



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakentaminen

Korjausrakentamisen ylempi AMK-tutkinto (korjausrakentaminen)

OPINNÄYTETYÖ
Insinööri (ylempi AMK)

LÄMPÖKUVAUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Työn tekijä: Tapani Järvenpää
Työn ohjaaja: Hannu Hakkarainen
Työn ohjaaja: Päivi Jäväjä

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2010

Päivi Jäväjä
yliopettaja



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy:n Tekniikan ja liikenteen Rakennus ja kiinteistöalan Rakentamisen koulutusohjelmalle. Haluan kiittää Metropolia Ammattikorkeakoulua siitä, että olen voinut kehittää itseäni ja vahvistaa osaamistani työni ohessa. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita; Metropolia Ammattikorkeakoulun opinnäytetyön ohjaajia yliopettaja Päivi Jäväjää ja yliopettaja Hannu Hakkarasta sekä opinnäytetyön kielenohjaajia lehtori Anne Hannilaa ja lehtori Tuomo Suorsaa saamastani tuesta ja kannustuksesta. Viimeisenä, muttei vähäisimpänä kuuluu erittäin suuri kiitos perheelleni kannustuksesta ja tuesta, jonka avulla sain työn tehtyä.

Helsingissä 19.5.2010

Tapani Järvenpää

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|---|
| Työn tekijä: Tapani Järvenpää | |
| Työn nimi: Lämpökuvaus korjausrakentamisessa | |
| Päivämäärä: 19.5.2010 | Sivumäärä: 101 s. + 3 liitettä |
| Koulutusohjelma: Rakentamisen koulutusohjelma | Suuntautumisvaihtoehto: Rakentamisen ylempi AMK-tutkinto (korjausrakentaminen) |
| Työn ohjaaja: yliopettaja Hannu Hakkarainen | |
| Työn ohjaaja: yliopettaja Päivi Jäväjä | |
| <p>Tämä opinnäytetyö (YAMK) tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy:n Tekniikan ja liikenteen Rakentamisen koulutusohjelmalle.</p> <p>Työn tavoitteena oli laatia selvitys korjausrakentamiseen soveltuvista lämpökuvausmenetelmistä ja -laitteistoista sekä lämpökuvaukseen parhaimmin soveltuvista kuvausajankohdista korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakennustyön laadun kannalta.</p> <p>Opinnäytetyössä (YAMK) käytettiin kvalitatiivista tutkimusotetta. Työ aloitettiin esitutkimuksella, jossa selvitettiin tyypillisen korjausrakennushankkeen vaiheistus ja keskeiset toimijat. Sen jälkeen tutustuttiin lämpökuvausmenetelmiin ja -laitteisiin sekä pyrittiin hahmottamaan miten nämä laitteet soveltuvat korjausrakennushanketta tukemaan. Esitutkimuksen perusteella laadittiin ohjemalli, jota käytettiin pohjana teemahaastattelukysymysten laadinnassa. Teemahaastatteluihin haastateltaviksi valittiin eri toimijoita, joilla on empiiristä kokemusta lämpökuvauksen käyttämisestä korjausrakennushankkeissa. Teemahaastattelujen tulokset analysoitiin ja hyödynnettiin osana suositusten laadintaa.</p> <p>Opinnäytetyön (YAMK) lopputuloksena syntyi ohjemalli lämpökuvauksen käytöstä korjausrakennushankkeissa. Siinä on otettu huomioon hankkeen eri toimijat ja eri vaiheet. Ohjemallissa on keskeisinä suosituksina kuvattu, minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaustietoa kerätään, minkälaisin menetelmin, laittein ja minä ajankohtana lämpökuvaustietoa kerätään ja miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi.</p> <p>Opinnäytetyön (YAMK) tuloksia voidaan hyödyntää Metropolia Ammattikorkeakoulun opetuksessa, palvelutoiminnassa ja TKI-toiminnassa. Opinnäytetyö palvelee myös koko rakennus- ja kiinteistötoimialaa. Tuloksia voidaan hyödyntää sen hahmottamisessa, miten lämpökuvausta käytetään tehokkaammin korjausrakentamisen suunnittelun tukena sekä korjausrakennustyön laadunvalvonnan välineenä. Jatkotutkimuskohteeksi ehdotetaan selvitystä siitä, miten paljon kustannussäästöjä syntyy ja voidaan todentaa, kun käytetään lämpökuvausta ohjemallin mukaisella tavalla korjausrakennushankkeessa.</p> | |
| Avainsanat: Lämpökamera, Lämpökuvaus, Korjausrakentaminen | |

ABSTRACT

| | |
|---|---|
| Name: Tapani Järvenpää | |
| Title: Thermographic Surveying In Renovation | |
| Date: 19 May 2010 | Number of pages: 101 + 3 appendices |
| Department: Civil Engineering | Study Programme: Master`s Degree Programme in Civil Engineering (Renovation) |
| Instructor: Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer | |
| Supervisor: Päivi Jäväjä, Principal Lecturer | |
| <p>This thesis was made for the Degree programme of Civil Engineering at Metropolia University of Applied Sciences.</p> <p>The purpose of the thesis was to accomplish a study of the thermographic survey methods and equipment most suitable for renovation purposes as well as the most appropriate timing of the thermographic survey in renovation when thinking of the overall profitability and quality of a renovation project.</p> <p>Qualitative research methods were used in the study. It began with a pre-study when getting acquainted with the phasing, essential parties and available thermographic methods and equipment of a typical renovation project. After pre-study an instruction model was created and it was used when forming the questions for the theme interviews. Different parties of renovation project were selected as interviewees and they all had empirical experiences of using thermographic surveys in renovation projects. The results of the theme interviews were analysed and utilized in writing the recommendations.</p> <p>As a result of this thesis an instruction model for the use of the thermographic survey in renovation projects was created. All parties and phases of the project are taken into account in this model. As major recommendations in the model there are descriptions of what kind of constructions and parts of constructions need to be evaluated by using thermographic surveys, what kind of methods and equipment should be used and when the survey information should be gathered and how to benefit from the conclusions made on the basis of survey information on the constructions and their parts.</p> <p>The results of the thesis can be utilized in teaching, services and R&D at Metropolia University of Applied Sciences. The thesis will also serve the whole construction and real estate industry. The results can be used in perceiving of how to use thermographic survey most efficiently to support the planning and quality controlling of a rebuilding project. For further studies it is suggested that a study could be made on the cost saving that can be reached and documented when following the instruction model for the use of the thermographic survey in a renovation project.</p> | |
| Keywords: Infrared camera, Infrared thermography / Thermographic Survey, Renovation | |

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITTEISTÖ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 1.1 | Tausta | 1 |
| 1.2 | Tutkimusongelma | 3 |
| 1.3 | Tutkimustavoite ja aiheen raja | 3 |
| 2 | KORJAUSRAKENTAMINEN | 4 |
| 2.1 | Korjausrakentamisen määritelmä | 4 |
| 2.2 | Rakennuskanta Suomessa | 5 |
| 2.3 | Korjausrakentamisen tarpeen kasvu Suomessa | 6 |
| 2.4 | Korjausrakentamisen volyymi ja sen kehittyminen | 8 |
| 2.5 | Korjausrakentamisen tarve taloyhtiössä Suomessa | 14 |
| 3 | KORJAUSRAKENNUSHANKE | 16 |
| 3.1 | Korjausrakennushankkeen lähtökohdat | 16 |
| 3.1.1 | <i>Hankkeen määritelmä</i> | 16 |
| 3.1.2 | <i>Hankkeen tarve ja perusteet</i> | 16 |
| 3.1.3 | <i>Hankkeen teettäminen</i> | 17 |
| 3.2 | Korjausrakennushankkeen organisointi | 18 |
| 3.2.1 | <i>Korjausrakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet</i> | 18 |
| 3.2.2 | <i>Korjausrakennushankkeen osapuolet</i> | 19 |
| 3.3 | Korjausrakennushankkeen kulku | 21 |
| 3.3.1 | <i>Hankkeen vaiheet</i> | 21 |
| 3.4 | Hankkeeseen liittyvät kuntoselvitykset | 23 |
| 3.5 | Korjaushankkeen kustannukset | 25 |
| 4 | LÄMPÖKUVAUS JA SEN MAHDOLLISUUDET KORJAUSRAKENTAMISESSA | 27 |
| 4.1 | Lämpökuvaus tutkimismenetelmänä | 27 |
| 4.1.1 | <i>Lämpökuvauksen määritelmä</i> | 27 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.1.2 | <i>Lämpökameran tekniikka</i> | 28 |
| 4.1.3 | <i>Lämpökuvauksen tekniset perusteet</i> | 29 |
| 4.2 | Lämpökuvauksen käyttäminen rakennushankkeessa | 32 |
| 4.2.1 | <i>Lämpökuvauksen käytön periaatteet rakentamisessa</i> | 32 |
| 4.2.2 | <i>Rakennushankkeissa käytettävät lämpökuvauslaitteistot</i> | 33 |
| 4.2.3 | <i>Lämpökuvaukseen liittyvä kuvaus- ja analysointiosaaminen</i> | 39 |
| 4.2.4 | <i>Lämpökuvaa-aineiston analysointi ja johtopäätösten teko</i> | 39 |
| 4.2.5 | <i>Lämpökuvauksen sovellusesimerkkejä korjausrakentamisessa</i> | 42 |
| 4.2.6 | <i>Lämpökuvauksen kansainväliset sovellus- ja tutkimuskohteet</i> | 43 |
| 5 | TEEMAHAASTATTELUT | 46 |
| 5.1 | Korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjemalli | 46 |
| 5.2 | Teemahaastattelujen toteutus | 47 |
| 5.2.1 | <i>Haastattelujen lähtökohdat ja ajankohta</i> | 47 |
| 5.2.2 | <i>Haastattelujen sisältö ja kysymykset</i> | 47 |
| 5.2.3 | <i>Haastattelut korjausrakentamisen toimijat</i> | 48 |
| 5.2.4 | <i>Haastattelujen tulosten käsittelytapa</i> | 49 |
| 5.3 | Teemahaastattelujen tulokset | 49 |
| 5.3.1 | <i>Käyttäjien ja rakennuttajien lämpökuvaukokemukset korjausrakentamisessa</i> | 49 |
| 5.3.2 | <i>Suunnittelijoiden lämpökuvaukokemukset korjausrakentamisessa</i> | 54 |
| 5.3.3 | <i>Rakentajien lämpökuvaukokemukset korjausrakentamisessa</i> | 61 |
| 5.3.4 | <i>Viranomaisten lämpökuvaukokemukset korjausrakentamisessa</i> | 66 |
| 5.4 | Teemahaastattelujen tulosten yhteenveto | 70 |
| 5.4.1 | <i>Lämpökuvauksen käytön yleisyys korjausrakennushankkeissa</i> | 71 |
| 5.4.2 | <i>Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaustietoa kerätään?</i> | 72 |
| 5.4.3 | <i>Minkälaisin menetelmien, laittein ja minä ajankohtana lämpökuvaustietoa kerätään?</i> | 73 |
| 5.4.4 | <i>Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?</i> | 74 |
| 6 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET | 76 |
| 6.1 | Johtopäätökset lämpökuvauksen käytöstä korjausrakentamisessa | 76 |
| 6.2 | Suosituksset lämpökuvauksen käytöstä korjausrakentamisessa | 78 |
| 6.2.1 | <i>Suosituksset käyttäjille (K), rakennuttajille (R) ja suunnittelijoille (S)</i> | 79 |
| 6.2.2 | <i>Suosituksset rakentajille (U)</i> | 88 |
| 6.2.3 | <i>Suosituksset viranomaisille (V)</i> | 93 |
| 7 | YHTEENVETO | 96 |
| | VIITELUETTELO | 98 |
| | LIITELUETTELO | 101 |

KÄSITTEISTÖ

Ilmatiiviysmittaus

Ilmatiiviysmittauksessa määritetään rakennuksen ilmatiiviys.

Ilmavuotoluku n_{50}

Ilmavuotoluku n_{50} kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa:n (Pascal) ali- tai ylipaine. Ilmavuotoluku kuvaa rakennusvaipan ilmanpitävyyttä ja sen yksikkö on 1/h.

Ilmavirtausmittari

Ilmavirtausmittari ilmoittaa sen anturin ohi virtaavan ilman nopeutta. Yksikkö m/s.

InfraMation

Kansainvälinen vuosittainen pääasiassa käytännön lämpökuvasovellutuksia käsittelevä InfraMation-konferenssi (*The World's Largest Infrared Applications Conference*) järjestetään syksyisin Las Vegasissa USA:ssa.

Konservointi

Konservointi on rakennuksen, rakennusosan tai pintakäsittelyn suojaamista tuhoutumiselta ja niissä olevien vikojen korjaamista konservoinnin asiantuntijan toimenpiteillä.

Konvektio

Konvektio on lämmön siirtymistä lämpötilaerojen aiheuttamien virtausten mukana.

Korjaus, korjaaminen

Viallisen rakenteen, osan tai laitteen korjaaminen tai vaihtaminen toimivaan, käyttökelpoiseksi saattaminen. Käytetään myös yleiskäsitteenä tarkoittamaan kaikkia rakennukselle tehtäviä toimenpiteitä. Ks. myös kunnostus.

Korjausohjelma

Kunnossapitoa ohjaava tietyn aikavälin suunnitelma, jossa otetaan teknisen ja taloudellisten näkökulmien lisäksi huomioon kiinteistön käyttäjien ja omistajien tarpeet. Korjausohjelma muodostaa yleensä perustan kunnossapitoon liittyvälle talousarviolle. Korjausohjelmassa tulisi eritellä tarvittavat korjaus-, ym. toimenpiteet ajoituksineen. Ks. myös kuntoarvio, kuntotutkimus ja kunnossapitosuunnitelma.

Korjausrakentaminen

Tarkoitetaan laajasti ottaen kaikkea toimintaa, jolla rakennuksen tai sen osien kuntoa ylläpidetään tai parannetaan soveltumaan paremmin tarkoitukseensa. Korjausrakentamista on esim. kunnossapito, kunnostus, peruskorjaus, saneeraus, perusparannus ja restaurointi. Uudistustyö, jossa vanhan tilalle rakennetaan nykyaikaisempi laite tai rakennelma, on korjausrakentamista, samoin kuin rakennuksen tai kohteen käyttötarkoituksen tai käyttötavan muuttaminen.

Kunnossapito

Kiinteistön ylläpitoon kuuluva toiminta, jossa kohteen ominaisuudet pysytetään uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat ilman, että kohteen suhteellinen laatutaso olennaisesti muuttuu.

Kunnossapitosuunnitelma

Tekniset näkökohdat huomioon ottava tietyn aikavälin suunnitelma kunnossapitoa varten. Laaditaan kuntoarvioinnin perusteella ja sitä käytetään korjausohjelman lähtötietoina.

Kunnostus, kunnostaminen

Toimenpide, jossa kohde saatetaan esimerkiksi käytön tai säilymisen kannalta riittävään kuntoon.

Kuntoarviointi

Rakennetun kiinteistön, rakennuksen tai sen osan kunnan ja korjaustarpeiden selvittäminen. Kuntoarvioinnissa käytetään enimmäkseen aistinvaraisia ja kokemuspäisiä, ainetta rikkomattomia menetelmiä. Kuntoarviota voi-

daan käyttää kunnossapitosuunnitelman tai korjausohjelman lähtötietoina, joskus myös suoraan kunnossapitosuunnitelmana. Ks. myös selvitys.

Rakennuksen pitkän tähtäimen kunnossapidon suunnittelun ja budjetoinnin tarpeisiin tehty arviointi, jossa rakennuksen kuntoa ja teknistä toimivuutta arvioidaan aistinvaraisesti ja ainetta rikkomattomilla mittauksilla. Arviointi kohdistetaan kaikkiin rakennusosiin. Tarvittaessa kuntoarviotietoja täydennetään kuntotutkimuksilla.

Kuntotutkimus

Rakennuksen, rakennelman tai kiinteistöön kuuluvien laitejärjestelmien yksityiskohtainen tutkinta korjaustarpeiden täsmentämiseksi. Kuntotutkimuksessa otetaan näytteitä ja tehdään mittauksia myös rakenteiden sisältä.

Kuntoselvitys

Korjausrakentamishanketta varten tehtävä selvitys, joka kohdistuu korjausrakentamisessa säilytettäviin rakennusosiin, tiloihin ja järjestelmiin. Kuntoselvityksen tiedonhankintatapoja ovat erilaiset kunto- ja ominaisuusarviointit sekä kuntotutkimukset.

Lämpökamera

Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn voimakkuutta. Lämpökamera muuttaa säteilyn lämpötilatiedoksi, josta lämpökuva muodostuu. Lämpökuvassa erilämpötilat näkyvät erivärisinä muodostaen havainnollisen kuvan.

Lämpötilaindeksi

Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Rakennuksen vaipan pintalämpötiloja voidaan arvioida ja verrata toisiinsa lämpötilaindeksiä käyttämällä silloin, kun lämpötilojen mittauksia ei voida tehdä vakio-olosuhteissa ($-5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ ulkolämpötilassa ja $+20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ sisälämpötilassa). Lämpötilaindeksi annetaan prosentin tarkkuudella.

Peruskorjaus

Suhteellisen suurena hankkeena toteutettava korjausrakentaminen. Peruskorjauksessa voidaan esimerkiksi korjata rakennusta, rakennuksen osia tai taloteknisiä järjestelmiä tai laitteita.

Perusparantaminen

Korjausrakentaminen, jossa kohteen laatutaso nostetaan olennaisesti alkuperäistä paremmaksi. Hankkeessa voidaan esimerkiksi parantaa rakennuksen energiataloutta, liittää rakennus vesi- ja viemäriverkkoon tai varustaa se hissein tai uudenaikaisella tietotekniikalla. Perusparannushankkeisiin voi sisältyä myös kunnossapidolle tyypillisiä toimenpiteitä (Vrt. peruskorjaus).

Rekonstruointi

Rakennuksen tai rakennuksen osan rakentaminen uudelleen säilyneiden osien ja / tai asiakirjojen perusteella.

Restaurointi, entistäminen

Korjaus, joka tähtää rakennettuun ympäristöön tai rakennukseen sisältyvien antikvaaristen ja arkkitehtonisten arvojen ylläpitämiseen. Korjauksessa käytetään konservoivia toimenpiteitä.

Tarkastusasiakirja

Korjaushankkeen tarkastusasiakirja on suunnitelma hankkeen työmaavaiheen laadunvarmistustoimista. Tarkastusasiakirjan suunnittelu ja tarkistaminen yhdessä tilaajan organisaation kanssa luo edellytykset hyvälle yhteistyölle, luottamuksen lisääntymiselle ja tarkastusmäärien vähentämiselle.

TKI-toiminta

Ammattikorkeakoulujen TKI-toiminnan eli TUTKIMUS-, KEHITTÄMIS- JA INNOVAATIOITOIMINNAN tehtävänä on tuottaa työelämän tarvitsemia asiantuntijuutta ja innovaatioita. Asiantuntijuus ja työelämän kehittäminen edellyttävät ajantasaista ja korkeatasoista tietoa kuhunkin alaan liittyvistä erityiskysymyksistä. Kyseisen tiedon saatavuus koulutuksessa sekä kehitys- ja innovaatiotoiminnassa voidaan taata vain asiantuntevan opetushenkilökunnan tehokkaan TKI-toiminnan tuloksena.

Uusiminen

Toimenpide, jossa kohde tai merkittävän monet sen osista korvataan uusilla.

Vuosikorjaus

Vuositalousarvioon sisältyvä tavanomainen kiinteistön korjaus. Korjaukset voivat olla joko kuntoarvion perusteella ennakoituja tai ennakoimattomia.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

YAMK-opinnäytetyö tehdään Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy:n Tekniikan ja liikenteen Rakennus- ja kiinteistöalan Rakentamisen koulutusohjelmalle.

Metropolia Ammattikorkeakoulua ylläpitää osakeyhtiö, jonka osakkaat ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kirkkonummi ja Kauniainen. Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy:n perustajat asettivat tavoitteeksi rakentaa EVTEK-ammattikorkeakoulun ja Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian yhdistämiseksi uusi Metropolia Ammattikorkeakoulu. Erityisesti tavoitteena on pääkaupunkiseudun kilpailukyvyyn ja innovaatio-osaamisen vahvistaminen, alueen työ- ja elinkeinoelämän tukeminen ja monipuolisten opiskelumahdollisuuksien takaaminen opiskelijoille.

Rakentamisen koulutusohjelmassa on jo lähes 15 vuoden ajan toteutettu jokaisen opiskelijan tutkintoon kuuluvia yrityslähtöisiä projektitöitä, joita kehitetään ja toteutetaan jatkossa kaikissa koulutusohjelmissa innovaatiohankkeina. Tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää Metropolia Ammattikorkeakoulun monialaisuutta ja laajentaa projekteja koulutusalojen rajoja ylittäviksi, sidosryhmien tarpeista lähteviksi yhteisiksi hankkeiksi. Innovaatioprojektien myötä opiskelu siirtyy näiltä osin aitoon työelämäympäristöön, jossa opiskelijoiden verkottuminen alalle käynnistyy jo opiskelun aikana.

Rakennus- ja kiinteistöalan koulutusohjelmissa on rakennettu edellytyksiä tutkimus- ja kehitystoiminnan aktivoimiseen myös rakennus- ja kiinteistötoimialalle. Koulutusohjelmia on vahvistettu tutkijakoulutuksen saaneilla henkilöillä. T&K -resursseja on lisätty rakennustekniikan, talotekniikan, rakentamistalouden, rakennusalan tieto- ja informaatiotekniikan sekä pedagogisen kehittämisen alueilla. Rakennus- ja kiinteistöalaa koskettava taantuma tuo suuria haasteita ja mahdollisesti myös uusia mahdollisuuksia TKI-toiminnan kasvattamiseen lähivuosina. Metropolia ammattikorkeakoulussa on tarkoitus lisätä maksullista palvelutoimintaa sekä osallistua ja hankkeistaa TKI-toimintaa.

Metropolia Ammattikorkeakoulun Rakennus- ja kiinteistöala on mukana Teknillisen korkeakoulun Talotekniikan instituutin koordinoimassa hankevalmis-

telussa, jonka tavoitteena on Suomen ensimmäinen rakennus- ja kiinteistöalan korkeakouluyksikkö ja korjausrakentamiseen suuntautuvan valtakunnallisen osaamis- ja koulutusverkon rakentaminen, täydennyskoulutuksen kehittäminen ja toteuttaminen. Rakennus- ja kiinteistöala aikoo osallistua vahvasti tähän projektiin.

Rakentamisen koulutusohjelma on ollut myös edelläkävijä lämpökuvauksen tuomisessa osaksi Metropolia ammattikorkeakoulun opetusta ja palvelutoimintaa. Koulutusohjelman käytössä on ollut viimeisin lämpökameratekniikka ja -laitteisto jo vuodesta 2001. Koulutusohjelman lämpökuvauksesta vastaavalle henkilöstölle on tänä aikana kertynyt huomattava määrä kokemuksellista tietoa lämpökuvauksen käyttömahdollisuuksista rakenteiden tutkimusmenetelmänä sekä uudis- että korjausrakennushankkeissa.

Palvelutoimintana tehdyt korjausrakennuskohteiden lämpökuvaukset ovat keskittyneet pääasiassa rakennuskohteissa ilmenneiden ongelmien tarkasteluun ja ratkaisemiseen tai rakentamisen laadun varmistamiseen rakennustyön valmistuessa. Kuvaustilanteessa paikallistettujen rakennusvirheiden korjaaminen on osoittautunut usein kalliiksi ja vaikeaksi, ja toisinaan jopa mahdottomiksi ilman suuria rakenteiden purkamisia. Joissakin tilanteissa on ollut liian myöhäistä korjata havaittuja virheitä ennen rakennuksen käyttööntotoa ja korjaukset on jouduttu tekemään takuukorjauksina. Näistä havainnoista on noussut kysymys: Voiko lämpökuvaamalla saada jo korjausrakennushankkeen aiemmissa vaiheissa ongelmakohtia osoittavaa ja laaturvirheitä paikallistavaa tietoa, jonka myötä korjausrakennushankkeen kokonaistuottavuus ja rakennustyönlaatu paranisivat?

Lämpökuvauksen ajoituksesta, laadusta, laajuudesta ja käytettävästä lämpökuvauskalustosta korjausrakennusprojektin eri vaiheissa on saatavilla niukasti tutkimustietoa. Tämä YAMK-opinnäytetyö on ensimmäinen Metropolia ammattikorkeakoulussa tehtävä opinnäytetyö, jossa keskitytään tutkimaan lämpökuvauksen soveltamismahdollisuuksia korjausrakentamisessa.

1.2 Tutkimusongelma

YAMK-opinnäytetyön tutkimusongelmana on, miten lämpökuvausta voidaan tehokkaasti ja tuloksellisesti hyödyntää korjausrakennushankkeessa sen eri vaiheissa niin, että korjaushankkeen kokonaistuottavuus ja rakennustyön laatu paranevat.

YAMK-opinnäytetyön osa-alueina tutkitaan ja selvitetään, minkälaisia lämpökuvausmenetelmiä, lämpökuvauslaitteistoja ja lämpökuvaamisen ajankohdita korjausrakentamisessa voidaan hyödyntää.

Tavoitteena on laatia selvitys korjausrakentamiseen soveltuvista lämpökuvausmenetelmistä ja -laitteistoista sekä lämpökuvaukseen parhaimmin soveltuvista kuvausajankohdista korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakennustyön laadun kannalta.

1.3 Tutkimustavoite ja aiheen rajaus

Opinnäytetyössä selvitetään lämpökuvauksen hyödyntämismahdollisuuksia korjausrakentamishankkeen eri vaiheiden keskeisten toimijoiden käyttäjän, rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja viranomaisen näkökulmasta. Tällöin tarkastellaan, miten hankkeen toimijat saavat lämpökuvauksella optimaalisimmin tietoa korjausta vaativista rakennuksen rakenteista ja LVIS-laitteiden toimivuudesta hankkeen eri vaiheissa ja miten saatua tietoa voidaan hyödyntää rakennusvirheiden ja niistä johtuvan työnaikaiseen korjaamiseen minimoimiseen, joka johtaa korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakentamistyön laadun parantumiseen.

Opinnäytetyössä ei selvitetä lämpökuvauksen käyttämisen vaikutuksia korjausrakennushankkeen työsuunnitteluun tai tuotannonohjaukseen. Kokonaistuottavuuden tarkastelussa ei käytetä korjausrakennushankkeen tuottavuuslaskelmia tiedonlähteinä.

2 KORJAUSRAKENTAMINEN

Sotien jälkeisen kaupungistumisen aikana Suomi rakennettiin käytännössä uudestaan kaupunkimaiseksi yhteiskunnaksi. Korjausrakentaminen on nyt noussut tärkeäksi puheenaiheeksi siksi, että merkittävä osa rakennuskannasta on tulossa elinkaarensa ensimmäiseen korjausvaiheeseen. Rakentamisen painopiste on siirtymässä uudisrakentamisesta korjausrakentamiseen.

Tässä luvussa määritellään, mitä on korjausrakentaminen, ja miten sen kasvava tarve näyttäytyy tarkasteltaessa suomalaista rakennuskantaa, rakentamisen volyyymiä ja taloyhtiöiden tarpeita.

2.1 Korjausrakentamisen määritelmä

Korjausrakentaminen eli saneeraus tarkoittaa olemassa olevan rakennuksen tai muun rakennelman laajaa yhdellä kertaa tapahtuvaa korjaamista tai muuttamista. Rakennuksen tai muun rakennelman kestoian aikana näin laajoja toimia tehdään vain muutaman kerran. Korjausrakentamiseen liittyy usein rakenteiden ja laitteiden kunnossapitoa, jota tehdään myös kiinteistön ja rakenteiden hoitoon liittyvänä työnä. [1.]

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

- *peruskorjaus* on korjausrakentamista, jossa rakennelma korjataan yhtä hyväksi kuin se oli uutena
- *perusparannus* pyrkii ylittämään rakennelman aiemman laatutason ja tekemään toiminnallisuuden entistä paremmaksi
- *uudistaminen* modernisoi esimerkiksi tilajakoa, rakennusosia tai laitteistoja
- *lisärakentaminen* laajentaa pinta-alaa rakennuksen tai rakennelman sisä- tai ulkopuolelle tehtävin uusien rakentein
- *konservointi* pyrkii säilyttämään olemassa olevaa rakennustekniikkaa
- *entistäminen* eli restaurointi pyrkii palauttamaan entisiä arvoja tai rakennustapoja eli säilyttämään tai palauttamaan kulttuuriarvoa esimerkiksi rakennuksen arkkitehtuuria
- *rekonstruointi* on uuden kopion rakentamista hävinneestä rakennelmasta säilyneiden jäänteiden tai asiakirjojen perusteella. [1.]

