen loppuraportissa lämpökuvauksen tulokset voidaan esittää skaalattuna yhteen lämpötilahaarukkaan tai joka kuvassa pinnan lämpötilavaihteluiden mukaiseen haarukkaan. (Kuva 13.) [5.]

### Olohuoneen parvekeen ovi



**Kuva 13. Lämpöhaarukkaan skaalattu kuva [5.]**

Väriasteikko kuvaa pinnan lämpötilajakaumaa. Kuvan 14 oikeassa reunassa oleva väripalkki ja lämpötila-asteikko esittää lämpökuvassa esiintyvien värien ja pintalämpötilan välisen yhteyden. Kuvan vasemmassa reunassa on laatikkotyökälu, jonka sisältämän alueen minimilämpötila on esitetty kuvassa. Kuvan keskellä on pistetyökälu, jonka kohdan pintalämpötila myös esillä. Näiden lisäksi kamerassa voi olla esimerkiksi etäisyyden mittari tai ilman lämpötilan mittari.

## 8 Kyselytutkimus

Tässä luvussa tarkastellaan kyselytutkimusta, joka lähetettiin lämpökuvauspalveluja myyville yrityksille.

### 8.1 Tutkimusongelma

Tutkimuksella pyrittiin selvittämään lämpökuvauksen hintatasoa palveluiden ja laitteiden osalta ja sitä mitä tilaajan tulisi ottaa huomioon ennen lämpökuvauksen aloittamista. Korjausrakentamisen kasvaessa myös laatuun kiinnitetään enemmän huomiota, jolloin lämpökuvaus tulee olemaan tärkeässä osassa työnaikaista laadunvarmistusta. Tutkimus tehtiin lämpökuvausta myyville yrityksille ja kameroiden jälleenmyyjille.

### 8.2 Tutkimuksen toteutus

Kyselylomakkeessa oli 10 kysymystä, ja se lähetettiin yhteensä 20 lämpökuvausyritykselle. Lisäksi yritysten kotisivuilta saadut tiedot vaikuttivat vertailuun. Vertailussa keskityttiin yritysten toimintatapoihin sen perusteella, eroavatko ne paljon toisistaan ja Ratu-ohjekorteista. Lisäksi kyseltiin laitteistosta, joita yritykset käyttävät, ja hintatasosta kuvitteelliseen kerrostaloon.

Lämpökameroiden vertailutiedot koottiin kameroiden tuotekorteista ja jälleenmyyjiltä saaduista hintatiedoista.

### 8.3 Tutkimuksen tulokset

Jokaisella viidestä kyselyyn vastanneella yrityksellä oli VTT:n myöntämä lämpökuvaajan henkilösertifikaatti ja kokemusta lämpökuvauksesta. Lisäksi yritysten käyttämät kamerat vaihtelivat Flir- ja Fluke-kameroiden välillä. Näiden kameroiden erot vaihtelevat aina kameramallin mukaan. Yritysten käyttämällä lisälaitteilla ei ollut muita eroja kuin merkki, eli kaikilla oli Ratu-ohjekortin edellyttämät mittalaitteet. Hintataso kuvitteellisen pienkerrostalon kuvaukseen vaihteli 800 euron ja 2 500 euron välillä. Hintaan tosin vaikuttaa paljon se, kuinka laaja kuvaus ja raportointi tehdään. Lisäksi myös apuvälineiden käyttäminen voi vaikuttaa hintaan.

Lämpökameroita on saatavilla rakentamisen aikaiseen valvontaan, teolliseen käyttöön ja kiinteistökuvauksiin. Kameroiden hinta liikkuu 1 000 - 20 000 euron välillä. Hintaan vaikuttaa mm. kuvan laatu, mittaustarkkuudet, lisälaitteet ja objektiivi. Työmaan laadunvarmistukseen soveltuvan kameran saa noin 3 000 - 5 000 eurolla. (Liite 3.) Kameraa työmaakäyttöön hankkiessa kannattaa ottaa huomioon

- lämpökuvan tarkkuus
- tallentamismahdollisuus
- käyttöjärjestelmän helppous
- kameran paino
- ja akun käyttöikä.

#### 8.4 Kyselyn tulokset

**Yrityksen lämpökuvaajien koulutus? -> Onko käyty vastaavaa tutkintoa / pätevyystodistukset/sertifikaattia?**

- Y1: VTT:n myöntämä lämpökuvaajan sertifikaatti
- Y2: VTT:n myöntämä lämpökuvaajan sertifikaatti ja vuosien kokemus lämpökuvauksesta
- Y3: VTT:n myöntämä lämpökuvaajan sertifikaatti
- Y4: VTT:n myöntämä lämpökuvaajan sertifikaatti
- Y5: VTT:n myöntämä lämpökuvaajan sertifikaatti

**Minkälaisia kohteita yritys on tehnyt (merkittävimmät)?**

- Y1: Julkisia tiloja
- Y2: OKT, RT- ja KT-huoneistoja, päiväkoteja ja lämpösuunnittelua
- Y3: Toimisto- ja kerrostaloja ja erilaisia rakennusfysikaalisia selvityksiä
- Y4: Päiväkoteja, kouluja, toimistorakennuksia, kerrostaloja ja halleja
- Y5: Kerrostaloja, omakotitaloja, rivitaloja.

**Tiedot kuvauslaitteista: kKameroiden merkki/malli, kameroiden objektiivi -> mikä resoluutio, onko laajakuvaoptiikkakamera?**

- Y1: Fluke TIR32 Fusion 320x240, laajakulmaobjektiivi
- Y2: Fir B400, 320x240, laajakulmaobjektiivi saatavana ulkokuvauksia varten
- Y3: Flir T620, 640x480, laajakulma
- Y4: Fluke Ti32, 320x240, laajakulma
- Y5: Flir B400, 320x240, laajakulma

**Käyttävätkö muita laitteita lämpökuvauksessa (esim. ilmanpaine- ja kosteusmittarit)?**

- Y1: Testo 510 paine-eromittari, Testo 410-2 lämpötila-, kosteus- ja tuulimittari
- Y2: Paine-eromittari, sisä-ulkolämpötilamittari ja RH (suhteellinen kosteus) huonekosteusmittari, laser pintalämpötilamittari, tuulimittari ja pintakosteusmittari kosteusepäilyyn tueksi
- Y3: Ratu-ohjeistuksen edellyttämät
- Y4: Ratu-ohjeistuksen edellyttämät
- Y5: Paine-eromittari, lämpötila-, suhteellisen kosteudenmittari ja kastepistemittari

**Mitä toimenpiteitä tarvitsee tilaajan tehdä ennen työnsuoritusta?**

- Y1: Ikkunalaudat tyhjiksi. Ei ylimääräistä tuuletusta tai takan lämmitystä. Kuvaus pyritään tekemään normaalitilassa.
- Y2: Valmistaa kohde kuvausta varten -> siirtää sisäkalusteet n. 1 m päähän ulkoseinästä edellisenä päivänä. Ikkunaverhot on siirrettävä keskelle ikkunaa. Ei saa tuulettaa eikä lämmitellä takkaa edellisenä päivänä.
- Y3: Ratu-ohjeistuksen edellyttämät
- Y4: Verhot keskelle ikkunaa, ulkoseinän vierestä huonekalut metrin päähän seinästä. Lämpötila- ja ilmanvaihtoventtiilit normaalissa käyttöasennossa.
- Y5: Ratu-ohjekortin mukaan.

