



**TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennustekniikka**

**Tuotanto**

**INSINÖÖRITYÖ**

**LÄMPÖKAMERAN KÄYTTÖ RAKENTAMISESSA JA  
ONTELOLAATTOJEN KOSTEUSKARTOITUKSESSA**

**Työn tekijä: Janne Nieminen  
Työn ohjaaja: Tapani Järvenpää  
Työn ohjaaja: Risto Multala**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2009**

**Tapani Järvenpää**



## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lujatalo Oy:n Uudenmaan alueyksikölle. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita, erityisesti lämpökuvaaja Pentti Harmaista, joka tiedoillaan ja materiaaleillaan auttoi työn tekemisessä. Suuri kiitos kuuluu myös Lujatalo Oy:n työpäällikkö Risto Multalalle ja vastaavalle mestarille Anton Donnerille yhteistyöstä ja avusta työn tekemisessä. Haluan kiittää myös Metropolian puolen ohjaajaa laboratorioinsinööri Tapani Järvenpäättä hyvästä työn ohjauksesta. Viimeisenä, muttei vähäisimpänä kuuluu suuri kiitos myös perheelleni tuesta, jonka avulla sain työn tehtyä.

Vantaalla 24.4.2009

Janne Nieminen

## OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Janne Nieminen	
<b>Työn nimi:</b> Lämpökameran käyttö rakentamisessa ja ontelolaattojen kosteuskartoituksessa.	
<b>Päivämäärä:</b> 24.4.2009	<b>Sivumäärä:</b> 29 s. + 4 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennustekniikka	<b>Ammatillinen suuntautuminen:</b> Tuotantotekniikka
<b>Työn ohjaaja:</b> Tapani Järvenpää <b>Työn ohjaaja:</b> Risto Multala	
<p>Tämä työ tehtiin Lujatalo Oy:n Uudenmaan yksikölle. Työssä selvitettiin, kuinka tehdään ontelolaattojen kosteuskartoitus lämpökameralla ja kuinka kannattavaa ja kustannustehokasta se on. Työssä kerättiin myös tietoa rakennustyömaalla olevista lämpökameran käyttökohteista.</p> <p>Työ tehtiin perehtymällä ensin lämmönsiirtymistapoihin ja kuinka kosteus vaikuttaa lämmönsiirtymiseen. Tämän jälkeen perehdyttiin lämpökameran toimintaan ja sen käyttötarkeoituksiin ja listattiin niitä tähän työhön. Kun kaikki perusasiat olivat tiedossa, pyydettiin tarjous kosteuskartoituksesta ja urakoitsijan valinnan jälkeen alettiin yhdessä kuvaajan kanssa suunnitella ontelolaattojen kosteuskartoituksen ajankohtaa.</p> <p>Työssä on selvitetty, mitä kaikkea täytyy ottaa huomioon, että ontelolaattojen kosteuskartoitus saadaan tehtyä mahdollisimman pienillä virhearvioinneilla ja mahdollisimman helposti.</p> <p>Kosteuskartoitus suoritettiin onnistuneesti ja työn lopputuloksena syntyi taulukko kosteuskartoituksen tarkkuudesta ja kustannusvertailu rakentamisen aikana tapahtuvasta ontelolaattojen kosteuskartoituksesta verrattuna myöhemmin korjattaviin kosteuvaurioihin.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Lämpökuvaus, Kosteuskartoitus lämpökameralla, Ontelolaatat	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Janne Nieminen	
<b>Title:</b> Thermal Imaging Camera in Construction and Humidity Survey of Concrete Cavity Slabs	
<b>Date:</b> 24 April 2009	<b>Number of pages:</b> 29 pages + 4 appendices
<b>Department:</b> Civil Engineering	<b>Study Programme:</b> Construction and Site Management
<b>Supervisor:</b> Tapani Järvenpää, Laboratory Engineer	
<b>Instructor:</b> Risto Multala, Job Manager	
<p>This graduate study was done for the Uusimaa Unit of Lujatalo oy. The purpose of the study was to clarify how to conduct a humidity survey of concrete cavity slabs by using a thermal imaging camera. At the same time, assessment was made on how economical and cost-effective the humidity survey is. In this study, information was also collected on the use of thermal imaging camera on a construction site.</p> <p>The study was conducted by first familiarizing with how heat is transferred the effect of humidity on heat transfer. After that the function of the thermal imaging camera as well as its uses were analysed. With all the basic data collected, tenders were invited for a humidity survey. When the contractor had been selected, a joint deliberation was conducted on when to execute the humidity surveys on the concrete cavity slabs.</p> <p>This study clarifies which aspects must be taken into account, so that the humidity survey of concrete cavity slabs could be done with minimum error margin and as easily as possible.</p> <p>The humidity survey was conducted successfully. As a result of this study, a table was produced on the accuracy of the humidity survey and cost comparison was made between humidity surveys conducted on concrete cavity slabs during construction as opposed to later repairing damages caused by humidity on concrete cavity slabs.</p>	
<b>Keywords:</b> Warmth shooting, Humidity survey by thermal imaging camera, Cavity slabs	

## KÄSITTEITÄ

- Absorptio:** Absorptio tarkoittaa fysikaalista tai kemiallista ilmiötä, jossa atomit, molekyylit tai ionit imeytyvät nesteeseen, kaasuun tai kiinteään aineeseen. Esimerkiksi lämpösäteily imeytyy aineeseen.
- Emissiokerroin:** Emissiokerroin tarkoittaa sitä osuutta lämpösäteilystä, joka on peräisin kohteesta itsestään. Jos kerroin on 1, se tarkoittaa sitä, että kaikki kohteen infrapunälämpösäteily on peräisin kohteen omasta lämmöstä. Jos emissiokerroin on alle 1, osa lämpösäteilystä on lähtöisin viereisistä kohteista heijastumalla.
- Helium:** Helium on alkuaine, joka on väritön ja hajuton jalokaasu. Se on tunnetun maailmankaikkeuden toiseksi yleisin alkuaine vedyn jälkeen.
- Lämpöindeksi:** Lämpöindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpöteknistä toimivuutta. Vaipan pintalämpötiloja voidaan arvioida ja verrata toisiinsa lämpöindeksiä käyttämällä
- $$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100 \%$$
- TI = Lämpöindeksi T<sub>sp</sub> = sisäpinnanlämpötila  
T<sub>i</sub> = Sisäilman lämpötila T<sub>o</sub> = ulkoilman lämpötila
- Nestemäinen typpi:** Nestemäistä typpeä käytetään jäähdytykseen. Typpi muuttuu nestemäiseksi hyvin alhaisessa lämpötilassa (−196 °C). Kylmä nestemäinen typpi sitoo ympäristöstään lämpöä.

**RT:**

RT on lyhenne Rakennusteollisuus RT ry:n järjestöstä. Se on eräänlainen liittoyhteisö, johon kuuluu RT:n keskusliitto, talonrakennus-, tuoteteollisuus-, infra-, pinta- ja teknisen urakoinnin toimiala.

**Sähkömagneettinen säteily:**

Sähkömagneettinen säteily on sähkömagneettisen kentän aalloittamista. Sähkömagneettinen säteily jaotellaan aallonpituuden mukaan seuraaviin osa-alueisiin: radioaallot, mikroaallot, infrapunasäteily, valo, ultraviolettisäteily, röntgensäteily ja gammasäteily.

# SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## KÄSITTEITÄ

<b>1. JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1 Työn tilaaja	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tavoitteet	1
1.3 Aiheen valinta ja sen rajaus	1
<b>2. LÄMPÖFYSIKKA</b>	<b>2</b>
2.1 Lämmön siirtyminen	2
2.1.1 Konvektio	2
2.1.2 Lämpösäteily	2
2.1.3 Lämmön johtuminen	4
<b>3. LÄMPÖKUVAUS</b>	<b>4</b>
3.1 Lämpökameran historia	4
3.2 Lämpökameran toiminta	5
3.3 Oheislaitteisto	7
<b>4. LÄMPÖKAMERAN KÄYTTÖ RAKENNUSTYÖMAALLA</b>	<b>7</b>
4.1 Lämpövuotokuvaus	8
4.2 Rakenteiden kosteuden paikannus	9
4.3 Viemäritukospaikannus	10
4.4 Lattialämmityskaapeleiden paikannus	11
4.5 Sähköjohtojen paikannus	12
<b>5. RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMPÖVUOTOKUVAUS</b>	<b>12</b>
5.1 Alkuasetelma	12

5.2	Toteutustapa	14
5.3	Tulokset	15
5.4	Tulosten analysointi	18
6.	<b>BETONIELEMENTTIONTELOLAATTOJEN KOSTEUSKARTOITUS</b>	19
6.1	Alkuasetelma	19
6.2	Toteutustapa	22
6.3	Tulokset	25
7.	<b>YHTEENVETO ONTELOLAATTOJEN KOSTEUSKARTOITUKSEN KANNATTAVUUDESTA</b>	27
7.1	Johtopäätökset	27
7.2	Jatkosuunnitelmat	28
8.	<b>VIITELUETTELO</b>	29
9.	<b>LIITTEET</b>	



## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Työn tilaaja**

Työ tehdään Lujatalo Oy:lle. Lujatalo Oy kuuluu suurempaan konsernikokonaisuuteen eli Luja-yhtiöihin. Lujatalo on kolmannen sukupolven perheyrittäjä ja se on toiminut alalla jo yli 55 vuotta ja on yksi Suomen suurimmista rakennusalan konserneista. Lujatalon liikevaihto on noin 429 M€ ja työntekijöitä on yli 2 100. Lujatalo on sekä asuntorakentaja että toimitilarakentaja ja sen erikoisala on peruskorjaus /13/. Tämä työ tehtiin Uudenmaan asuntotuotanto -yksikölle Espooseen. Työhön liittyvät lämpökuvaukset suoritettiin Lujatalo Oy:n rakentamassa kohteessa Espoossa.

### **1.2 Tavoitteet**

Työn tavoitteena on saada yksiin kansiin tietoa uudisrakennustyömaalla yleisimmin käytetyistä lämpökuvaukskohteista ja -menetelmistä, sekä antaa lukijalle tietoa lämpökameralla tehtävistä kosteuskartoituksista. Työn tavoitteena on myös saada aikaan kustannusvertailu betonielementtioneulolaattojen kosteuskartoituksesta ja korjaustoimenpiteistä rakennusvaiheessa, verrattuna vuosi/takuukorjaustöissä ilmenneisiin kosteusongelmiin ja niiden korjaukseen.