Ympäristöministeriö ja Museovirasto ovat yhdessä laatineet luettelon keskeisimmistä ja yleisesti käytetyistä kulttuuriympäristön ja korjausrakentamisen käsitteistä. Luettelon tavoitteena on yhtenäistää kulttuuriympäristöä ja korjausrakentamista koskevia käsitteitä ja niiden määritelmiä (sisältöä) ainakin ympäristöhallinnon ja Museoviraston toiminnassa ja tuotteissa. Toivottava on, että käsitteet ja niiden sisältö juurtuvat yleiseen käyttöön, mikä auttaa kulttuuriympäristöä koskevan keskustelun käymistä ja siihen osallistumista. [2.]

Käsitelluettelon perustana ovat maankäyttö- ja rakennuslaissa esiintyvät käsitteet. Määritelmien lähtöaineistona ovat olleet mm. kansainväliset sopimukset, aikaisemmat julkaisut, Nykysuomen sanakirja ja kiinteistöliiketoiminnan sanasto. Käsitteet on määritelty ilman kuvailuja, mahdollisimman lyhyesti, pelkistetyksi, yleiskielisesti ja arvovapaasti. [2.]

Suomen- ja ruotsinkieliset käsitteistöt eivät ole täysin yhtenevät, sillä joidenkin käsitteiden merkitys on kielessä vakiintunut toisenkielistä vastinettaan laajemmaksi tai suppeammaksi [2]. Tässä työssä esiintyvät käsitteet on lueteltu johdantoa edeltävässä käsitteistöosuudessa.

2.2 Rakennuskanta Suomessa

Rakennukset muodostavat runsaan puolet ja rakennettu ympäristö kokonaisuudessaan lähes kolme neljäsosaa Suomen kansallisvarallisuudesta. Rakennuskantamme arvoksi on vuonna 2005 laskettu noin 285 miljardia euroa, josta asuinrakennuskannan osuus on yli 60 %, vastaten arvoltaan yli 170 miljardia euroa. Rakennuskannan tilalla on siis keskeinen merkitys kansallisvarallisuutemme arvon säilyttämisessä.

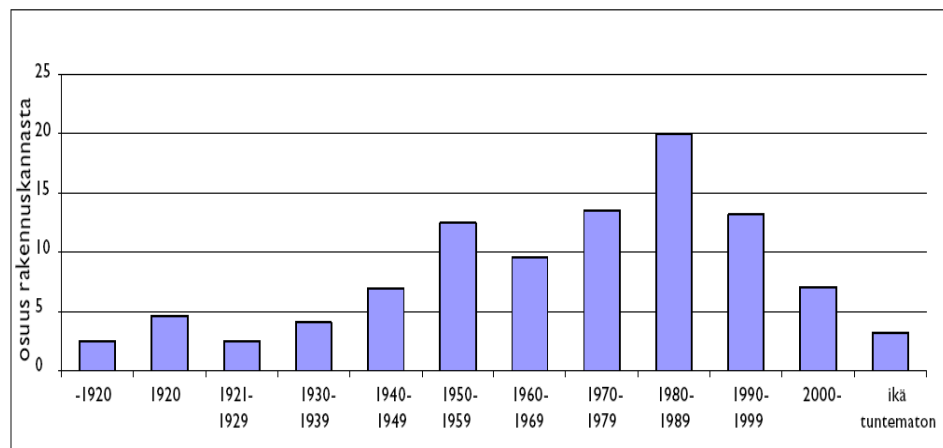
Rakennuskannan laatu, toimivuus ja palvelukyky vaikuttavat välittömästi yksilöiden jokapäiväiseen hyvinvointiin ja kansalliseen kilpailukykyyn. Pitkällä aikavälillä rakennuskannan toimivuus on keskeinen tekijä kestävä kehityksen toteutumisessa. Koska rakennuskantamme uusiutuu hyvin hitaasti, korjausrakentaminen on välttämätön väline kannan laadulliseen kehittämiseen.

Maassamme on noin kolme miljoonaa rakennusta. Omakotitaloja ja muita 1 - 2 asunnon käsittäviä rakennuksia on runsas miljoona kappaletta sekä rivi- ja asuinkeuhkorakennuksia noin 123 000 kappaletta. Lomarakennuksia on noin 470 000 kappaletta. Palvelurakennusten kokonaismäärä on noin 90 000

kappaletta. Niihin kuuluvia ovat liike- ja toimistorakennukset, opetus- ja hoitorakennukset sekä kokoontumisrakennukset. Teollisuus-, varasto- ja liikenerakennuksia on noin 50 000. Lisäksi maassamme on piha- ja talousrakennuksia sekä muita rakennuksia noin 1,2 miljoonaa.

Kolme neljäsosaa Suomen asuin- ja palvelurakennuskannasta on rakennettu vuoden 1960 jälkeen ja yli 40 prosenttia vuoden 1980 jälkeen (Kuva 1). Maamme rakennuskanta on siis varsin nuori.

[3, s. 9.]



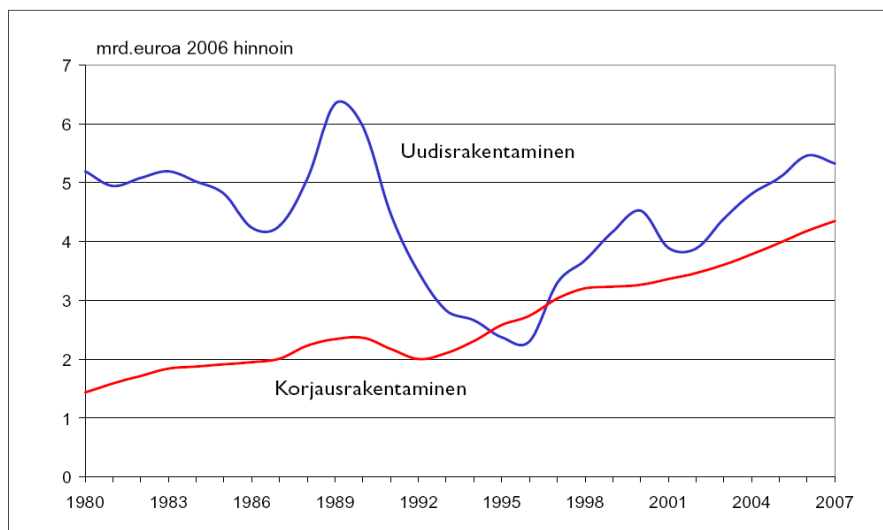
Kuva 1. Suomen rakennuskanta valmistumisvuoden mukaan [3, s. 9].

2.3 Korjausrakentamisen tarpeen kasvu Suomessa

Korjausrakentamisen määrä on kasvussa Suomessa. Rakentamisen painopiste on siirtymässä uudisrakentamisesta rakennusten ylläpitoon ja korjausrakentamiseen. Rakennuskannan ylläpito- ja korjaustarvetta synnyttävät mm. rakennusten ja niiden laitejärjestelmien tekninen vanheneminen ja kuluminen, laadullinen ja palvelukyvyllinen vanheneminen, tilatarpeiden ja rakennusten käyttötarkoituksen muutokset, virheelliset korjaukset, energiatehokkuuden parantaminen sekä esteettömyyden kehittäminen.

Korjausrakentamiseen käytetty rahamäärä vuonna 2006 oli noin 7 miljardia euroa, mikä vastaa tällä hetkellä suunnilleen puolta koko talonrakentamisen arvosta. Asuinrakennusten osuus on yli puolet korjausrakentamisesta. Esi-

merkiksi asuinkerrostalokannassa korjaustoiminnan määrä kasvaa huomattavasti kun 1960- ja 1970-luvuilla rakennettu asuinkerrostalokanta tulee peruskorjausikään (n. 35 - 45 vuoden iässä). Korjausrakentamisen ja uudisrakentamisen suhde asuinrakennuskannassa vuosina 1980 - 2007 on nähtävissä kuvassa 2.



Kuva 2. Korjausrakentamisen ja uudisrakentamisen suhde asuinrakennuskannassa [3, s. 10].

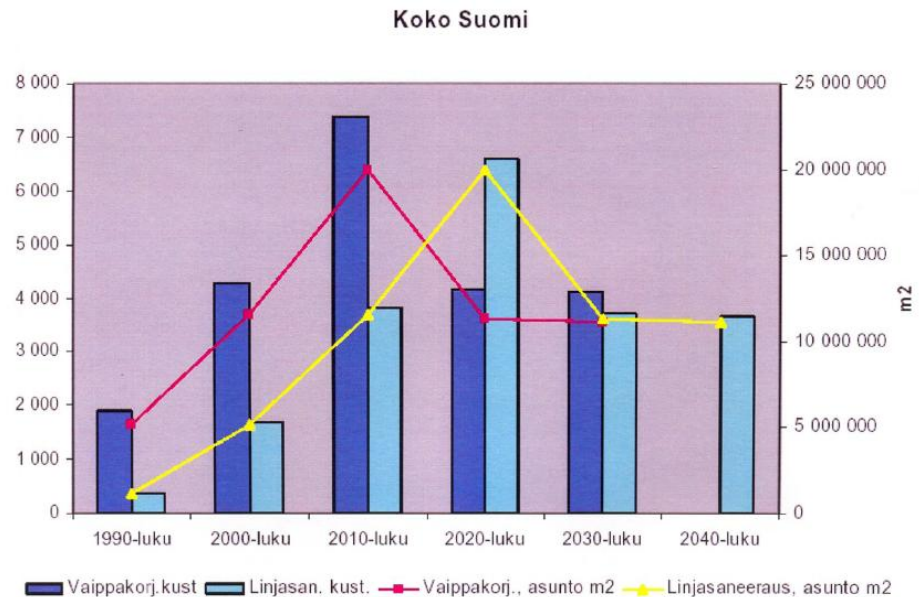
Koko asuntokannan korjaustarpeen arvioidaan olevan 2006 - 2015 noin 1,8 miljardia euroa vuosittain ja 2016 - 2025 noin 1,9 miljardia euroa vuosittain. Asuntokannan korjaustarve kasvaa ajanjaksolla 2006 - 2015. Asuinkerrostalojen korjaustarpeen arvioidaan kasvavan eniten, lähes 30 %. Ajanjaksolla 2016 - 2025 kasvaa omakotitalojen ja rivitalojen korjaustarve edelleen, mutta asuinkerrostalojen korjaustarve pysyy ennallaan.

Korjaamisen määrä ja rakenne ovat kiinteistö- ja asunto-osakeyhtiöissä varsin erilaisia. Vuokra-asuntoja sisältävissä kiinteistöosakeyhtiöissä tehdään laajoja kertaluonteisia peruskorjauksia ja -parannuksia, asunto-osakeyhtiöissä pienempiä korjauksia. Yleensä ottaen asunto-osakeyhtiötilojen korjaustarpeen arvioidaan olevan suurempi kuin julkisten ja yleishyödyllisten kiinteistönomistajien hallussa olevien vuokratalojen.

[3, s. 10.]

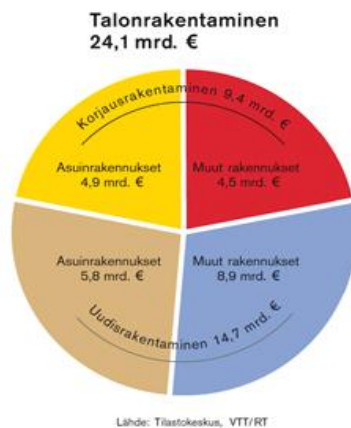
2.4 Korjausrakentamisen volyymi ja sen kehittyminen

Korjausrakentamisen markkinoiden kehittyminen koko Suomessa on nähtävissä VTT:n tekemässä kuvassa 3 koskien rakennusten vaipan korjauksia ja linjasaneerauksia nyt ja tulevaisuudessa [4].



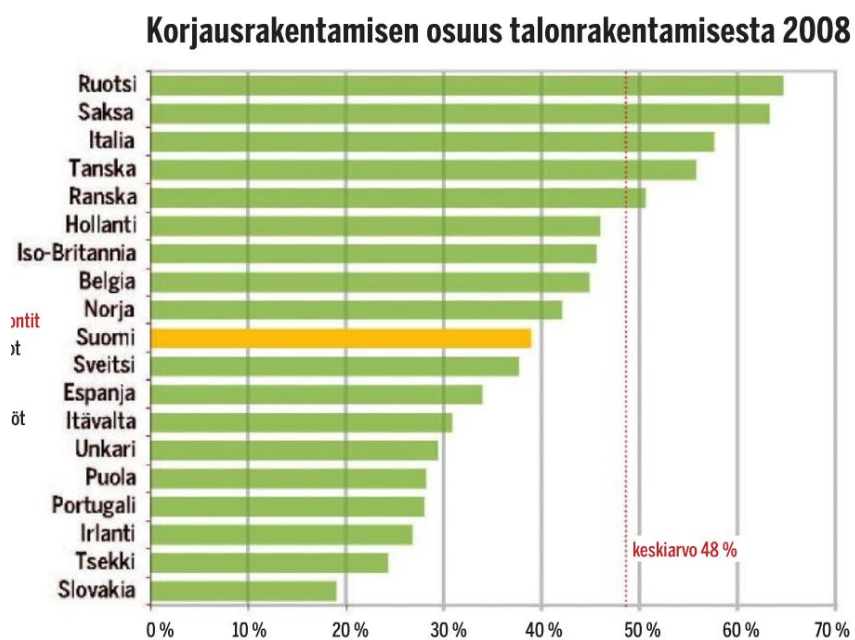
Kuva 3. Korjausrakentamisen markkinoiden kehittyminen [4].

Talonrakennustöitä käynnistettiin vuonna 2008 runsas 41 miljoonaa kuutiometriä eli viidennes vähemmän kuin edellisellä vuonna. Talonrakentamisen arvo oli 24,1 miljardia euroa vuonna 2008. Summa jakautui siten, että 14,7 miljardia euroa oli uudisrakentamista ja 9,4 miljardia euroa korjausrakentamista (Kuva 4). [5.]



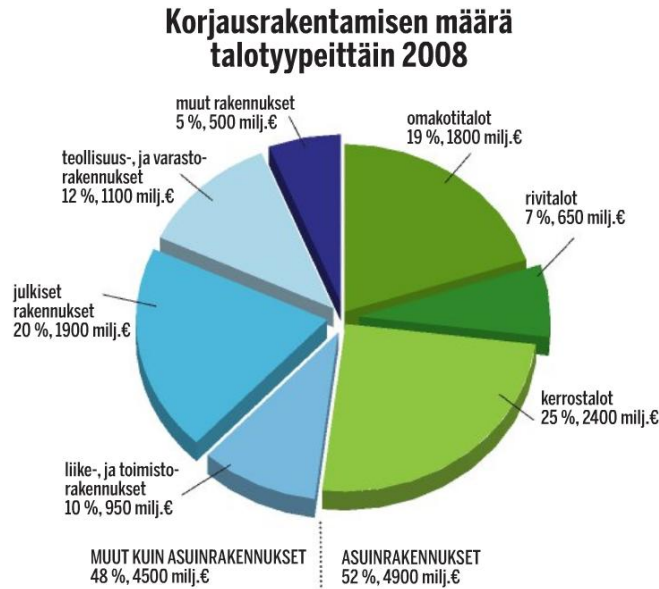
Kuva 4. Talonrakentaminen Suomessa 2008 [5].

Korjausrakentaminen kasvoi vuonna 2008 uudistalonrakentamisen viikkauuden vuoksi hieman pitkän aikavälin trendiä vähemmän eli 2 prosenttia ja oli arvoltaan 9,4 miljardia euroa. Korjausrakentamisen osuus talonrakentamisesta oli Suomessa vajaat 40 prosenttia (Kuva 5). [5.]



Kuva 5. Korjausrakentamisen osuus talonrakentamisesta 2008 [6, s. 12].

Korjausrakentamisen määrä talotyypeittäin 2008 oli asuinrakentamiseen 52 % ja muut kuin asuinrakennukset 48 % (Kuva 6) [5].



Kuva 6. Korjausrakentamisen määrä talotyypeittäin 2008 [6, s. 12].

Korjausrakentamisen määrän arvioidaan vuosina 2009 - 2010 kasvavan 2,5 - 3 prosenttia vuodessa ja sen osuus mennee uudistalonrakentamisen ohi. Erityisesti asuinrakennusten korjausrakentamista tukevat kotitalousvähen-nyksen korotuksen ja asunto-osakeyhtiöiden korjausavustuksen kaltaiset valtion elvytystoimet. Kokonaisuudessaan korjausrakentamisen kasvulukuja voi vetää alaspäin toimistorakennusten korjaamisen voimakas lasku. [5.]

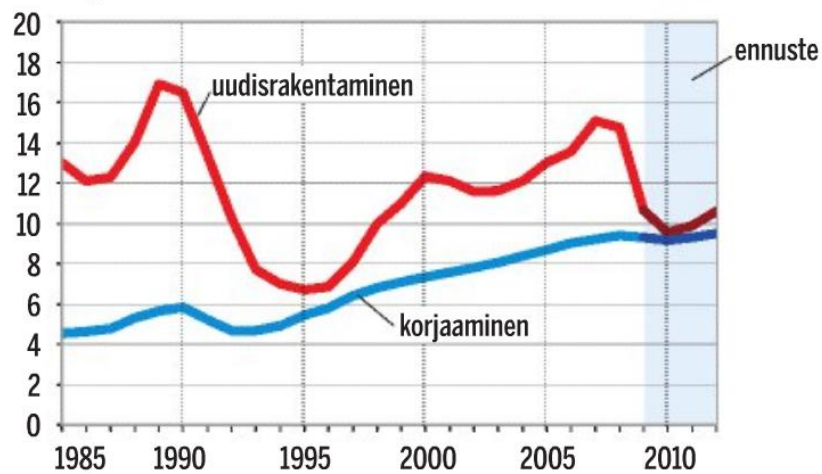
Uudet, vuoden 2010 alussa voimaan tulevat energiamääräykset aktivoivat matalaenergiarakentamista. Rakennusalan suurimmat haasteet lähivuosina ovat paitsi toimintojen sopeuttaminen totuttua merkittävästi alempaan kysyntään myös ilmastonmuutoksen torjunnan tuomat vaatimukset energiansäästöön sekä rakennuskannan ikääntymisen tuomat vaatimukset kehittää korjausrakentamista. [5.]

Korjausrakentamisen kasvu näkyy myös työllisyydessä. Korjaaminen työllistää jo 80 000 rakentajaa koko talonrakentamisen 155 000 hengestä. Korjausrakentamisen ammattilaisten työllisyys on parantunut jopa korjausraken-

tamisen markkinoiden kasvua voimakkaammin. Yksi syy tähän on siinä, että ammattilaisten tekemien korjausten osuus on kasvanut 1980- ja 1990-luvulta lähtien suhteessa omana työnä tehtäviin remontteihin. Korjaaminen ei kuitenkaan kykene työllistämään kaikkea uudisrakentamisesta nyt vapautunutta työvoimareserviä (Kuva 7). [6, s. 12.]

Talonrakentaminen Suomessa

miljardia euroa vuoden 2008 hinnoin



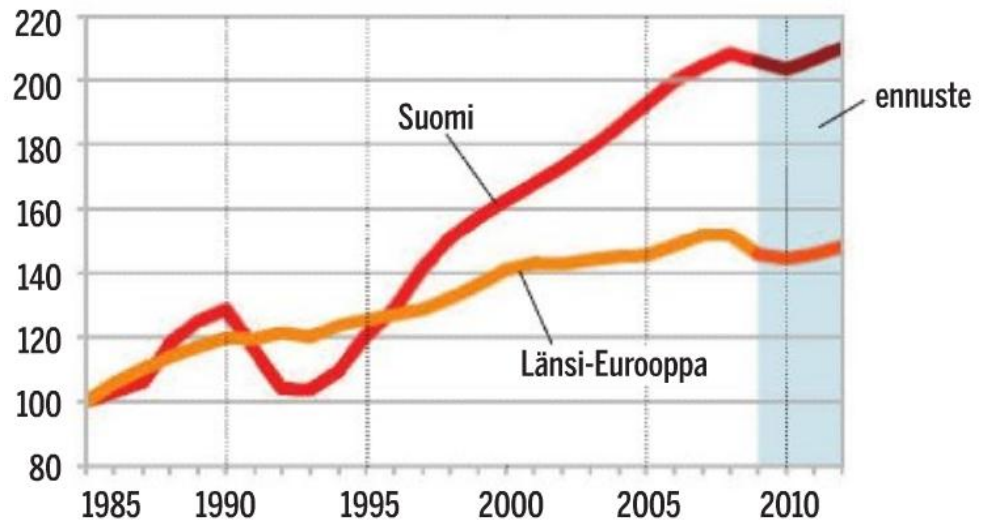
Kuva 7. Talonrakentaminen Suomessa [6, s. 12].

Korjaaminen on rakentamisen laman vuoksi maailmalla laskussa, vaikkakin lasku on pienempää kuin uudisrakentamisessa. "Rakennuksiin kohdistuvien energiavaatimusten odotetaan nostavan lähivuosina korjausrakentamisen taas selvään kasvuun", asiakasjohtaja Pekka Pajakkala VTT:stä sanoo. [6, s. 12.]

Pajakkalan mukaan Suomen korjausrakentamisen trendinomainen, nopea kasvu on poikkeuksellista (Kuva 8). Sitä selittää maamme muita maita hitaampi kaupungistuminen ja sen myötä rakennuskantamme nuoruus. [6, s. 12.]

Talojen korjausrakentaminen

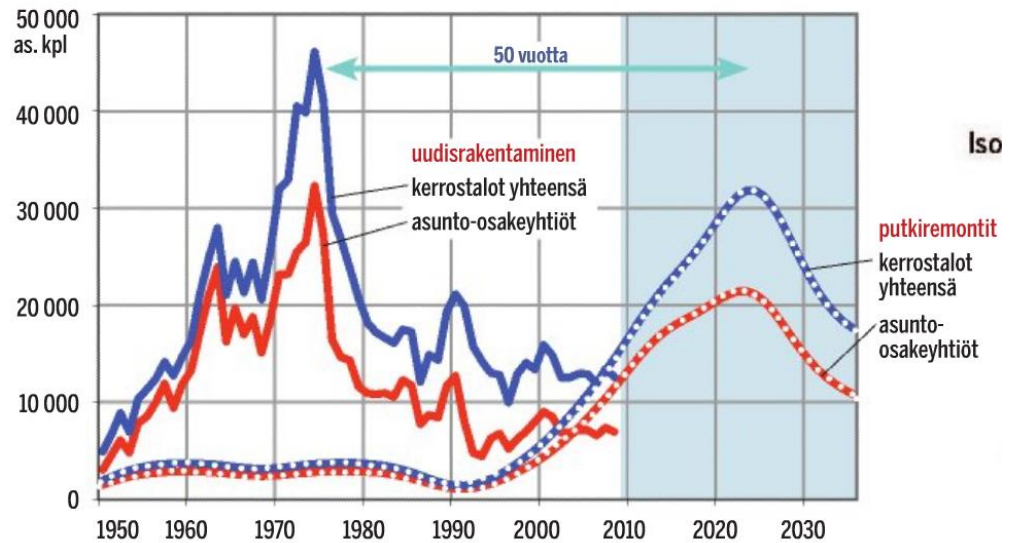
volyyymi-indeksi 1985 = 100



Kuva 8. Talojen korjausrakentaminen [6, s. 12].

Korjaaminen sisältää monia trendejä. Esimerkiksi putkiremontit kasvavat selvästi keskimääräistä nopeammin, sillä 1960 - 1970 -lukujen valtava asuntorakennuskanta on tullut tai tulossa peruskorjausikään (Kuva 9). Talotekniikassa ei riitä pelkkä korjaaminen vaan myös tasoa pitää nostaa nykypäivän vaatimusten mukaisiksi. Sama koskee myös vaippaan kohdistuvia energia-korjauksia. [6, s. 12.]

Kerrostaloasunnot rakennuskannassa 2008 ja putkiremonttien tarve



Kuva 9. Kerrostalot rakennuskannassa 2008 ja putkiremonttien tarve [6, s. 12].

Korjausrakentamisen osuus bruttokansantuotteesta on Suomessa EU-maista neljänneksi korkein, noin viisi prosenttia. Tanskassa panostus on yli kaksinkertainen. Ruotsissa, Saksassa, Italiassa ja Tanskassa korjaaminen on ollut jo pitkään uudistalonrakentamista suurempaa. [6, s. 13.]

Pajakkalan mukaan yllättävintä rakentamisen kansainvälisessä vertailussa on se, että Suomi oli vuonna 2008 paitsi toimitilarakentamisessa myös toimittilojen korjaamisessa suhteessa bruttokansantuotteeseen EU:n ykkönen. Silti korjaamisen osuus toimitilarakentamisesta oli meillä vain 33 prosenttia, kun EU:n keskiarvo oli 40 prosenttia ja esimerkiksi Ruotsissa 70 prosenttia. Samoin kuin asuntorakentamisessa Ruotsissa toimistojen korjaaminen on jo vuosikymmeniä ollut uudisrakentamista suurempaa. [6, s. 13.]

Korjausrakentamisen tilastointi ei ole meillä yhtä kattavaa ja nopeaa kuin uudisrakentamisen. VTT aikoo paikata aukkoa käynnistämällä tutkimuksen, jossa korjausrakentamisen tarpeita kartoitetaan vuoteen 2030. Samalla se pohtii yhdessä Tilastokeskuksen kanssa korjausrakentamisen tilastoinnin parantamisen tarvetta. [6, s. 13.]

2.5 Korjausrakentamisen tarve taloyhtiössä Suomessa

Taloyhtiöiden korjausrakentaminen on selvässä kasvussa. Tätä ovat eniten vauhdittaneet lisääntyneet korjaus- ja energia-avustukset, materiaalien ja työn suotuisa hintakehitys sekä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden saataavuus. Tiedot ilmenevät Rakennuslehden, Kiinteistöliiton ja Suomen Kiinteistölehden tekemästä ensimmäisestä korjausrakentamisen barometrikyselystä, joka toteutettiin maaliskuun lopulla 2009.

Barometrin mukaan välttämättöminä korjauskohteina taloyhtiöissä pidetään vesi- ja viemärijärjestelmiä, huoneistojen märkätiloja, ikkunoita ja ulko-ovia, julkisivuja ja lämmitysjärjestelmiä. Näistä vain osalla on vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen.

Eniten taloyhtiöissä korjataan julkisivuja, piharakenteita, ikkunoita ja ovia, vesi- ja viemärijärjestelmiä, huoneistojen märkätiloja ja parvekkeita. Kaikkein vähiten korjataan lämmitysjärjestelmiä, yleisiä tiloja, ilmanvaihtojärjestelmiä, sähkö- ja tietojärjestelmiä, perustuksia ja hissejä.

Taloyhtiön kuntoa on selvitetty pääasiassa kuntoarviolla, kuntotutkimuksilla tai muulla tavoin. Sen sijaan energiakatselmus oli tehty vain joka kahdeksanteen yhtiöön, missä olisi selkeästi parantamisen varaa. Kyselyn mukaan esimerkiksi vuonna 2006 lanseerattu tähtiluokitus-järjestelmä ei ole lyönyt itseään läpi, ainoastaan kolmella prosentilla taloyhtiöistä oli kuntotodistus (Kuva 10).



Kuva 10. Miten taloyhtiön kuntoa on selvitetty [7, s. 11].

"Yllättävää on, että vastoin yleistä käsitystä taloyhtiöt teettävät tutkimuksia ennen kuin alkavat valmistella remontteja. Toinen positiivinen havainto on, että korjaushankkeita on jo runsaasti meneillään eri vaiheissa. Barometri indikoi selvästi, että korjauksia tehdään runsaasti ja avustukset purevat", Kiinteistöliiton tutkimusjohtaja Mauri Marttila toteaa.

Taloyhtiöiden luottamusmiehillä ja isännöitsijöillä on varsin yhteneväiset näkemykset korjausprosessin kehittämistarpeista. Vastaaajista 23 prosenttia piti suurimpana kehittämiskohteenä asukasviestintää ja asukkaiden tiedonsaantia. Seuraavina olivat rakennuttajan ja urakoitsijan välinen yhteistyö, valvonta ja rakennustarkastukset, suunnittelu- ja sopimusasiakirjat sekä rakennuttajan ja suunnittelijan välinen yhteistyö (Kuva 11).