**Mikä on työryhmän koko?**

- Y1: 1 henkilö
- Y2: 1 henkilö
- Y3: 1 henkilö
- Y4: 1 henkilö
- Y5: 1 henkilö

**Mitkä ovat reunaehdot lämpökuvauksen toteuttamiselle?**

- Y1: Ei ole
- Y2: Lämpötilaero ulko- ja sisäilman välillä 15 astetta (+5 ulkona -> sisällä +20). Ihanteellinen ero on ulkona -5 astetta ja sisällä +20 astetta.
- Y3: Ratu-ohjeistuksen edellyttämät
- Y4: Ratu-ohjekortin mukaiset
- Y5: Ratu-ohjekorttia noudattaen

**Työsuorituksen arvioitu kesto esim. 3.krs pienkerrostalo, 1.rappu, 20 asuntoa? (1-vaiheisesta kuvauksesta loppuraporttiin)**

- Y1: Riippuu asuntojen koosta. Kuvauksiin menee aikaa pari päivää ja loppuraporttiin n. 1 päivä.
- Y2: 1 - 2 päivää kuvien määrästä ja raportin laajuudesta riippuen
- Y3: Kuvaus 8 h, raportointi 16–24 tuntia
- Y4: 1 - 2 päivää riippuen laajuudesta
- Y5: 1 - 2 päivää



**Minkälainen raportointimalli yrityksellä on?**

- Y1: SmartView 3.3 (Fluken raportointiohjelma)
- Y2: Mittausraportointi, lämpökuvauksraportointi ja kuvaraportointi
- Y3: Ratekon kurseilta omaksuttu raportointimalli, löytyy Infradexin sivuilta
- Y4: Fluken raportointiohjelma
- Y5: Flirin raportointiohjelma

**Paljon keskimäärin maksaa kerrostalon (3 krs pienkerrostalo, 1 rappu, 20 asuntoa) lämpökuvaaaminen?**

- Y1: n. 2 500 €
- Y2: n. 1 500 €
- Y3: n. 800 - 1 200 € raportoinnin ja kuvauksen laajuudesta riippuen
- Y4: 1 000 - 1 500 €
- Y5: 1 000 - 2 000 €

## 9 Lämpökuvausyrityksen haastattelu

Haastateltavaksi yritykseksi valittiin Termolog Oy, joka on lämpökuvauksiin erikoistunut sertifioitu tekninen tutkimustoimisto, joka toimii Etelä-Suomen alueella. Lämpökuvauksen asiantuntija Pekka Toivanen Termolog Oy:sta vastasi kysymyksiin.

### **Mikä on korjausrakennuskohteiden osuus toimintanne piirissä?**

*"Tänä päivänä osuus on noin 30 %. Muutama vuosi taaksepäin osuus oli yli 50 %, kun valtio tuki korjausrakentamista vuonna 2008 alkaneessa rakennusalan taantumassa."*

### **Minkälaisia kameroita teillä on käytössänne?**

"2 kpl FLIR E4, 1 kpl Fluke Ti35 IR FlexCam"

### **Teettekö muita oheismittauksia, kuten ilmamäärä-, kosteus-, tai tiiviysmittauksia?**

*"Teemme kaikkia edellä mainittuja mittauksia VTT:n henkilösertifioimina."*

### **Mille kuukausille lämpökuvaus tulisi teidän mielestänne ajoittaa?**

*"Marraskuun alusta huhtikuun loppuun. Tällä aikavälillä täyttyvät parhaiten ehdot: ulkolämpötila maksimi +5 astetta ja sisä- ja ulkolämpötilan erotus vähintään 15 astetta."*

### **Mitä edellytyksiä tulisi rakennuttajan/urakoitsijan huomioida suunnitellessaan lämpökuvauksen hankintaa rakennusvaiheessa?**

*"Lämpökuvauksen ajoittaminen etukäteen on suurin ongelma. Tuota ongelmaa helpottaaksemme olemme laatineet urakoitsijalle ohjeen, jossa kerrotaan vaatimukset rakennuksen valmiusasteelle." (Liite 3.)*

**Arkistoitteko lämpökuvausraportit ja kuinka pitkäksi aikaa? Onko asianomaisilla tahoilla mahdollisuus saada uudet kopiot?**

*”Arkistoimme kaikki raportit. Lämpökuvaustoimintamme alkoi 2004, josta lähtien kaikki raportit ovat tallessa PDF-muotoisina ja varmuuskopioituina. Kyselyitä vanhoista raporteista tulee muutaman kerran vuodessa. Toimitamme raportin pyytäjälle, kun olemme varmistaneet hänen oikeutensa raporttiin. Raporttimme ovat alkuperäisen tilaajan omaisuutta.”*

**Minkälaisissa korjausrakennuskohteissa olette toimineet?**

*”Korjausrakennuskohteissa kysyntää lämpökuvaukseen tulee lähinnä kaupungeilta ja kunnilta, kohteet ovat kouluja, päiväkoteja, sairaaloita yms. julkisia rakennuksia. Tyypillisiä tilaajia ovat mm. Helsingin asuntotuotantotoimisto, STARA, Helsingin ja Espoon tilakeskukset, HKR-rakennuttaja.”*

**Onko kysyntä lämpökuvaukselle lisääntynyt lähivuosina korjausrakentamisen saralla?**

*”Urakoitsijoiden rakennusaikainen omavalvonta lämpökameroilla varmasti on lisääntynyt, mutta meillä, virallisilla lämpökuvaajilla en ole havainnut tilauskannan kasvua korjausrakentamisen piirissä.”*

**Mitä yleisimpiä vuotokohtia olette havainneet toimintanne aikana esimerkiksi asuinkerrostaloa kuvatessanne?**

*”Vuodot ovat tyypillisesti ikkunoissa ja parvekeovissa. Asuinkerrostalossa voi esiintyä seuraavanlaisia ongelmia:*

*- Lasin ja lasilistan välistä vuotoja, silikonointi on tehtaalla koneellista ja aiheuttaa usein katkoja silikoninauhassa.*

*- Aukkojen mitoitusvirheet aiheuttavat toisinaan joko liian ahtaan tai liian leveän välyksen, jolloin uretaanin ilmanpitävyys heikkenee.*

*- Uretaanin vajaatäyttö aiheuttaa karmivuotoja. Täyttöasteen tulisi olla ainakin 2/3 karmien leveydestä.*

*- Ikkunan puitteiden puiteliitoksissa on vuotoja, ikkunakarmien karmiliitokset vuotavat erittäin usein.*

*- Tuuletusikkunoiden työntötapit jätetään säätämättä kohteeseen sopiviksi, jolloin esim. tuuletusikkunan sisälehti jää vuotavaksi tiivisteistään.*

*- Parvekeoven kynnyksen alta havaitut vuodot ovat melko yleisiä, samoin parvekeoven karmien ja kynnyksen saumakohta.*