### **1.3 Aiheen valinta ja sen rajaus**

Aihe valittiin, koska lämpökuvauksella voi kartoittaa myös paljon muita asioita kuin pelkästään lämpövuotoja ja ne on hyvä tuoda ihmisten tietoon. Aihetta on rajattu ja tarkennettu erityisesti betonielementtioneulolaattojen kosteuskartoitukseen, koska onteloihin jäänyt vesi on monesti aiheuttanut paljon kalliita korjaustöitä jo valmiissa rakennuksessa ja tämän ongelman selvittäminen ja korjaaminen jo rakennusaikana toisi luultavasti paljon säästöjä.

## 2 LÄMPÖFYSIKKA

### 2.1 Lämmön siirtyminen

Lämmön siirtyminen johtuu siitä, että eri aineiden ja pintojen lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Lämmön siirtymistapoja ovat konvektio, johtuminen ja säteily./4./

#### 2.1.1 Konvektio

Lämmön konvektio tarkoittaa kuljetusta eli lämmön siirtymistä jonkin liikkuvan aineen mukana /4./ Esimerkiksi, jos rakennuksen rakenteiden liitokset eivät ole tiiviitä, niin lämpöä siirtyy ilmavirran mukana rakenteen läpi, mikä taas näkyy lämpökamerassa lämpövuotona. Myös lämpökameralla havaittavat kosteudet näkyvät konvektion vuoksi, sillä kosteuden voi havaita kameralla vain jos materiaalin pinnasta haihtuu kosteutta. Tämä tarkoittaa sitä, että silloin kosteuden mukana kulkee myös lämpöä tai monessa tapauksessa ”kylmää”./5./

#### 2.1.2 Lämpösäteily

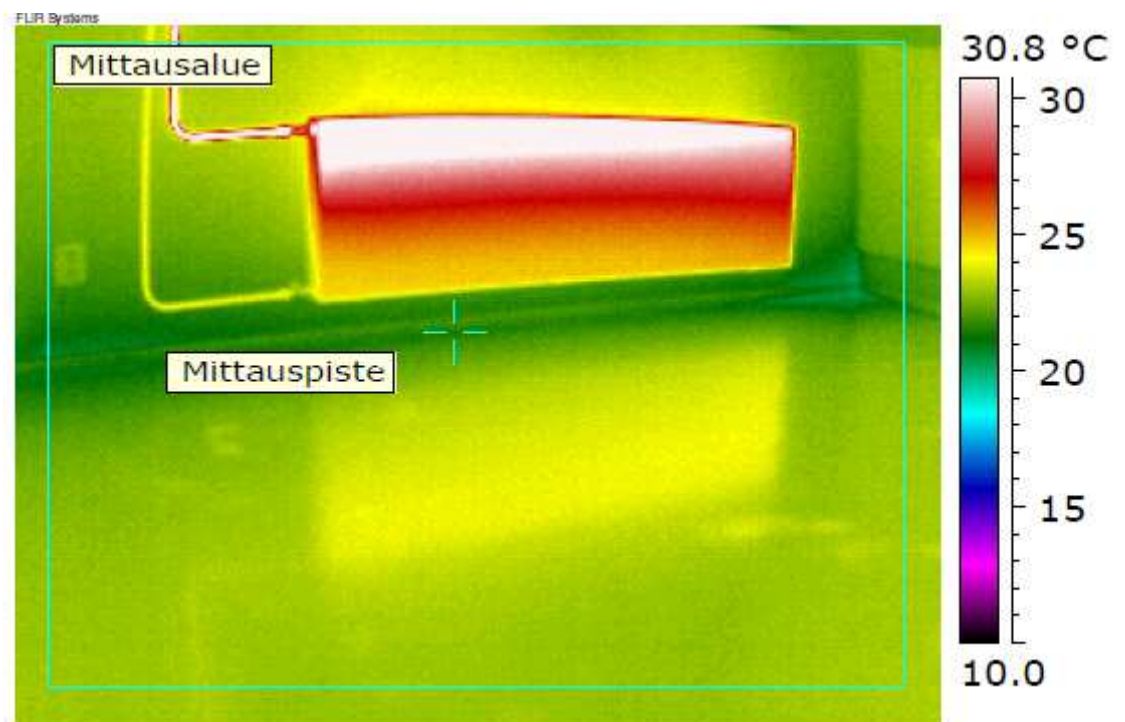
Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä. Lämpösäteily ei tarvitse mitään väliainetta toisin kuin konvektio, joka tarvitsee esimerkiksi vesihöyryä, tai johtuminen, joka tarvitsee esimerkiksi kahden kiinteän aineen kosketuksen toisiinsa ollakseen mahdollista.

Jokainen pinta lähettää lämpösäteilyä. Kaikilla materiaaleilla on oma emissiokerroin välillä 0-1, joka ilmoittaa kuinka hyvin materiaali säteilee lämpöä. Mitä lähempänä emissiokerroin on nollaa, sitä huonommin pinta säteilee lämpöä. Tämä taas tarkoittaa myös sitä, että materiaalin pinta on hyvä peili ja se heijastaa kaiken

ympäristöstä tulevan lämpösäteilyn takaisin ympäristöön eikä absorboi sitä juurikaan.

Lähellä ykköstä olevan emissiokertoimen omaavan materiaalin pinta taas absorboi lähes kaiken ympäristöstä tulevan lämpösäteilyn ja on siksi myös hyvä lämpösäteilijä /4/.

Tällaisten materiaalien ominaisuuksien vuoksi lämpökuvauksessa on otettava tarkoin huomioon, mitkä materiaalit oikeasti säteilevät lämpöä ja mitkä taas heijastavat vain ympäristön säteilyä, ettei suurempia tulkintavirheitä pääsisi tapahtumaan. Suurimmaksi osaksi rakennusmateriaalien emissiokerroin on välillä 0,85 -0,95, mikä helpottaa mittauksia ja tulkintoja.



Kuva 1: Esimerkkikuva vesikiertoisen lämpöpatterin lämmön luovuttamisesta ja kuinka lämpösäteily heijastuu lattiasta./11/

### 2.1.3 Lämmön johtuminen

Lämmön johtuminen tapahtuu siten, että lämpöenergiaa siirtyy eteenpäin aineen rakenneosien välisissä törmäyksissä /4/. Eli aineen atomit törmäilevät toisiinsa. Esimerkiksi, jos lämpökameralla havaitaan lattialämmityskaapeli, niin silloin siinä on tapahtunut ensin lämmön johtuminen kaapelista ympäröivään materiaaliin ja siitä taas ympäröivä materiaali säteilee lämpöä ilmaan, jolloin kameralla havaitaan kaapelin sijainti.

## 3 LÄMPÖKUVAUS

### 3.1 Lämpökameran historia

Lämpökameran historia alkaa noin vuodesta 1958, jolloin AGA Infrared AB, nykyisin FLIR Systems, aloitti lämpökameroiden sarjavalmistuksen. Suomessa rakennusten lämpökuvauksia on alettu tehdä 1970-luvun lopulla. Lääketieteessä lämpökuvauksia on taas käytetty jo 1950-luvulta alkaen. Sotateknologian käytössä kamerat ovat olleet pidempään.

Aluksi kamerat ovat olleet todella suurikokoisia, skanneritekniikkaa käyttäviä. Kameran ilmaisin piti siihen aikaan jäädyttää nestemäisellä typellä, jopa -200 °C:een. 1990-luvulla kehitettiin kameroihin heliumkiertojäädyttimiä, jolloin tarve lisätä jäädytinnestettä loppui.

1995 alettiin valmistaa matriisi-ilmaisimilla varustettuja lämpökameroita, joissa jokaisella kuvapisteellä on oma ilmaisin. Ilmaisimen materiaalit ovat samantyyppisiä kuin sähkövastuksissa. Pääosa matriisikameroiden ilmaisimista on jäädyttämättömiä, mikä vuoksi niiden stabiilisuus eli kyky tasapainottua on parempi.

Aivan uusin ilmaisintyyppi erottaa jopa  $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een lämpötilaerot. Se on nimeltään kvanttikaivodetektor.



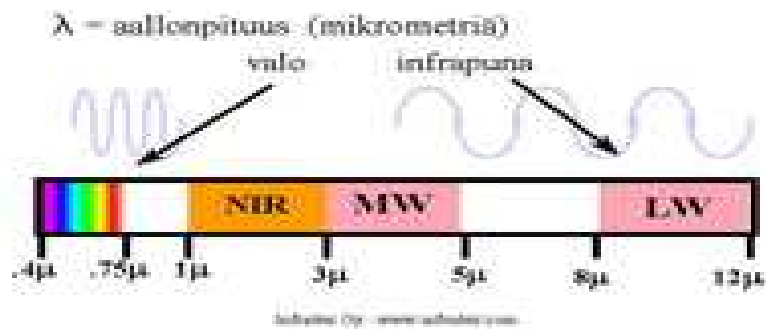
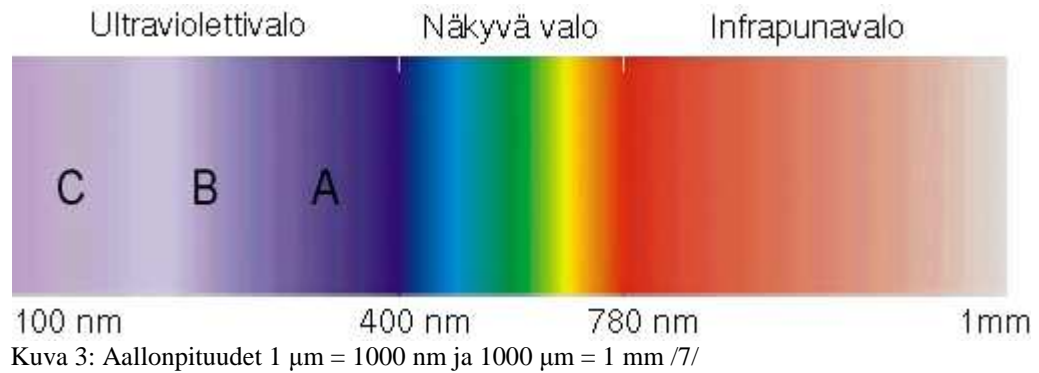
Kuva 2: Lämpökamera ThermaCAM PM695./2/

### 3.2 Lämpökameran toiminta

Jokainen kappale maailmassa, jonka lämpötila on absoluuttisen nolapisteen yläpuolella, yli  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lähettää lämpösäteilyä. Sellaisen kappaleen emissiokerroin on yli 0. Lämpökamera toimii siten, että se vastaanottaa materiaalin lähettämää lämpö- eli infrapunasäteilyä, ja muuttaa sen kuvaksi lämpötilajakauman mukaan./1./

Lämpökameroita on olemassa kahdenlaista tyyppiä: mittaavia ja ei-mittaavia. Rakennustyömaalla lämpökuvauksiin käytettävien kameroiden tulisi olla tasapainotettuja ja tekniikaltaan mittaavia ja kuvaa tuottavia. Kamerassa, jolla kuvataan esimerkiksi RT:n mukaisia kuvauksia, tulisi olla myös kuvientallennus- ja jälkikäsittelymahdollisuus. Mittaavat lämpökamerat toimivat lyhyt- tai pitkäaalloisella infrapunakaistalla, aallonpituus lyhytaaltoalueella on välillä  $3\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$  ( $1\text{ }\mu\text{m} = 1000\text{ nm}$ ) ja pitkäaaltoalueella välillä  $8\text{--}12\text{ }\mu\text{m}$ . Esimerkiksi näkyvän valon aallonpituus on välillä  $0,35\text{--}0,70\text{ }\mu\text{m}$ ./5./ Ei-mittaavat kamerat ovat yleensä valvontakameroita ja viranomaisten käyttämiä etsintä-

kameroita /2/. Rakennuksia kuvattaessa tulisi käyttää kameroita, jotka toimivat pitkäaallo alueella, sillä niillä on mahdollista muodostaa kuva myös alhaisissa lämpötiloissa, esimerkiksi talvisäissä /5/.