[7, s. 10.]



Kuva 11. Mitkä ovat suurimmat kehittämistarpeet korjausprosessin osalta [7, s. 11].

3 KORJAUSRAKENNUSHANKE

Korjausrakentamisen toteuttamisen onnistumisen edellytyksenä on järjestelmällisesti etenevä rakennushankeprosessi, jossa tiedostetaan kaikki keskeiset hankkeeseen liittyvät tehtävät ja joka organisoidaan siten, että kaikki olennaiset tehtävät tulevat tehtyä oikeassa järjestyksessä ja oikeaan aikaan.

Tässä luvussa kuvataan korjausrakennushankkeen lähtökohtia ja hahmotetaan hankkeen kulkua sen eri osapuolet ja vaiheet huomioon ottaen. Lisäksi tarkastellaan korjausrakennushankkeeseen liittyviä tutkimuksia ja hankkeen kustannuksia.

3.1 Korjausrakennushankkeen lähtökohdat

3.1.1 *Hankkeen määritelmä*

Talonrakennushankkeen kuten korjausrakennushankkeen tarkoituksena on tuottaa tiettyä toimintaa palveleva tila. Talonrakennushankkeella tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen tarvittavan tilan aikaansaamiseksi. Rakennushanke alkaa, kun tila päätetään hankkia rakentamalla, ja päättyy, kun rakennettu tila otetaan käyttöön.

Hankkeen tuloksena syntyvää rakennusta tai tilaa sanotaan hankkeen lopputuotteeksi. Hankkeen lopputuote voi olla uudisrakennus tai korjausrakennettu tila. [8, s. 2.]

3.1.2 *Hankkeen tarve ja perusteet*

Korjausrakentamishankkeen lähtökohtana on olemassa oleva rakennus, sen ominaisuudet, arvot sekä rakennuksen käyttäjät tai asukkaat.

Tarve vanhan rakennuksen korjaamiselle voi syntyä mm. seuraavista syistä:

- Rakennuksen käyttötarkoitus voi olla muuttunut siten, että nykyiset tilat eivät palvele tarpeita.
- Rakennuksien ominaisuudet jäävät jälkeen uusien rakennusten tasosta, jolloin käyttäjien tyytymättömyys nykyisiin tiloihin kasvaa.
- Rakennuksen kunnossapitoa on laiminlyöty.
- Rakennuksen osat tai järjestelmät ovat saavuttaneet elinkaarensa pään.
- Rakennuksessa on havaittavissa erilaisia vaurioita.
- Rakennus ei tarjoa enää terveellistä ja turvallista työympäristöä.

- Rakennuksen käyttötarkoitus on muuttunut.
- Jokin muu syy, jonka takia rakennuksen laatutasoa halutaan parantaa. [9, s. 25.]

Korjaus- ja muutostöissä sovelletaan korjausajankohdan rakentamismääräyskokoelman määräyksiä - ellei niissä nimenomaan toisin määrätä - vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät. [10.]

Korjaustyössä on luontevaa tavoitella uudisrakentamisen tasoa, jos korjaustyö johtuu todetusta turvallisuus- ja/tai terveystaitasta tai mitä enemmän rakennuksen käyttötarkoitusta muutetaan. Rakennusta tai rakennusosaa ei kuitenkaan tarvitse korjata yksinomaan siitä syystä, että ne eivät täytä nykyisiä määräyksiä. [10.]

3.1.3 Hankkeen teettäminen

Korjausrakentamisessa rakennuttaminen on korjausten teettämistä ja korjaushankkeen vetämistä. Taloyhtiössä hallitus tai isännöitsijä yleensä toimii rakennuttajana. Pientalossa voi toimia itse rakennuttajana tai palkata ammattirakennuttajan. Rakennuttaja huolehtii korjaussuunnitelmien tilaamisesta, tarjouspyynnöistä ja sopimuksista ja valvoo osaltaan rakennustyön toteutumista.

Ammattitaitoiset, luotettavat ja vanhoihin rakennuksiin perehtyneet ammattilaiset ovat tärkeitä korjaushankkeen onnistumisessa. Hyvien suunnittelijoiden ja rakentajien löytämiseksi kannattaa nähdä vaivaa. Korjauskeskuksilla ja maakuntamuseoiden rakennustutkijoilla on yleensä yhteyksiä alueensa tekijöihin. Tuttavien suosituksiakin voi hyödyntää, jos kyseessä ovat olleet vastaavat korjaustyöt. [11.]

Korjaustyöt voidaan teettää urakkana tai tuntityönä. Urakalla tehtäväksi sopivat sellaiset työvaiheet, jotka on helppo määritellä etukäteen. Korjaustöitä kuitenkin teetetään usein tuntityönä, koska piilossa olevia rakenteita ja vaurioita ei voi tarkasti arvioida etukäteen. [11.]

Korjaustöistä on aina tehtävä kirjallinen sopimus, esimerkiksi pienurakkasopimus. Rakennuslupaa vaativissa toimenpiteissä täytyy olla nimettynä vastaava työnjohtaja (eli mestari), mutta hyvä työnjohtaja on suuri apu muillakin työmailla. Rakennuttajan on huolehdittava työmaan turvallisuudesta ja siis-

teydestä. Korjaustyötä on myös valvottava. Vaativissa korjaustöissä ja teknisten järjestelmien (LVIS) korjauksissa kannattaa aina palkata ammattivalvoja. [11.]

3.2 Korjausrakennushankeen organisointi

3.2.1 Korjausrakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet

Toimenpiteitä ja tehtäviä, joista rakennushanke koostuu, voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Ensiksi: rakennushankkeessa tarvitaan monenlaisia ammattitaitoa. Tästä lähtökohdasta tehtävät muodostavat kokonaisuuksia, joita voidaan kutsua hankkeen osapuolten tehtäviksi. Toiseksi: rakennushankkeessa on tehtäväkokonaisuuksia, joissa pyritään tiettyyn välitavoitteen - päätökseen - hankkeen kulussa.

Talonrakennushankkeen osapuolet määritellään tässä seuraavan tehtäväjon mukaan:

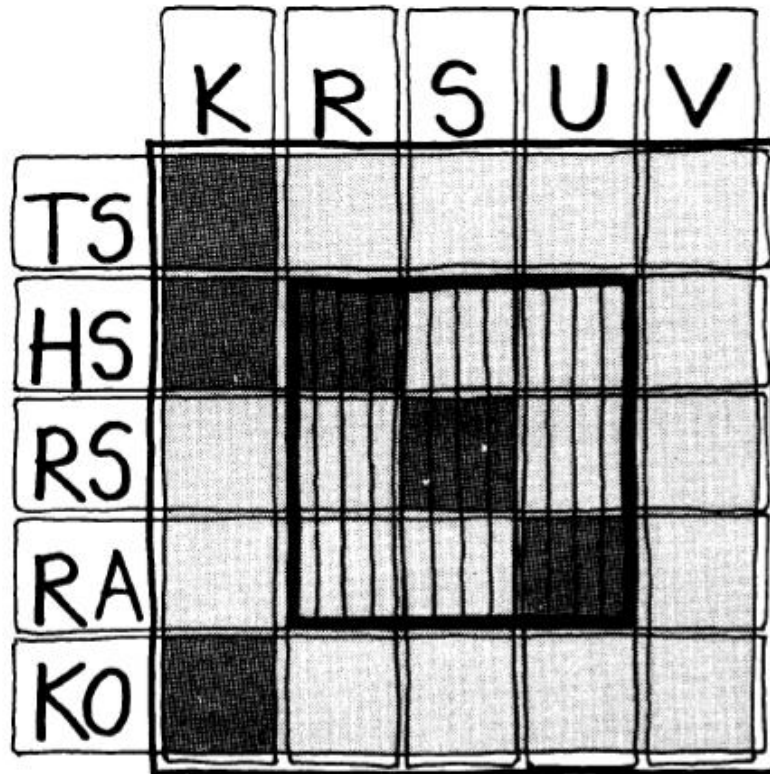
- rakennukseen sijoittuvan toiminnan asiantuntemus: **käyttäjä K**
- hankkeen läpivienti: **rakennuttaja R**
- lopputuotteen suunnittelu: **suunnittelija S**
- rakentamistehtävät: **rakentaja U**
- yhteiskunnan valvontatehtävät: **viranomainen V**.

Hankkeen vaiheet määritellään tässä seuraavasti jaoteltuina, hankkeen etenemisessä tarvittaviin päätöksiin liittyen:

- **tarveselvitys TS** (hankesuunnittelupäätös)
- **hankesuunnittelu HS** (investointipäätös)
- **rakennussuunnittelu RS** (rakentamispäätös, urakkasopimus)
- **rakentaminen RA** (vastaanottopäätös)
- **käyttöönotto KO** (takuutarkastus).

Näitä tehtäväkokonaisuuksia kutsutaan tässä hankkeen vaiheiksi. Kuva 12 havainnollistaa hankkeen tehtäväkokonaisuuksien muodostumista.

[8, s. 2.]



Kuva 12. Hankkeen tehtävien kokonaisuus ja sen muodostuminen osapuolitehtävistä ja vaihetehtävistä. Viivoitetulle alueelle osuvat hanketta varten perustettavan toteuttamisorganisaation tehtävät. Tummennukset osoittavat karkeasti tehtävien ajallista painottumista [8, s. 2].

3.2.2 Korjausrakennushankkeen osapuolet

Tehtävien jakaantuminen hankkeessa eri henkilöille ja tehtävien suorittajille asetettavat ammattitaitovaatimukset vaihtelevat hankekohtaisesti hankkeen luonteesta, laajuudesta, kestosta tms. riippuen. Mitä laajempi ja vaativampi hanke on, sitä pitemmälle tehtävät eriytyvät ja hankkeeseen osallistuvien joukko kasvaa. Suppeassa hankkeessa yksi henkilö voi hoitaa kaikki tehtävät. Laajan hankkeen eri vaiheissa osapuoli voi olla yksi henkilö, työryhmä tai organisaatioyksikkö ja osapuolen kokoonpano voi muuttua - täydentyä tai supistua - hankkeen edetessä. Vaikka tehtävien suorittajien määrä ja vastualue hankekohtaisesti vaihtelee, toistuvat kaikissa hankkeissa jossain muodossa samat tehtävät ja hankkeen osapuolten väliset suhteet. [8, s. 3.]

Käyttäjä

Käyttäjä edustaa rakennushankkeen osapuolena sen toiminnan asiantunte-
mista, jonka tilantarvetta varten hanke perustetaan. Käyttäjän esittämät toi-
minnalliset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet ovat lähtökohta hankkeelle.
Hankkeen muiden osapuolten ammattitaito varmistaa käyttäjätarpeiden to-
teutumisen. [8, s. 5.]

Rakennuttaja

Rakennuttaja on hankkeen toimeenpaneva osapuoli, joka käynnistää hank-
keen ja hoitaa hankkeen läpiviennin. Rakennuttaja vastaa siitä, että käyttäjä
saa käyttöönsä tarpeittensa mukaiset tilat. Rakennuttamistehtävästä huoleh-
tii siihen perehtynyt organisaatio tai henkilö. Kokemuksestaan riippuen käyt-
täjä voi toimia rakennuttajana itse. [8, s. 6.]

Suunnittelija

Suunnittelija vastaa rakennuksen tuotesuunnittelusta. Suunnittelijaosapuoli
muodostuu suunnittelijaryhmästä, jossa on edustettuna eri alojen suunnitte-
luasiantuntemus. Hankkeen koosta ja luonteesta riippuen suunnittelutehtä-
vät rajautuvat ja painottuvat hankkeelle luonteenomaisesti ja tehtäviä hoita-
maan pyritään valitsemaan kulloinkin tarkoituksenmukaisin, yhteistyökykyi-
nen ryhmä. [8, s. 7.]

Rakentaja

Rakentaja on rakennushankkeen osapuoli, joka rakennuttajan toimeksian-
nosta vastaa lopputuotteen konkreettisesta tuottamisesta, rakennuksen ra-
kentamisesta [8, s. 8].

Rakennuttajan omista resursseista ja rakennushankkeen luonteesta riippuen
urakointimenetelmät, maksuperusteet, suoritusvelvollisuudet ja alistamissuh-
teet vaihtelevat. Rakennuskohteesta riippuen rakentaminen voidaan toteut-
taa kokonaishintaurakkana, urakat voidaan jakaa osiin tai voidaan käyttää
muita urakatapoja. [8, s. 8.]

Pääsääntöisesti urakoitsija pyritään valitsemaan urakkakilpailulla. Raken-
nusurakan eri osapuolten ja näiden edustajien välinen asema, tehtävät, vas-

tuu ja velvollisuudet sovitaan yksityiskohtaisesti urakkasopimuksessa, urakkaohjelmassa ja sen urakkarajaliitteessä. [8, s. 8.]

Viranomaiset

Viranomaiset valvovat suunnittelua ja rakentamista lakien, asetusten, erias- teisten kaavojen, yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien pohjalta [8, s. 9].

Viranomaistoiminnan päävastuu on rakennusvalvonnalla. Oma tärkeä osuu- tensa valvonnassa on yksityiskohtaisella kaavoituksella ja kaavallisista läh- tökohdista lähtevällä ohjauksella. Myös mm. terveys-, palo- ja työsuojeluvir- anomaiset osallistuvat omaan vastuualueeseensa liittyvään valvontaan. [8, s. 9.]

Rakennusvalvonnassa huomiota kiinnitetään rakennuksen teknilliseen toimi- vuuteen, turvallisuuteen ja terveellisyyteen sekä itse rakennustyön suoritta- miseen. Rakennusvalvontaa suoritetaan suunnitelmien ennakkotarkastuksin ja rakennuspaikalla pidetyin katselmuksin ja tarkastuksin. Viranomaisval- vonnan määrä ja tarkkuus on osittain riippuvainen rakennuttajan oman val- vonnan pätevyydestä. [8, s. 9.]

3.3 Korjausrakennushankkeen kulku

3.3.1 Hankkeen vaiheet

Korjaushankkeiden lähtökohdana ovat yleensä tilaajan toiminnalliset ja talou- delliset tarpeet sekä myös rakennuksen heikentynyt kunto.

Missään rakennustyypeissä tarpeiden määrittely ei ole itsestään selvyyttä. On yleistä, että käyttäjien tarpeita ei ole selkeästi määritetty. Toisena ongelmana voi olla tarpeiden ja talouden ristiriita. Rakennuksissa, joissa harjoitetaan lii- ketoimintaa, tilaajan ja käyttäjän tulisi pystyä ennustamaan toimintansa ke- hittymistä useiksi vuosiksi eteenpäin. Rakennuksen piilevät viat ja korjaus- tarpeet on selvitettävissä vain kuntotutkimuksilla.

Käyttäjien vaatimukset tilojen laadulle, toiminnallisuudelle, muuntojosta- vuudelle ja elinkaariedullisuudelle kasvavat koko ajan. Näihin liittyvien tavoit- teiden selvittämistä varten on tehtävä aluksi hankesuunnitelma.

[9, s. 25.]

Hankkeen vaiheet määritellään seuraavasti jaoteltuina, hankkeen etenemisessä tarvittaviin päätöksiin liittyen:

- tarveselvitys TS (hankesuunnittelupäätös)
- hankesuunnittelu HS (investointipäätös)
- rakennussuunnittelu RS (rakentamispäätös, urakkasopimus)
- rakentaminen RA (vastaanottopäätös)
- käyttöönotto KO (takuutarkastus).

Tarveselvitysvaiheessa selvitetään ja arvioidaan hankkeeseen ryhtymisen tarpeellisuutta, edellytyksiä ja mahdollisuuksia. Tulokset kootaan tarveselvitykseksi, joka määrittelee hankkeen perusolemuksen. Kunnolla tehty tarveselvitys kartoittaa tilaajan ja käyttäjän tarpeet. **Perusteellisella kuntoarviolla saadaan korjausaste määritettyä realistiseksi, jolloin rakentamisvaiheen yllätyksiltä voidaan välttyä.** Tarveselvityksen pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös.

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään ja arvioidaan yksityiskohtaisesti hankkeen toteuttamistarpeet, toteuttamismahdollisuudet ja vaihtoehtoiset toteuttamistavat. Tulokset kootaan hankesuunnitelmaksi, jossa toteuttamistavalle ja lopputuotteelle asetetut laajuus- ja laatuavoitteet kiinnittävät hankkeen kustannustason ja aikataulun.

Korjausrakentamisen hankesuunnittelussa on **kuntotutkimuksella ja sen johtopäätöksillä ratkaiseva merkitys hankkeen kustannusten muodostumiselle**, joten sekä **rakenteiden että talotekniikan kuntotutkijoiden liittäminen** hankesuunnitteluorganisaatioon on **välttämätöntä** [9, s. 31].

Hyvin tehdyllä hankesuunnittelulla voidaan hankkeen tavoitteet ja kustannuspuite asettaa oikeaksi. Lisäksi se mahdollistaa myös hankkeen monipuolisemman kilpailuttamisen, erilaisten toteutusmuotojen valinnan ja moniarvoisten valintakriteerien käytön (mm. hinta, kokonaistaloudellisuus, laadun tuottokyky ja projektinjohtotapa). Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös.

Rakennussuunnitteluvaiheessa kehitetään hankesuunnitelman pohjalta lopputuotteen arkkitehtoninen ratkaisu, tekniset järjestelmät ja toteuttamistapa. Tuotesuunnittelun ollessa riittävän pitkällä päätetään urakointitapa, val-

mistellaan rakennusurakat, tehdään rakentamispäätös ja solmitaan urakkasopimukset.

Rakentamisvaiheessa hankkeen suunniteltu lopputuote rakennetaan. Rakentamisvaihe alkaa, kun rakentamisesta tehdään urakkasopimus. Vaihe päättyy rakennuksen vastaanottopäätökseen.

Käyttöönottoaiheessa perehdytetään käyttäjät rakennuksen käyttöön ja käynnistetään rakennukseen aiottu toiminta. Hankkeen vaiheena käyttöönottoaihe päättyy takuutarkastukseen.

3.4 Hankkeeseen liittyvät kuntoselvitykset

Kuntotutkimusten ja muiden kiinteistönpitoa tukevien menettelyjen tavoitteena on edistää kiinteistöjen kunnossapitoa ja niiden oikein ajoitettuja ja toteutettuja korjaustoimenpiteitä. Hyvän kiinteistönpidon kokonaisuuteen liittyvät myös eri kuntotutkimusmenettelyt ja rakennusten käyttö- ja huolto-ohjeet.

Kuntoarvio

Kiinteistön järjestelmällisen, taloudellisesti ja teknisesti hallitun kunnossapidon edellytyksenä on tieto kiinteistön kunnosta sekä luotettava ennuste tulevista korjauksista, niiden ajoituksista ja kustannuksista. Ohjelmoitu kunnossapito tuottaa kiinteistölle pitkällä aikavälillä kustannussäästöä. Kuntoarviolla saadaan kokonaiskuva kiinteistöstä tai kiinteistökannasta ja selvitys merkittävimmistä korjaustarpeista ja tarvittavista lisätutkimuksista. Kuntoarvio on syytä tehdä jo alle kymmenen vuotta vanhoille kiinteistöille. Asunto-osakeyhtiöille on myönnetty yleisiä korjausavustuksia sekä kuntoarvioihin että kuntotutkimuksiin. Voimassa olevat avustusehdot kannattaa selvittää kuntien viranomaisilta. Kuntoarvion tavoitteena on kunnossapitosuunnittelun lähtötietojen hankinta. Kuntoarvio ei sisällä kuntotutkimuksen luonteisia perusteellisia selvityksiä, joiden tekemisestä ja sisällöstä tulee kuntoarvion tilaajan ja suorittajien sopia erikseen.

Kuntoarvio on kiinteistön tilojen, rakennusosien, taloteknisten järjestelmien ja ulkoalueiden kunnan aistinvaraista selvittämistä ja korjaustarpeiden yleispiirteinen arviointia sekä niiden määrämuotoista raportointia. Kuntoarviossa tarkastellaan myös sisäolosuhteita ja energiataloutta ja tehdään niihin liittyviä korjausehdotuksia. Kuntoarviolla saadaan kuva kiinteistöstä ja tuodaan esiin

asioiden tärkeysjärjestys. Ensisijaisia ovat turvallisuuteen ja terveellisyys-teen vaikuttavat seikat. Seuraavaksi tärkeimpiä ovat korjauskustannuksiltaan merkittävimpien rakennusosien vauriot sekä pahentuessaan merkittäviä vahinko- ja turvallisuusriskejä aiheuttavat vauriot.

[12, s. 2.]

Kuntotutkimus

Koko rakennukseen kohdistuvalla kunto- ja toimivuusarviolla saadaan hyvä yleiskuva ja selvitetään ne rakennuksen kriittiset osat, joiden korjaussuunnittelu vaatii tarkemman kuntotutkimuksen. Kuntotutkimus on tietyn rakenteen, rakennusosan tai järjestelmän korjaus- tai perusparannussuunnittelun pohjaksi tehtävä tutkimus, jossa erilaisten tutkimusmenetelmien avulla selvitetään rakenteiden kunto, tekninen toimivuus, käytetyt materiaalit, rasisympäristö ja sen vaatima korjaustaso. Kuntotutkimus sisältää seuraavat vaiheet:

- asiakirjoihin ja muuhun materiaaliin tutustuminen
- huoltohenkilökunnan ja käyttäjien haastattelu (mm. käyttäjäkysely)
- aistinvarainen arviointi
- mittaukset, näytteiden otto ja laboratoriotutkimusten teko
- kuntotutkimusraportin laadinta.

Huoltohenkilöstön haastattelun lisäksi kannattaa hankkeessa tehdä käyttäjäkysely. Tällä kyselyllä selvitetään käyttäjien mielipiteet ja käsitykset rakennuksen nykytilasta. Vaikka käyttäjät eivät ole rakennusalan ammattilaisia, he pystyvät antamaan arvokasta tietoa esim. sisäilman laadusta, hajuista, kosteusvaurioiden jäljistä jne. Kuntotutkimuksen laatija kokoaa käyttäjäkyselyistä yhteenvedon, jonka lopputuloksen hän huomioi suunnitellessaan kuntotutkimusohjelmaa.

Kuntotutkimusraporttiin tulee liittää suositukset korjaustavasta. Korjaustavan määrittelemiseen vaati yleensä yhteistyötä kuntotutkijan ja hankkeen rakenne- ja LVIS-suunnittelijoiden kesken.

[9, s. 28.]

Kuntoselvitys

Kuntoselvitys tehdään korjaushankkeen kohteena olevan rakennuksen todellisen kunnan ja teknisen toimivuuden selvittämiseksi. Korjaustarpeen määrittämiseksi on saatava luotettava kuva rakennuksen nykykunnosta ja sen tarvitsemista korjaustoimenpiteistä. Toimenpiteellä estetään ylikorjauksia ja toisaalta vältetään yllätyksiä rakentamisvaiheen aikana, sekä varmistetaan, että vaurioitumisen aiheuttaja on selvitetty ja on korjattavissa.

Kuntoselvitys sisältää **kaikkiin korjattaviin rakennuksen osiin ja teknisiin järjestelmiin kohdistuvat kunto-, ominaisuus- ja käyttökelpoisuusarviot** sekä **yksittäisten rakenteiden kunnan määrittämisen**. Rakennuksen kuntoselvitys kohdistetaan hankkeesta riippuen käsittämään rakennuksen perustukset, rungon, vaipan, täydentävät rakenteet, tekniset järjestelmät, tilat pintarakenteineen, kalusteet, rakennuksen ulkoalueet, sekä rakennuksen käytön ja ylläpitokustannukset.

Rakennuksen käyttöturvallisuuden kartoitus on tehtävä aina kuntoselvityksen yhteydessä. Tämä kattaa myös korjaustyönaikaisen työturvallisuuden suunnittelemiseen tarvittavat perustiedot. Näitä tietoja ovat mm:

- selvitys kaapeleista, putkistoista ja muista rakennelmistä
- asbestikartoitustiedot
- kosteusvauriotiedot
- tiedot haitallisista aineista maaperässä tai rakenteissa.

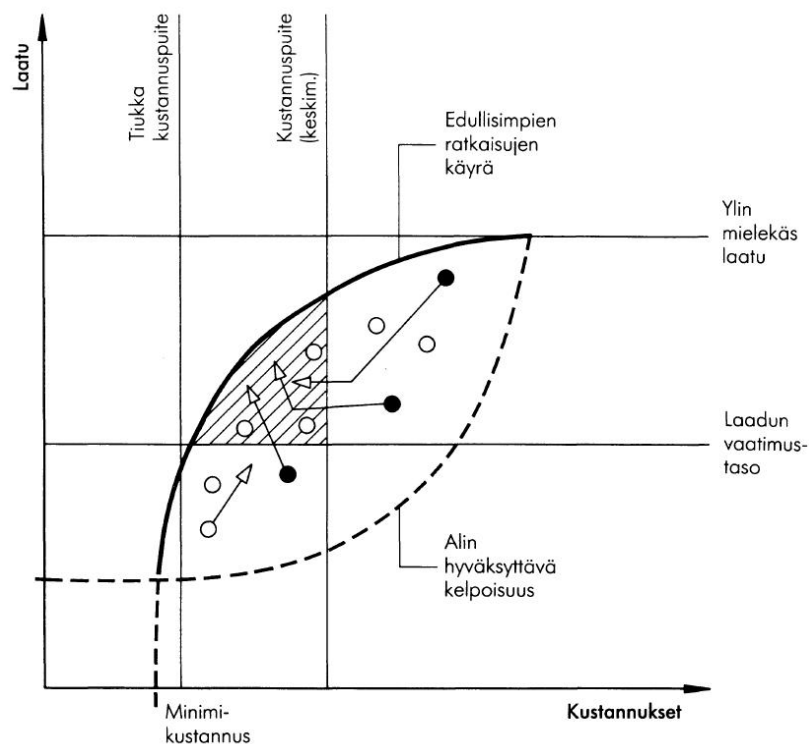
Luotettavan ja kattavan kuntoselvityksen tekemiseen tarvitaan rakenteiden ja teknisten järjestelmien asiantuntijaa, **kuntotutkijaa**. Kuntotutkijaa valittaessa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota ammattitaitoon ja referensseihin. Valintaa tehtäessä on syytä pyytää kokonaishintatarjous kuntoselvityksestä. Lisätutkimuksista ja näytteiden otosta kannattaa kuntotutkijalta pyytää yksikköhintatarjous tai aikaveloituspohjainen tarjous.

[9, s. 27.]

3.5 Korjaushankkeen kustannukset

Korjausrakennushankkeen rakennuskustannukset syntyvät pääosin rakennusaikana, mutta määräytyvät tavoitteiden asettelussa ja rakennussuunnitteluvaiheessa. Hankkeen taloudellisuuden ohjaus perustuu puitteen asettami-

seen ja sen noudattamisen valvontaan. Hyväksytyhän hankesuunnitelman, valitsevien olosuhteiden ja hankkeelle päätöksentekijöiden asettamien muiden vaatimusten perusteella määrätään hankkeen rakennuskustannuksille puitekustannus. Hankkeen kustannuspuite asetetaan siten, että se mahdollistaa riittävän määrän kelpoisuudeltaan hyväksyttävää suunnitteluratkaisuja. Hankesuunnitelman mukaiset tavoitteet ja vaatimukset voidaan toteuttaa erilaisin suunnitteluratkaisuin. Suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutusten mahdolliset erot johtuvat laajuuseroista sekä rakennusosien määrä- ja hintaeroista. Suunnitelmien analysoinnilla pyritään löytämään kehittämismahdollisuuksia, jotka parantavat kelpoisuutta (laatua) samalla kun vähentävät kustannuksia. Kuvassa 13 esitetään laadun ja kustannusten välinen yhteys sekä suunnitelmien kehittämissuunta. [8, s. 22.]



Kuva 13. Laadun ja kustannusten välinen yhteys ja suunnitelmien kehittämissuunta [8, s. 23].

4 LÄMPÖKUVAUS JA SEN MAHDOLLISUUDET KORJAUSRAKENTAMISESSA

Lämpökuvauksessa infrapuna-alueen lämpösäteily muutetaan lämpökameran ilmaisimella lämpökuvaksi. Infrapunasäteilyn tutkimus on luonut pohjan lämpökuvauksen perusteknologian kehittämiseksi.

Sir **Frederick William Herschel** (Liite 1) (15. marraskuuta 1738 - 25. elokuuta 1822) oli saksalaissyntyinen englantilainen amatööritähtitieteilijä ja säveltäjä. Hänet tunnetaan parhaiten Uranuksen, useiden kuiden sekä infrapunasäteilyn löytäjänä että useista muista merkittävistä tähtitieteellisistä havainnoistaan. Hän löysi infrapunasäteilyn vuonna 1800.