*- Rakennussiivoojat jättävät usein sisä- ja ulkopuitteiden lukkoja auki. Tänä päivänä asukkaat eivät välttämättä osaa itse tarkistaa lukituksen tilannetta, mutta havaitsevat kyllä vedontunteen ja reklamoivat siitä.*

*- Toisinaan vastaan tulee myös kieroja tuuletusikkunoiden sisälehtiä, kierous johtuu lähes aina väärästä työmaan aikaisesta varastoinnista. Kierot sisälehdet vuotavat tyypillisesti aukeavan syrjän alalaidasta.”*

## 10 Lauttasaaren Metallin lämpökuvaustyö

Opinnäytetyöhön liittyen tehtiin itsenäinen lämpökuvaus Lauttasaaren Metallin työmaalla. Kuvaus tehtiin kahtena päivänä lokakuussa 2014. Kaikki talon asunnot kuvattiin ulkovaipan osalta ja ulkopuoli käyttäen rakennusaikaisia telineitä. Kuvauslaitteena oli Flir B60, pistoolimainen lämpökamera. (Liite 3.)

Ensimmäinen kuvauspäivä oli 23.10.2014, jolloin kuvattiin 1. - 4. kerros sisäpuolelta. Ulkolämpötila oli -2 °C ja sisälämpötila vaihteli 16–22 °C välillä.

Toinen kuvauspäivä oli 30.10.2014, jolloin kuvattiin kerrokset 5 ja 6 ja rakennuksen vaippa ulkopuolelta. Ulkolämpötila oli 0 °C ja sisälämpötila vaihteli 18–20 °C välillä.

Virallinen lämpökuvaus ja tiiviysmittaus tehdään Lauttasaaren Metallille joulukuussa 2014 Termolog Oy:n puolesta.

Lämpökuvauksen perusteella voidaan sanoa, että pääosin rakennuksen vaippa oli hyvin tiivistetty ja eristetty, huomioon ottaen rakennuksen iän. Merkittävimmät lämpövuodot johtuivat siitä, että rakennusvaiheet olivat vielä kesken ulkona ja sisällä. Raporttiin valikoitui kriittisimpiä lämpövuotoja ja mielenkiintoisia havaintoja.

Suurimmat lämpövuodot johtuivat ikkunoiden alle asennetun apukarmipuun eristämättömyydestä ulkopuolelta. Koska puu on vain 10 cm ja ikkunan karmi 21 cm, niin ulkopuolelle ikkunan alle muodostuu kolo. Tämä voidaan täyttää villalla tai uretaanilla. Toinen lämpövuoto muodostui yläpohjan liitokseen, johtuen räystäsrakenteen massiivisuudesta. Lisäeristyksestä huolimatta betoniseen räystäsrakenteeseen muodostuu kylmäsilta.

Nämä lämpövuodot eivät kuitenkaan vaadi rakennussuunnitelmasta poikkeavia toimenpiteitä, sillä ne kuuluvat korjausluokkaan 4. (Liite 4.)

## 11 Tulokset

Lämpökuvaukseen on hyödyllinen työkalu korjausrakennuskohteen laadunvarmistuksessa. Lämpökameralla saadaan selville ilmavuodot ja eristepuutteet rakennuksen ulkovaipassa. Sillä voidaan myös selvittää vesivahinkoja ja talotekniikkavikoja, silloin kun ne on vielä helppo korjata. Lämpökuvauksen avulla on mahdollista tutkia rakenteita niitä rikkomatta. Työmaakäyttöön soveltuvan lämpökameran saa 3 000 - 5 000 eurolla. Työmaan lämpökuvauksen hinta riippuu kuvattavan ulkovaipan pinta-alasta. Opinnäytetyössä esimerkkinä oli pienkerrostalo, 1 rappukäytävä ja 20 huoneistoa, johon 1-vaiheinen lämpökuvaukseen maksoi 800 - 2 500 euroa.

Rakennusten kuntotarkastuksissa ja vuosikorjauksissa lämpökameralla nähdään nopeasti ikkunoiden tiiveys, pattereiden toiminta ja jopa vesivahingot.

## 12 Yhteenveto

Opinnäytetyössä pyrittiin luomaan kokonaisvaltainen ohje lämpökuvaukshankkeeseen ryhtyvälle tai lämpökuvauksesta kiinnostuneelle taholle. Käytännön tutkimuskohteena olivat lämpökameroiden hinnat, lämpökuvauksen hankinta ja lämpövuodot Lauttasaaren Metallin rakennustyömaalla.

Opinnäytetyössä selvitettiin lämpökuvauksen periaatteita, lämpövuotojen havaitsemista, lämpökuvauksen tulosten tulkintaa, lämpökuvauksen hyödyntämistä korjausrakennustyömaalla, lämpökameroiden ominaisuuksia ja palveluntarjoajien pätevyyskriteerejä.

Opinnäytetyöhön kuului haastattelu ja sähköpostikysely suunnattuna lämpökuvauksen ammattilaisille lämpökameroiden erojen ja hintatietojen vertailua ja kokonaisvaltainen korjausrakennustyömaan ulkovaipan kuvaus.

Opinnäytetyötä on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa kiinteistöjen lämpökuvauksissa apuvälineenä ja työnjohdon laadunvarmistustyökaluna rakennustyömaalla. Opinnäytetyöstä voi olla myös hyötyä urakkalaskennassa ja työmaan hankintoja tehdessä.

## Lähteet

- 1 Lauttasaaren Metalli As Oy:n kotisivut. Verkkodokumentti. <<http://lauttasaaren-metalli.fi/>>. Luettu 10.11.2014
- 2 VTT:n kotisivut. Verkkodokumentti. Korjausrakentaminen 2030 esitutkimus. <<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-10398-10.pdf>>. Luettu.12.11.2014
- 3 Järvenpää. 2010. Lämpökuvaus korjausrakentamisessa. YAMK opinnäytetyö. Metropolia, ammattikorkeakoulu, tekniikka ja liikenne.
- 4 Ratu S-1213. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus. Lämpökuvaus, raportointi ja tilaaminen. Rakennustieto Oy. 01.06.2005
- 5 RT 14-10850. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus. Rakennustieto Oy. 01.08.2005
- 6 VTT. Henkilösertifikaation saaneet rakennusten lämpökuvaajat. Verkkodokumentti. VTT. <[http://www.vttextpertservices.fi/files/services/exp/personal\\_certification/hlosertif\\_lampokuvaajat.pdf](http://www.vttextpertservices.fi/files/services/exp/personal_certification/hlosertif_lampokuvaajat.pdf)>. 4.12.2013. Luettu 10.12.2013
- 7 Infradex viralliset sivut. <<http://www.infradex.com/index.html>>. Luettu 10.12.2013