Kuva 4: Aallonpituus, NIR = lähi-infrapuna ja MW/LW = lämpösäteilyä /8/

Lämpökamera on määräjain kalibroitava valmistajalla ja tästä toimenpiteestä on tarvittaessa esitettävä todistus. Kuvaajan on myös päivittäin tarkastettava kamerasmitta- tarkkuus materiaalista, jonka pinnan emissiivisyys voidaan määrittää  $\pm 0,05$  tarkkuudella ja jonka lämpötila on tarkkaan tiedossa./3./

Lämpökameran kuvauskulma tulisi aina olla alle  $30^\circ$  kuvattavaan pintaan nähden, sillä jos mittaus suoritetaan yli  $45^\circ$  kulmassa, voi mittausvirhe olla jopa kaksinkertainen alle  $30^\circ$  kuvauskulmasta suoritettuun mittaukseen nähden /5/.

### 3.3 Oheislaitteisto

Yleisesti lämpökameran oheislaitteistoon kuuluu elektroninen ilman lämpötilan ja kosteuden mittari. Virallisia mittauksia tehtäessä mittarin on oltava kalibroitu ja SFS 5511 -standartin mukainen. Mittaus on suoritettava 1,1 m korkeudelta lattiasta tai maasta.

Ennen kuvausta on myös suoritettava paine-eromittaus rakennuksen vaipan ympärillä. Mittaus tulee suorittaa elektronisella paine-eromittarilla, jonka mittatarkkuus on minimissään 1 Pa./3./

Lämpökameroille on olemassa myös omia tietokoneohjelmistoja, joiden avulla lämpökuvia on helppo tulkita ja käsitellä. Joihinkin kameroihin on saatavilla myös videotalennusmahdollisuus ja joihinkin muistikortti.

## 4 LÄMPÖKAMERAN KÄYTTÖ RAKENNUSTYÖMAALLA

Lämpökameraa voi käyttää työmaalla laadunvalvontaan kuka tahansa, joka osaa tulkita kuvaustuloksia ja jolla on lämpökuvauksen ja rakennustekniikan tietotaito. Pätevyys lämpökuvauksiin voidaan osoittaa lämpökuvauksen perustutkintotodistuksella ja VTT:n myöntämällä sertifikaatilla. Viranomaismääräykset eivät vaadi lämpökuvaajalta pätevyyden osoitusta, mutta henkilö, jolla ei ole sertifikaattia, ei välttämättä osaa tulkita lämpökamerakuvia oikein, vaikka osaisikin kuvata./6./

#### 4.1 Lämpövuotokuvaus

Nykyisin lähes kaikki rakennusliikkeet ja rakennuttajat käyttävät lämpökuvausta rakennusten laadun mittarina, jolla selvitetään lämmöneristeiden toimivuus ja rakennuksen ilmanpitävyys. Rakennuksen lämpökuvauksesta on laadittu RT 14 -10850 -kortti ja Ratu 1213-S -kortti, joista löytyy kaikki tarvittava tieto mittausten valmisteluista, suorituksesta, tulkinnasta ja raportoinnista.

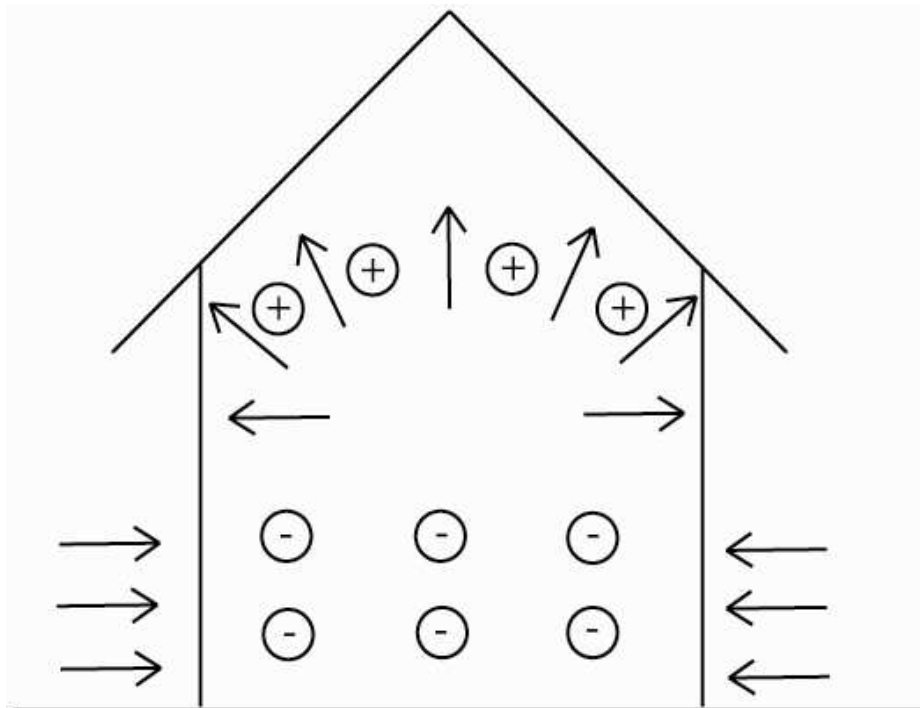
Rakennuksen lämpökuvaus suoritetaan yleensä rakennuksen sisäpuolelta. Kuvaus suoritetaan myös ulkopuolelta, jos se on tarpeen. Kuvaus on mahdollista suorittaa lisäksi myös lämmöneristekerroksen kylmältä puolelta, esimerkiksi ullakolta ja alapohjasta, jos tilat ovat sellaiset, että kuvaaminen on mahdollista. Rakennuksesta tai tilasta, jota kuvataan, tulee aina kuvata koko ulkovaippa. Sisältäpäin rakennusta tai huonetilaa kuvattaessa tulee ottaa huomioon siellä vallitseva ilmanpaine.

Kuvaus täytyisi aina suorittaa siten, että kuvattavassa tilassa on alipaine. Jos rakennuksessa on esimerkiksi painovoimainen ilmanvaihto, niin silloin rakennuksen yläosassa vallitsee yleensä ylipaine (kuva 5) ja sisältä kuvattaessa rakennuksen yläosassa olevat lämpövuodot jäävät havaitsematta. Tällöin rakennuksen yläosa tulee kuvata ulkoa päin. Ulkoa päin kuvattaessa on otettava huomioon muutama asia realististen mittaustulosten saamiseksi. Mittaustuloksiin voivat vaikuttaa edeltäneet sääolosuhteet, sekä mahdolliset ulkoverhouksen tuuletusraot, kuvauskulma ja kuvausmatka. Ulkopuolen kuvauksessa kuvausetäisyyden tulisi olla alle 10 metriä kun taas sisäpuolelta kuvattaessa 2-4 metriä. Kuvauksessa on aina noudatettava säännöllisyyttä, esimerkiksi siten, että kuvauskierros toteutetaan myötöpäivään sekä huoneistossa että koko rakennuksessa.

Lämpökuvauksesta tulee laatia raportti, joka on esimerkiksi Ratu 1213-S -ohjekortin mukainen.

Kaikista lämpötilaltaan poikkeavista pinnoista otetaan lämpökuvia, jotka esitellään mittausraportissa, johon tulee liittää myös valokuva samasta kohdasta, josta lämpökuva on otettu. Lämpökuvausraporttiin tulee liittää myös rakennuksen pohjakuva, johon kuvauspaikat on merkitty numerolla ja kuvaussuunnat nuolella./3./

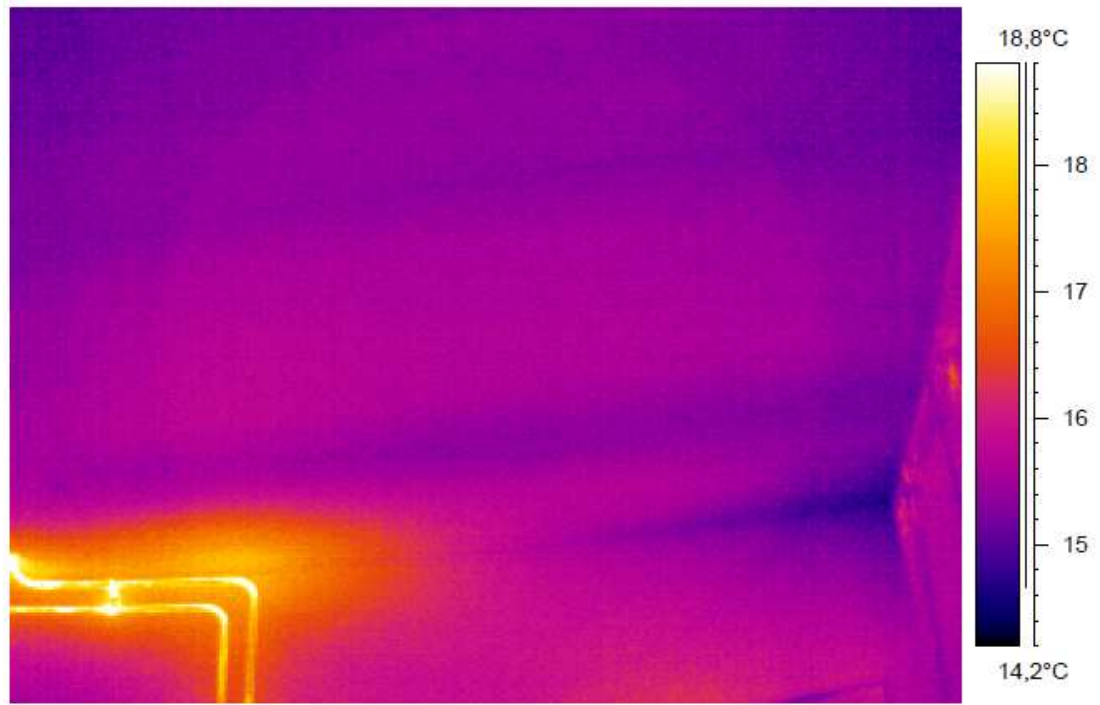




Kuva 5: painovoimaisen ilmanvaihdon aiheuttamat paine-erot, + on ylipaine ja - on alipaine./12/