Rakennuksia on tutkittu lämpökuvaamalla Suomessa 1970-luvun lopulta lähtien. Lämpökameratekniikka on kehittynyt 1990-luvun alun jälkeen suurin harppauksin eteenpäin. Kameroiden parantunut erotuskyky, koko, paino, kuvankäsittelyominaisuudet sekä oheistuotteena saatavat kuvankäsittelyohjelmisto, sekä hinta ovat mahdollistaneet sen, että nykyisin lämpökuvausta käytetään aikaisempaa yleisemmin rakennusten kuvauksessa. Niistä on tullut varteenotettavia rakentamisen aikanakin käytettäviä rakentamisen laadunvarmistukseen sopivia mittalaitteita. [13, s. 11.]

Tässä luvussa käsitellään lämpökuvausta ja lämpökameraa yleisesti rakenteiden tutkimusmenetelmänä. Sen jälkeen kuvataan lämpökuvauksen käyttöä rakennushankkeissa ja sen soveltuvuutta erityisesti korjausrakentamiseen. Lopuksi luodaan lyhyt katsaus lämpökuvauksen käytön kansainvälisiin kokemuksiin.

4.1 Lämpökuvaus tutkimismenetelmänä

4.1.1 Lämpökuvauksen määritelmä

Lämpökuvaus on ainetta rikkomatonta menetelmä, jolla voidaan arvioida rakennusten, rakenteiden ja rakennusmateriaalien toimivuutta, laatua ja kuntoa. Sitä voidaan käyttää yhtenä tutkimusmenetelmänä sekä uudisrakennusten että vanhojen rakennusten kuntotutkimuksissa. [13, s. 7.]

Lämpökuvauksessa hankitaan ja analysoidaan lämpösäteilyinformaatiota koskettamattomien lämpökuvauslaitteiden avulla.

4.1.2 Lämpökameran tekniikka

Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta luonnostaan lähtevää lämpösäteilyä. Sen ilmaisimien muuttamat kohteen lämpösäteilyvoimakkuuden lämpötilatiedoksi, josta lämpökuva muodostetaan digitaalisesti reaaliajassa. [13, s. 15.] Lämpökuvassa erilämpötilat näkyvät erivärisinä muodostaen havainnollisen kuvan.

Kameran keskeisiä ominaisuuksia ovat kuvan terävyys, ilmaisimen herkkyys ja nopeus sekä optiikan valikoimien laatu ja laajuus. Näiden ominaisuuksien kehittyessä ja parantuessa mahdollistuu nopeampi, laadukkaampi ja tarkempi kuvaaminen.

Lämpökameroita on kahta päätyyppiä: mittaavia ja ei-mittaavia. Mittaavilla lämpökameroilla on useita sovellusalueita. Niitä käytetään mm. kiinteistöjen kuntotarkastuksissa, teollisuuden ennakoivassa kunnossapidossa, lämpöprosessien tutkimuksissa ja lämpökorreloivien vikojen paikantamisessa (Kuva 14). Ei-mittaavia lämpökameroita käytetään yleensä etsintä- ja valvontalaitteina. [14.]



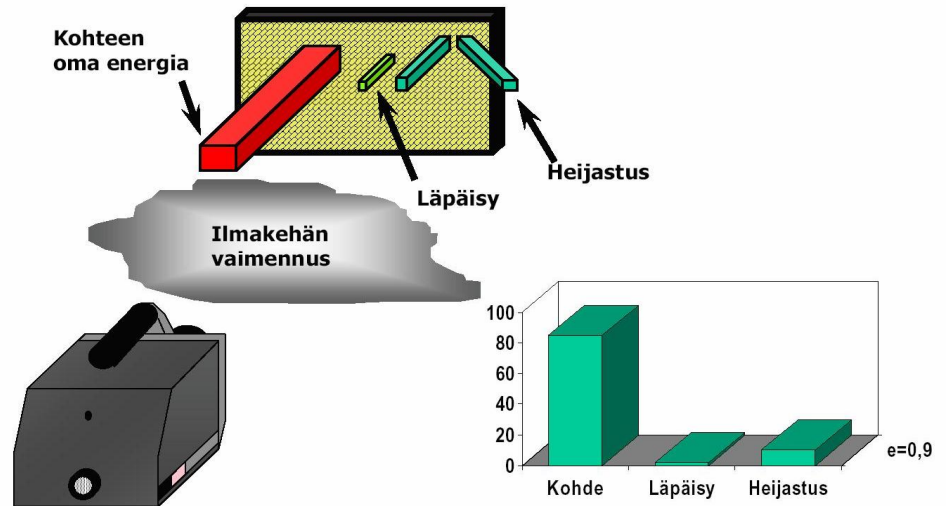
Kuva 14. Mittaava lämpökamera [25].

Uudet lämpökamerat ovat helppokäyttöisiä ja tulokset voidaan tallettaa muistikortille. Tuloksia voidaan analysoida jo kuvaustilanteessa, mutta yleensä jälkikäteen kuvankäsittelyohjelmilla.

Lämpökameran käyttösovelluksia löytyy nyt useammalta alalta kuin koskaan aiemmin. Silti edelleen lähes 90 % maailmassa valmistetuista lämpökameroista menee sotilaalliseen käyttöön. Lämpökamera onkin saanut suurimman osan kehittämistyörahoituksestaan armeijoiden budjeteista. Se on kaikkien tähtäinjärjestelmien ydinkomponentti. Tosin sitä käytetään myös ihmishenki- en pelastamiseen. Muutkin rauhanomaiset sovellukset ovat siinä määrin lisääntyneet, että on oikeastaan vain ajan kysymys, milloin lämpökamera on vakiotyökalu jokaisen kuntotutkijan, korjaussuunnittelijan, -rakentajan ja -valvojan tai rakennusvalvontaviranomaisen työvälineinä kuten kännykät ja kannettavat tietokoneet. Nykyisin lämpökameroissa käytettävä ilmaisintyyppi on käytännössä huoltovapaa ja kestää aktiivista käyttöä mm. työmaaolosuhteissa. Tästä johtuen lämpökamera voi toimia myös korjausrakentamishankkeen merkittävänä lähtötietojen lisääjänä ja parantajana sekä jatkuvassa laadunvalvonnassa koko hankkeen alusta loppuun.

4.1.3 Lämpökuvauksen tekniset perusteet

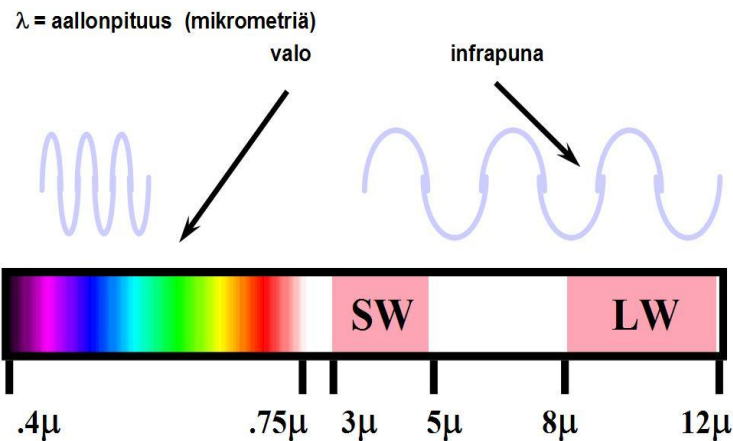
Lämpökamera kuvaa ja mittaa kohteen lähettämää infrapunasäteilyä. Lämpökamera ei lähetä säteilyä vaan se vastaanottaa pinnoista lähtevää lämpösäteilyä ja muuttaa sen lämpökuvaksi. Lämpökameralla ei voi kuvata rakenteen tai esineen läpi. Lämpökameralla mitataan kuvauskohteen pinnasta luonnostaan lähtevää lämpösäteilyä. Pintalämpötilojen mittaus lämpökuvauksella perustuu pintojen lähettämään eli emittoimaan lämpösäteilyyn. Kaikki pinnat lähettävät säteilyä, jonka voimakkuus riippuu pintalämpötilasta ja pinnan emissiokertoimesta, kyvystä lähettää lämpösäteilyä. Lämpökamerat mittaavat tutkittavasta pinnasta tullutta infrapuna-alueen kokonaissäteilyä (Kuva 15), johon sisältyvät myös pinnasta heijastunut säteily sekä joissain tapauksissa pinnan läpi tullut säteily.



Kuva 15. Kappaleen kokonaissäteilyenergia [15]

Kameran mittaamaan säteilyn määrään ei vaikuta yksin lämpötila vaan myös sen säteilykyky eli emissiivisyys. Jotta lämpökameran mittaustulokset olisivat tarkkoja, käyttäjän täytyy määritellä kuvauskohteen emissiivisyys ja ympäröivä taustasäteily (= taustan lämpötila). [14.] Materiaalien emissiokerroin voi olla 0 - 1. Luku tarkoittaa pinnan kykyä säteillä infrapunaenergiaa suhteessa täydelliseen säteilijään eli mustakappaleeseen, jonka emissiokerroin on yksi. [13, s. 16.] Rakennusmateriaalien emissiokertoimet ovat onneksi lähellä arvoa yksi, tyypillisimmillään 0,85 - 0,95, jolloin Suomen olosuhteissa käytännön kuvaustilanteissa saadaan riittävän tarkkoja pintalämpötilaeroja.

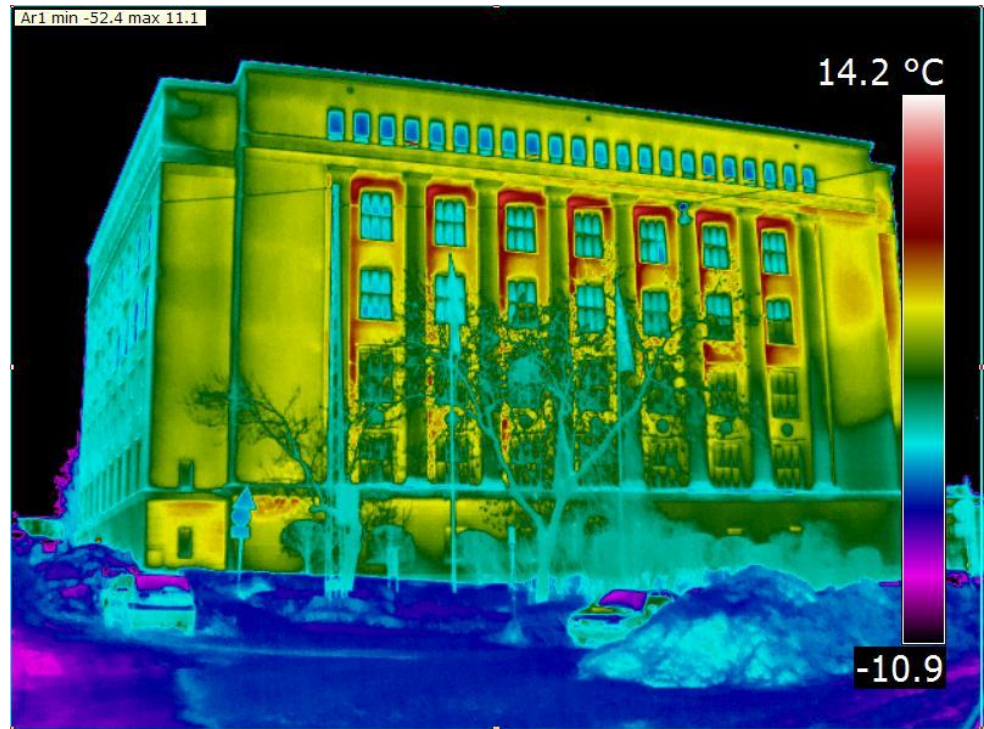
Emissiivisyyteen vaikuttavat säteilyn aallonpituus (Kuva 16), pintalämpötila, materiaali ja kuvauskulma [13, s. 17].



Kuva 16. Aallonpituus: Näkyvä valo ja infrapunasäteily [15]

Eri lämpötilat nähdään lämpökameran näytöstä käytetystä lämpötila- ja värisävyasteikosta harmaan eri sävyinä tai eri väreinä. Tärkeimmät kuvaukseen vaikuttavat tekijät ovat pintojen emissiivisyys, kuvauskulma, sekä sää- ja sisäilmaolosuhteet ennen mittauksia ja mittaushetkellä.

Kuvaustilanteessa voidaan kameratyypistä riippuen jo mitata yksittäisiä pintalämpötiloja, alueiden keskilämpötiloja, maksimi- ja minimilämpötiloja sekä asetetun pintalämpötilatason alittavia alueita. Lämpökuvauksella saadaan siten kohteen pintalämpötilajakauma, josta voidaan päätellä rakenteiden lämpötekniinen toimivuus. Rakenteissa olevat puutteet ja virheet voidaan havaita ainoastaan, jos ne näkyvät rakenteen pinnalla ympäristöstään poikkeavina lämpötilaeroina. Joissakin tilanteissa nämä pintalämpötilaerot syntyvät muu-
tostilanteessa, toisin sanoen vasta silloin, kun ulko- ja sisälämpötilan erotus muuttuu. Lämpökamera mittaa vain ja ainoastaan mitattavan kohteen pintalämpötiloja (Kuva 17). [13, s. 18.]



Kuva 17. Tyypillinen lämpökuvakuva rakennuksen ulkopintalämpötiloista [30].

4.2 Lämpökuvauksen käyttäminen rakennushankkeessa

4.2.1 Lämpökuvauksen käytön periaatteet rakentamisessa

Rakennuksen lämpökuvaukseen sisältyy perustapauksessa rakennuksen ulkovaipan sisäpuolisen ja ulkopuolisen lämpökuvauksen. Kuvauksesta pyritään etsimään rakennuksen ulkovaipan viat ja puutteet, vaipan ilmavuodot, lämmöneristeiden kunto ja toimivuus sekä kylmäsilat.

Lämpökameralla voidaan selvittää rakennuksista hyvin monentyyppisiä asioita: rakennusmateriaalien ominaisuuksia, rakennusten lämpöolosuhteita ja viihtyvyyttä, vaipan ilmanpitävyyttä, rakenteiden lämpötekniistä toimivuutta, tietyin edellytyksin kosteus- ja homevaurioita sekä talotekniikan vikoja ja puutteita. Usein lämpökuvauksen yhteydessä joudutaan tekemään myös erityyppisiä tukimittauksia muilla menetelmillä. Lämpökuvauksen ja edellä mainittujen tukimittausten avulla päästään selville rakennuksen vaipan kunnosta ja lämpöoloista. Samalla saadaan viitteitä sisäilman laadusta, ilmanvaihdon toimivuudesta ja mahdollisista muista käyttäjien viihtyvyyteen liittyvistä seikoista sekä voidaan esittää selkeitä johtopäätöksiä ja ehdotuksia jatkotoimenpiteiksi.

Kerättyjen tietojen avulla voi nopeasti paikallistaa ja diagnosoida jo olemassa olevia ja mahdollisia tulevia ongelmia, jotka voivat vaarantaa rakennuksen käyttöominaisuuden lisäksi myös sen käyttömukavuuden sekä rakennus-, terveys- ja turvallisuusmääräysten noudattamisen. Poikkeamat esitetään raportissa lämpö- ja valokuvina sekä ongelmapaikat merkitään pohjapiirustuksiin.

Raportti rakennuksen tiiviystä ja lämmönerityskyvystä on sekä omistajan - taloyhtiön, urakoitsijan tai kiinteistönpitäjän - että myyjän ja ostajan etu. Sen avulla voidaan välttyä kalliilta vuosikorjauksilta tai kaupan jälkeisiltä erimielisyyksiltä ja pahimmassa tapauksessa oikeustapauksilta. [13, s. 11.]

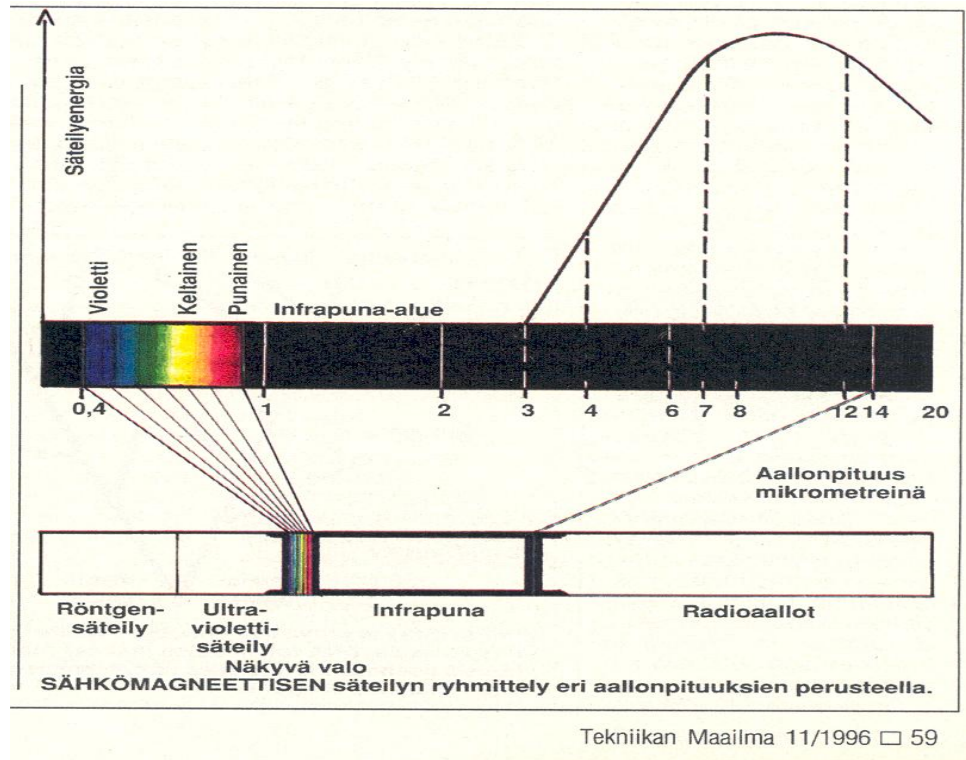
4.2.2 Rakennushankkeissa käytettävät lämpökuvauslaitteistot

Lämpökuvauksissa käytetään pääsääntöisesti mittauslaitteina lämpökameraa, elektronisia lämpötila- ja kosteusmittareita, elektronisia paine-eromittareita ja ilmavirtausmittareita. Lämpökuvauksen yhteydessä voidaan myös tehdä ilmatiiviysmittaukset eli mitata rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} .

Rakennusten lämpökuvauksesta [16] ja teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistukselle [17] on laadittu ohjeistukset Suomen rakennusmääräyskokoelmassa. Nämä ohjeet ovat merkittävästi selkeyttäneet rakennuksien lämpökuvauksia, mutta ne voivat olla hieman raskaita menetelmiä toteuttaa korjausrakennuskohteen rakennustyönäikaisina laadunvarmistuksina.

Lämpökameratyypit

Kiinteistö kuvauksen työkaluksi suositellaan niin sanottuja pitkäaaltokameroita, jotka toimivat pitkällä infrapuna-aalloilla, 8 - 12 μm :n alueella (*long wave, LW*). Niillä saadaan muodostettua kuva myös kylmässä talvisäädssä ulkokuvaussessa, vaikka kohteiden lähettämä lämpösäteily on hyvin alhainen. Matalissa lämpötiloissa, kuten huoneenlämpötilassa ja sitä alemmissa lämpötiloissa, pitkäaaltoalueella on käytettävissä enemmän energiaa (Kuva 18) kuin niin sanotulla lyhytaalto-alueella 2 - 5 μm (*short wave, SW*). [13, s. 19.]



Kuva 18. Sähkömagneettisen säteilyn ryhmittely eri aallonpituuksien perusteella [18, s. 59]

Rakennusten lämpökuvaukseen sopivat lämpökamerat voidaan jakaa kolmeen tyyppiin: pistoolimallisiin, kiinteistökuvauksiin sopiviin ja kaasuvuotojen havainnointiin sopiviin lämpökameroihin.

Pistoolimalliset lämpökamerat

Markkinoille on tullut 2000-luvun puolivälin jälkeen paljon helppokäyttöisiä pistoolimallisia lämpökameroita (Kuva 19). Niiden tekniset-, raportointi-, tulosten jälkikäsittely- ja analysointiominaisuudet sekä kalibroituavuus eivät välttämättä täytä Rakennusten lämpökuvaus ohjeiden eli RT 14-10850 -ohjekortin [16] ja Ratu 1213-S -suunnitteluohjeen [19] vaatimuksia. Mutta koon, käytettävyyden ja hinnan puolesta ne sopivat erittäin hyvin mm. työmaan henkilöstön ja työnjohdon käyttöön rakennusaikaiseen työn toteutuksen laadunvarmistukseen.



Kuva 19. Pistoolimallisia lämpökameroita [26], [27], [28].

Halvimmillaan pistoolimallisia lämpökameroita saa täällä hetkellä n. 2 000 € hintaan. Perusmallia hieman kalliimmista pistoolimallisista lämpökameroista on jopa kahden kuvan yhdistelmätekniikka, jossa lämpö- ja valokuvan yhdistelmäkuva esittää tärkeät tiedot nopeammin ja helpommin kuin pelkkä lämpökuva. Tämä toiminto yhdistää kuvat toisiinsa, mikä helpottaa lämpökuvan analysointia ja visualisointia heti lämpökuvaustilanteessa. Tämä helpottaa mm. työnjohtoa ja valvoja havainnollistamaan työn toteutuksen laatu- poikkeaman tai työvirheen jo työn aikana, jolloin sen korjaaminen on vielä helppoa ja edullista.

Erään edullisen pistoolimallisen lämpökameran tekniset ominaisuudet ovat:

- ilmaisoin 120 x 120 kuvapikseliä, jonka spektrialue on 7,5 - 13 μm alueella
- ilmaisuherkkyys eli lämpötilan erottelukyky 0,1 $^{\circ}\text{C}$ (25 $^{\circ}\text{C}$)
- lämpötilojen mittausalue - 20 $^{\circ}\text{C}$... + 250 $^{\circ}\text{C}$
- Ei ole lisäoptiikkaa!
- kuvausetäisyys 0,5 m - ääretön
- paino 0,340 kg
- Ei ole digitaalizoomausta!
- Ei ole digitaalikameraa!
- iso 2,8" TFT -värinäyttö
- kuvien tallennus miniSD-kortille
- lämpökuviin on valittavissa mustavalkokuva ja kaksi väripalettia
- mittaustarkkuus on $\pm 2 \%$
- käyttölämpötila on - 0 $^{\circ}\text{C}$... + 50 $^{\circ}\text{C}$
- ilman kosteuspiitoisuus alue on 20 % RH ... 80 % RH.

Kiinteistökuvauksiin sopivat lämpökamerat

Kiinteistökuvauksiin sopivat lämpökamerat (Kuva 20) täyttävät Rakennusten lämpökuvauksen eli RT 14-10850 -ohjekortin [16] ja Ratu 1213-S -suunnitteluohjeen [19] vaatimukset. Näitä lämpökameroita voidaan käyttää kuntoarvioinneissa ja -tutkimuksissa, suunnitelmien tarkennuksessa, työnäköisessä laadunvalvonnassa sekä käyttöönnotossa kohteen lopullisessa laadunvalvonnassa. Ne sopivat kaikkeen kiinteistöissä tehtäviin lämpökuvauksiin, mutta niiden heikkoutena on mm. se, että niitä välttämättä ei voi antaa työmaan henkilöstön vapaaseen käyttöön. Ne ovat herkinä mittalaitteina alttiita vaurioitumaan huolimattomasta käytöstä ja likaisista olosuhteista. Kiinteistökuvauksiin sopivat lämpökamerat maksavat n. 10 000 - 50 000 € ja niihin on yleensä saatavilla monia eri kuvaustilanteisiin sopivia lisäoptiikoita. Lisäoptiikat maksavat lämpökamerasta ja optiikan mallista riippuen n. 1 000 - 7 000 €.



Kuva 20. Kiinteistökuvauksiin sopivia lämpökameroita [27], [26].

Kiinteistön lämpökuvauksissa on monesti kuvattavana ahtaita ja pieniä tiloja. Silloin kannattaa kuvata lämpökameralla, johon saa mahdollisimman ison laajakulmaoptiikan, mielellään 80°. Laajakulmaoptiikan kanssa lämpökuvattaessa näkee laajemman alueen lyhyeltä matkalta kuin peruskameralla, jolloin näkee mm. ulkoseinän lattian rajasta katon rajaan. Jos siinä näkee ongelma- tai vauriokohdan rakenteessa, voi ottaa lähempää muutaman tarkuvan. Näin lämpökuvien määrä pienenee moninkertaisesti verrattuna siihen, että lämpökuvattaisiin pelkästään kameran perusoptiikalla. Lämpökuvattavasta kohteesta saa hyvän kokonaiskuvan. Samalla säästyy aikaa ja

rahaa lämpökuvien määrän minimoituessa kuitenkin siten, että kuvan laatu ei kärsi.

Näissä lämpökameroissa on yleensä kahden kuvan yhdistelmätekniikka (Liite 3, Kuvat 24 ja 43), jossa lämpö- ja valokuvan **yhdistelmäkuvas** voidaan esittää tärkeät tiedot havainnollisemmin kuin pelkällä lämpökuvalla. Tämä toiminto yhdistää kuvat toisiinsa, mikä parantaa lämpökuvan analysointia ja visualisointia heti lämpökuvaustilanteessa tai sitten raportoinnissa.

Kiinteistökuvauxiin sopivien mallien joitain tärkeitä teknisiä ominaisuuksia ovat:

- ilmaisoin esim. 320 x 240 kuvapikseliä tai **640 x 480 kuvapikseliä**, jonka spektrialue on 7,5 - 13 μm alueella
- ilmaisuherkkyys eli lämpötilan erottelukyky 0,08 ... 0,03 $^{\circ}\text{C}$ (30 $^{\circ}\text{C}$)
- lämpötilojen mittausalue – 40 $^{\circ}\text{C}$... + 1 500 $^{\circ}\text{C}$ (jopa + 2 000 $^{\circ}\text{C}$)
- **lisäoptiikat 80°** ja 45° (=laajempi kuva läheltä)
- kuvausetäisyys 0,3 m - ääretön
- paino alle 2,5 kg
- digitaalinen zoomaus, koska ei optista zoomausta
- kiinteällä digitaalikameralla valokuvan tallennus lämpökuvan yhteydessä
- iso vähintään 4" TFT -värinäyttö
- kuvien tallennus SD- tai PCMCIA-kortille
- lämpökuviin on valittavissa mustavalko- tai useita eri väripaletteja
- mittaustarkeus on väh. ± 2 $^{\circ}\text{C}$ tai ± 2 % (jopa ± 1 $^{\circ}\text{C}$ tai ± 1 %)
- käyttölämpötila on – 15 $^{\circ}\text{C}$... + 50 $^{\circ}\text{C}$
- ilman kosteuspuoisuus alue on 10 % RH ... 95 % RH
- suomenkieliset käyttövalikot ja käyttöohjeet.

Kaasuvuotojen havainnointiin sopivat lämpökamerat

Markkinoille on tullut 2000-luvulla erilaisten kaasuvuotojen havainnointiin sopivia ei-mittaavia lämpökameroita. Vuonna 2009 tuli markkinoille ensimmäiset kaasuvuotojen havainnointiin tarkoitettut lämpökamerat (Kuva 21), jotka myös mittaavat lämpötiloja. Ne mittaavat jopa lämpötila-alueella – 40 $^{\circ}\text{C}$... +1500 $^{\circ}\text{C}$. Niiden erittäin herkäät jäädytetyt ilmaisinkennot ilmaisevat monia eri kaasuja (Liite 3, Kuva 51). Näitä lämpökameroita voidaan käyttää

kaasulaitteita ja -verkostoja sisältäviin kiinteistöjen kuntoarvioinneissa ja -tutkimuksissa, suunnitelmien tarkennuksessa, työnaikaisessa laadunvalvonnassa sekä käyttöönotossa kohteen lopullisessa laadunvalvonnassa.