Merkki	Kamera		Lämpökuvan suorituskyky							Kamera			Mittaus			Muut tiedot			
	Sarja	Malli	Näkökenttä °	Min. tarkkuusetäisyys [metriä]	Lämpökuvan resoluutio [pikseliä]	Herkkyys <°C	Portaation digitaalinen zoom	Näyttö"	Kuva kuvassa	Yhdistelmä kuva	vaikuvan uvan resoluutio [megapikseliä]	Piste kpl	Alue max/ min ltk	Eromittaus/ Vertailuämpöt tarkkuus ± ila	Lämpötilan tarkkuus ± °C	Liitännät	Akun käyttöikä h	Hinta € (alv 0)	
FLR	i-Series	13	12,5 * 12,5	0,6	60*60	0,15	ei	2,8 väri LCD	ei	ei	ei	1	ei	ei	2	USB-A	5	880	
		15	21 * 21	0,6	100*100	0,1	ei	2,8 väri LCD	ei	ei	ei	1	ei	ei	2	USB-A, USB-mini	5	1480	
		17	29 * 29	0,6	140*140	0,1	ei	2,8 väri LCD	ei	ei	ei	1	1	1	ei	2	USB-A, USB-mini	5	1980
	E-Series	E30	25 * 19	0,4	160*120	0,1	ei	3,5 kosketus LCD	ei	ei	ei	1	1	1	ei	2	mini, USB-A, Kompositit	4	~3000
		E40	25 * 19	0,4	160*120	0,07	1-2x	3,5 kosketus LCD	koinen lämpö	ei	1,3	3	3	kyllä	2	mini, USB-A, Kompositit	4	~4000	
		E50	25 * 19	0,4	240*180	0,05	1-4x	3,5 kosketus LCD	ava lämpökuv	kyllä	1,3	3	3	kyllä	2	mini, USB-A, Kompositit	4	~6000	
		E60	25 * 19	0,4	320*240	0,05	1-4x	3,5 kosketus LCD	ava lämpökuv	kyllä	1,3	3	3	kyllä	2	mini, USB-A, Kompositit	4	~8000	
	EBX-Series	E30bx	25 * 19	0,4	160*120	0,1	ei	3 LCD	ei	ei	ei	1	1	1	ei	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	~3000
		E40bx	25 * 19	0,4	160*120	0,045	1-2x	3 LCD	kyllä	ei	1,3	3	3	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	~4000	
		E50bx	25 * 19	0,4	240*180	0,045	1-4x	3 LCD	kyllä	kyllä	1,3	3	3	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	~6000	
E60bx		25 * 19	0,4	320*240	0,045	1-4x	3 LCD	kyllä	kyllä	1,3	3	3	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	~8000		
E4		45 * 34	0,5	80*60	0,15	1-2x	3 LCD	ei	ei	ei	kyllä	ei	ei	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	995		
E5		45 * 34	0,5	120*190	0,1	1-2x	3 LCD	ei	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	ei	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	1495	
EX-Series	E6	45 * 34	0,5	160*120	0,06	1-4x	3 LCD	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	2495		
	E8	45 * 34	0,5	320*240	0,06	1-4x	3 LCD	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Kompositit/video	4	5995		
	T420	25 * 19	0,4	320*240	0,045	1-4x	3,5 kosketus LCD	kyllä	kyllä	1,3	5	5	5	kyllä	2	USB-A, Bluetooth®, WIF	4	6100	
	T440	25 * 19	0,4	320*240	0,045	1-8x	3,5 kosketus LCD	kyllä	kyllä	1,3	5	5	5	kyllä	2	USB-A, Bluetooth®, WIF	4	8375	
T-Series	T620	45*34	0,15	640*480	0,045	1-4x	4,3 kosketus LCD	kyllä	kyllä	1,3	5	5	5	kyllä	2	USB-mini, USB-A, Bluetooth	2,5	14 900	
	T640	45*34	0,15	640*480	0,045	1-8x	4,3 kosketus LCD	kyllä	kyllä	1,3	5	5	5	kyllä	2	USB-A, Bluetooth®, WIF	2,5	18 900	
B-Series	B400	25*19	0,4	320*240	0,05	1-8x	3,5 kosketus LCD	kyllä	ei	1,3	5	5	5	kyllä	2	USB-A, Bluetooth®, WIF	4	11 500	
Ti-Series	TiR32 Fusion	23*17	0,46	320*240	0,04	1-4x	3,7 väri LCD	kyllä	kyllä	1,3	3	3	3	kyllä	2	USB, SD	2,5	7495	





## Valmistautumisohje lämpökuvaukseen

### Ohjeita urakoitsijalle (valmistumassa olevat kohteet) :

- o Huoneistot tulee olla numeroitu.
- o Huoneistojen plaani- ja terassi/parvekeovet tulee olla asennetut ja suljetut muutaman tunnin ajan ennen lämpökuvausta (ovista voi kulkea, mutta ne tulisi sulkea aina heti kun mahdollista).
- o Huoneiden väliovet tulee pitää auki 12h ajan ennen lämpökuvausta jotta lämpötilaerot huoneissa tasoittuvat.
- o Varmista että IV-säätötyöt on loppuun saatettu ja huoneistoissa vallitsee alipaine.
- o Huoneistojen lämpötila tulisi olla vakäntunut lopulliseen tasoonsa.
- o Älä käytä ilmanvaihtolaitteita "teho"-asunnoissa 12h ennen lämpökuvauksen aloittamista.
- o Varmista että mahdolliset ikkunoiden korvausilmaventtiilit ovat avoimna ja että mahdollisen saunan korvausilmaventtiili on kiinni.
- o Älä avaa tuuletusikkunoita ja parveke/terassiovia 12 tuntiin ennen lämpökuvauksen aloittamista.
- o Rakennussivouksen jäljiltä jää usein ikkunoiden lukkoja auki. Käy ikkuna-avaimella kaikki lukot läpi **ja sulje auki jääneet lukot!**
- o Poista mahdolliset parveke-/terassiovien alatiivisteitä liistävät roskat ja hiekanmurut.
- o Ulkovaipan sisäpinnan edessä olevat rakennustarvikkeet tms. kiinteät ilmahuuhdelua estävät esineet on siirrettävä kuvausta edeltävänä päivänä vähintään 1m ulkoseinästä/ulkonurkasta.

Kysymyksiin vastaa TermoLog Oy allaolevissa numeroissa.

TermoLog Oy  
Pekka Toivonen  
p. 040-833 5834

Email : [info@termolog.fi](mailto:info@termolog.fi)  
Internet : [www.termolog.fi](http://www.termolog.fi)

VTT-sertifioitua lämpökuvauspalvelua



FLIR b-Series

## FLIR b60

FLIR b60 a lightweight, professional Infrared camera with a high quality visual digital camera of 2.3 mpixels. New FLIR MeterLink™ technology, wireless Bluetooth connection with Extech Instruments, Copy to USB and voice annotation functionality make the FLIR b60 your favorite tool. The unique FLIR LED lights make it possible to work effectively even in dark environments. Features like Insulation alarm and Dew point alarm are perfect in a building site. Scalable fusion Picture in Picture functionality, in IR picture laser marker combined with easy to use menu system in the camera helps produce and save radiometric jpeg images in a professional way. FLIR QuickReport™ software makes it possible to analyze IR and visual pictures captured in field back in the office.