## 4.2 Rakenteiden kosteuden paikannus

Rakenteiden kosteuden paikannus onnistuu lämpökameralla pinnan haihduttaman kosteuden ansiosta ja kostean kohdan hitaammista lämpötilan muutoksista. Kosteudet on tämän vuoksi helpoin havaita aiheuttamalla lämpötilamuutoksia. Esimerkiksi betonisten ontelolaattojen kosteuden paikannukselle ihanteellisin ajankohta on noin kahden vuorokauden päästä siitä, kun tilaa tai rakennetta on alettu hiljalleen lämmittää. Tällöin lämpötilaero on parhaimmillaan havaittavaksi. Kuivan ontelolaatan pinta on lämmentynyt tasaisesti sisälämpötilan kasvaessa, mutta niiden onteloiden kohdasta, joissa on vettä, ei laatta ole päässyt lämpenemään. Ontelossa oleva vesi tarvitsee paljon pidemmän ajan tasoittuakseen ympäröivän lämpötilan kanssa.



Kuva 6: Mahdolliset kosteat kohdat näkyvät kuvassa viileämpänä ennen lämpötilojen tasaantumista./11/

### 4.3 Viemäritukos paikannus

Lämpökameralla pystytään paikantamaan myös viemärien tukospaikat. Viemäriputket ovat muoviputkea tai maalattua rautaputkea, joiden emissiivisyys on sen verran suuri, että niitä on hyvä kuvata totuudenmukaisesti.

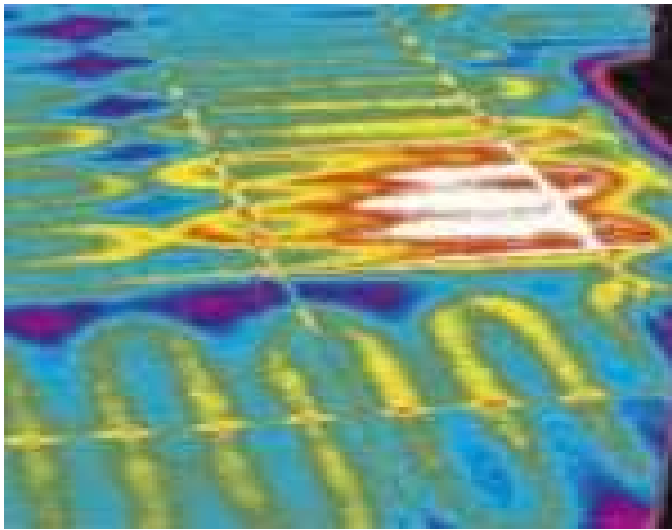
Tukos näkyy, koska putken sisään patoutuneen veden lämpötila on eri kuin putken sisällä tukoksen edellä olevan ilman lämpötila. Jos esimerkiksi viemäriputkisto vetää huonosti ja epäillään putkessa olevan ahtauma, niin lasketaan viemäriin kuumaa vettä ja kuvataan se sen jälkeen. Mahdollinen ahtaumakohta näkyy putkessa lämpimämpänä kuin putkessa oleva ilma.

#### 4.4 Lattialämmityskaapeleiden paikannus

Lattialämmityskaapeleiden tai putkien sijainnin paikannus onnistuu myös hyvin lämpökameralla. Kun lattialämmitys kytketään päälle, niin siitä hetken kuluttua kuvaamalla saadaan paikannettua kaapelin tai putken sijainti. Kun kaapeli/putki lämpenee, se luovuttaa lämpöä johtumalla lattiarakenteeseen, joka taas säteilee lämpöä ilmaan, jonka taas lämpökamera havaitsee.



Kuva 7: Lattialämmityskaapeli /10/



Kuva 8: Vesikiertoinen lattialämmitysputki vuotaa. /9/

#### **4.5 Sähköjohtojen paikannus**

Sähköjohtojen paikantaminen rakenteen sisästä onnistuu, koska sähköjohdossa kulkeva sähkövirta synnyttää lämpöenergiaa ja näin ollen sähköjohto säteilee lämpöä ympäristöön, jonka lämpökamera havaitsee.

### **5 RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMPÖVUOTOKUVAUS**

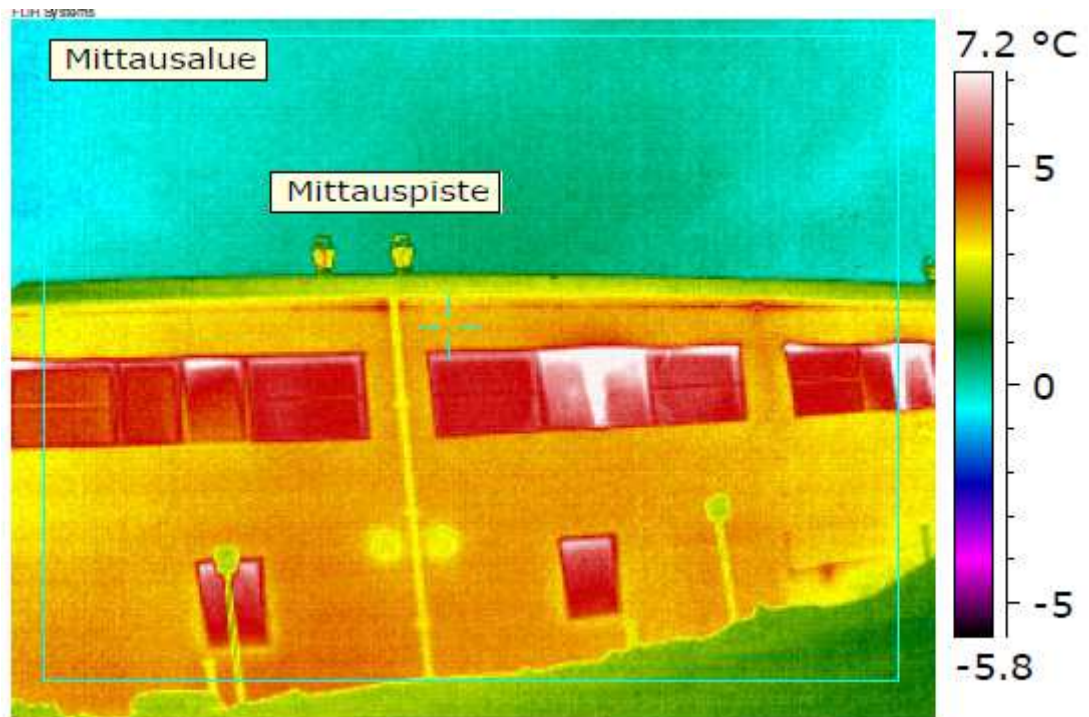
#### **5.1 Alkuasetelma**

Ennen kuin rakennus on valmis lämpökuvaukseen, täytyy ovet ja ikkunat olla asennettu ja tiivistetty. Ilmanvaihto täytyy myös olla toiminnassa ja rakennuksen täytyy olla periaatteessa muuttovalmis.

Kun rakennusta aletaan kuvata lämpökameralla, niin ennen kuvausten aloittamista tulee varmistaa seuraavat asiat:

- ulkoilman lämpötila ei saa poiketa enempää kuin  $\pm 10$  °C, 12 tunnin ajalla ennen kuvausten aloittamisajankohtaa.
- lämpötilaero rakennuksen ulkovaipan yli ei saa olla pienempi kuin  $3/U$ , 12 tunnin aikana ennen kuvausten aloitusta, eikä myöskään kuvausten aikana. U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin  $W/m^2K$ . Lämpötilaero ei saa myöskään olla alle 15 °C.
- jos rakennus tai jokin sen osa on ollut alttiina auringolle 12 tunnin aikana ennen kuvausten aloittamista, on se otettava tuloksissa huomioon ja merkittävä mittausraporttiin.
- rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto tulee olla normaalissa käyttötilassa vähintään yhden vuorokauden ajan ennen kuvausten suorittamista.
- ulkoilman lämpötila ei saa muuttua  $\pm 5$  °C, eikä sisäilman lämpötila  $\pm 2$  °C, kuvausten suorituksen aikana.
- rakennuksessa tulee olla kuvaushetkellä ulkoilmaan verrattuna alipaine välillä 0-15 Pa, kaikki muun suuruiset paine-erot vaativat lisäselvityksen.
- lämpökuvausta ei tule suorittaa jos lämpötila on poikkeuksellisen kylmä tai tuuliolosuhteet ovat kovaa luokkaa.
- rakennuksessa olevat irtokalusteet ja tavarat tulee siirtää vähintään metrin päähän seinästä.
- viemäreiden vesilukkoihin täytyy laittaa vettä, ettei niiden kautta pääse kulkemaan ilmaa.
- kuvauspäivänä ei tiloja saa tuulettaa ilman kuvaajan lupaa.
- ovet ja ikkunat täytyy olla kunnolla suljettuina.
- kuvaajalle on mahdollista varmistaa työrauha kuvattaviin tiloihin.

Ennen kuin kuvaaja aloittaa lämpökuvaukset, tulee hänen täyttää kenttätyölomake (LIITE 1), josta selviää kuvattavan kohteen tiedot ja kuvausolosuhteet. Kenttätyölomake tulee liittää kuvausraportin (LIITE 2) liitteeksi./6./



Kuva 9: Kuvassa näkyy rakennuksen katonrajan lämpövuodot ja ikkunan karmien lämpövuodot./11/

## 5.2 Toteutustapa

Tutkittavassa rakennuskohteessa on kaksi kolmekerrosista kerrostaloa. Talo A on yksiportainen, jossa on neljä asuntoa sekä toisessa, että kolmannessa kerroksessa. Maantasokerroksessa on yleiset saunatilat, yksi asunto, ulkoiluvälinevarasto, lämmönjakohuone sekä väestönsuoja. A- talon kerrosala on noin 846 m<sup>2</sup>.