Kaasuvuotojen havainnointiin sopivien mallien joitain tärkeitä teknisiä ominaisuuksia ovat:

- ilmaisin esim. 320 x 240 kuvapikseliä, jonka spektrialue on 3 - 5 μm alueella
- ilmaisuherkkyys eli lämpötilan erottelukyky 0,025 $^{\circ}\text{C}$ (30 $^{\circ}\text{C}$)
- lämpötilojen mittausalue – 40 $^{\circ}\text{C}$... + 350 $^{\circ}\text{C}$ / + 1 500 $^{\circ}\text{C}$
- **lisäoptiikat 80° ja 45°** (=laajempi kuva läheltä)
- kuvausetäisyys 0,3 m - ääretön
- paino alle 2,5 kg
- digitaalinen zoomaus, koska ei optista zoomausta
- kiinteällä digitaalikameralla valokuvan tallennus lämpökuvan yhteydessä
- iso vähintään 4” TFT -värinäyttö
- kuvien tallennus SD- tai PCMCIA-kortille
- lämpökuviiin on valittavissa mustavalko- tai useita eri väripaletteja
- mittaustarkkuus on väh. ± 2 $^{\circ}\text{C}$ tai ± 2 %
- käyttölämpötila on – 20 $^{\circ}\text{C}$... + 50 $^{\circ}\text{C}$
- ilman kosteuspitoisuus alue on 10 % RH ... 95 % RH
- suomenkieliset käyttövalikot ja käyttöohjeet.



Kuva 21. Kaasujen havainnointiin sopiva lämpökamera [27].

4.2.3 Lämpökuvaukseen liittyvä kuvaus- ja analysointiosaaminen

Lämpökuvauksen onnistumisen tärkein edellytys on kokenut ja ammattitaitoinen kuvaaja. Hänen pitää arvioida kokonaisuutena kuvattavan kohteen lämpötekniinen toimivuus ja tulokseen vaikuttavat tekijät, sekä määritellä ne reunaehdot, jotka kuvattava rakennus ja sen ympäristö asettavat. Kaikkia asioita ja yksityiskohtia ei voida määritellä normeilla, vaan lopullinen vastuu kuvauksen onnistumisesta jää kuvaajalle. Oikea lopputulos edellyttää kuvaajalta vankkaa kokemusta sekä rakennusfysiikasta että kameran käytöstä ja sen sovellusohjelmista. Lämpökuvaajan tulee siten tuntea hyvin laitteen käyttö- ja toimintaperiaate, lämpökuvauksen perusteet sekä hallita rakennusfysiikkaa ja rakenteita. [13, s. 13 - 14.]

Lämpökuvaaminen kohteessa tulee suorittaa ammattimaisesti, nopeasti, ajallaan ja riittävän kattavasti. Hyvää palveluosaamista on asiakkaan huomiointi kuvaustilanteessa sekä asiakkaan kuvausvalmisteluissa ja kuvaustilanteessa käyttämän ajan arvostaminen.

Perustapauksessa rakennuksen lämpökuvauksen tuote on raportti tutkimuksesta tai tehdystä mittauksesta, jossa on käytetty osana mittaavaa lämpökameraa. Sen tulee olla selkeä dokumentti tehdystä työstä niin, että kolmasosapuoli voi tulkita tuloksia. [13, s. 11.]

4.2.4 Lämpökuva-aineiston analysointi ja johtopäätösten teko

Rakennusten lämpökuvien tulkinnan suurin ongelma on matalimman hyväksyttävän pintalämpötilatason määrittäminen: missä olosuhteissa rakenne toimii lämpötekniisesti tyydyttävällä tavalla, milloin on syytä ryhtyä korjauksiin (edellyttäen, että mittaukset on tehty ja tulokset ovat oikeita).

Rakennusten rakenteiden puutteiden ja virheiden analysointi perustuu pitkälti lämpötilaindeksin laskentaan sekä kuvaajan työkokemukseen ja koulutustaustaan. Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Rakennuksen vaipan pintalämpötiloja voidaan arvioida ja verrata toisiinsa lämpötilaindeksiä käyttämällä silloin, kun lämpötilojen mittauksia ei voida tehdä vakio-olosuhteissa ($-5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ ulkolämpötilassa ja $+20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ sisälämpötilassa). Käytännön lämpökuvausolosuhteissa tulisi olla myös vertailukohtana ns. hyvin toteutettu vastaava rakenne pintalämpötiloineen.

Lämpötilaindeksi annetaan prosentin tarkkuudella ja se määritellään seuraavasti:

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

- TI = lämpötilaindeksi, %
- T_{sp} = sisäpinnan lämpötila, °C (mitattu esim. lämpökameralla)
- T_i = sisäilman lämpötila, °C
- T_o = ulkoilman lämpötila, °C [16, s. 2], [19, s. 2.]

Asuin- ja oleskelutiloista löydettyt ulkovaipan lämpöteknisen kunnan ja lämmöneristyskerroksen toimivuuden ongelmakohdat jaotellaan korjausluokkiin. Korjausluokitus perustuu lämpötilaindeksiin ja se on jaettu neljään luokkaan 1 - 4.

Korjausrakentamisessa on monia muita rakenteellisia ja toiminnallisia tekijöitä, joissa pelkästään lämpötilaindeksiin perustuva lämpökuvien tulkinta ei riitä. Rakennuksen sisäpintalämpötiloihin vaikuttavat useat tekijät, jotka johtuvat sekä rakenteellisista mutta myös toiminnallisista syistä. Toiminnallisia tekijöitä ovat mm:

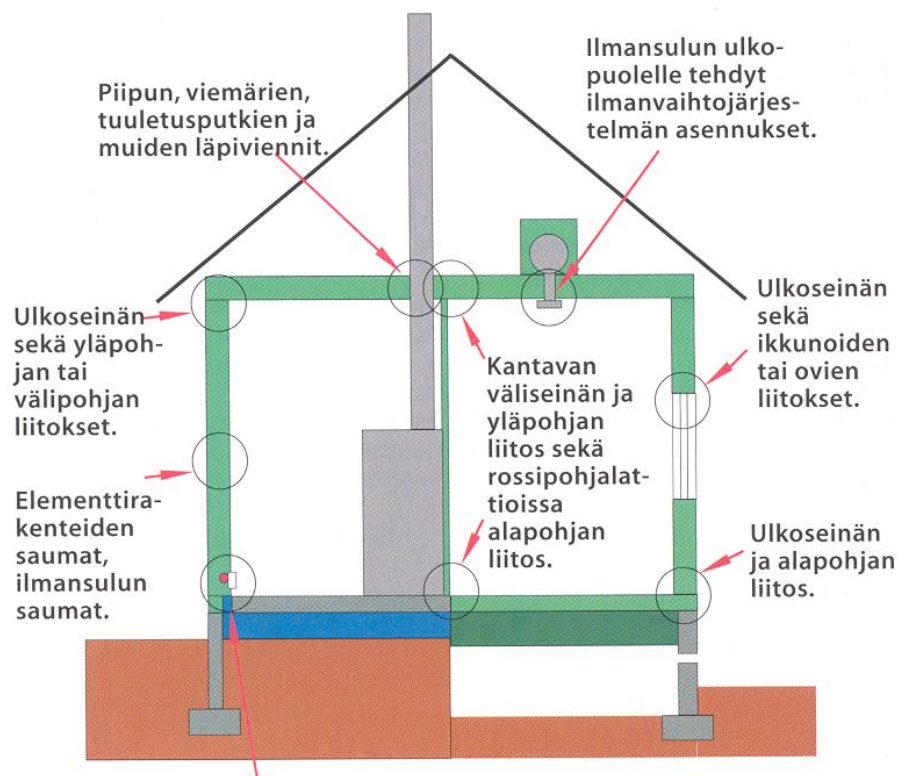
- seinän eristystaso, kylmäsillat
- höyrynsulun tiiviys
- tuulensuojan kunto
- ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, painesuhteet
- lämmitysjärjestelmän toiminta
- sisätilojen kosteuskuormitus, tilojen käyttö.

Kylmät rakenteiden sisäpinnat aiheuttavat säteilyvetoa, jota pyritään kompensoimaan sisälämpötilan nostolla. Sama vaikutus on ilmapuodoilla. Kylmät pinnat ovat yleensä ulkoseinien liitosten (nurkat, väliseinät, ylä- ja alapohjat, välipohjat, ovet, ikkunat) ympäristössä, ja johtuvat rakenteen paikallisesti ympäröivää rakennetta suuremmasta lämmönläpäisykertoimesta. Kylmät pinnat voivat johtua myös eristevirheistä tai -puutteista sekä ilmapuodoista, jotka voivat yhdistyä kylmäsiltoihin.

Rakenne voi olla myös kastunut joko ulkoisen kosteuden, sisältä siirtyneen ja rakenteisiin kondensoituneen vesihöyryn tai rakenteisiin sisältä joutuneen veden vuoksi, jolloin eristeen lämmönjohtavuus kasvaa ja lämmöneristävyys paikallisesti laskee. Sisäpuolisessa lämpökuvauksessa nähdään kastuneet

rakenteet pintalämpötilojen alenemisena 1 - 3 °C samantyyppiseen kuivaan rakenteeseen verrattuna huoneenlämpötilassa. Kastuneet rakenteet tulevat parhaiten esiin lämpötilamuutosten yhteydessä, koska märät rakenteet lämpiävät ja jäähtyvät hitaammin kuin kuivat. Samoin vakiotilanteessa kostea lämmöneriste johtaa paremmin lämpöä kuin kuiva. Ulkopuolelta mitattuna eristevirheet, kylmäsilat ja kastuneet pintarakenteet näkyvät ympäristöään lämpimämpinä varsinkin kylmänä vuoden aikana.

Kuvassa 22 on tyypilliset ilmatiivyyteen liittyvät rakennusosat ja -detaljit, joiden tiivyyteen tulee kiinnittää huomiota. Näiden lisäksi tulee lämpökuvauksissa kiinnittää huomiota rakenteiden fysikaaliseen toimintaan, tietyin edellytyksin kosteusvaurioihin sekä LVIS-laitteiden säätämiseen ja toimintaan.



Ilmansulun ulkopuolelle tehtyt sähköasennukset.

PIENTALOJEN ilmansulun ja tuulensulun puutteita on erityisesti rakennusosien liitoksissa ja erilaisissa detaljirakenteissa.

Kuva 22. Ilmansulun ja tuulensulun puutteita rakennusosien liitoksissa ja -detaljeissa [20].

Syy mataliin pintalämpötiloihin, vedontunteeseen tai alentuneeseen viihtyvyyteen voi johtua kaikista edellä esitetyistä tekijöistä, joten esiintyviin ongelmiin tulisi löytää ratkaisu riittävän kokonaisvaltaisella selvityksellä. Pelkkä lämpötilajakauman kartoitus lämpökuvauksella ei aina ole riittävä toimenpide. [21.]

Tyypillisimmät kylmäsillat ovat nykyisissä kerrostalorakenteissa sisäänvedettyjen parvekeseinien ulkoseinien liittymät, erkkerit ym. rakenteet sekä usein välipohjarakenteet. Kerrostalojen perustuksista tai kellarikerroksista (varsinkin, jos kellarikerros on maanpäällinen) johtuu usein lämpöä muuta rakennetta enemmän, seurauksena ko. rakenteiden suuremmasta lämmönläpäisykertoimesta. Tämä korostuu vielä, jos näissä tiloissa oleva lämmönjako- tai kattilahuone on yllämpöinen. [21.]

4.2.5 *Lämpökuvauksen sovellusesimerkkejä korjausrakentamisessa*

Korjattavien rakennusten rakenteiden puutteiden ja virheiden paikantamiseen vaaditaan yleensä lämpökuvaajalta hyvää työkokemusta ja koulutustaustaa.

Korjausrakentamisessa lämpökuvauksella voi saada tietoa seuraavanlaisista rakenteista ja niiden osista kuten:

- ikkunoiden ja ovien ilmapuodoista
- eristepuutteista
- ulkovaipan ilmapuodoista
- ulkovaipan rakenteista tai teknisestä toiminnasta
- sisäseinien ja -rakenteiden kosteusvaurioista, koska kastuneet rakenteet näkyvät pintalämpötilojen alenemisena 1 - 3 °C samantyyppiseen kuivaan rakenteeseen verrattuna huoneenlämpötilassa
- julkisivupinnoitteiden kunnosta, koska mm. kastuneet pintarakenteet näkyvät ympäristöään lämpimämpinä varsinkin kylmänä vuoden aikana
- rakenteiden vesivuodoista, koska kastuneet rakenteet johdattavat usein vuodon alkulähteille ja samalla nähdään kastuneen alueen laajuus
- teräsrakenteiden maalin alla olevista hiushalkeamista, ilmakuplista ja epäpuhtauksista
- betonimuottien täyttymisestä valun aikana
- ontelolaattojen onteloihin jääneen työnaikaisen veden paikannusta.

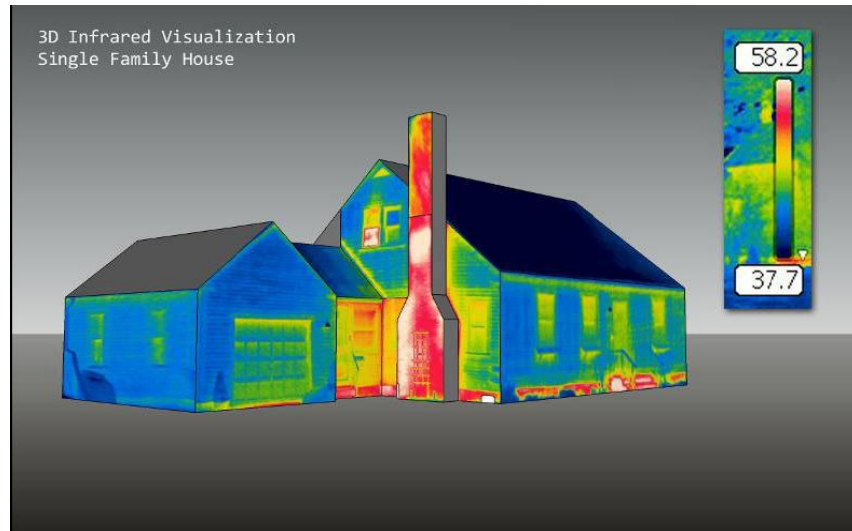
- Korjausrakentamisessa lämpökuvauksella voi saada tietoa seuraavanlaisista teknisistä laitteista ja toiminnoista:
- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmityspotkista ja -kaapeleista
- ilmanvaihtojärjestelmien säädöistä, kojeista ja moottoreista
- jäähdytyslaitteiden säädöistä
- sähkökaapeista, -kaapeleista ja -kytkennöistä
- sähköpattereista ja -laitteista
- kaasuvuodoista.

Lämpökuvauksella on helppo ja nopea tarkistaa rakennuksissa onnettomuuksien ja tulipalojen vaurioita sekä jopa mahdollisesti selvittää niiden syitä ja alkukohtia. Niihin soveltuu myös em. sovellusesimerkit lämpökuvauksille. Korjausrakentamiseen soveltuvia lämpökuvauksen soveltamisesimerkkejä on esitetty liitteessä 3 erilaisin lämpökuvoin.

4.2.6 Lämpökuvauksen kansainväliset sovellus- ja tutkimuskohteet

Kansainvälistä vertailutietoa opinnäytetyön aihepiiristä kerättiin osallistumalla InfraMation 2009 -lämpökuvauksen konferenssiin. Kansainvälinen vuosittainen pääasiassa käytännön lämpökuvauksen sovellutuksia käsittelevä InfraMation-konferenssi (*The World's Largest Infrared Applications Conference*) [22] järjestetään syksyisin Las Vegasissa USA:ssa. Konferenssista vastaa ITC (*The Infrared Training Center*), joka on kansainvälinen sertifioitu lämpökuvauksen kouluttaja. Sertifiointitasoja on kolme: Level 1, Level 2 ja Level 3. Level 1 -sertifiointi on peruskäyttäjille ja se on mahdollista suorittaa Suomessa suomenkielellä, kun muut tasot tulee suorittaa englanninkielellä ulkomailla.

InfraMation 2009 -konferenssissa oli 57 esitelmää eri puolilta maailmaa, joista suurin osa Pohjois-Amerikasta. InfraMation 2009 -konferenssissa oli osallistujia pääasiassa Yhdysvalloista ja jonkin verran Euroopasta. Konferenssin esitelmät käsittelivät varsin laajasti lämpökuvauksen käyttömahdollisuuksia kuten akupunktiota, aurinkokennoja, energiansäästöä, ihmis- ja eläinlääketiedettä, ilotulitusta festivaaleissa, kaasujen havainnointia, luolien etsintää, näyttämötaidetta, lämpötaidetta, rakennuksen 3D-mallia lämpökuvista (Kuva 23), rakennusteknisiä ilmiötä ja ongelmia, sähkölaitteita ja -johtoja, teollisuuden prosesseja, vesistöjen saasteita jne.



Kuva 23. Rakennuksen 3D-malli lämpökuvista [23, s.135].

Esitelmissä käsitellyt rakennustekniset ilmiöt ja ongelmat olivat hyvin samantaisia kuin Suomessa käsittäen pääasiassa lämpö-, kylmä- ja ilmavuotoja sekä kosteus- ja homevaurioita rakenteissa. Pohjois-Amerikan rakennusten rakenteet ja rakennepaksuudet sekä ilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet poikkeavat melko paljon etelä- ja pohjoisosien välillä varsinkin Suomeen verrattuna. Esitelmissä oli kuvia mm. vakavasti homeisista rakennuksista (Kuva 24).



Kuva 24. Vakavasti homehtunut rakennus sisältä [23, s. 50].

Ilmatiiviysmittauksissa on yksi merkittävä ero Pohjois-Amerikan ja Suomen ohjeissa: siellä ilmatiiviysmittauksissa nostetaan ABAA:n (*Air Barrier Association of America*) mukaan paine-ero 75 Pa asti ja meillä taas 50 Pa asti. Muuten ilmatiiviysmittaukset suoritetaan samanlaisin laittein ja menetelmin kuin Suomessa.

Ilmatiiviysmittauksissa olleista amerikkalaisen pientalon kuvista näkee piipun ympäristön ilmapuodot ja kylmäsillat ulkoseinästä (kuva 25).



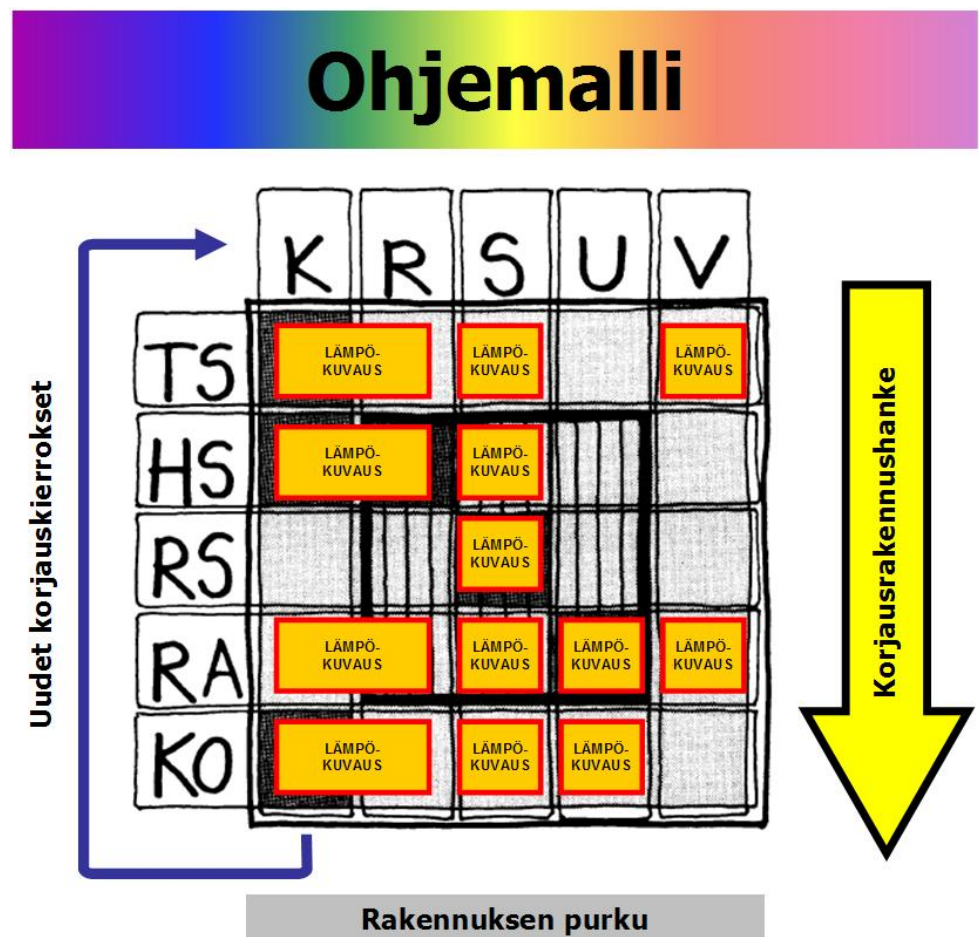
Kuva 25. Amerikkalaisen pientalon piipun ympäristön ilmapuodot ja kylmäsillat ulkoseinässä [23, s. 268.]

5 TEEMAHAASTATTELUT

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön osana tehtyjä teemahaastatteluja ja niiden tuloksia. Haastattelujen toteutus pohjautuu malliin, joka kytkee yhteen luvussa 3 käsitellyn korjausrakentamishankkeiden osapuoli- ja vaihekuvauksen sekä luvussa 4 käsitellyt lämpökuvaamisen käyttömahdollisuudet korjausrakennushankkeissa.

5.1 Korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjemalli

Korjausrakennushankkeen eri osapuolet voivat hyödyntää lämpökuvauksen avulla saatavaa tietoa hankkeen eri vaiheissa monipuolisesti seuraavan kaaviokuvan mukaisesti (Kuva 26).



Kuva 26. Lämpökuvauksen ohjemalli

Mallin osapuolet ovat: yhdistetty käyttäjä ja rakennuttaja (K ja R), suunnittelija (S), rakentaja (U) ja viranomainen (V). Korjausrakentamisen vaiheita ovat:

tarveselvitys (TS), hankesuunnittelu (HS), rakennussuunnittelu (RS), rakentaminen (RA) ja käyttöönotto (KO).

Eri osapuolten on keskeistä tietää, minkälaisista korjausrakentamisen kohteena olevan rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaustietoa on ensisijaisesti kerättävissä ja minkälaisin menetelmin, laittein ja minä ajankohtana tieto on kerättävissä. Keskeistä on myös ymmärtää, miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyväksi korjausrakennushankkeessa.

Tätä kaaviokuvaa käytetään tässä opinnäytetyössä korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjemallina, joka on opinnäytetyön teemahaastattelujen perustana sekä opinnäytetyön johtopäätösten ja suositusten esittämistä hahmottavana kokonaiskuvana.

5.2 Teemahaastattelujen toteutus

5.2.1 Haastattelujen lähtökohdat ja ajankohta

Teemahaastattelujen tavoitteena oli kerätä empiiristä tietoa lämpökuvauksen hyödyntämiskokemuksista korjausrakentamishankkeen eri vaiheiden keskeisten toimijoiden eli käyttäjän, rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja viranomaisen näkökulmasta.

Haastattelujen lähtökohtana on edellä esitetty korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjemalli, jossa hahmotetaan korjausrakentamishankkeen eri vaiheet keskeisine toimijoineen sekä lämpökuvauksen käyttömahdollisuudet kussakin vaiheessa.

Haastateltaviksi valittiin tämän pohjalta korjausrakentamisessa toimivia yrityksiä ja organisaatiota, jotka edustavat mallin eri toimijatahoja. Haastatteluja suoritettiin 12 kappaletta 17.2. - 12.4.2010 ajalla ja niiden tekijänä oli YAMK-opinnäytetyöntekijä Ins. AMK (RI) Tapani Järvenpää.

5.2.2 Haastattelujen sisältö ja kysymykset

Teemahaastattelujen rakenne ja kysymykset perustuvat korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjemalliin. Sen perusteella korjausrakennushankkeen eri toimijoilta kerättiin tietoa hankkeen vaiheiden osalta seuraavin pääkysymyksin:

- minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaustietoa kerätään
- minkälaisin menetelmien, laittein ja minä ajankohtana lämpökuvaustietoa kerätään
- miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Teemahaastattelun yksityiskohtaiset kysymykset ovat liitteessä 2.

5.2.3 Haastatellut korjausrakentamisen toimijat

Monilla haastatelluilla yrityksillä ja organisaatioilla on pitkä kokemus rakentamisesta ja korjausrakentamisesta Suomessa. Haastatelluissa käytetään yritysten tai organisaatioiden nimiä, joita haastatellut edustavat. Haastateltujen nimiä ei näin ollen mainita.

Haastateltavien vastaukset eivät välttämättä vastaa heidän edustamiensa yritysten tai organisaatioiden tietotasoa tai osaamista lämpökuvauksen käytöstä korjausrakentamishankkeessa. Vastaukset perustuvat joko haastateltavien omaan tai edustamansa tahon näkemyksiin. Haastateltavat on pyritty valitsemaan niin, että heillä olisi kokemusta sekä korjausrakentamisesta että lämpökuvauksesta.

Haastateltujen edustamat yritykset tai organisaatiot ovat:

- Helsingin kaupunki, Asuntotuotantotoimisto
- Senaatti-kiinteistöt, Investoinnit - palveluyksikkö, Helsinki
- Turun yliopistollinen keskussairaala TYKS, Tekniset palvelut, Turku
- Raxsystems Anticimex, Vantaa
- Vahanen Oy, Helsinki
- SRV Asunnot, Helsinki
- SRV Talotekniikka, Helsinki
- YIT Korjausrakentaminen, Helsinki
- Espoon kaupunki, Rakennusvalvonta
- Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto
- Turun kaupunki, Rakennusvalvontatoimisto
- Vantaan kaupunki, Rakennusvalvonta

Haastatteluun osallistuneet tahot saavat ensimmäisinä käyttöönsä tämän YAMK-opinnäytetyön sähköisen version kiitokseksi osallistumisesta haastatteluun.

5.2.4 Haastattelujen tulosten käsittelytapa

Haastattelujen tulokset tullaan esittämään korjausrakennushankkeen toimijaryhmittäin, joita ovat käyttäjät, rakennuttajat, suunnittelijat, urakoitsijat ja viranomaiset.

Haastattelujen kysymykset esitetään tulososiossa kokonaisuudessaan ja sen jälkeen kiteytetään haastatteluissa esille tulleet lämpökuvauskokemukset kysymys kerrallaan. Samaan toimijaryhmään kuuluvien yksittäisten haastateltavien vastaukset esitetään kootusti ja yhdistetysti. Yksittäisiä vastaajia ei näin voi tunnistaa.

Yksittäinen haastateltava on saattanut kuulua useampaan toimijaryhmään. Hänen vastauksiaan on käsitelty kuitenkin vain yhdessä toimijaryhmässä, joka on valittu haastateltavan pääasiallisen toimintakentän mukaan.

5.3 Teemahaastattelujen tulokset

5.3.1 Käyttäjien ja rakennuttajien lämpökuvauskokemukset korjausrakentamisessa

Teemahaastatteluissa käyttäjät edustavat korjausrakennushankkeen osapuolena sen toiminnan asiantuntemusta, jonka tilantarvetta varten korjausrakennushanke perustetaan. Käyttäjien esittämät toiminnalliset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet ovat lähtökohta korjausrakennushankkeelle.

Teemahaastattelussa rakennuttaja on korjausrakennushankkeen toimeenpaneva osapuoli, joka käynnistää korjausrakennushankkeen ja hoitaa sen läpiviennin. Rakennuttaja vastaa siitä, että käyttäjä saa käyttöönsä tarpeitensa mukaiset tilat. Rakennuttamistehtävästä huolehtii siihen perehtynyt organisaatio tai henkilö. Kokemuksestaan riippuen käyttäjä voi toimia rakennuttajana itse.

*Käyttäjien ja rakennuttajien teemahaastattelutulokset***1. Kuinka paljon toiminnastanne on korjausrakentamista ja uudisrakentamista?**

Haastateltujen rakennuttajien toiminnassa korjaus- ja uudisrakentamisen määrä vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Korjausrakentamisen määrä oli 10 - 40 % ja uudisrakentamisen määrä oli 60 - 90 % toiminnasta.

2. Kuinka paljon lämpökuvauksesta on korjausrakentamisessa tehtävää ja kuinka paljon uudisrakentamisessa tehtävää lämpökuvauksista?

Haastateltujen rakennuttajien kokemukset lämpökuvauksista korjaus- ja uudisrakentamisen suhteen vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Lämpökuvauksien määrä korjausrakentamisessa oli 20 - 80 % ja uudisrakentamisessa oli 20 - 80 % lämpökuvauksista.