 IR resolution 180 x 180 pixels

 Digital camera 1536 x 1536 pixels

 Lightweight 600 g

 MeterLink™

 Copy to USB

 Laser marker in IR image

 Fusion (scalable Picture in Picture)

 5 hours battery

 LED lights

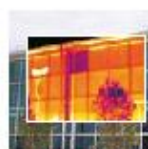
 21 languages

 Dew point & Insulation alarm

 NETD 70 mK

### FLIR b60 Features

- **Digital Camera** – 2.3 Megapixels with built-in LED lights provides sharp images regardless of lighting conditions
- **Picture in Picture (PIP)** – Displays resizable IR image super-imposed over a digital image
- **Wide Temperature Range** – Measures from -20 °C to +120 °C targeting building applications
- **MeterLink™** – Wirelessly transmit data from clamp or moisture meter to your infrared camera
- **± 2% Accuracy** – Reliable temperature measurement
- **Insulation alarm** – Shows the insulation performance of the building structure
- **Dew point alarm** – Alerts you to the areas where there is a risk of condensation
- **Annotations** – Record voice comments via Bluetooth wireless headset
- **Laser Pointer with marker in IR image** – Accurate positioning with marker in the IR image
- **Micro SD Card** – Stores more than 2000 radiometric JPEG images
- **Copy to USB** – Upload images and measurement findings to USB stick



180 x 180 pixel resolution



Fusion (Scalable PIP)



Copy to USB



MeterLink™

MeterLink  
Bluetooth™

#### What is MeterLink™?

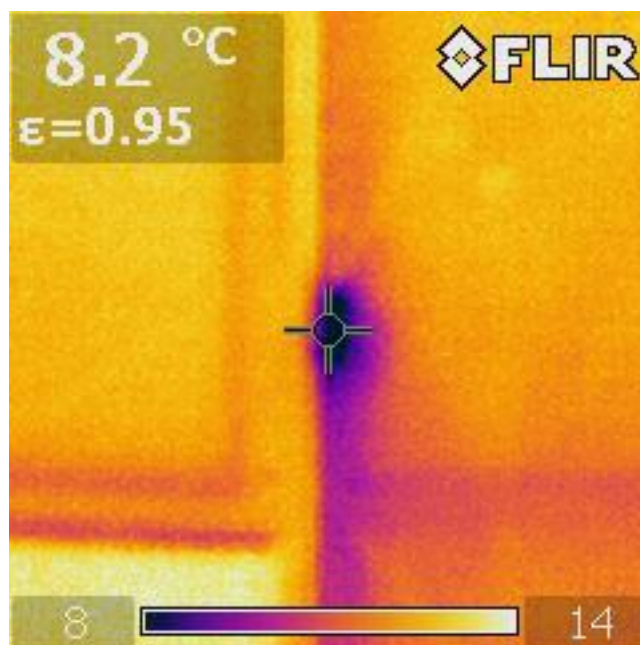
MeterLink displays and documents readings from your Extech moisture- or clamp meter directly on your infrared image using Bluetooth wireless connection.\*

MeterLink, a FLIR industry-first technology, will greatly improve your diagnostics, save time annotating readings, eliminate data errors, and add more customer value to your reports.

\*Only on selected Extech models



## Lämpökuvat Lauttasaaren Metallin työmaalta ja korjausehdotukset.



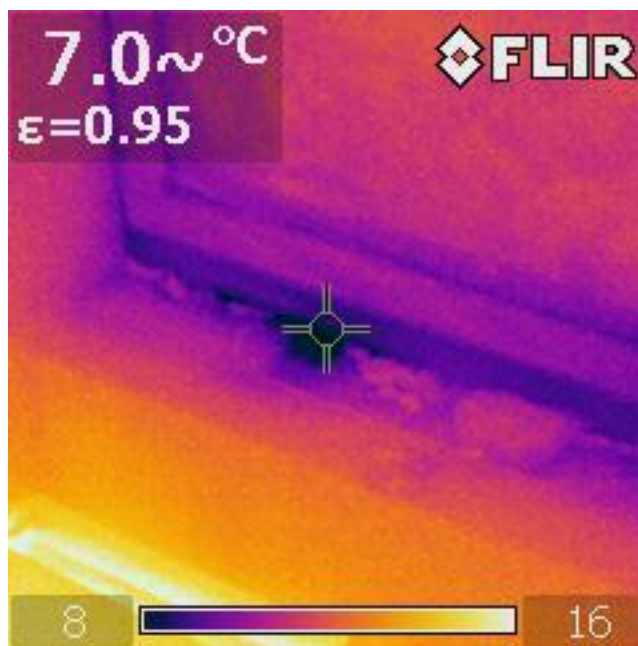
Kuva 14. Asunto A1.

Kuvauspäivä 1.

Parvekkeen yksilehtisestä ovesta puuttuu lukitus ja heloitus. Lämpötilaindeksi on 62.

Korjaustoimenpide:

Oven kahvan ja helojen asennus.



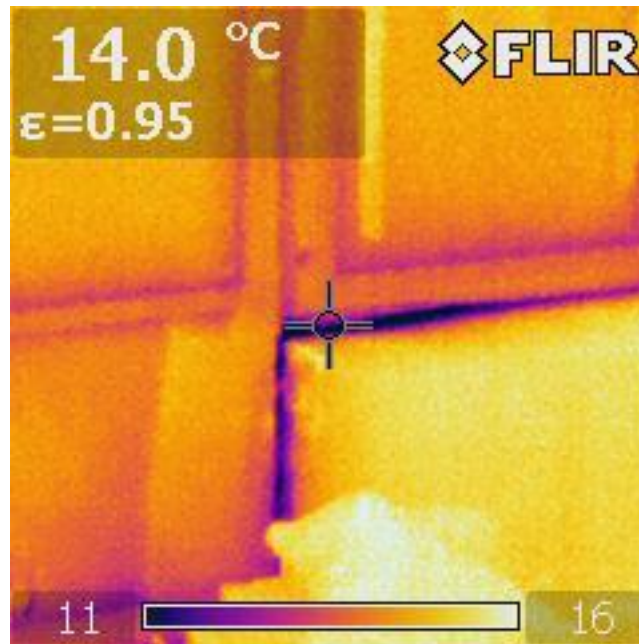
Kuva 15. Asunto A2.

Kuvauspäivä 1.

Ranskalaisen parvekeoven kynnyksen alla eristys vajaa ja sokkeli ulkoa eristämättä. Lämpötilaindeksi on 56.

Korjaustoimenpide:

Kolon täyttö uretaanivaahdolla ja kittaus elastisella saumamassalla. Sokkelin patolevyn ja lämmöneristyksen asennus.