Talo B on luhtitalo, jossa on yhdeksän asuntoa sekä toisessa, että kolmannessa kerroksessa. Maantasokerroksessa on viisi asuntoa, pesula, irtainvarastot, ulkoiluvälinevarasto sekä kerhohuone. B-talon kerrosala on noin 1146 m<sup>2</sup>.

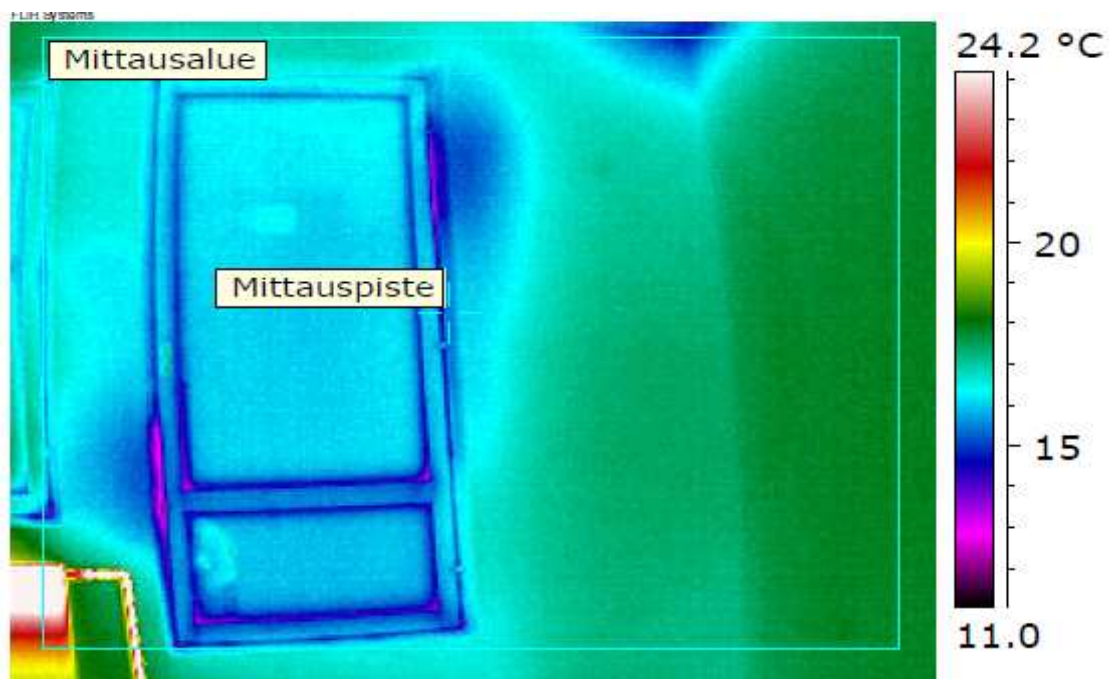
Kohteen lämpökuvaus sovittiin suoritettavaksi 18.3.2009 aamulla klo 6.30. Kuvaus päätettiin suorittaa aikaisin aamulla, ettei kukaan ehtisi mennä aukomaan asuntojen ovia tai ikkunoita, mikä taas voisi aiheuttaa virheellisiä tuloksia. Kuvausta edellisenä päivänä työpäivän päätyttyä kierrettiin jokainen asunto läpi ja varmistettiin, että patterit ovat päällä, ilmanvaihto on säädetty kakkosnopeudelle eli normaaliin käyttötilaan ja ovet ja ikkunat ovat kunnolla suljettuina.

Kohteen lämpökuvaukset toteutettiin järjestyksessä B-talo ensin ja sitten A-talo. Talot kierrettiin myötöpäivään ja ylhäältä alaspäin. Jokaisesta asunnosta mitattiin sisälämpötila, ulkolämpötila ja suhteellinen kosteus. Tulokset merkattiin muistiin. Rakennuksessa vallitsi kuvaushetkellä alipaine.

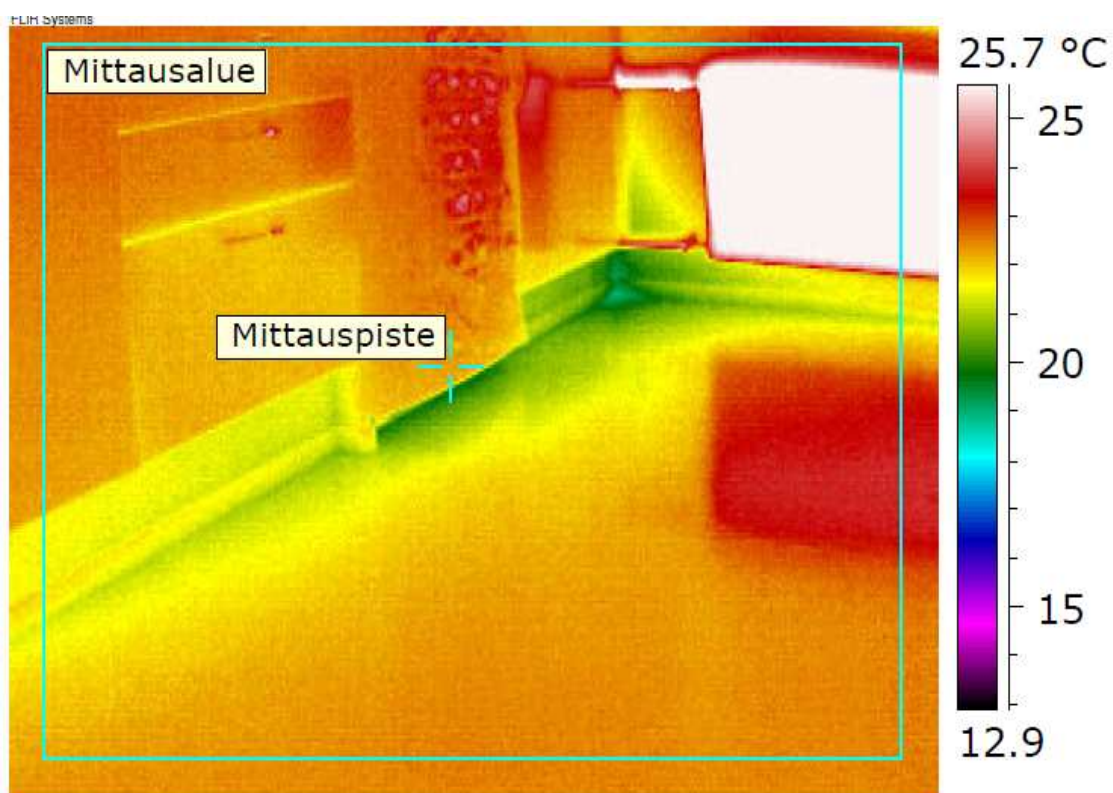
Ulkolämpötila kuvaushetkellä oli noin +0,5 °C, sisäilman lämpötila oli välillä +19,5 – +24,5 °C ja sisäilman suhteellinen kosteus noin 30 % - 37 %.

### 5.3 Tulokset

B-talossa oli yksi asunto, jossa havaittiin lämpövuoto ranskalaisen parvekkeen ovenkarmin vasemmassa ja oikeassa reunassa ja ulko-oven kynnyksen alla. Näiden kohtien lämpöindeksi oli 58, joka merkitsee korjattavaa. Jos minimilämpötila kohdan lämpöindeksi on alle 61, niin kohta kuuluu korjausluokkaan 1 ja on korjattava (kts. LIITE 3). Lisäksi A-talon porrashuoneessa, 2. kerroksen lepotason ikkunassa havaittiin lämpövuoto vasemmassa pystytiivisteessä. Lepotason ikkunan lämpöindeksi on 62 ja se kuuluu korjausluokkaan 2, joka tarkoittaa, että sen korjaus on erikseen harkittava ja jätettävä korjaamatta, jos sen korjaus ei ole mahdollista järkevin kustannuksin. Porrashuoneen yläosassa olevan savunpoistoluukkuikkunan karmit ja tiivisteet näyttivät myös vuotavan paljon lämpöä. Savunpoistoluukun pienin mitattu lämpöindeksi oli 38 eli kuuluu selvästi korjausluokkaan 1. Myös yläpohjaan menevän luukun etureuna näytti vuotavan, mutta sen syyksi selvisi se, ettei luukku ollut kunnolla kiinni.



Kuva 10: ranskalaisen parvekkeen oven karmi vuotaa lämpöä./11/

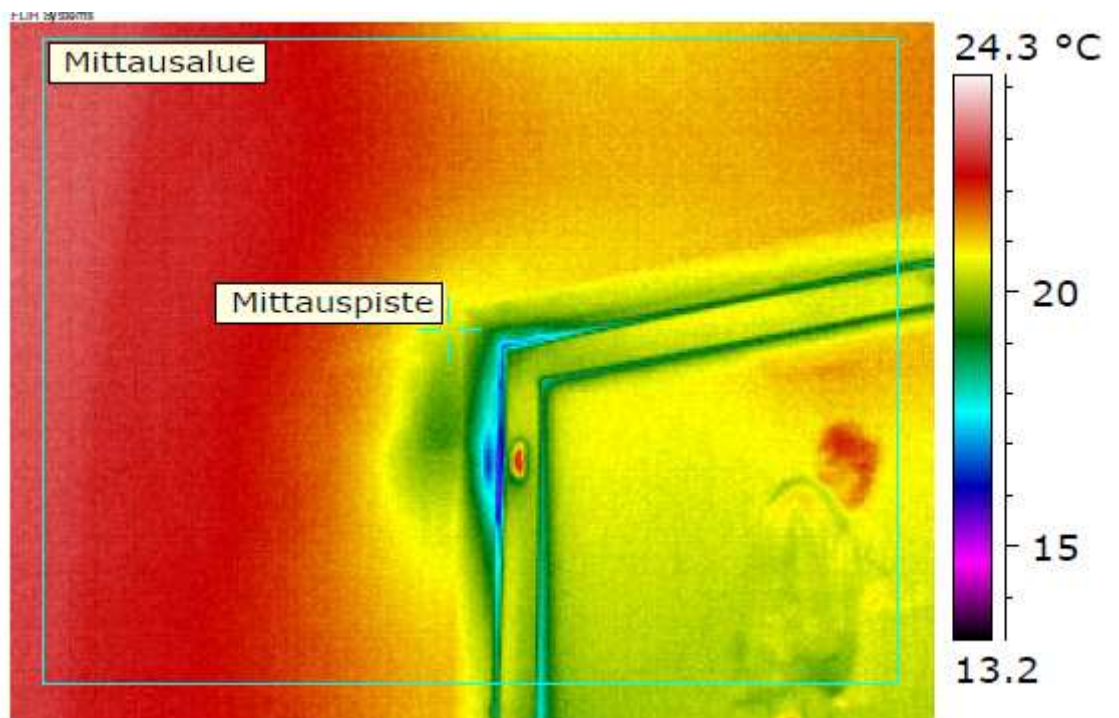


Kuva 11a: Kalusteen ja seinän nurkassa on lämpövuoto./11/





Kuva 11b: Valokuvamuodossa sama kuva kuin 11a./11/



Kuva 12a: Ikkunan tiivisteessä on vuoto. Kuvassa näkyy myös hyvin ihmisen lämpösäteilyn heijastuminen n. 3m etäisyydeltä./11/