3. Kuinka kauan olette käyttäneet lämpökuvauksia?

Haastatelluista rakennuttajista osa oli aloittanut lämpökuvauksen käytön jo 1990-luvun puolivälissä ja osa 2000-luvun lopulla.

4. Missä korjausrakentamishankkeen vaiheissa käytätte lämpökuvauksia?

Haastatelluista rakennuttajista käytti lämpökuvauksia korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa rakennuttajat käyttivät 5 - 50 % hankkeen koko lämpökuvauksimäärästä.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajat käyttivät 10 - 50 % hankkeen koko lämpökuvauksimäärästä.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa rakennuttajat käyttivät 0 - 10 % hankkeen koko lämpökuvauksimäärästä.
- d. Rakentamisvaiheessa rakennuttajat käyttivät 5 - 20 % hankkeen koko lämpökuvauksimäärästä. Osalla haastatelluista vain urakoitsijat tekevät lämpökuvauksia omilla lämpökameroillaan rakentamisen aikana.

- e. Käyttöönottovaiheessa rakennuttajat käyttivät 50 - 60 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.

5. Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista rakennuttajista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista rakenteista ja niiden osista kuten:

- ikkunoiden ja ovien ilmavuodoista
- kylmistä lattioista ja nurkista.

Niitä tutkittiin pääasiassa käyttäjiltä tulleiden valitusten perusteella.

6. Minkälaisista rakennuksen teknisistä laitteista ja toiminteista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista rakennuttajista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista teknisistä laitteista ja toiminnoista:

- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmitysputkista ja -kaapeleista
- jäähdytyslaitteista ja -putkistoista
- koneistoista ja niiden liitoksista, joissa on tärinää
- sähkökytkennöistä ja -kaapeleista.

Niitä tutkittiin osittain käyttäjiltä tulleiden valitusten perusteella.

7. Minkälaisissa korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa on käytetty lämpökuvausta?

Korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa selkeästi ylivoimaisesti lämpökuvausta on käytetty ikkunoiden asennuksen tarkistukseen ja niiden tiiviyden mittaamisen yhteydessä.

8. Minkälaisin lämpökuvauslaittein ja -menetelmien on kerätty lämpökuvaustietoa korjausrakennushankkeen eri vaiheissa?

Haastateltujen rakennuttajien tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty pääasiassa FLIR-lämpökameroita, erilaisia kosteus-, lämpö- ja paine-

eromittareita. Kuvauksissa käytettyjen konsulttien lämpökamerat ovat olleet hieman laadukkaimpia kuin talojen omat lämpökamerat.

9. Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Konsulttien tai omien lämpökuvaajien raportit kootaan kohde- tai hankekohdaksiin tiedostoihin, joista kaikki niihin oikeuden omaavat voivat tutustua lämpökuvausmateriaaliin. Ongelmakohdat käydään läpi työmaakokouksissa ja merkataan pöytäkirjoihin. Rakennuttajien valvojat seuraavat niiden korjauksia omilla tai konsulttien tekemillä lämpökuvauksilla. Lämpökuvat kertovat paljon oikein tulkittuina.

10. Kenen lämpökuvauskalustoa on käytetty korjausrakennushankkeen eri vaiheissa (oma/konsultti)?

Haastateltujen rakennuttajien tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty joko omia lämpökameroita tai ulkopuolisten konsulttien lämpökameroita, varsinkin kun tilaajana on ollut rakennuttaja. Joillakin urakoitsijoilla on myös oma lämpökamera omaan laadun valvontaan.

11. Minä ajankohtana (vrk, vuosi) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen rakennuttajien tilaamia lämpökuvauksia on tehty pääasiassa päivisin normaaliin työaikaan.

12. Minä vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen rakennuttajien lämpökuvauksia on tehty pääasiassa talvisin; varsinkin ne kuvaukset, jotka koskevat ulkovaipan kylmävuotoja. Samoin lämmityspattereiden ja -verkostojen säädöt on tehty kylmänä vuodenaikana. Jäähdytysjärjestelmien säädöt ja niiden venttiilien säädöt on tehty lämpimänä vuoden aikana. Osa haastatelluista käytti lämpökameraa koko vuoden ajan mm. kiinteistöjen koneiden, sähkölaitteiden ja -verkostojen tarkistuksiin.

13. Mitä ilmiöitä eri vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on saatu tutkittua lämpökuvauksella?

Haastateltavilla ei ollut mitään uutta tietoa mainittavana aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

14. Mitä muuta lämpökuvauksen käytössä korjausrakentamisessa tulisi huomioida?

Tiivysmittaukset tulevat lisääntymään ja lämpökuvaukset siinä ohessa. Energialuokat rakennuksissa lisäävät myös lämpökuvauksia. Muuten ei mitään uutta aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

15. Mitä hyötyä näet lämpökuvauksesta korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?

Haastatellut rakennuttajat näkivät lämpökuvauksen hyödyn korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa saadaan lähtötiedot selville hankkeesta ja voidaan arvioida kustannukset paremmin kuin ilman lämpökuvauksia. Hyödyllinen.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa saadaan lisää lähtötietoja selville hankkeesta ja voidaan tarkemmin arvioida kustannukset kuin ilman lämpökuvauksia. Voidaan minimoida rakentamisvaiheessa tulevia yllätyksiä ja saadaan laskettua budjetti mahdollisimman tarkasti. Hyödyllinen.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa lämpökuvauksella voidaan vielä tarkentaa suunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja, joita ei ole tarpeeksi tutkittu tarveselvitys tai hankesuunnitteluvaiheessa. Hyödyllinen.
- d. Rakentamisvaiheessa rakennuttajat voivat valvoa rakentajan työnlaatua ennen työn tai työvaiheen vastaanottoa. Rakentaja voi tehdä oman työn laadun valvontaa ennen sen luovuttamista rakennuttajalle.
- e. Käyttööntöövaiheessa rakennuttajat voivat valvoa rakentajan työnlaatua kuten ulkovaipan toimintaa, sähköjärjestelmien toimintaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaa. Tehdään lämpökuvauksella kohteen tarkemmittaukset. Lattialämmitysputkien paikannus on hyvä tehdä lämpökameralla, kun kiinnitetään koneita ja laitteita lattiaan tai tehdään rakenteisiin jälkikäteen reikiä. Jälkitarkastus on hyödyllistä tehdä lämpökameralla.

16. Minkälaisissa korjausrakennushankkeissa tarkemmin ottaen olette käyttäneet lämpökuvausta?

Rakennuttajilla on ollut asuin-, palvelutalo- ja sairaalarakennuksissa yksittäisiä kohtia tai osa-alueita, joissa on käytetty lämpökuvausta. Rakennuttajilla ei ole ollut vielä kokonaista korjausrakennushanketta, jossa olisi käytetty lämpökuvauksia koko korjausrakennushankkeen ajan. Eräs rakennuttaja on käyttänyt lämpökuvausta 10 vuotta vanhan sisäilmaongelmaisen talon peruskorjauksen suunnittelussa erityisesti rakennuksen tiiveyden tarkastamisessa.

17. Mitä muuta haluatte haastatteluun liittyen mainita?

Kiinteistön sisäisissä toiminteissa tarvittavien eri valmistajien lämmin- ja kylmävaunuja on vertailtu myös lämpökuvauksella. Saatuja tuloksia on huomioitu jatkotilauksissa. Rakennuttajat kertoivat, että monella heidän käyttämillään urakoitsijoilla alkaa olla jo omia lämpökameroita.

5.3.2 Suunnittelijoiden lämpökuvauskokemukset korjausrakentamisessa

Teemahaastatteluissa suunnittelijaosapuolet vastasivat korjattavan rakennuksen rakennusteknisestä suunnittelusta. Rakennustekniseen suunnitteluun kuuluu perustus-, runko- ja rakenneratkaisujen kehittäminen, rakenteiden mitoitus sekä rakennuksen toteutettavuudesta ja rakennusteknisestä toimivuudesta huolehtiminen.

Suunnittelijoiden teemahaastattelutulokset

1. Kuinka paljon toiminnastanne on korjausrakentamista ja uudisrakentamista?

Haastateltujen suunnittelijoiden toiminnassa korjaus- ja uudisrakentamisen määrä vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Korjausrakentamisen määrä oli 50 - 98 % ja uudisrakentamisen määrä oli 2 - 50 % toiminnasta.

2. Kuinka paljon lämpökuvauksesta on korjausrakentamisessa tehtävää ja kuinka paljon uudisrakentamisessa tehtävää lämpökuvausta?

Haastateltujen suunnittelijoiden kokemukset lämpökuvauksista korjaus- ja uudisrakentamisen suhteen vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Lämpökuvauksien määrä korjausrakentamisessa oli 20 - 50 % ja uudisrakentamisessa oli 50 - 80 % lämpökuvauksista.

3. Kuinka kauan olette käyttäneet lämpökuvausta?

Haastatellut suunnittelijat olivat aloittaneet lämpökuvauksen käytön jo 2000-luvun alusta. Osa oli hankkinut oman lämpökameran 2000-luvun alussa ja osa 2000-luvun puolivälissä.

4. Missä korjausrakentamishankkeen vaiheissa käytätte lämpökuvausta?

Haastatelluista suunnittelijoista käytti lämpökuvausta korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa suunnittelijat käyttivät 5 - 60 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa suunnittelijat käyttivät 0 - 5 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat käyttivät 0 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- d. Rakentamisvaiheessa suunnittelijat käyttivät 5 - 10 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä. Osalla haastatelluista vain urakoitsijat tekevät lämpökuvauksia omilla lämpökameroillaan rakentamisen aikana.
- e. Käyttööntötvaiheessa suunnittelijat käyttivät 35 - 80 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.

5. Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista suunnittelijoista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavantalaisista rakenteista ja niiden osista kuten:

- ikkunoiden ja ovien ilmavuodoista
- ulkovaipan rakenteista tai teknisestä toiminnasta
- eristepuutteista
- julkisivupinnoitteiden kunnosta
- ilmavuodoista
- lämmitysjärjestelmistä (tarkistus ja säätö)
- kosteusvaurioista.

Niitä tutkittiin pääasiassa kuntotutkimusten yhteydessä.

6. Minkälaisista rakennuksen teknisistä laitteista ja toiminteista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista suunnittelijoista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavantilaisista teknisistä laitteista ja toiminnoista:

- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmitysputkista ja -kaapeleista
- ilmanvaihtojärjestelmien säädöistä.

Niitä tutkittiin osittain käyttäjiltä tulleiden valitusten perusteella.

7. Minkälaisissa korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa on käytetty lämpökuvausta?

Korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa selkeästi ylivoimaisesti lämpökuvausta on käytetty kuntoarvioinneissa, tiiveysmittausten yhteydessä, työmaan työn ohjaukseen ja seurantamittauksiin valvojina. Kohteina on ollut pientaloja ja isompia rakennuskohteita.

8. Minkälaisin lämpökuvauslaittein ja -menetelmien on kerätty lämpökuvaustietoa korjausrakennushankkeen eri vaiheissa?

Haastateltujen suunnittelijoiden tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty FLIR- ja NEC-lämpökameroita, mutta heillä ei ole ollut käytössään 80° laajakulmaoptiikkaa, joka helpottaisi lämpökuvausta ahtaissa tiloissa. Kuvauksissa käytetyt lämpökamerat ovat olleet laadukkaita raportointiin sopivia malleja. Lämpökuvausten ohessa on käytetty erilaisia kosteus-, lämpö- ja paine-

eromittareita. Ilmavuotojen mittaukseen on käytetty Blower Door -tiiviydenmittauslaitteita ja niiden havaitsemiseen on käytetty merkkisavuja ja -kaasuja. Lämpökuvauksissa pyritään yleensä käyttämään Ratu 1213-S [19] mukaisia kuvausmenetelmiä.

9. Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Ongelmakohdat käydään usein läpi työmaakokouksissa tai riitatapauksen yhteydessä pidettävän keskustelu- tai tiedotustilaisuuden yhteydessä ja merkataan pöytäkirjoihin. Mutta aika usein tilaaja ei halua tai tarvitse lisäinformaatiota lämpökuvauksien lisäksi. Yksityishenkilöt eivät usein halua välttämättä raportointia ollenkaan, koska se koetaan turhan kalliiksi. Lämpökuvauksella ja sen oheismittauksilla saatua tietoa käytetään suunnittelun pohjaksi ja ohjaamiseksi. Lämpökuvauksen perusteella tehdään rakennustyön ohjausta ja valvontaa. Lämpökuvauksen perusteella voidaan tehdä jopa rakennuksen energiatalouden arviointia.

10. Kenen lämpökuvaukskalustoa on käytetty korjausrakennushankkeen eri vaiheissa (oma/konsultti)?

Haastateltujen suunnittelijoiden tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty pääasiassa omia lämpökameroita. Välillä on ollut maahantuojan lämpökamerat lainassa. Joillakin korjausrakentajilla on myös oma lämpökamera omaan laadunvalvontaan ja aliurakoitsijoiden työn vastaanottoon.

11. Minä ajankohtana (vrk, vuosi) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen suunnittelijoiden lämpökuvauksia on tehty pääasiassa päivisin normaaliin työaikaan. Joskus varsinkin keväisin lämpökuvaukset pitää aloittaa ennen auringon nousua noin klo 4 - 6 alkaen. Yksi haastatelluista oli kerran lämpökuvannut klo 1 - 7 välisen ajan, koska kevät oli jo niin pitkällä ja päivisin aurinko paistoi voimakkaasti lämmittäen rakenteita

12. Minä vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen suunnittelijoiden suorittamia lämpökuvauksia on tehty pääasiassa talvisin; varsinkin ne kuvaukset, jotka koskevat ulkovaipan kylmävuotoja. Pilvisinä päivinä kuvauksia voidaan tehdä jonkun verran myös syksyisin ja keväisin. Auringon paiste häiritsee ulkovaipan lämpökuvauksia. Ulkovaipan lämpökuvaukset tehdään pääasiassa sisäpuolelta. Rakennuksen ulkopuolen lämpökuvaukset tehdään pääasiassa maanpinnan tasolta eli nostolava autoja käytetään harvoin lämpökuvauksissa. Samoin lämmityspattereiden ja -verkostojen säädöt on tehty kylmänä vuodenaikana. Jäähdytysjärjestelmien säädöt ja niiden venttiilien säädöt on tehty lämpimänä vuoden aikana. Osa haastatelluista käytti lämpökameraa koko vuoden ajan mm. kiinteistöjen sähkökaapeleiden ja lattialämmityksien tarkistuksiin.

13. Mitä ilmiöitä eri vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on saatu tutkittua lämpökuvauksella?

Haastateltavilla ei ollut mitään uutta tietoa mainittavana aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

14. Mitä muuta lämpökuvauksen käytössä korjausrakentamisessa tulisi huomioida?

Korjaushankkeen aikana ilmanvaihto ei ole usein normaalikäyttöolosuhteissa vaan on pois päältä tai säätö on käynnissä tai osa venttiileistä on tulpattuna. Tästä johtuen voi tulla virhetulkintoja tai jokin tärkeä asia jää huomioimatta korjaushankkeen rakentamisen aikana.

Lämpökuvauksen käyttömahdollisuudesta korjausrakentamishankkeessa ai-nettarikkomattomana menetelmänä tulisi yleisesti kertoa vielä enemmän kuin nykyään tehdään mm. lehdistössä. Energiatehokkuus ja energian säästö rakentamisessa ovat erittäin ajankohtaisia, niin lämpökamera aivan erinomainen laite näiden parantamiseen korjausrakennushankkeessa. Eräs haastatelluista tekee yhteistyötä erään rautakauppaketjun kanssa, jossa markkinoidaan kevennettyä lämpökuvauksia yksityisasiakkaille. Samalla rakennukseen voidaan tehdä myös ilmatiiivysmittaus. Näin yksityisasiakkaat saavat edukkaasti tietoa rakennustensa energianvuotokohdista. Lämpökuvau-

en ja mittausten perusteella he pystyvät korjaamaan omat talonsa tiiviiksi ja säästämään mm. lämmityskuluissa tulevina vuosina. Yksityisasiakkaat kokevat rautakaupan ehkä tuttuna ja turvallisena paikkana ostaa lämpökuvaukspalvelua kuin suoraan insinööritoimistolta, vaikka käytännössä lämpökuvaja olisikin saman insinööritoimiston henkilö. Tämän jälkeen asiakkaat voivat ostaa korjauksiin tarvitsemat tavarat ja tuotteet rautakaupasta.

Tiiviyshankkeet tulevat lisääntymään ja lämpökuvaukset siinä ohessa. Energialuokat rakennuksissa lisää myös lämpökuvaukset. Muuten ei mitään uutta aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

15. Mitä hyötyä näet lämpökuvauksesta korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?

Haastatellut suunnittelijat näkivät lämpökuvauksen hyödyn korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa on äärimmäisen tärkeää saada lähtötiedot selville hankkeesta ja arvioida kustannukset tarkasti. Korjaustarpeen selvitys pitää suorittaa riittävän hyvin, jotta ei korjattaisi turhaan pelkkien arvailujen perusteella. Ilman lämpökuvaukset oltaisiin usein liikkeellä hatarilla tiedoilla ja päätetään kalliista korjausremontoinneista. Tutkimuksissa tulisi merkittävästi kiinnittää huomiota ilmatiiviyteen ja energiatalouteen. Tämä on tärkein vaihe selvittää kaikki lähtötiedot koko korjausrakentamishankkeelle ja ilman lämpökuvaukset tiedot ovat puutteellisia. Toinen tapa tarveselvitysvaiheessa on suositella jatkotutkimuksia hankesuunnitteluvaiheeseen, jos hanke etenee korjausrakentamiseen saakka ja siitä hankkeen loppuun.
- b. Jos tarveselvitysvaiheessa lähtötiedot on selvitetty hyvin, niin hankesuunnitteluvaiheessa ei juurikaan tarvita lisätietoja. Hankesuunnitteluvaiheessa saadaan lisää lähtötietoja selville hankkeesta ja voidaan tarkemmin arvioida kustannukset kuin ilman lämpökuvaukset. Voidaan minimoida rakentamisvaiheessa tulevia yllätyksiä ja saadaan laskettua budjetti mahdollisimman tarkasti.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa lämpökuvauksella voidaan vielä tarkentaa ja täydentää suunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja, joita ei ole tarpeeksi tutkittu tarveselvitys tai hankesuunnitteluvaiheessa.
- d. Rakentamisvaiheessa suunnittelijat voivat valvoa ja ohjata rakentajan työnlaatua ennen työn tai työvaiheen vastaanottoa. Rakentaja voi tehdä oman työn laadun valvontaa ennen sen luovuttamista rakennuttajalle.

- e. Käyttööntovaiheessa suunnittelijat valvovat rakentajan työnlaatua kuten ulkovaipan toimintaa, sähköjärjestelmien toimintaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaa. Lämpökuvaukset tulisi tehdä ennen asukkaiden muuttoa tai tilojen käyttööntoa. Tässä vaiheessa pääasiassa tarkistetaan mm. lämpökuvauksilla, että tilaajalle on saatu rakennusteknisesti toimiva ja terveellinen rakennus, jonka energiatalous on suunnitelmien mukainen. Käyttööntovaiheessa tehdään lämpökuvauksella kohteen kaikki tarkemittaukset raportointineen. Näin saadaan lähtötiedot korjatun rakennuksen uudelle elinkaarelle. Lattialämmitysputkien paikanus on hyvä tehdä lämpökameralla, kun kiinnitetään koneita ja laitteita lattiaan tai tehdään rakenteisiin jälkikäteen reikiä.

16. Minkälaisissa korjausrakennushankkeissa tarkemmin ottaen olette käyttäneet lämpökuvausta?

Haastatelluilla suunnittelijoilla ei ole ollut kokonaista korjausrakennushanketta vaan erilaisia pätkiä erilaisista kohteista on ollut kattaen asuin- ja palvelutaloja sekä julkisia rakennuksia. He odottavat pääsevänsä toteuttamaan koko korjausrakennushankkeen niin, että siinä käytettäisiin lämpökuvausta koko hankkeen ajan.

17. Mitä muuta haluatte haastatteluun liittyen mainita?

Välillä urakoitsijat pyrkivät peittämään työvirheitään, jotka tulevat kuitenkin esiin lämpökuvauksissa. Usein asiakkaat kokevat lämpökuvauksen välttämättömäksi pakoksi ja jopa turhaksi rahastukseksi. Lämpökuvauksen merkitystä korjausrakennushankkeissa tulisi korostaa ja tietoa tulisi jakaa yleisesti lisää. Tällä hetkellä lämpökuvaustilanteessa on usein kyse urakoitsijan ja asukkaan /asunto-osakeyhtiön välisestä riidasta, jossa riidellään jostakin kylmästä kohdasta tai vedosta, jonka asukas tuntee. Nämä ovat niitä esimerkkejä, kun lämpökuvausta ei ole tehty riittävän ajoissa tai korjausrakennushanke on tehty alun perin puutteellisin lähtötiedoin ja työnaikaisin mittauksin mm. ilman lämpökuvauksia. Lämpökuvausten jälkeen tapellaan siitä mitä ja miten löytyneitä puutteita korjataan sekä kuka saa ne korjata. Tätä kautta lämpökuvaus on saanut paljon negatiivista mainetta, kun sitä käytetään liian myöhään korjausrakennushankkeen kannalta. Lämpökuvauksen hinta ja sisältö vaihtelevat vielä jonkin verran haastateltujen mielestä. Isännöitsijät välillä pyytävät tulkitsemaan toisen lämpökuvaajan lämpökuvausraportointia, mutta usein se ei ole järkevää vaan pitää tehdä uusinta lämpökuvaukset. Tilaajan tulisi pyytää lämpökuvaajaa tarkemmin selostamaan raportoinnin ti-

laajalle, jos ei sitä kokonaan ymmärrä, koska raporttiteksti ei välttämättä kerro kaikkea mitä lämpökuvassa näkyy varsinkaan vertailtaessa siviiliä tai ammattilaista keskenään.

5.3.3 Rakentajien lämpökuvauskokemukset korjausrakentamisessa

Tässä haastattelussa rakentajat ovat korjausrakennushankkeen osapuolia, jotka rakennuttajan toimeksiannosta vastaavat lopputuotteen konkreettisesta tuottamisesta, rakennuksen korjausrakentamisesta.

Rakentajien teemahaastattelujen tulokset

1. Kuinka paljon toiminnastanne on korjausrakentamista ja uudisrakentamista?

Haastateltujen rakentajien toiminnassa korjaus- ja uudisrakentamisen määrä vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Korjausrakentamisen määrä oli 10 - 20 % ja uudisrakentamisen määrä oli 80 - 90 % toiminnasta.

2. Kuinka paljon lämpökuvauksesta on korjausrakentamisessa tehtävää ja kuinka paljon uudisrakentamisessa tehtävää lämpökuvausta?

Haastateltujen rakentajien kokemukset lämpökuvauksista korjaus- ja uudisrakentamisen suhteen vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Lämpökuvauksien määrä korjausrakentamisessa oli 20 % ja uudisrakentamisessa oli 80 % lämpökuvauksista. Yksi haastatelluista ei tiennyt tarkkoja arvoja eikä lähentynyt arvaamaan niitä.

3. Kuinka kauan olette käyttäneet lämpökuvausta?

Haastatelluista rakentajista osa oli aloittanut lämpökuvauksen jo 1990-luvulla ja osa 2000-luvun puolivälin jälkeen.

4. Missä korjausrakentamishankkeen vaiheissa käytätte lämpökuvausta?

Haastatelluista rakentajista käytti lämpökuvausta korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa rakentajat eivät juuri ole käyttäneet lämpökuvausta.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa rakentajat käyttivät 0 - 5 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa rakentajat käyttivät 0 - 5 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- d. Rakentamisvaiheessa rakentajat käyttivät 30 - 40 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.
- e. Käyttöönottovaiheessa rakentajat käyttivät 50 - 70 % hankkeen koko lämpökuvausmäärästä.

5. Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista suunnittelijoista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista rakenteista ja niiden osista kuten:

- ikkunoiden ja ovien ilmapuodoista
- ulkovaipan rakenteista tai teknisestä toiminnasta
- eristepuutteista
- julkisivupinnoitteiden kunnosta
- ilmapuodoista
- lämmitysjärjestelmistä (tarkistus ja säätö)
- latioista ja yläpohjoista.

Niitä tutkittiin pääasiassa asukkaiden tai käyttäjien valitusten perusteella.

6. Minkälaisista rakennuksen teknisistä laitteista ja toiminteista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista rakentajista keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista teknisistä laitteista ja toiminnoista:

- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmitysputkista ja -kaapeleista

- ilmanvaihtojärjestelmien säädöistä.

Niitä tutkittiin osittain käyttäjiltä tulleiden valitusten perusteella.

7. Minkälaisissa korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa on käytetty lämpökuvausta?

Korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa selkeästi ylivoimaisesti lämpökuvausta on käytetty julkisivujen tutkimiseen, ikkunoiden asennuksen tarkistukseen ja niiden tiiviyyden mittaamisen yhteydessä. Osa on käyttänyt lämpökuvausta talotekniikan toimintakokeiden yhteydessä ja säätämisessä. Kohteina on ollut pientaloja ja isompia rakennuskohteita.

8. Minkälaisin lämpökuvauslaittein ja -menetelmien on kerätty lämpökuvaustietoa korjausrakennushankkeen eri vaiheissa?

Haastateltujen rakentajien tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty omia tai konsulttien FLIR-lämpökameroita, mutta heillä ei ole ollut käytössään 80° laajakulmaoptiikkaa, joka helpottaisi lämpökuvausta ahtaissa tiloissa. Kuvauksissa käytetyt lämpökamerat ovat olleet laadukkaita raportointiin sopivia malleja sekä edukkaita työmaalle sopivia pistoolimallisia lämpökameroita. Lämpökuvausten ohessa on käytetty erilaisia kosteus-, lämpö- ja paine-eromittareita. Osa haastatelluista käyttää ilmapuotojen havaitsemiseen myös merkkisavuja.

9. Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Ongelmakohtat käydään läpi työmaakokouksissa, suunnitellaan työmaalla havaittujen virheiden korjaustoimenpiteet sekä ne merkataan pöytäkirjoihin ja työmaan piirustuksiin. Lämpökuvauksella ja sen oheismittauksilla saatua tietoa käytetään rakentamisen ohjaamiseen ja työn laadun varmistukseen. Lämpökuvauksella saadaan tärkeätä tietoa korjausrakennushankkeesta, jottei turhaan mm. ylikorjata. Oikein ajoitetut ja riittävät lämpökuvaukset minimoivat takuukorjauksia merkittävästi.

10. Kenen lämpökuvauskalustoa on käytetty korjausrakennushankkeen eri vaiheissa (oma/konsultti)?

Haastateltujen rakentajien tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty pääasiassa konsulttien lämpökameroita, mutta vain osa käyttää omaa lämpökuvauskalustoa. Yksi haastatelluista on ulkoistanut oman lämpökuvaustoimintansa ja ostaa heiltä osan tarvitsemistaan lämpökuvauspalveluista.

11. Minä ajankohtana (vrk, vuosi) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen rakentajien lämpökuvauksia on tehty pääasiassa päivisin normaaliin työaikaan. Joskus varsinkin keväisin lämpökuvaukset pitää aloittaa ennen auringon nousua tai tehdä iltamyöhällä auringon laskun jälkeen.

12. Minä vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastateltujen rakentajien suorittamia tai tilaamia lämpökuvauksia on tehty pääasiassa talvisin ja keväisin; varsinkin ne kuvaukset, jotka koskevat ulkovaipan kylmävuotoja. Samoin lämmityspattereiden ja -verkostojen säädöt on tehty kylmänä vuodenaikana. Jäähdytysjärjestelmien säädöt ja niiden venttiilien säädöt on tehty lämpimänä vuoden aikana. Haastatelluilla rakentajilla ei ollut kokemusta kosteusvaurioiden kartoituksista, joita voidaan tehdä hyvin kesäaikaan.

13. Mitä ilmiöitä eri vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on saatu tutkittua lämpökuvauksella?

Haastateltavilla ei ollut mitään uutta tietoa mainittavana aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

14. Mitä muuta lämpökuvauksen käytössä korjausrakentamisessa tulisi huomioida?

Talotekniikan säätämiseen lämpökuvaus on erittäin hyvä apuväline. Lämpökuvauksella selvitetään ilmanvaihdon toimivuutta eli nähdään jäähdytys- tai lämmitysjärjestelmien toiminta. Lämpökuvausta käytetään lattialämmityksen tutkimiseen.