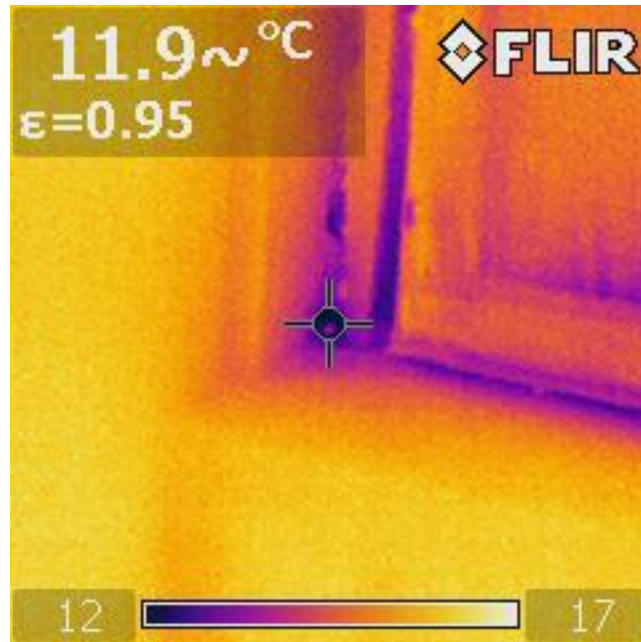
Kuva 16. Asunto A3.

Kuvauspäivä 1.

Ikkunan ja parvekkeen oven nurkassa kylmempi kohta. Lämpötilaindeksi on 72.

Korjaustoimenpide:

Ei toimenpiteitä, koska lämpötilaindeksi on yli 70. Ikkunanpenkki ja kittaukset puuttuivat vielä.



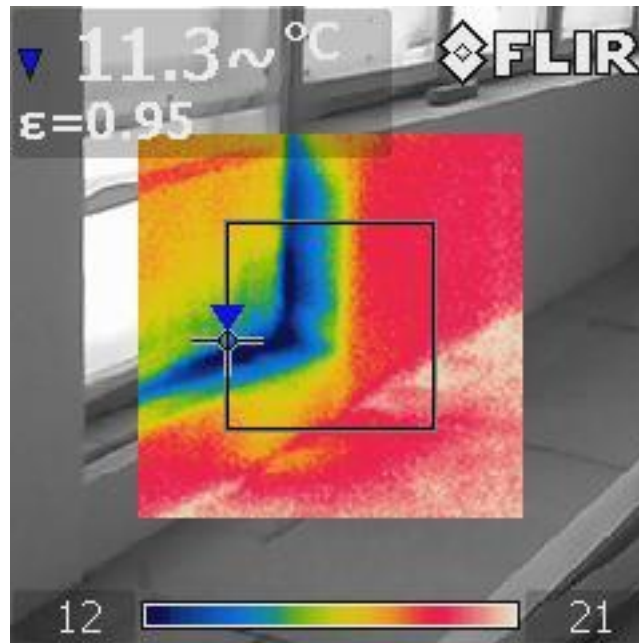
Kuva 17. Asunto A6.

Kuvauspäivä 1.

Ikkunan apukarmin alanurkasta puuttuu elastinen kittaus. Lämpötilaindeksi on 74.

Korjaustoimenpide:

Ei korjaustoimenpiteitä. Hyvän rakennustavan mukaan tämä kitataan elastisella saumamassalla, jotta saavutetaan riittävän alhainen desibelitaso.

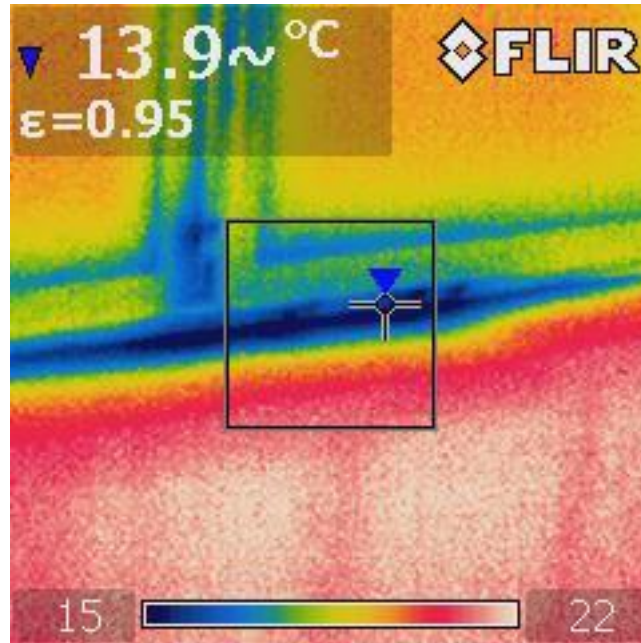


Kuva 18. Asunto A15.

Kuvauspäivä 1.

Parvekkeen oven nurkassa kylmä, koska ovi on jäänyt hieman raolleen asennusvaiheessa. Lämpötilaindeksi on 60.

Ei korjaustoimenpiteitä.



Kuva 19. Asunto A16.

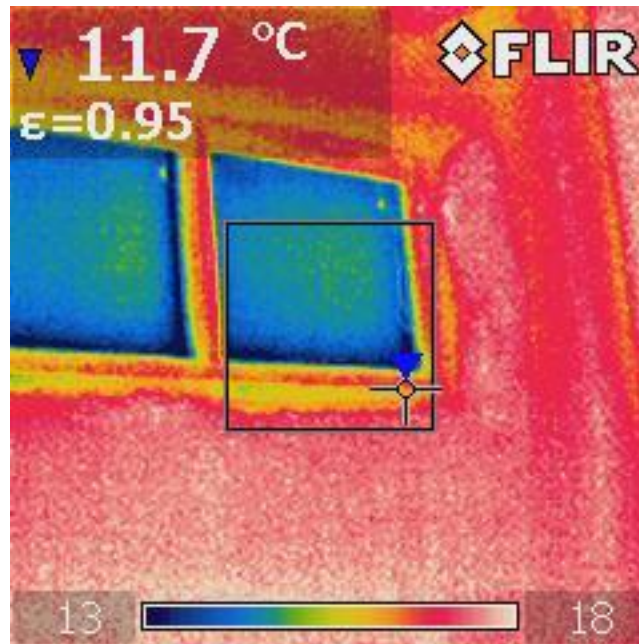
Kuvauspäivä 1.

Ikkunan alaosan apukarmin kohdalla viileämpi kohta. Tämä johtuu ulkopuolisen lämmöneristeen puuttumisesta. Lämpötilaindeksi on 66.

Korjaustoimenpide:

Apukarmin kolon vaahdotus uretaanilla täyteen ennen ikkunapellin asennusta.



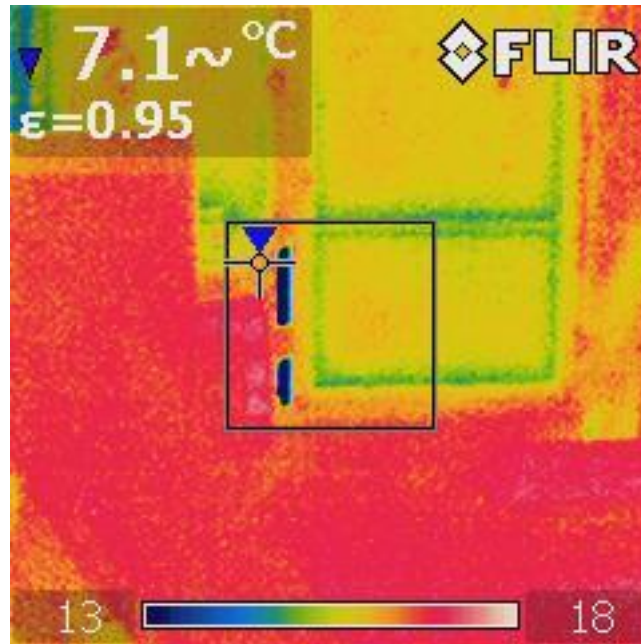


Kuva 20. Asunto A25.