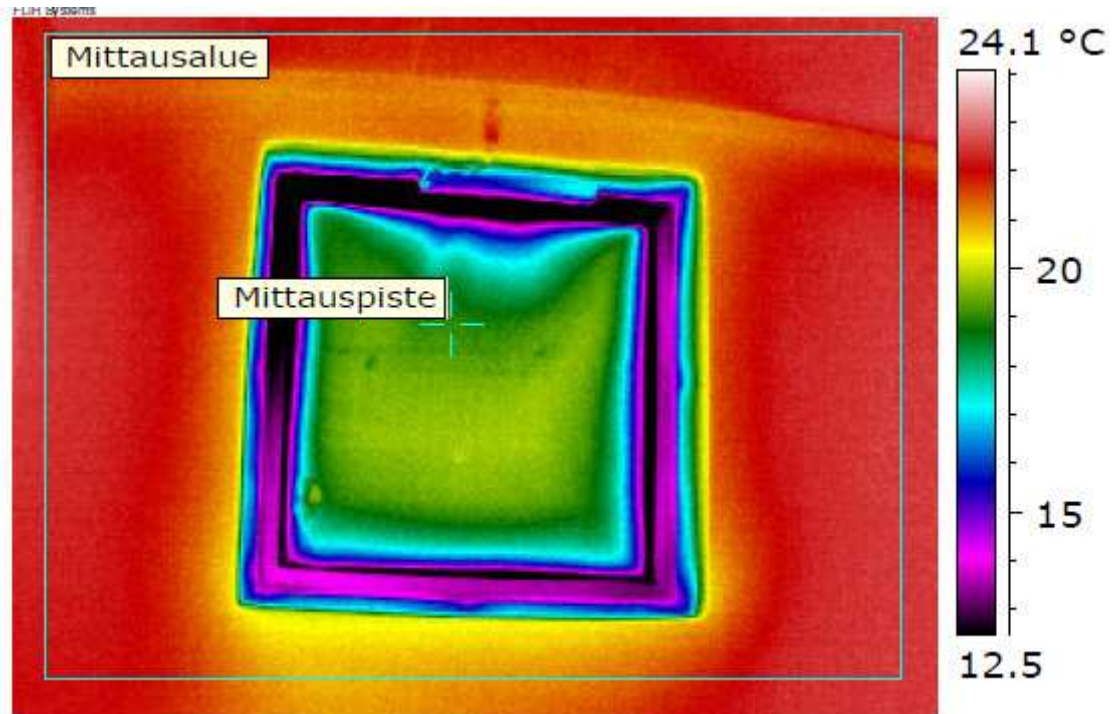


Kuva 12b: Valokuva samasta tilanteesta kuin kuva 12a./11/

#### 5.4 Tulosten analysointi

Tulokset olivat hyvät ja odotettavissa. Aina jonnekin sattuu jäämään joku pieni kolo, josta syntyy lämpövuoto, se on aivan normaalia ja siksi lämpökuvauksia tehdään, että nämä pienetkin virheet löytyisivät. B-talossa havaitut lämpövuodot korjataan irrottamalla listat ja lisäämällä eristystä kyseiselle alueelle. A-talon asunnossa lattian rajassa oleva lämpövuotokohta vaatii lisätutkimuksia ennen korjaamista, sillä tarkka lämpövuodon syy ei ole tiedossa. A-talon porrashuoneessa lepotason kohdalla sijaitsevaan ikkunaan tehdään tiivisteiden vaihto, jolla toivotaan vuodon häviävän. Savunpoistolukun lämpövuotoon ei voida oikeastaan tehdä mitään muuta, kuin yrittää laittaa ikkunan kiinnitetävän koneiston alle prikot, joiden vuoksi koneisto vetää ikkunan tiukemmin kiinni. Kokonaan lämpövuotoa tai paremminkin lämmön johtumista ei voida korjata, sillä ikkunan karmit ovat metalliset ja ainoastaan noin 100 mm paksut, jolloin lämmön johtuminen on suurta, vaikka karmien sisällä onkin villa. Ikkunan karmi on niin sanotus-

ti kylmä silta. Ikkuna sijaitsee porrashuoneen yläosassa, eikä näin ollen vaikuta asumisviihtyvyyteen.



Kuva 13: Savunpoistoluukun lämpövuoto/11/.

## 6 BETONIELEMENTTI ONTELOLAATTOJEN KOSTEUSKARTOITUS

### 6.1 Alkuasetelma

Rakennuskohteeseen on pyydetty tarjous betonielementtiontelolaattojen kosteuskartoituksista lämpökuvausmenetelmin. Tarjouspyyntöön päädyttiin, koska rakennusvaiheessa ontelolaattojen onteloihin päässyt vesi ei välttämättä tule aina ulos laatoissa olevista vesireistä, jotka on tehty jo tehtaalla valmiiksi. Yleensä vesireiät ovat liian pieniä ja tukkeutuvat helposti. Koska reiät sijaitsevat melko lähellä laattojen päitä, niin ne voivat monesti myös jäädä saumavalujen yhteydessä ontelon päässä olevan tulpan ohi valuvan betonin peittämiksi. Työmailla, joilla tämän työn tekijä on itse ollut, on yleensä porattu laattojen alapintaan lisää reikiä ontelovesien pois saamiseksi, mutta tämä on ollut kui-

tenkin tuuripeliä, sillä mahdollisia vesitaskukohtia ei ole paikannettu etukäteen millään lailla. Tämän vuoksi, yleensä aina onteloihin on jäänyt vettä ja se on tullut betonin läpi esiin vasta monien kuukausien tai jopa vuosien päästä. Nämä tilanteet aiheuttavat paljon kustannuksia, sillä rakennus on yleensä käytössä tässä vaiheessa ja esimerkiksi asukkaita on jouduttu majoittamaan hotelliin onteloiden kuivauksen ajaksi.

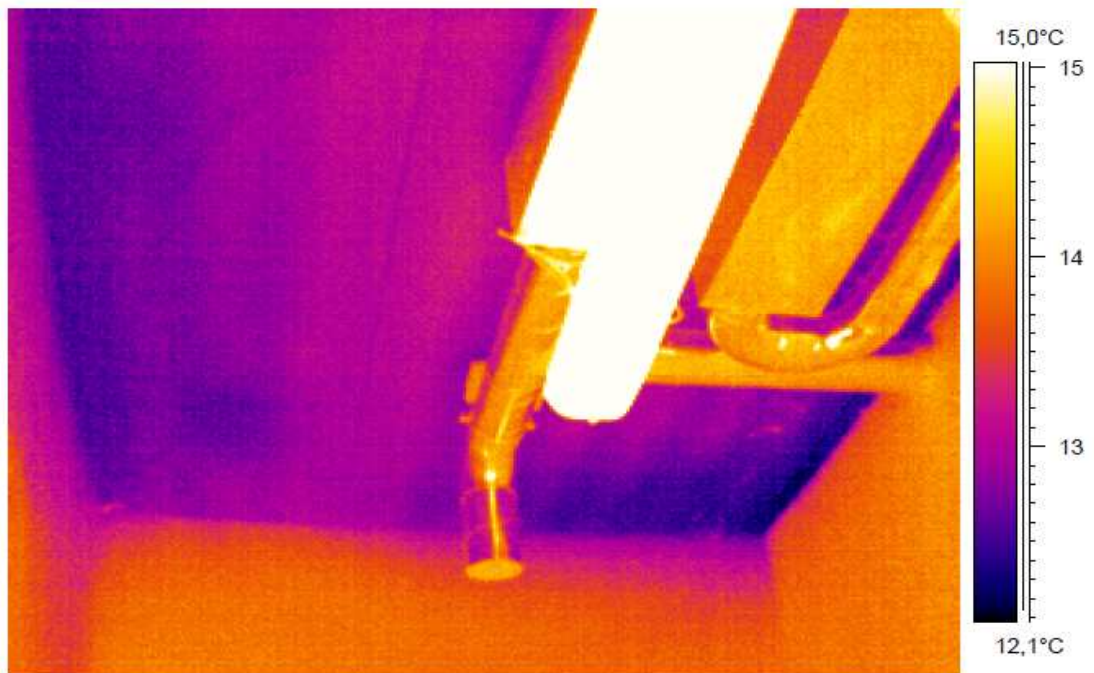
Lämpökuvaajan mukaan kosteuskartoituskuvaus tulisi suorittaa kahden vuorokauden kuluttua siitä, kun lämmöt on saatu laitettua rakennuksiin päälle. Päätettiin, että talon A ja talon B kuvaukset tullaan suorittamaan eri ajankohtina.

Rakennusaikaiseen laadunvalvontakuvauksiin ei ole olemassa mitään erityisiä määräyksiä ennen kuvausta huomioon otettavista asioista. Rakennuksen kosteuskartoituskuvausten suorittaminen on mahdollista kun runko on valmis, vesikatto on vedenpitävä, ulkovaipan ikkunat ja ovet ovat asennettuja ja rakennukseen on saatu lämpö päälle.

Rakennuskohteen A-talon lämmitys on hoidettava erillisillä 9 kW:n lämpöpuhaltimilla, sillä kaukolämpöverkon lämmönsiirrintä ei saada riittävän ajoissa asennettua paikalleen, mutta taloon on kuitenkin saatava lämmitys päälle rakenteiden kuivumisen vuoksi.

Molempien talojen rungot on pystytetty kesällä ja ne ovat olleet alttiina vesisateille. Monesti ontelolaattakenttien saumavalutkin sattuivat vesisadepäiville ja onteloihin pääsi menemään suuria määriä vettä. Todennäköisyys, että onteloista löytyy vesitaskuja, on suuri.