15. Mitä hyötyä näet lämpökuvauksesta korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?

Haastatellut rakentajat näkivät lämpökuvauksen hyödyn korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa on äärimmäisen tärkeää saada lähtötiedot selville hankkeesta ja arvioida kustannukset tarkasti. Tarveselvitysvaiheessa on myös tärkeää varmistaa kohteen sopivuus eli saada vanhoille kiinteistöille omistaja tai käyttäjä, koska vanhan kiinteistön korjaamisessa on otettava myös huomioon kaupalliset näkökohdat. Tutkimuksissa tulisi merkittävästi kiinnittää huomiota ilmatiiviyteen ja energiatalouteen. Tämä on tärkein vaihe selvittää kaikki lähtötiedot koko korjausrakentamishankkeelle ja ilman lämpökuvausta tiedot ovat puutteellisia
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa saadaan lisää lähtötietoja selville hankkeesta ja voidaan tarkemmin arvioida kustannukset kuin ilman lämpökuvausta. Voidaan minimoida rakentamisvaiheessa tulevia yllätyksiä ja saadaan laskettua budjetti mahdollisimman tarkasti. Kun on kysymys vanhoista kiinteistöistä, niiden korjaamisen kannattavuus tulee selvittää erittäin tarkkaan, jotta se olisi taloudellisesti kannattavaa. Tässä vaiheessa usein tehdään kauppaa korjattavan kiinteistön tulevan ostajan tai käyttäjien kanssa.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa lämpökuvauksella voidaan vielä tarkentaa ja täydentää suunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja, joita ei ole tarpeeksi tutkittu tarveselvitys tai hankesuunnitteluvaiheessa. Korjausrakennushankkeessa on erittäin tärkeää selvittää kiinteistön kunto, ettei korjata turhaan tai väärin.
- d. Rakentamisvaiheessa haastatellut rakentajat valvovat ja ohjaavat rakentamisen työnlaatua ennen työn tai työvaiheen luovuttamista rakennuttajalle vaihtelevin määrin.
- e. Käyttööntöövaiheessa rakentajat valvovat työnlaatuaan kuten ulkovaipan, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien sekä talotekniikan toimintaa. Lämpökuvaukset tulisi tehdä ennen asukkaiden muuttoa tai tilojen käyttööntöön. Käyttööntöövaiheessa tehdään usein lämpökuvauksella kohteen kaikki tarkemittaukset raportointineen.

Urakointiorganisaatiossa on usein oma hankekehitys korjausrakennuskohteille, jolloin tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttööntöön eivät mene tässä esitellyssä normaalissa rakennuttamisjärjestyksessä.

16. Minkälaisissa korjausrakennushankkeissa tarkemmin ottaen olette käyttäneet lämpökuvausta?

Kokonaista korjausrakennushanketta ei ole ollut vaan erilaisia pätkiä erilaisista kohteista on ollut koskien asuin- ja toimistorakennuksia.

17. Mitä muuta haluatte haastatteluun liittyen mainita?

Lämpökuvaus mielletään rakentajien mielestä usein kalliiksi, koska ei tunneta sen kaikkia käyttömahdollisuuksia. Lämpökuvauksen käyttö tulee usein tilaajan vaatimuksista. Lämpökuvauksissa saattaa näkyä kuka ja kenelle mitataan eli lämpökuvausten tulkinnoissa saattaa näkyä lämpökuvauksen maksajan tahtotila sekä mahdolliset ohjeistukset lopputuloksen suhteen. Lämmöneristystä ei kannata pelkästään lisätä sen kalleuden takia, jos siinä samassa ei saada jotain muuta lisäarvoa korjausrakennuskohteelle. Energiatalouden kannalta rakennuksen tiiveys on yksi tärkeimpiä asioita.

Lisää koulutusta työmaahenkilöstölle lämpökuvauksesta ja sen käyttömahdollisuuksista toivotaan, ei välttämättä mitään sertifiointeja vaan käytännön kuvauskoulutusta lämpökameran käyttäjille.

Yleisesti rakentajilla on tiedonpuute lämpökuvauksen monista käyttömahdollisuuksista ja lämpökuvauslaitteista.

5.3.4 Viranomaisten lämpökuvauskokemukset korjausrakentamisessa

Tässä haastattelussa viranomaisella tarkoitetaan rakennusvalvontaviranomaisia, jotka valvovat suunnittelua ja rakentamista lakien, asetusten, eriasusteisten kaavojen, yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien pohjalta.

Haastatteluihin valituista rakennusvalvonnoista osa ei tee lämpökuvauksia tai välttämättä vaadi niitä tehtäväksi korjausrakennushankkeen aikana. Uudisrakennuskohteissa usein tehdään lämpökuvaukset kohteen valmistuttua. Yhdellä haastatelluista on hankittu lämpökameroita rakennusvalvonnan käyttöön.

*Viranomaisten teemahaastattelujen tulokset***1. Kuinka paljon toimialueella on korjausrakentamista ja uudisrakentamista?**

Haastateltujen viranomaisten toimialueella korjaus- ja uudisrakentamisen määrä vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Korjausrakentamisen määrä oli 10 - 30 % ja uudisrakentamisen määrä oli 70 - 90 % toimialueella. Osa haastatelluista ei tiennyt tarkkoja arvoja eivätkä he lähteneet arvaamaan niitä.

2. Kuinka paljon lämpökuvauksesta on korjausrakentamisessa tehtävää ja kuinka paljon uudisrakentamisessa tehtävää lämpökuvausta?

Haastateltujen viranomaisten kokemukset lämpökuvauksista korjaus- ja uudisrakentamisen suhteen vaihteli runsaasti haastateltujen kesken. Lämpökuvauksien määrä korjausrakentamisessa oli 10 - 30 % ja uudisrakentamisessa oli 70 - 90 % lämpökuvauksista. Osa haastatelluista ei tiennyt tarkkoja arvoja eivätkä he lähteneet arvaamaan niitä.

3. Kuinka kauan olette käyttäneet lämpökuvausta?

Haastatelluista yksi oli aloittanut lämpökuvauksen jo 2000-luvun alussa ja omat lämpökamerat hankittiin vuonna 2009.

4. Missä korjausrakentamishankkeen vaiheissa käytätte lämpökuvausta?

Haastatelluista viranomaisista käytti lämpökuvausta korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa viranomaiset eivät ole käyttäneet lämpökuvausta.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa viranomaiset eivät ole käyttäneet lämpökuvausta.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa viranomaiset eivät ole käyttäneet lämpökuvausta.

- d. Rakentamisvaiheessa viranomaiset eivät ole käyttäneet lämpökuvausta.
- e. Käyttööntovaiheessa yksi viranomainen on hieman käyttänyt lämpökuvausta.

5. Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista viranomaisista yksi keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista rakenteista ja niiden osista kuten:

- ikkunoiden ja ovien ilmapuodoista
- ulkovaipan rakenteista tai teknisestä toiminnasta
- lämmitysjärjestelmien liittymistä kiinteistöön.

Niitä tutkittiin pääasiassa yleiskatsauksena informoiden rakennuttajaa tai käyttäjää havaituista puutteista.

6. Minkälaisista rakennuksen teknisistä laitteista ja toiminteista on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatelluista viranomaisista yksi keräsi lämpökuvauksella tietoa seuraavanlaisista teknisistä laitteista ja toiminnoista:

- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmityspotkista ja -kaapeleista.

Niitä tutkittiin pääasiassa yleiskatsauksena informoiden rakennuttajaa tai käyttäjää havaituista puutteista.

7. Minkälaisissa korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa on käytetty lämpökuvausta?

Viranomaisilla ei ollut vielä kokemusta niistä.

8. Minkälaisin lämpökuvauslaittein ja -menetelmien on kerätty lämpökuvaustietoa korjausrakennushankkeen eri vaiheissa?

Haastatellun lämpökuvaksia tehneen viranomaisen tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty omia FLIR-lämpökameroita. Kuvauksissa käytetyt lämpökamerat ovat olleet työmaalle sopivia pistoolimallisia lämpökameroita.

9. Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Havaitut ongelmakohdat on informoitu käyttäjälle tai rakennuttajalle.

10. Kenen lämpökuvauskalustoa on käytetty korjausrakennushankkeen eri vaiheissa (oma/konsultti)?

Haastatellun lämpökuvaksia tehneen viranomaisen tekemissä lämpökuvauksissa on käytetty omia lämpökameroita.

11. Minä ajankohtana (vrk, vuosi) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatellun lämpökuvaksia tehneen viranomaisen tekemiä lämpökuvauksia on tehty päivisin normaaliin työaikaan.

12. Minä vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on kerätty lämpökuvaustietoa?

Haastatellun lämpökuvaksia tehneen viranomaisen suorittamia lämpökuvauksia on tehty talvella ja keväällä, koska lämpökamerat ovat olleet vasta puoli vuotta vanhoja.

13. Mitä ilmiöitä eri vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on saatu tutkittua lämpökuvauksella?

Haastateltavilla ei ollut mitään uutta tietoa mainittavana aiempiin kysymyksiin/kohtiin nähden.

14. Mitä muuta lämpökuvauksen käytössä korjausrakentamisessa tulisi huomioida?

Kiinteistön kaukolämpö- ja kaukokylmäliittymät voisi ehkä tarkistaa lämpökuvauksella.

15. Mitä hyötyä näet lämpökuvauksesta korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?

Haastatellut viranomaiset näkivät lämpökuvauksen hyödyn korjausrakennushankkeen eri vaiheissa seuraavasti:

- a. Tarveselvitysvaiheessa on äärimmäisen tärkeitä saada lähtötiedot selville hankkeesta. Lupamenettelyyn voi ehkä kuulua korjausrakennushankkeen ennakkotutustuminen. Siinä voisi lämpökuvata ulkovaippaa ja kiinteistön kunnallisteknisten liittymien ympäristön.
- b. Hankesuunnitteluvaiheessa viranomaisilla ei ole lämpökuvausta.
- c. Rakennussuunnitteluvaiheessa viranomaisilla ei ole lämpökuvausta.
- d. Rakentamisvaiheessa haastatellut viranomaiset valvovat pääasiassa rakentamisen työnlaatua lämpökameroillaan.
- e. Käyttööntöövaiheessa haastatellut viranomaiset valvovat tarvittaessa rakentamisen työnlaatua.

16. Minkälaisissa korjausrakennushankkeissa tarkemmin ottaen olette käyttäneet lämpökuvausta?

Viranomaisilla ei ollut vielä kokemusta niistä.

17. Mitä muuta haluatte haastatteluun liittyen mainita?

Viranomaisista osa mieltää lämpökuvauksen erittäin hyväksi laadunvalmistusmenetelmäksi korjausrakentamisessa.

5.4 Teemahaastattelujen tulosten yhteenveto

Teemahaastattelujen rakenne ja kysymykset perustuvat korjausrakennushankkeen lämpökuvauksen ohjelmallisiin. Sen perusteella korjausrakennus-

hankkeen eri toimijoilta kerättiin tietoa hankkeen vaiheiden osalta seuraavin pääkysymyksin:

- minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaustietoa kerätään
- minkälaisin menetelmien, laittein ja minä ajankohtana lämpökuvaustietoa kerätään
- miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

Seuraavassa käydään läpi lämpökuvauksen käytön yleisyyttä ohjemalliin verraten ja kootaan haastattelujen tuloksia yhteen pääkysymyksittäin.

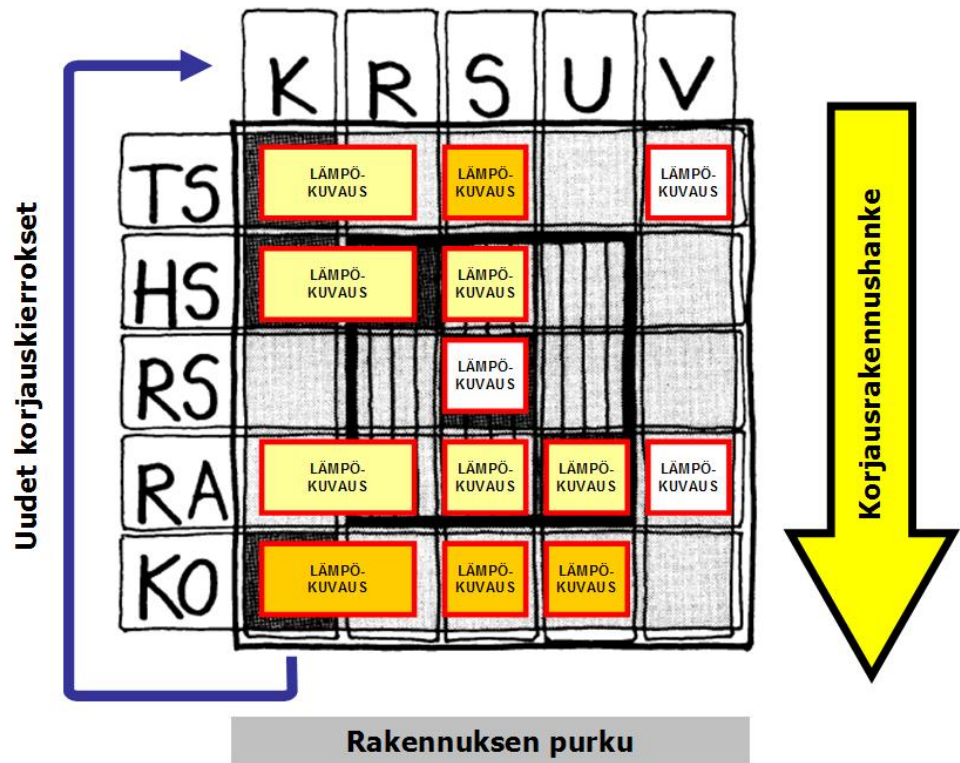
5.4.1 Lämpökuvauksen käytön yleisyys korjausrakennushankkeissa

Teemahaastattelujen tulokset on koottu ohjemalliin erivärisin lämpökuvauslaatikoin (Kuva 27). Eri väreillä kuvataan, kuinka paljon lämpökuvausta hyödynnetään korjausrakennushankkeissa hyödyntämisen mahdollisuuksiin ja potentiaaliin nähden.

Laatikoiden värit on määritelty seuraavasti:

- Valkoinen, jos ei ole ollut juuri ollenkaan lämpökuvia.
- Vaalean keltainen, jos on ollut vähäisessä määrin lämpökuvia.
- Oranssi, jos on ollut jossain määrin / paljon lämpökuvia.

Kaikki osapuolet



Kuva 27. Lämpökuvauksen teemahaastattelun kaikkien osapuolien tulokset ohjelmallisissa.

Teemahaastattelujen kokoavana havaintona voidaan yleisesti todeta, että lämpökuvaukseen hyödynnetään vielä melko vähän korjausrakennushankkeissa. Monilla haastatelluilla oli enemmän kokemusta lämpökuvauksesta uudis- kuin korjausrakentamisesta. Saman osapuolen eri haastateltavien kesken oli lämpökuvauksen käyttöasteessa melkoisia painotuseroja. Tutkimuksen tulos osoittaa hyvin lämpökuvauksen käytön kirjavuuden ja vakiintumattomuuden suomalaisessa korjausrakentamisessa.

5.4.2 Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvaukset kerätään?

Teemahaastattelujen perusteella voidaan yleistäen todeta, että korjausrakennushankkeen eri osapuolet käyttävät vaihtelevissa määrin lämpökuvaukset saadakseen tietoa seuraavista rakenteista ja niiden osista:

- ikkunoiden ja ovien ilmavuodoista
- ulkovaipan rakenteista tai teknisestä toiminnasta
- eristepuutteista
- julkisivupinnoitteiden kunnosta
- ilmavuodoista
- lämmitysjärjestelmistä (tarkistus ja säätö)
- kosteusvaurioista
- lämmityspattereista ja -putkistoista
- lattialämmitysputkista ja -kaapeleista
- ilmanvaihtojärjestelmien säädöistä
- jäähdytyslaitteista ja -putkistoista
- koneistoista ja niiden liitoksista, joissa on tärinää
- sähkökytkennöistä ja -kaapeleista.

Korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa selkeästi ylivoimaisesti lämpökuvausta on käytetty:

- ikkunoiden asennuksen tarkistukseen ja niiden tiiviyden mittaamisen yhteydessä
- kuntoarvioinneissa
- tiiveysmittausten yhteydessä
- työmaan työn ohjaukseen ja seurantamittauksiin valvojina
- julkisivujen tutkimiseen
- talotekniikan toimintakokeiden yhteydessä ja säätämisessä.

5.4.3 *Minkälaisin menetelmien, laitteiden ja minä ajankohtana lämpökuvaustietoa kerätään?*

Haastateltavien kertoman mukaisesti korjausrakennushankkeiden lämpökuvauksissa on käytetty varsin monipuolisesti erilaisia laitteistoja ja menetelmiä. Yhteenvetona voidaan todeta, että haastateltujen suorittamissa tai tilaamissa lämpökuvauksissa:

- on käytetty FLIR- ja NEC-lämpökameroita
- lämpökamerat ovat olleet laadukkaita raportointiin sopivia malleja
- lämpökameroissa ei ole ollut käytössään 80° laajakulmaoptiikkaa, joka helpottaisi lämpökuvausta ahtaissa tiloissa
- on käytetty työmaalle sopivia pistoolimallisia lämpökameroita
- on käytetty erilaisia kosteus-, lämpö- ja paine-eromittareita

- ilmapuotojen mittaus on tehty Blower Door -tiiviydenmittauslaitteilla
- ilmapuotojen havaitsemiseen on käytetty lisäksi merkkisavuja ja -kaasuja.

Ajankohdallisesti haastateltujen suorittamia tai tilaamia lämpökuvauksia on tehty:

- pääasiassa päivisin normaaliin työaikaan
- joskus keväisin klo 4 - 6 alkaen ennen auringon nousua
- jopa klo 1 - 7 välisen ajan
- iltamyöhällä auringon laskun jälkeen.

Haastateltujen suorittamia tai tilaamia lämpökuvauksia on tehty pääasiassa talvisin. Näin on menetelty varsinkin niissä kuvauksissa, jotka koskevat:

- ulkovaipan kylmävuotoja.
- lämmityspattereiden ja -verkostojen säätöjä
- lattialämmityksien tarkistuksia
- kiinteistöjen sähkökaapeleiden tarkistuksia.

Osan haastateltujen suorittamista tai tilaamista lämpökuvauksia on tehty lämpimänä vuodenaikana. Erityisesti tällöin on tehty kuvauksia, jotka koskevat:

- jäähdytysjärjestelmien ja niiden venttiilien säätöjä
- kiinteistöjen koneiden tarkistuksia
- sähkölaitteiden ja -verkostojen tarkistuksia
- lattialämmityksien tarkistuksia.

Ulkovaipan lämpökuvaukset tehdään pääasiassa sisäpuolelta. Rakennuksen ulkopuolen lämpökuvaukset tehdään pääasiassa maanpinnan tasolta eli nostolava-autoja käytetään harvoin lämpökuvauksissa. Auringonpaiste häiritsee ulkovaipan lämpökuvauksia. Harvalla haastatelluista oli kokemusta kosteusvaurioiden kartoituksista, joita voidaan tehdä hyvin kesäaikaan.

5.4.4 *Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?*

Haastateltavien tapa hyödyntää lämpökuvaustietoa oli moninainen ja vaihteli merkittävästi. Teemahaastatteluissa kävi ilmi, että haastateltavat olivat tehneet lämpökuvauksen perusteella mm. seuraavia johtopäätöksiä tai suosituksia jatkotoimenpiteiksi:

- Konsulttien tai omien lämpökuvaajien raportit kootaan kohde- tai hankekohtaisiin tiedostoihin, joista kaikki niihin oikeuden omaavat voivat tutustua lämpökuvausmateriaaliin.
- Ongelmakohtat käydään läpi työmaakokouksissa ja merkataan pöytäkirjoihin.

Ongelmakohtat käydään usein läpi riitatapauksen yhteydessä pidettävän keskustelu- tai tiedotustilaisuuden yhteydessä ja merkitään pöytäkirjoihin.

- Ongelmakohtat merkitään pöytäkirjoihin ja työmaan piirustuksiin.
- Suunnitellaan työmaalla havaittujen virheiden korjaustoimenpiteet.
- Lämpökuvauksella ja sen oheismittauksilla saatua tietoa käytetään suunnittelun pohjaksi ja ohjaamiseksi.
- Lämpökuvausten perusteella tehdään rakennustyön ohjausta ja valvontaa.
- Lämpökuvauksella ja sen oheismittauksilla saatua tietoa käytetään rakentamisen ohjaamiseen ja työn laadun varmistukseen.
- Havaitut ongelmatkohtat informoidaan käyttäjälle tai rakennuttajalle.
- Rakennuttajien valvojat seuraavat korjauksia omilla tai konsulttien tekemillä lämpökuvauksilla.
- Lämpökuvat kertovat paljon oikein tulkittuna.
- Tilaaja ei halua tai tarvitse lisäinformaatiota lämpökuvausraportin lisäksi.
- Yksityishenkilöt eivät usein halua välttämättä raportointia ollenkaan, koska se koetaan turhan kalliiksi.
- Lämpökuvausten perusteella voidaan tehdä jopa rakennuksen energiatalouden arviointia.
- Lämpökuvauksella saadaan tärkeitä tietoja korjausrakennushankkeesta, jottei turhaan mm. ylikorjata.
- Oikein ajoitetut ja riittävät lämpökuvaukset minimoivat takuukorjauksia merkittävästi.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

6.1 Johtopäätökset lämpökuvauksen käytöstä korjausrakentamisessa

Esitutkimuksen ja haastattelujen perusteella saatiin tutkimustietoa lämpökuvauksen ajoituksesta, laadusta, laajuudesta ja käytettävästä lämpökuvauksikalustosta korjausrakennushankkeen eri vaiheissa ja osapuolien osalta.

Esitutkimuksessa selvitettiin kirjallisuuteen, konferenssiesityksiin ja lämpökuvauksen suorittamisesta saatuun aineistoon pohjautuen tyypillisen korjausrakennushankkeen vaiheistus, hankkeen keskeiset toimijat ja hankkeissa käytettävissä olevat lämpökuvauksen menetelmät ja -laitteenvaihtoehdot.

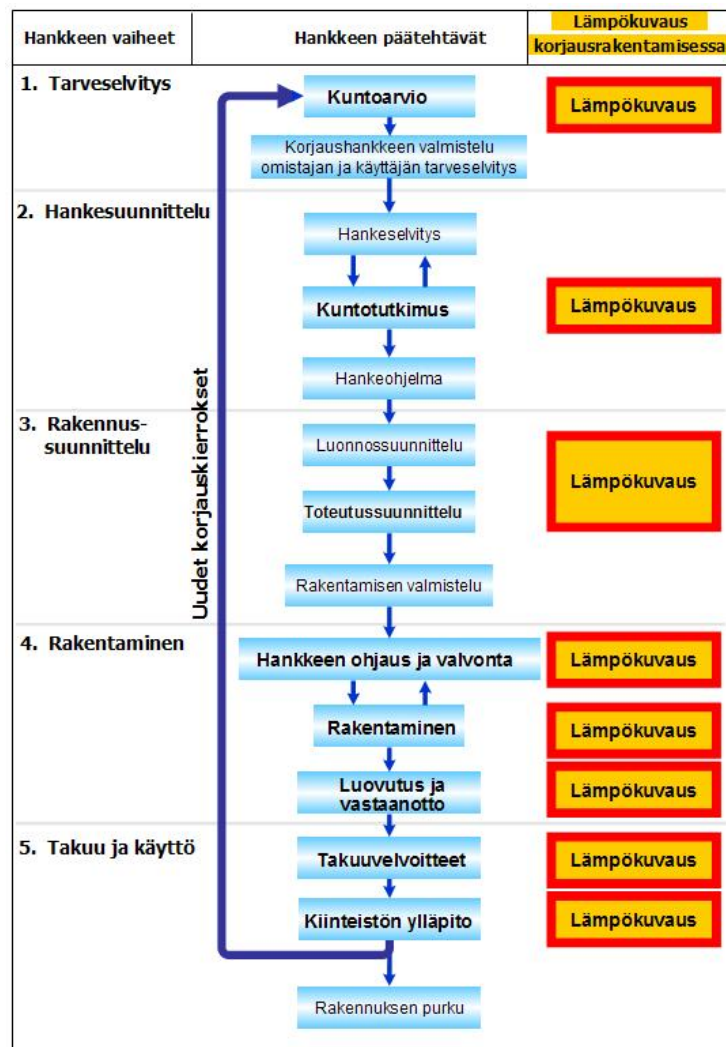
Teemahaastattelun lähtökohtana oli selvittää lämpökuvauksen hyödyntämismahdollisuuksia korjausrakentamishankkeen eri vaiheiden keskeisten toimijoiden eli käyttäjän, rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja viranomaisen näkökulmasta. Tällöin tarkasteltiin, miten hankkeen toimijat saavat lämpökuvauksella optimaalisimmin tietoa korjausta vaativista rakennuksen rakenteista ja LVIS-laitteiden toimivuudesta hankkeen eri vaiheissa ja miten saatua tietoa voidaan hyödyntää.

Teemahaastattelujen yhteenvedona voitiin todeta, että lämpökuvauksella hyödynnetään korjausrakentamisessa varsin suppeasti siihen nähden, mitkä ovat lämpökameran käytön mahdollisuudet ja potentiaali tiedonhankinnan välineenä korjausrakennushankkeissa eri toimijoiden tehtäväkentissä.

Tämän YAMK-opinnäytetyön **keskeisenä johtopäätöksenä** on kaikkeen edellä tutkittuun tietoon perustuen se, että lämpökuvauksella koskevan tiedon, lämpökuvauksen hyödyntämismahdollisuuksien ja lämpökuvauksen hankkeen aikaisen käytön lisäämiselle on selkeästi tarvetta suomalaisessa korjausrakentamisessa. Niin ikään lämpökuvauksen koulutukselle sekä lämpökuvaukseen käytettävien laitteiden määrän ja laadun parantamiselle on tarvetta suomalaisen korjausrakentamisen kentässä.

Lämpökuvauksella tulisi käyttää koko korjausrakennushankkeen aikana, koska silloin saadaan mahdollisimman laaja ja kattava lähtötietoaineisto rakennuksesta sekä sen rakenteiden ja osien kunnosta että laitteiden ja niihin liittyvien järjestelmien ja verkkojen kunnosta.

Nykyinen eristystekniikka on teoriassa vähentänyt lämmitystarvetta. Tästä johtuen melko pienetkin eristys- ja tiivistysvirheet voivat merkittävästi heikentää korjatun rakennuksen lämpötaloutta ja asuinmukavuutta. Rakennuksen lämmöneristysominaisuuksia ja tiivyyttä on vaikea ennakoida ilman lämpökuvausta. Lukuisten eri osien ja rakennuselementtien asennukseen liittyvillä tekijöillä on merkittävä vaikutus korjausrakennuksen lopputulokseen. Materiaalien kuljetuksella, käsittelyllä ja työmaavarastoinnilla sekä rakennustyön laadulla on myös merkittävä vaikutus haluttuun lopputulokseen. Haluttaessa tarkistaa ja varmistaa, että suunnitellut ominaisuudet on saavutettu, korjattu rakennus täytyy tutkia ja tarkastaa lämpökuvauksella.



Kuva 28. Korjausrakentamishankkeen lämpökuvauksien ajoitukset vaiheittain ja päätehtävittäin.