Kuvauspäivä 2.

Kolmilasinen MEK-ikkuna. Kiinteä ikkuna on tiivistetty oikein, ja kylmin kohta on lasin alareunassa. Lämpötilaindeksi on 65.

Ei korjaustoimenpiteitä.



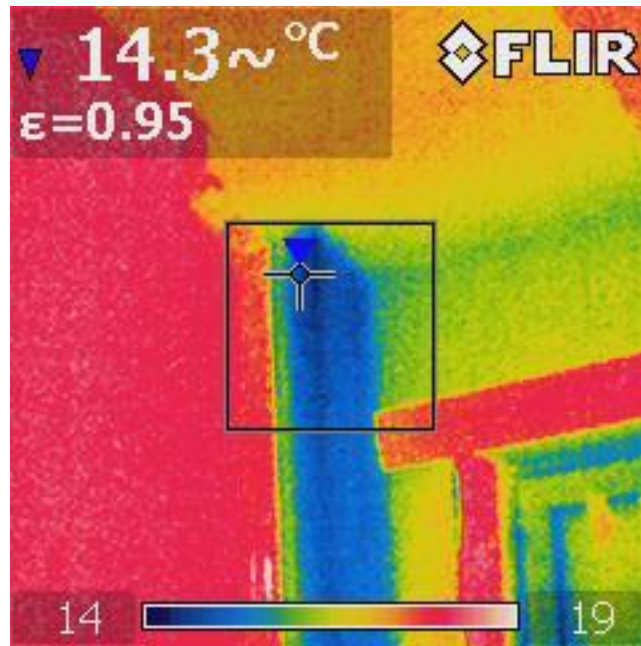
Kuva 21. Asunto A26.

Kuvauspäivä 2.

Parvekkeen oven asennus kesken. Lämpötilaindeksi on 40.

Korjaustoimenpide:

Uretaanivaahdotäyttö, tiivistysnauha ja elastinen kittaus. Tiivistysnauha painetaan märkään vaahtoon. Vaahdon kuivuttua tiivistetään elastisella saumamassalla ja täytetään ulkopuolelta uretaanivaahdolla.

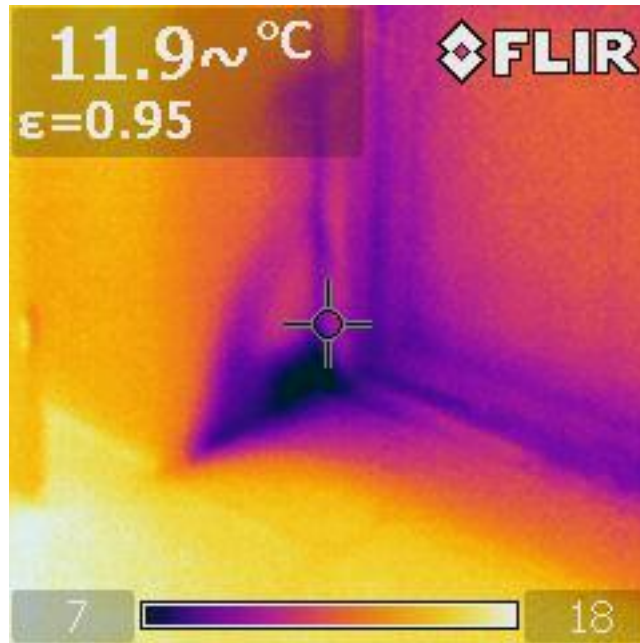


Kuva 22. Asunto A28.

Kuvauspäivä 2.

Pilari joka on oikaistu korjausmassalla. Märkä kohta näkyy kylmempänä kuvassa. Lämpötilaindeksi on 74.

Ei korjaustoimenpiteitä.



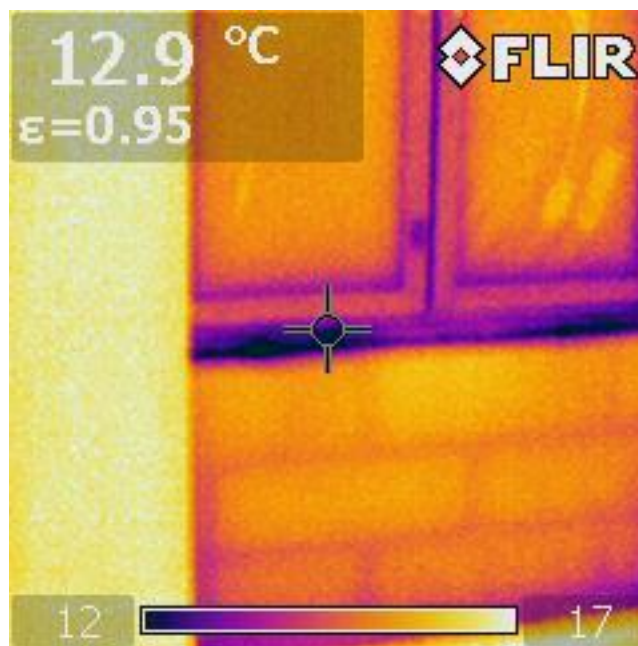
Kuva 23. Asunto B30.

Kuvauspäivä 1.

Parvekkeen pistorasian johto on viety ulos oven vierestä, mutta paikka on vaihtunut ja johdon reikä jäänyt täyttämättä. Lämpötilaindeksi on 39.

Korjaustoimenpide:

Puretaan osa levytystä ja eristystä. Täytetään reikä uretaanivaahdolla ja kitataan elastisella saumamassalla.

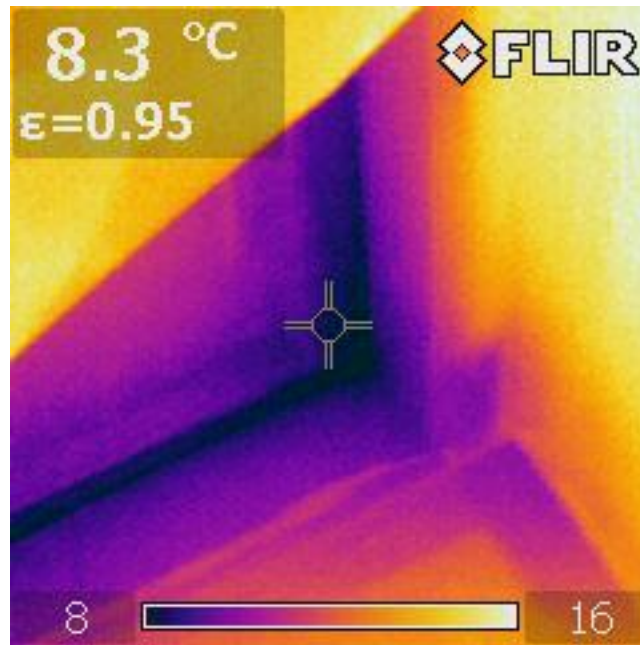


Kuva 24. Asunto B30.