Maanantaiamuna 15.9.2008 sovittiin puhelimesta lämpökuvaajan kanssa, että laiteetaan lämmittimet päälle A-taloon 17.9.2008 aamulla ja, että kuvaukset tullaan suorittamaan 19.9.2008 aamulla. Kuvaus tullaan suorittamaan kahden vuorokauden kuluttua lämmityksen aloittamisesta siksi, että silloin betonisten ontelolaattojen pintalämpötila on ehtinyt tasaantua sisälämpötilan kanssa muilta osin, paitsi kohdista, joissa on kosteutta. Lämpötila tasaantuu kohdissa, joissa on kosteutta, muuta betonipintaa hitaammin ja näkyy lämpökamerakuvassa viileämpänä kohtana. (kuva 14).



Kuva 14: Tummissa kohdissa laatan lämpötila ei ole vielä tasaantunut mahdollisen kosteuden vuoksi./11/

Ennen rakennuksen lämmitystoimenpidettä varmistettiin puhaltimien riittävyys koko rakennuksen lämmittämiseen. Lämmittämiä pidettiin yksi viikonloppu päällä ja mitattiin keskimääräisiä lämpötiloja asunnoista aivan perinteisellä lämpömittarilla. Lämpötilojen havaittiin olevan kahden vuorokauden lämmittämisen jälkeen 15–21 °C, ulkolämpötilan ollessa noin +10 °C. Näiden tietojen perusteella lämpökuvaajan kanssa sovittiin mittausten suorittamisesta kaksi vuorokautta lämmityksen aloittamisen jälkeen.

B-talon kuvaukset sovittiin suoritettaviksi vasta sitten, kun on saatu patterit paikalleen ja lopullinen lämpö päälle. Koska kyseessä on luhtikäytävä talo, täytyisi jokainen asunto lämmittää erillisellä puhaltimella, joka on käytännössä liian hankala toteuttaa. B-taloon saatiin lämmitys päälle 14.10.2008 ja kuvausten suoritusajankohdaksi sovittiin perjantaiamu 17.10.2008.

Ontelovesikartoituskuvaukset on mahdollista suorittaa sekä talvella että kesällä. Tärkeintä kuvauksen kannalta on lämpötilan muutos, jolloin kosteiden kohtien lämpötilat eivät tasaannu ympärillä olevan lämpötilan mukaisiksi, kuten rakenteen kuivat kohdat.

## 6.2 Toteutustapa

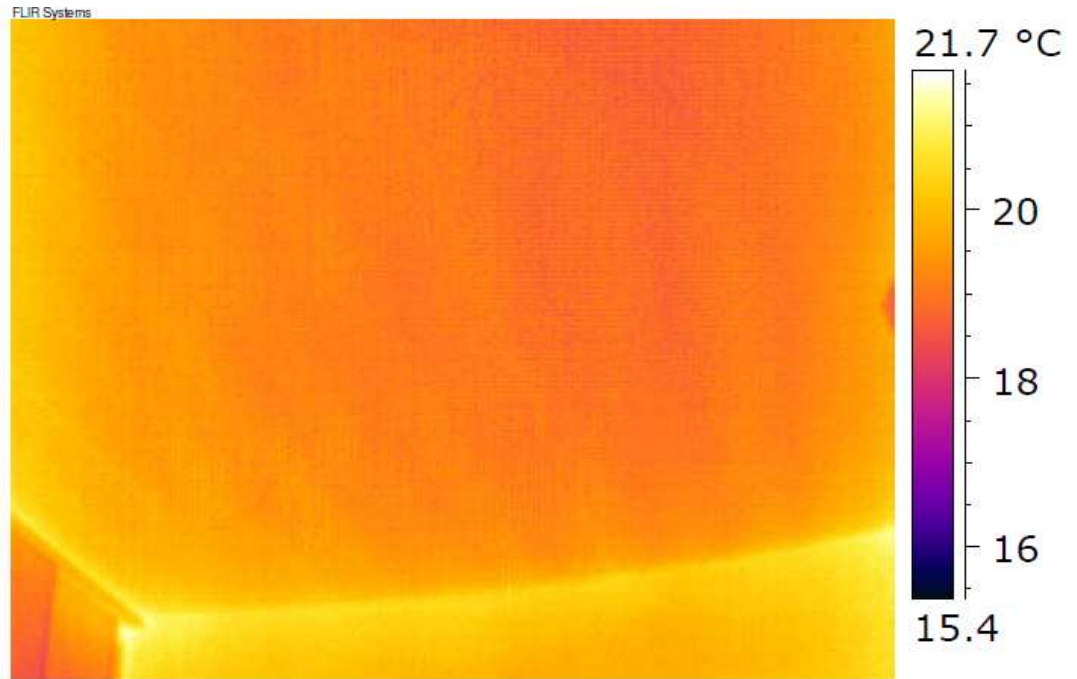
Lämpökuvaukset suoritettiin ThermaCAM PM695 PAL -merkkisellä lämpökameralla, jossa on erillinen näyttö. Kuvaus suoritettiin A-talossa ylhäältä alaspäin ja kiertosuunta oli myötäpäivään sekä kerroksessa että asunnoissa. Lisäksi kuvauksessa oli apuvälineenä puukeppi, jonka päähän oli teipattu kiinni vahaliitu mahdollisten kosteushavaintojen merkkäämiseksi kattoon. Kuvaajan kanssa sovittiin, ettei kosteuskartoituksesta laadita erillistä raporttia, mutta hän toimittaa kuitenkin kuvia mahdollisista kosteushavainnoista. Kuvaukseen osallistui lämpökuvaaja ja työnjohtaja.

B-talon osalta kuvaukset sovittiin suoritettaviksi ylhäältä alaspäin. Kiertosuunta kerroksittain vasemmalta oikealle ja asunnot myötäpäivään. Välineet ja kuvaukseen osallistuneet henkilöt olivat samat kuin A-talon kuvauksia tehdessä.

Asunnot kierrettiin läpi ja kaikki epäilyttävätkin paikat merkattiin vahaliidulla kattoon.



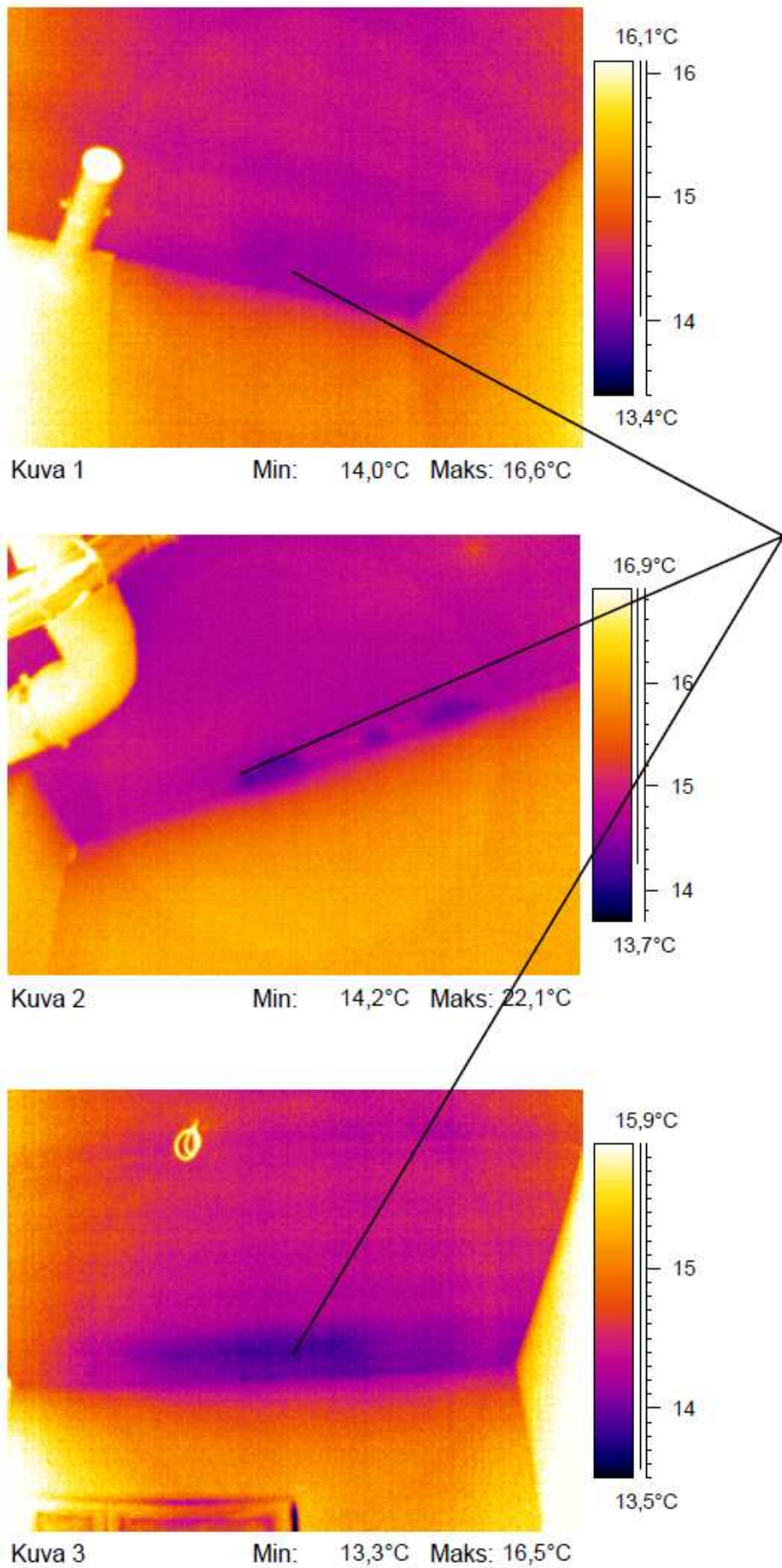
Kuva 15:Liidulla merkattu ontelo, jossa mahdollisesti kosteutta. Ympyröity alue oli kostea.



Kuva 16a: Tasaisesti lämmennyt ontelolaatta, jossa ei ole kosteutta./11/



Kuva 16b: Tasaisesti lämmennyt ontelolaatta valokuvamuodossa./11/



Kuva 17: Lämpökamerakuvaa ontelolaatoista, joiden onteloissa on kosteutta./11/



### 6.3 Tulokset

Tulokset kuvauksesta olivat odotusten mukaiset. Koska taloa rakennettiin kesällä vesisateiden aikaan, niin oli odotettavissa, että mahdollisia ontelovesipaikkoja olisi paljon. Näin näytti myös lämpökamera. A-talossa jokaisessa asunnossa havaittiin 3-10 kohtaa, missä voisi olla vettä ontelossa. Muutama päivä kuvauksen jälkeen rakennusmies alkoi porata reikiä onteloihin merkattuihin kohtiin ja noin 60 %:sta merkatuista kohdista löytyi vettä (kts. taulukko 1. s. 27). Vedet laskettiin ämpäreihin ja paljuihin, joilla ne kuljetettiin ulos. Onteloista tulleen veden määräksi arvioitiin noin 120 - 180 litraa.



Kuva 18: Pentti Harmainen on aloittamassa kosteuskartoituskierrosta.



Kuva 19: Onteloihin jäänyt vesi valuu ulos poratuista reistä.

A-talon osalta kuvaus oli todellakin kannattava, sillä onteloihin olisi jäänyt muuten todella suuret määrät vettä, mikä olisi aiheuttanut varmasti paljon korjauskustannuksia myöhemmin.

B-talossa kuvaukset näyttivät odotettua vähemmän mahdollisia vesi kohtia, vaikka B-talonkin runkoa rakennettiin kovien vesisateiden aikaan. Kuitenkin melkein jokaisessa asunnossa havaittiin 2-4 mahdollista vesikohtaa. Kun reiät oli porattu merkattuihin kohtiin, niin tuloksena oli, että noin 25 % merkatuista kohdista oli umpibetonia ja noin 28 %:sta merkatuista kohdista tuli hieman vettä. B-talon osalta vettä tuli alle 100 litraa, mutta kaikki sekin vesi olisi luultavasti tullut joskus katosta tasoitteiden läpi, ehkä kuukausien tai jopa vuosien jälkeen ja aiheuttanut suuret korjauskustannukset.

Kahden kohdan, yhden A-talon olohuoneen ja yhden B-talon makuuhuoneen osalta kuvaus ei täysin onnistunut. A-talossa olohuoneen kattoon ei merkattu riittävän pitkää merkkiä ja porauskohtien ulkopuolelle jäi vielä vesitasku, josta tuli vettä läpi porattujen ja jo täytettyjen reikiä kautta. Alueelle porattiin lisää reikiä ja vedet laskettiin ulos. Tämän jälkeen Cramo Oy:n kuivauspalvelu asensi onteloon kuivaimen, jolla varmistettiin ontelon nopea kuivuminen ja korjaus ennen asukkaiden muuttoa.

B-talon asunnon makuuhuoneessa oli sama tilanne. Se kuitenkin saatiin hyvin kuivaksi pelkällä lisäreikien poraamisella.

Taulukko 1: Kosteuskartoituksen havaintojen kappalemäärät.

TALO A	Mahdolliset ontelovesi kohdat	Vettä ontelos- sa	Ei vettä ontelos- sa	Umpibeto- nia
3.krs	23	13	7	3
2.krs	19	14	3	2
1.krs	8	3	5	0
Yht. kpl.	50	30	15	5
TALO B				
3.krs	25	6	13	6
2.krs	21	7	9	5
1.krs	16	4	7	5
Yht. kpl.	62	17	29	16

## 7 YHTEENVETO ONTELOLAATTOJEN KOSTEUSKARTOITUKSEN KANNATTAVUUDESTA

### 7.1 Johtopäätökset

Ontelolaattojen kosteuskartoitus on todella kannattavaa sekä laadullisesti että kustannuksien kannalta. Kosteuskartoituksen tekeminen rakennusvaiheessa tulee noin 82 % halvemmaksi, kuin jos yhdestäkin asunnosta tulee ilmi ontelolaatan kosteusongelma rakennuksen käytön aikana. Kosteuskartoituksen tekeminen yhtä asuntoa kohden maksaa noin 40 €, kun taas ontelolaatan kuivatus ja korjaus maksaa noin 180 €. Kuivatus ja korjaus on laskettu viideltä päivältä ja siinä ei ole mukana kustannuksia, joita tulee kun asunto on jo asukkaan käytössä kyseisellä hetkellä. Tällaisia kustannuksia ovat, muuttokustannukset, hotelliyöt ja tavaroiden siirtely ja suojaus.

Rakennusvaiheen kustannukset koostuvat ainoastaan rakennusmiehen työtunneista ja kosteuskartoituksen lämpökuvauksesta. Rakennuksen käytön aikana ilmi tulleesta kosteusongelmasta ontelolaatassa syntyy kustannuksia monelta osalta. Suurin kustannus

syntyy, jos asukas joudutaan majoittamaan hotelliin onteloiden kuivauksen ajaksi. Muuten kustannukset koostuvat kuivauspalvelun maksuista, kuivainten vuokrista, mahdollisista rakennusmiehen työtunneista, maalaus/tasoiteliikkeen työstä ja mahdollisista siivouspalvelun töistä.

Tarkempi laskelma kohteessa toteutuneista kustannuksista on liitteessä (LIITE 4, vain Lujatalo Oy:n käyttöön).

## **7.2 Jatkosuunnitelmat**

Ontelolaattojen kosteuskartoitusta tullaan jatkossa käyttämään mahdollisesti jokaisella työmaalla. Ainakin työn valvoja, työpäällikkö Risto Multala aikoo ottaa ontelolaattojen kosteuskartoituksen osaksi jokaista tulevaa työmaata. Muutkin työpäälliköt ja työmaahenkilöstö ovat olleet kiinnostuneita tekemään jatkossa kosteuskartoituksen työmailaan. Jos kartoitusta ei tilata aliurakointina, niin kartoitus tullaan ainakin tekemään omilla laitteilla, yhtenä osana rakennusvaiheen laadunvalvontaa.

**VIITELUETTELO**

- /1/ Infradex Oy: kotisivut, [www.infradex.com/pdf/kunnossapitokurssi.pdf](http://www.infradex.com/pdf/kunnossapitokurssi.pdf),  
7.10.2008, klo 15.00
- /2/ [www.shooting-partners.co.uk/kit/cameras/pdf/Flir\\_Thermacam\\_695.pdf](http://www.shooting-partners.co.uk/kit/cameras/pdf/Flir_Thermacam_695.pdf),  
22.4.2009, klo 12.00
- /3/ RT 14 -10850 ohjekortti, elokuu 2005
- /4/ Kari Suvanto, Tekniikan Fysiikka 1, s.448 – 475
- /5/ Sauli Paloniitty ja Timo Kauppinen, Rakennusten Lämpökuvaus, Gummerus  
2006
- /6/ Ratu 1213-S ohjetiedosto, kesäkuu 2005
- /7/ Ilmateiteen laitoksen kotisivut, Finnish Meteorological Institute,  
<http://www.ava.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/optinen.jpg>,  
9.3.2009, klo 10.50
- /8/ Infradex Oy:n kotisivut, <http://www.infradex.com/teoria.html>, 9.3.2009, klo  
10.30
- /9/ Muntersin kotisivut,  
[http://www.munters.fi/AvanMediaBank/Image/%7B1C56C649-3DFD-4E9D-ACC9-D02979DC74B2%7D/width\\_150/height\\_150/Leaking+pipe.JPG](http://www.munters.fi/AvanMediaBank/Image/%7B1C56C649-3DFD-4E9D-ACC9-D02979DC74B2%7D/width_150/height_150/Leaking+pipe.JPG), 9.3.2009  
klo 11.00
- /10/ A-kuivauksen kotisivut, [http://www.a-kuivaus.fi/assets/galleries/4/tn\\_5206239\\_4\\_11\\_p.jpg](http://www.a-kuivaus.fi/assets/galleries/4/tn_5206239_4_11_p.jpg), 9.3.2009, klo 15.13
- /11/ kuvat ottanut Pentti Harmainen
- /12/ Euroopanlaajuisen puutalohanke Econon kotisivut,  
[www.econo.fi/tutkimukset/documents/painovoimainen\\_ilmastointi.pdf](http://www.econo.fi/tutkimukset/documents/painovoimainen_ilmastointi.pdf),  
9.3.2009, klo 14.15
- /13/ Lujatalo Oy:n kotisivut, [www.lujatalo.fi](http://www.lujatalo.fi), 18.4.2009, klo 12.20

## RAKENNUKSEN LÄMPÖKUVAUS KENTTÄTYÖLOMAKE

Yritys  
Osoitetiedot  
Kuvaajan nimi ja puh. numero  
Lämpökamera

**Tilaaajan yhteystiedot**

Nimi Osoite

Puh Gsm

**Laskutusosoite**

Nimi Osoite

Puh Gsm

**Kohteen tiedot**

Kohde Osoite  
Uudisrakennus Rakennusvuosi  
Korjausrakentaminen Peruskorjausvuosi

**Kuvausolosuhteet**

	Päiväys Klo (24 h ennen)	Päiväys Klo (12 h ennen)	Päiväys Klo (alussa)	Päiväys Klo (lopussa)
Ulkoilman lämpötila [°C]				
Sisäilman lämpötila [°C] (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin)				
Auringonpaiste / pilvisuus				
Tuulen nopeus ja suunta [m/s]				
Paine-ero [Pa] (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin)				
Sisäilman kosteus [RH %] (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin)				

**Kohdetiedot**

Lämmitysjärjestelmä	
Ilmanvaihto	
Rakenteet - alapohja - ulkoseinät - yläpohja - ikkunat	

**Muut huomiot**


## LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI

### SISÄLLYSLUETTELO

#### YHTEENVETO

1. KOHTEEN YLEISTIEDOT
  - 1.1 Kohde ja osoite
  - 1.2 Tutkimuksen tilaaja
  - 1.3 Tutkimuksen tavoite
  - 1.4 Tutkimuksen tekijät
  - 1.5 Tutkimuksen ajankohta
  - 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 sovellettavat kriteerit*
5. LÄMPÖKUVAUKSEN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

*Vikojen taulukointi ja korjausluokitus sekä sanallinen yhteenveto jatkotoimenpiteistä*  
*Arvio myös muista pintalämpötiloihin mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä*

#### LIITTEET

Lämpökuvasivut (mittausraportti)  
Pohjapiirrokset

**Raportin tulkinnasta:**

**Lämpöindeksi 61 tai alle    Korjattava**

- 1. Korjattava ilmapuoto tai eristevika joka ei täytä asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi**

**Lämpöindeksi 61-65 tai alle    Korjaustarve selvitettävä**

- 2. Korjaustarve on erikseen harkittava ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.**

**Lämpöindeksi 65 Lisätutkimuksia**

- 3. Täyttää asumisterveysohjeen hyvän taso vaatimuksen mutta piilee talon käyttötarkoitus huomioiden kosteus ja lämpötekni­sen toiminnan riski. On tarkisteltava rakenteen kosteustekni­nen toiminta ja tehtävä lisätutkimuksia.**

**Lämpöindesi 70 Hyvä**

- 4. Ei toimenpiteitä**

**Muita huomioita kuvauksesta:**

- kuvattiin kaikki yhtiön asunnot



Laskelma vain Lujatalo Oy:n käyttöön.