Kuvauspäivä 1.

Lämpötilaero ikkunan apukarmin ja harkkomuurauksen välissä. Lämpötilaindeksi on 73.

Ei korjaustoimenpiteitä.



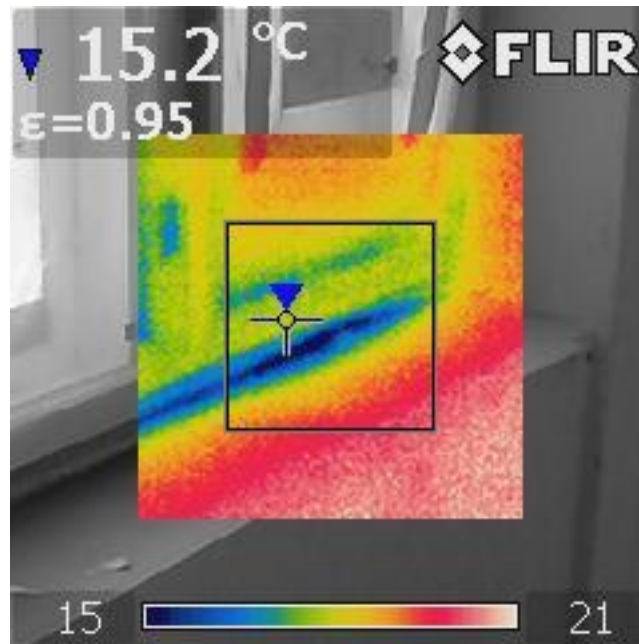
Kuva 25. Asunto B46.

Kuvauspäivä 1.

Lämpövuoto parvekkeen ovesta. Mahdollinen tiivistevika, koska ovi ei ollut raollaan.  
Lämpötilaindeksi on 55.

Korjaustoimenpide:

Tiivisteiden vaihto, oven suoruuden tarkistaminen ja mahdollinen tiiviysmittaus.



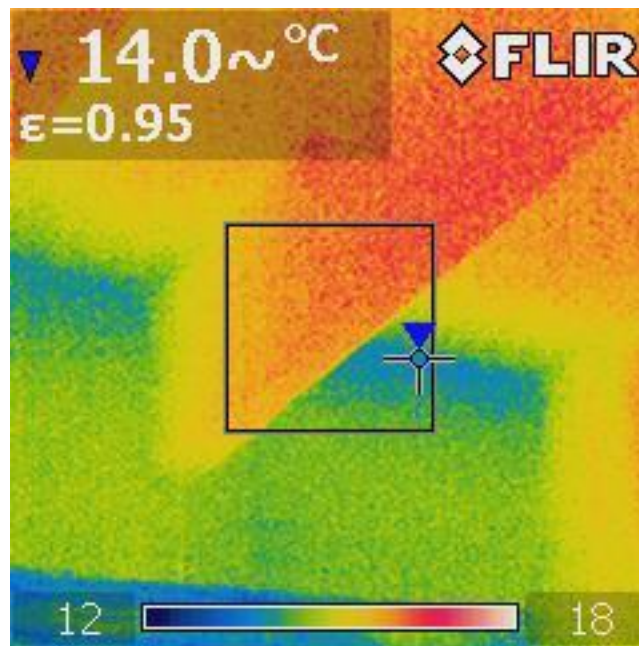
Kuva 26. Asunto B46.

Kuvauspäivä 1.

Apukarmirakenne on ohuempi kuin ikkuna ja ulkoseinä. Tästä syystä lämpötilaerot näkyvät hyvin selvästi ennen ikkunanpenkkien asennusta. Lämpötilaindeksi on 73,9.

Korjaustoimenpiteet:

Normaalit ikkunanpenkkien asennukset ja ulkopuoliset eristykset.



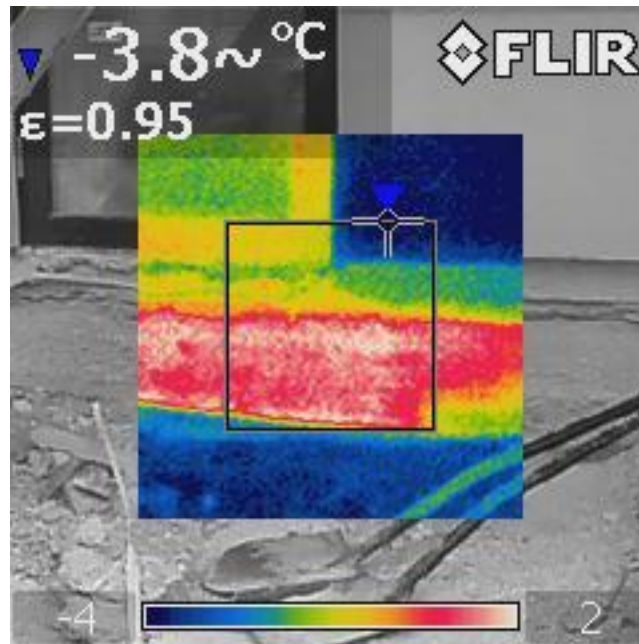
Kuva 27. Asunto B54.

Kuvauspäivä 2.

Räystään ulkopuolinen lämmöneristyskerros on ohuempi kuin muualla ulkoseinässä. Tämä aiheuttaa kylmäsillan katonrajassa. Lämpötilaindeksi on 80.

Ei korjaustoimenpiteitä.





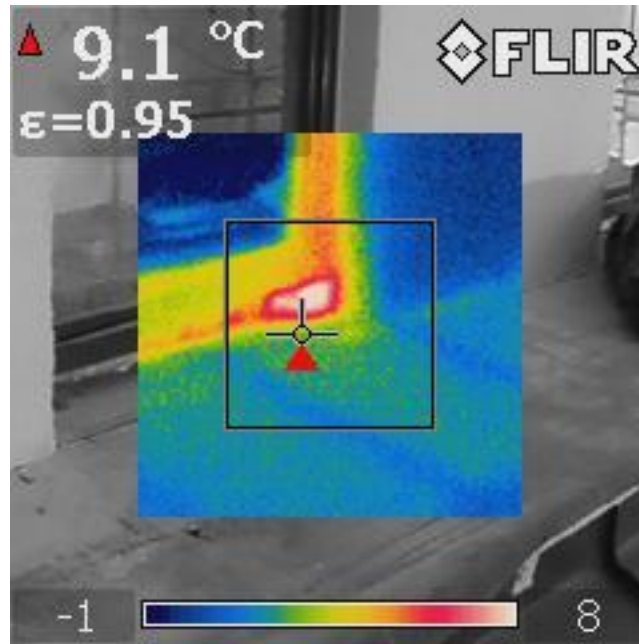
Kuva 28. Pohjoinen julkisivu.

Kuvauspäivä 2.

Lämpövuotoa sokkelissa.

Korjaustoimenpide:

Asennetaan patolevyt ja tiivistetään liittymät.



Kuva 29. Eteläinen julkisivu.

Kuvauspäivä 2.

Lämpövuotoa ylimmän kerroksen ikkunoissa.

Korjaustoimenpide:

Vaahdotetaan alasauma täyteen ureataania ja sen jälkeen se pellitetään.