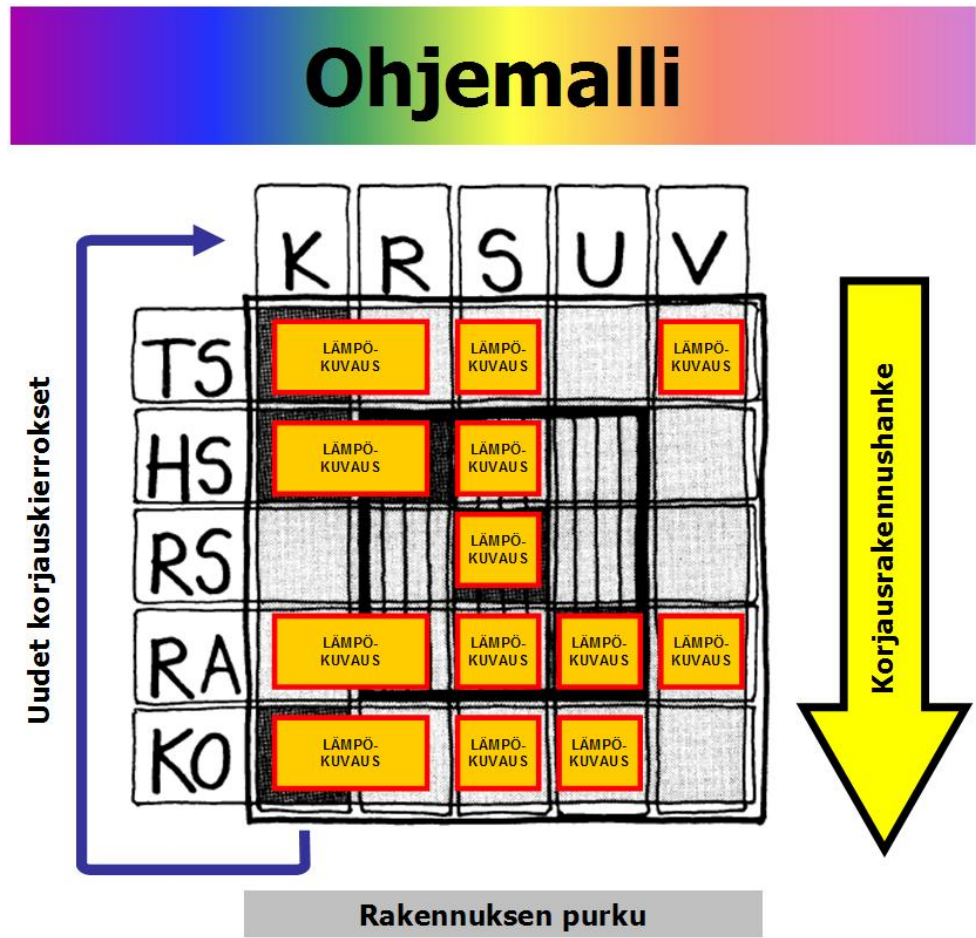
Edellä esitetty kuva 28 havainnollistaa lämpökuvauksen osittain käyttämättömiä hyödyntämismahdollisuuksia korjausrakennushankkeissa. Korjausrakennushankkeessa lämpökuvausta tulisi käyttää kuntoarvion tekemiseen, kuntotutkimuksen tekemiseen sekä rakennussuunnitteluvaiheen tutkimuksiin ja lisäselvityksiin. Lämpökuvausta tulisi hyödyntää niin ikään rakentamisvaiheessa työvaiheiden valmiusasteen määrittämiseen ja korjausrakennushankkeen käyttöönottovaiheessa erityisesti laadunvalvonnan tukena.

Kattavat kuntoselvitykset ennen suunnittelua minimoivat korjausrakentamisaikaisia muutos- ja lisätöitä, joista aina tulee lisäkustannuksia rakennuttajalle. Työnaikainen laadunvalvonta lämpökameraa apuna käyttäen minimoi huolimattomuudesta ja osaamattomuudesta johtuvia työvirheitä ratkaisevasti enemmän kuin silmämääräisellä laadunvalvonnalla tehtäessä. Näin päästään rakennusvirheiden ja niistä johtuvan työnaikaisen korjaamisen minimoimiseen, joka johtaa korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakentamistyön laadun parantumiseen.

Käyttöönottovaiheessa tapahtuvia lämpökuvauksia voidaan käyttää myös rakennuksen pitkäaikaiseen kunnonvalvontaan, jolloin korjatun rakennuksen lähtötilanne tulee dokumentoitua. Kaikkia sen jälkeen tapahtuvia muutoksia uuden elinkaaren aikana voidaan näin verrata lähtötilanteeseen korjausrakennushankkeen valmistuttua.

6.2 Suositukset lämpökuvauksen käytöstä korjausrakentamisessa

Edellä esitettyjen johtopäätösten perusteella kuvataan seuraavassa korjausrakentamisen lämpökuvauksen ohjemallia hyödyntäen suositukset lämpökuvauksen käytöstä korjausrakennushankkeessa kullekin toimijalle hankkeen eri vaiheet huomioiden (Kuva 29).



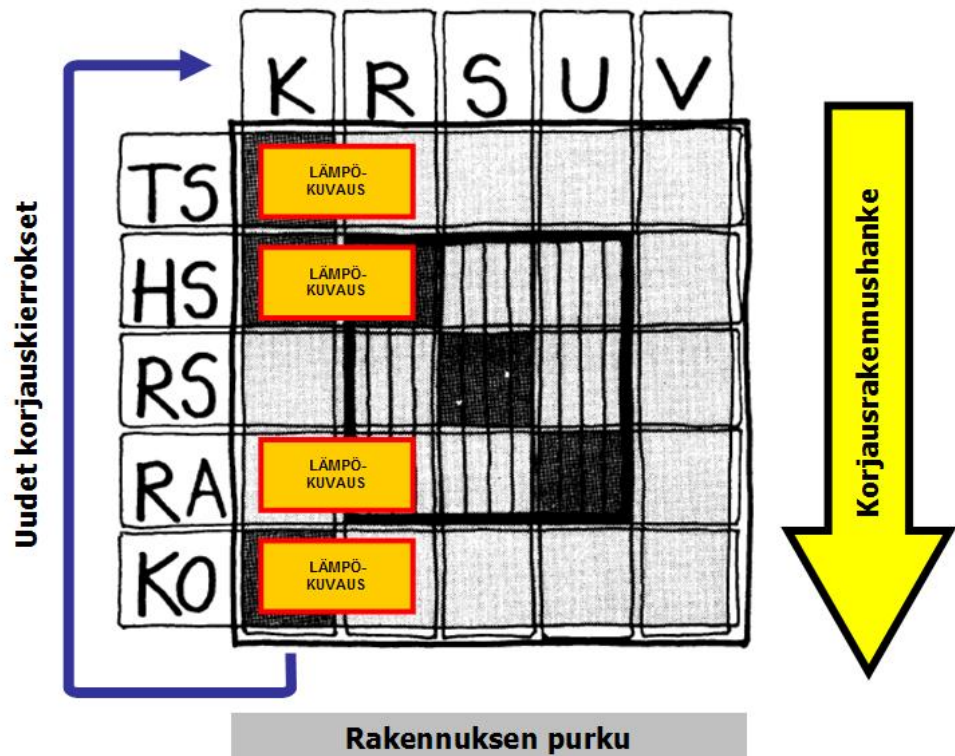
Kuva 29. Lämpökuvauksen ohjemalli

6.2.1 Suositukset käyttäjille (K), rakennuttajille (R) ja suunnittelijoille (S)

Suosituksia käyttäjille (K), rakennuttajille (R) ja suunnittelijoille (S) esitetään yhtenä kokonaisuutena suunnittelijan ollessa usein käyttäjän tai rakennuttajan tilaama toimija korjausrakennushankkeessa.

Käyttäjät ja rakennuttajat hyötyvät lämpökuvauksesta erityisesti korjausrakennushankkeen tarveselvitys-, hankesuunnittelu-, rakentamis- ja käyttöönottovaiheissa, joka esitetty lämpökuvauksen ohjemallissa käyttäjille (K) ja rakennuttajille (R) (Kuva 30). Käyttäjät tarvitsevat usein korjausrakennushankkeen lämpökuvauksiin rakennuttajaa tai suunnittelijaa, joilla on tarvittavat lämpökuvaukskalustot. Isojen organisaatioiden rakennuttajilla saattaa olla omaa lämpökuvaustoimintaa, mutta monet rakennuttajat käyttävät suunnittelijoita tai lämpökuvaukskonsultteja korjausrakennushankkeen erivaiheissa.

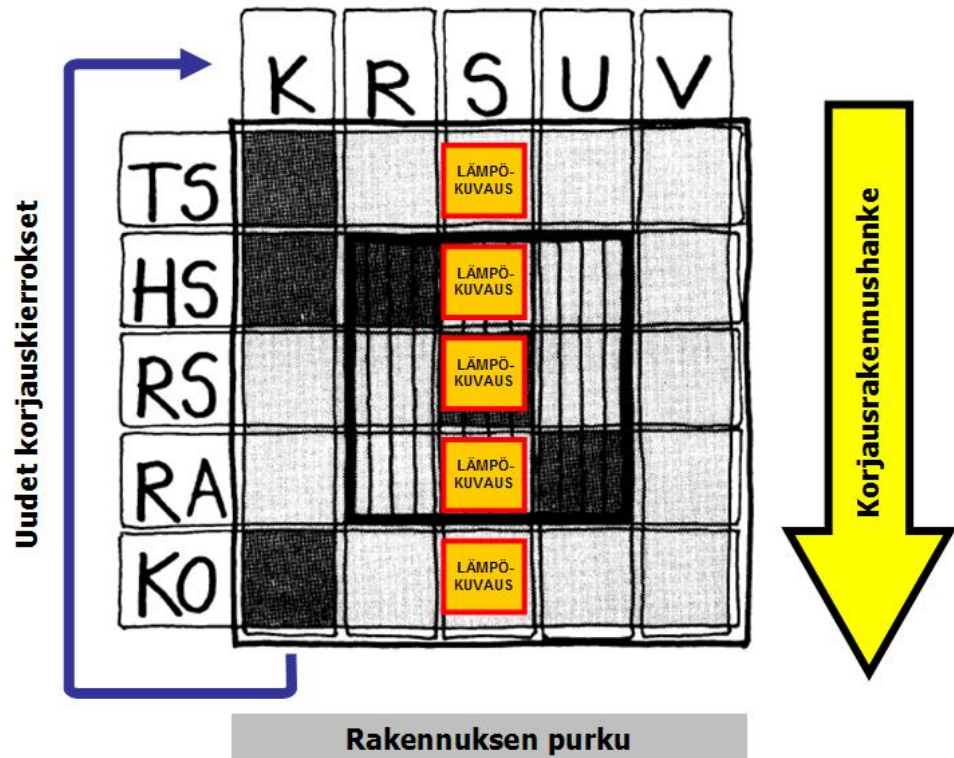
Rakennuttaja K&R



Kuva 30. Lämpökuvauksen ohjemalli käyttäjille (K) ja rakennuttajille (R).

Suunnittelijat hyötyvät niin ikään lämpökuvauksesta laajasti hankkeen eri vaiheissa ja työtehtäviensä vuoksi erityisesti rakennussuunnitteluvaiheessa. Rakentamisvaiheessa lämpökuvauksella tehdään pitkälti rakentamisen laadun varmistusta rakennuttajan valvojana sekä muutos- ja lisätöiden tarkekuvaus. Lämpökuvaukset on esitetty lämpökuvauksen ohjemallissa sarakkeessa suunnittelijoille (S) (Kuva 31). Isojen organisaatioiden suunnittelijoilla saattaa olla omaa lämpökuvaustoimintaa, mutta monet suunnittelijat käyttävät lämpökuvauksenkonsultteja korjausrakennushankkeen eri vaiheissa.

Suunnittelija S



Kuva 31. Lämpökuvauksen ohjemalli suunnittelijoille (S).

Tarveselvitysvaihe (TS)

Käyttäjien tarpeet tulee selvittää mahdollisimman tarkkaan korjaushankkeessa jo tarveselvitysvaiheessa, koska ne ovat arvokasta lähtötietoa korjaussuunnittelulle. Suunnitteluratkaisujen määrittelyyn ei tulisi siirtyä suoraan ilman kattavia lämpökuvauksia, koska silloin voidaan ohittaa rakennuksen toiminnan ja tilojen käytön oleellisia kysymyksiä. Ilman lämpökuvauksia ollaan usein liikkeellä liian harvalla tiedoilla ja kuitenkin päätetään kalliista korjausremontoinneista. Korjausrakennushankkeissa lähtötietojen ja tarpeiden selvittäminen on korostunut, kun pyritään hyvään korjausrakentamisen laatuun, asumisviihtyvyyteen ja energiatalouteen. Keinoina ovat käyttäjän, rakennuttajan ja suunnittelijan teettämät tarveselvitykset kuntoarvioineen.

Tarveselvitysvaiheessa on äärimmäisen tärkeää saada lähtötiedot selville hankkeesta ja arvioida kustannukset tarkasti. Korjaustarpeen selvitys pitää

suorittaa riittävän hyvin, jotta ei korjattaisi turhaan pelkkien arvailujen perusteella. Tutkimuksissa tulisi merkittävästi kiinnittää huomiota ilmatiiviyteen, kosteusongelmiin ja energiatalouteen. Tämä on tärkein vaihe selvittää kaikki lähtötiedot koko korjausrakentamishankkeelle ja ilman lämpökuvausta tiedot ovat monesti erittäin puutteellisia.

Kun kuntoarviossa rakennuksen kuntoa ja teknistä toimivuutta arvioidaan aistinvaraisesti ja ainetta rikkomattomilla mittauksilla, niin lämpökuvaus toimii ns. kuudentena aistina, koska sillä nähdään silmällä näkymättömiä asioita ja ilmiöitä. Lämpökameralla arviointi kohdistetaan kaikkiin rakennusosiin. koska sillä voi nopeasti ja kattavasti kuvata kaikki kohdat jopa pimeässä, savussa ja sumussa. Lämpökuvaamiseen ei tarvita valoa eli lämpökuvaaminen onnistuu hyvin mm. pimeissä kellari- ja yläpohjatiloissa.

Tarveselvitysvaiheessa lämpökuvauksella on tarkoituksena määrittää rakennuksen kunnon- tai laadunvalvonnassa ulkovaipan lämpötekkinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys (ilmanpitävyys) (Liite 3, Kuvat 17 - 28 ja 47). Lämpökameran avulla voidaan samalla selvittää muita rakennuksen ja rakenteiden toimivuuteen sekä olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyteen liittyviä tekijöitä (Liite 3, Kuva 33), kuten ilman virtausreitit, rakenteiden fysikaalista toimintaa, tietyn edellytyksin kosteusvauriota (Liite 3, Kuvat 1 - 11) ja LVIS-laitteiden toimintaa (Liite 3, Kuvat 28 - 43, 45 ja 46).

Kosteusvauriot tulisi tarkistaa lämpökameralla rakennuksen sisältä kaikista paikoista, joissa on lähellä vesipiste sekä erilaisten vesi- ja viemäriinjojen ympäristöistä (Liite 3, Kuvat 40). Kellari- ja alapohjatiloista sekä maanalaisissa tiloissa (Liite 3, Kuvat 9 -11) tulisi lämpökameralla tarkistaa mahdollisesti kastuneet rakenteet, jolloin voidaan päätellä mm. salaojien kunto ja perustusten kuivatustarve. Yläpohjarakenteiden kosteusongelmat ja vuotokohdat voidaan yleensä nopeasti paikantaa lämpökameralla (Liite 3, Kuvat 3). Julkisivupinnoitteiden vedenpitävyys nähdään nopeasti lämpökameralla mm. Siporex- ja tiilitalojen ohutpintarappausten ulkopuolisella kuvauksella (Liite 3, Kuvat 4 - 7). Kosteusvaurioiden lämpökuvaukset tulisi usein ajoittaa sellaiseen ajankohtaan tai vuodenaikaan, jolloin rakenteiden kylmä- tai lämpövuodot eivät häiritsisi tai sekoittaisi lämpökuvien tulkintaa. Parhaimmin se käy lämpimänä vuodenaikana, jolloin lämpötilat ovat mahdollisimman tasalämpöiset rakenteiden eripuolilla. Silloin kosteat rakenteet ovat n. 2 - 3 °C vii-

leämpiä kuin vastaavat kuivat rakenteet (Liite 3, Kuvat 1 ja 2). Kosteusvaurioita ja -vuotoja tulisi selvittää sellaisena ajankohtana, jolloin kosteuspitoisuudet ovat korkeimmillaan kuten sateen jälkeen sekä keväällä jäiden ja lumien sulaessa. Auringon tuottamaa lämpöenergiaa voidaan käyttää myös kosteusvaurioiden paikannuksessa. Auringon laskun jälkeen rakenteiden alkaessa jäähtyä kostea- ja kuivarakenne jäähtyvät eri tahtia. Tällöin lämpökuvassa kosteat ja kuivat rakenteet näkyvät selkeästi erillämpöisinä. Samalla menetelmällä voidaan selvittää paksumpienkin rappausten kuntoa tai sijaintia.

Tarveselvitysvaiheen lämpökuvaukset tehdään kiinteistökuvauksiin sopivilla lämpökameroilla ja niihin liittyvillä oheismittauksilla.

Lämpökuviin liittyvät johtopäätökset kirjataan lämpökuvien analysointiraporttiin, jossa on kaikki käsitellyt lämpö- ja valokuvat niihin liittyvine huomioineen ja johtopäätöksineen. Näin saadaan mahdollisimman laaja ja kattava lähtötietoaineisto korjattavasta rakennuksesta sekä sen rakenteiden ja osien kunnosta että laitteiden ja niihin liittyvien järjestelmien ja verkkojen kunnosta. Näillä tiedoilla korjausrakennushankkeeseen valitut suunnittelijat pääsevät aloittamaan suunnittelua ja määrittelemään mahdollisia lisätutkimuksia kuntotutkimuksilla hankesuunnitteluvaiheessa.

Hankesuunnitteluvaihe (HS)

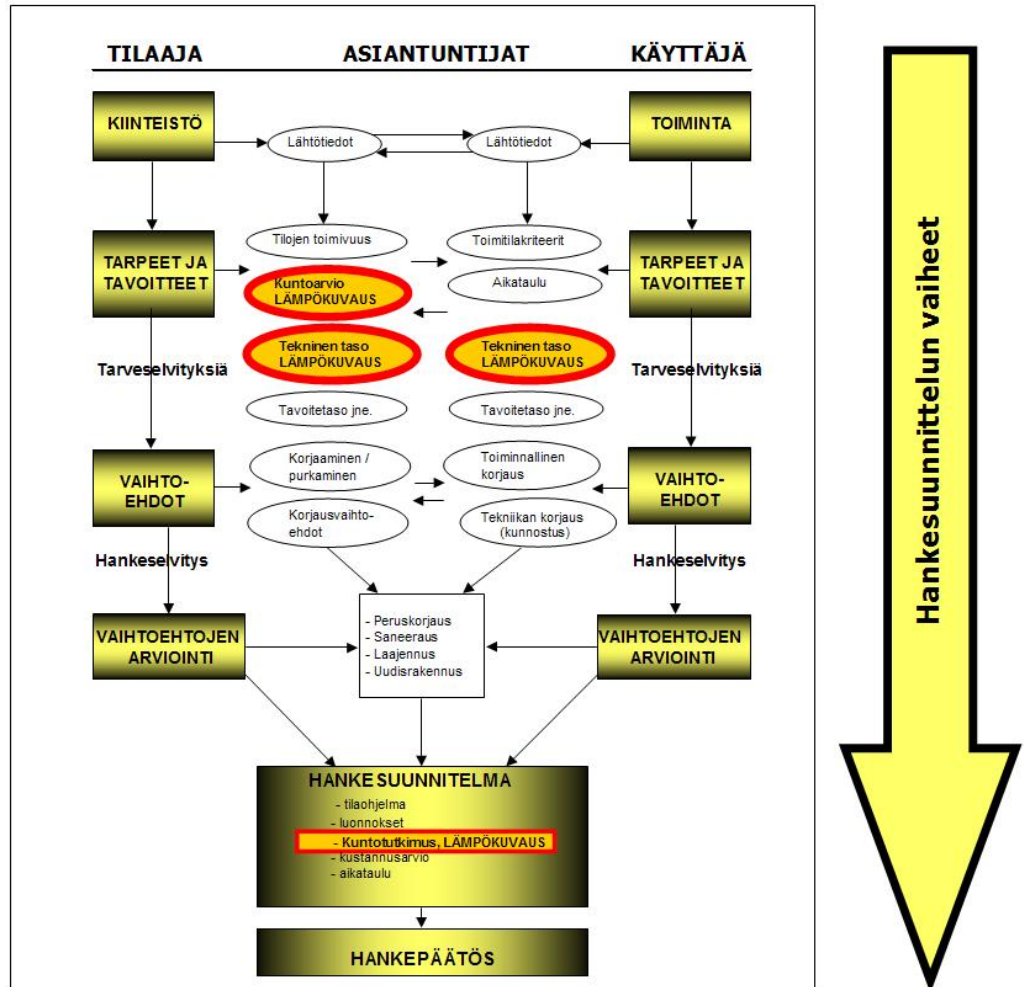
Korjaushankkeiden tulee perustua hankesuunnitteluvaiheessa tehtyyn huolelliseen kuntotutkimukseen. Korjaustarpeen määrittämiseksi on saatava luotettava kuva rakennuksen nykykunnosta ja sen tarvitsemista korjaustoimenpiteistä. Toimenpiteellä estetään ylikorjaamista ja toisaalta vältetään yllätyksiä rakentamisvaiheen aikana, sekä varmistetaan, että vaurioitumisen aiheuttaja on selvitetty ja on korjattavissa. Rakennuksissa piilevien vikojen ja vaurioiden syyt on löydettävä ja poistettava, muutoin korjataan seurauksia. Yksinkertaisissa hankkeissa kuntotutkimuksen voi rajoittaa koskemaan vain osaa rakenteita ja teknisiä järjestelmiä, mutta kriittisten asioiden tutkiminen on ensiarvoisen tärkeää määritettäessä korjausastetta. Kiinteistön hoidosta tulevat vaatimukset on myös hyödyllistä selvittää hankesuunnitteluvaiheessa.

Hankesuunnitteluvaiheen lämpökuvaukset tehdään kiinteistökuvauksiin sopivilla lämpökameroilla ja niihin liittyvillä oheismittauksilla kuten ilmatiiveysmittauksilla.

Lämpökuviin liittyvät johtopäätökset kirjataan lämpökuvien analysointiraporttiin, jossa on kaikki käsitellyt lämpö- ja valokuvat niihin liittyvine huomioineen ja johtopäätöksineen. Näin saadaan suunnittelijoille mahdollisimman laaja ja kattava lähtötietoaineisto korjattavasta rakennuksesta sekä sen rakenteiden ja osien kunnosta että laitteiden ja niihin liittyvien järjestelmien ja verkkojen kunnosta. Näillä tiedoilla korjausrakennushankkeeseen valitut suunnittelijat pääsevät viimeistelemään suunnitelmansa ennen korjausrakentamisen alkua.

Korjausrakentamishankkeessa korostuu korjaus- ja muutossuunnitelmien valmius ennen rakentamisvaiheeseen siirtymistä, jos halutaan minimoida muutos- ja lisätöistä tulevia kustannuksia. Asuinrakennuskohteissa tämä korostuu varsinkin ihmisten joutuessa muuttamaan pois omista asunnoistaan. Asukkaille tulee muutosta huomattavia lisäkustannuksia erityisesti, jos he joutuvat asumaan pidempään muualla kuin mitä alun perin oli suunniteltu. Siksi korjausrakennushankkeen kuntoselvitykset, korjaus- ja muutossuunnittelut sekä korjaustyön tehtäväsuunnittelut aikatauluineen tulisi olla 100 % valmiit ennen kuin tehdään korjausrakentamisesta hankepäättös.

Korjausrakennushankkeen **lämpökuvausajankohtia tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa** on esitelty kuvassa 32.



Kuva 32. Lämpökuvaukset tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa.

Rakennussuunnitteluvaihe (RS)

Rakennussuunnitteluvaiheessa lämpökuvauksella voidaan vielä tarkentaa ja täydentää suunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja, joita ei ole tarpeeksi tutkittu tarveselvitys- tai hankesuunnitteluvaiheissa. Sen tekee yleensä hankkeen suunnittelija. Kun korjausaste on saatu määritellyä tarkasti, sekä suunnitelmat ja asiakirjat saadaan sille tarkkuustasolle että voidaan välttyä ja minimoida rakennusaikaisia yllätyksiä ja lisäkustannuksia. Suunnittelijoille annettu korjaus- ja muutossuunnittelun ajallinen ja laadullinen resurssi parantaa korjausrakennushankkeen laatua merkittävästi, kun suunnitelmat ovat täysin valmiit ennen kuin korjausrakentaminen alkaa.

Rakentamisvaihe (RA)

Rakentamisvaiheessa käyttäjät ja rakennuttajat voivat valvoa rakentajan työnlaatua ennen työn tai työvaiheen vastaanottoa. Rakentamisen aikana lämpökuvauksella on tarkoituksena varmistaa rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys (ilmanpitävyys), jos se on sisä- ja ulkolämpötilojen sekä valmiusasteen suhteen mahdollista. Vanhoihin rakenteisiin tehdä reikiä ja läpivientejä, joiden tarkka paikka on hyvä varmistaa lämpökameralla (Liite 3, Kuvat 36 - 40). Työnaikainen laadunvalvonta lämpökameraa apuna käyttäen minimoi työvirheitä ja usein jo pelkkä tieto siitä, että rakennustyötä valvotaan lämpökameralla, parantaa rakentamisen laatua.

Rakentamisvaiheen lämpökuvaukset tehdään yleensä kiinteistökuvauksiin sopivilla lämpökameroilla, mutta pistoolimallisella lämpökamerallakin se onnistuu.

Työnaikaisesta laadunvalvonnasta lämpökameralla jää vähintään lämpökuvat dokumentiksi kyseisenä hetkenä työn valmiusasteesta ja laadusta, josta voi olla hyötyä korjausrakentamisen aikana tai sen jälkeen erinäisissä tilanteissa. Korjaus- tai muutostoimenpiteitä vaativat huomiot rakennustyönlaadussa tulee kirjata tarkastusasiakirjaan. Tarkastusasiakirjan käyttö rakennustyön valvonnassa tulee ottaa osaksi rakentamisen laadunvarmistusta, jolla luodaan luottamuksellinen suhde hankeosapuolien välille. Tarkastusasiakirjaa ei pidä kokea pelkästään viranomaisvalvonnan lisäämisenä.

Käyttöönotto vaihe (KO)

Lämpökuvauksen tarkoituksena käyttöönotto vaiheessa on määrittää korjatun rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys (ilmanpitävyys). Lämpökuvauksella selvitetään myös muita rakennuksen ja rakenteiden toimivuuteen sekä olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyteen liittyviä tekijöitä, kuten ilman virtausreitit, rakenteiden fysikaalista toimintaa, kosteusteknistä ja LVIS-laitteiden toiminta

Käyttöönotto vaiheen rakennusteknisessä tarkastuksessa käydään lämpökameralla läpi näkyviltä osilta mm. alapohja, runko, yläpohja ja vesikatto, julkisivut, parvekkeet, ikkunat, ulko-ovet, ulkopuoliset rakenteet, piha-alueet, sadevesi- ja kuivatusjärjestelmät tietyin osin sekä märkätilojen ja vesipistei-

den ympäristön rakenteet. Ulkovaipan vesivuodot havaitaan lämpökuvauksella ja samalla nähdään kastuneen alueen laajuus. Korjatun ulkovaipan ohutpinnoitteen vedenpitävyyden voi tarkistaa sateiden jälkeen lämpökuvauksella, kun ulkopinnan kosteus on jo kuivunut ja pystyy näkemään rakenteeseen imeytyneen veden.

Kiinteistön LVIS-tekniikka tarkastetaan ja säädetään järjestelmittäin lämpökuvauksista apuna käyttäen (Liite 3, Kuvat 29 - 32). Tarkastusten kohteina ovat mm. vesijohdot, viemärit, lämmitysputket, lämmityslaitteet, ilmastointi, sähkölaitteet, sähköjärjestelmät ja tele- ym. järjestelmät. Pienehköt vesijohto- ja viemäri- vuodot havaitsee lämpökuvauksella ja samalla nähdään kastuneen alueen laajuuskin. Vesikiertoisten lämpöpattereiden lämpötilojen säädöt ja ilmanpoistot onnistuvat helposti, kun lämpöpatterit on ensin kuvattu lämpökameralla (Liite 3, Kuvat 29 - 32). Sähköjärjestelmien kytkennät tulee tarkistaa lämpökameralla mm. tulipalovaaran välttämiseksi (Liite 3, Kuvat 45, 46, 48 - 50).

Kaikkia lämpökuvauksella nähtäviä asioita ja ilmiöitä ei välttämättä voi havaita yhdellä kuvauskerralla. Toisinaan tarvitaan 2 - 3 käyntikertaa kuvauskohdeissa, kun kuvauksia tehdään hieman eri vuodenaikoina tai sääolosuhteissa riittävän kokonaiskuvan saamiseksi kohteesta.

Rakenteiden ilmanpitävyydellä on suuri merkitys myös kosteusteknisen toimivuuden kannalta ja tämä on keskeistä huomata lämpökuvauksista tehtäessä. Lämpimään sisäilmaan sitoutunut kosteus voi kulkeutua konvektion avulla ilmavuotokohdissa sisältä ulospäin ja tiivistyä rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurioita. Myös kylmän vuotoilman aiheuttama rakenteiden jäähtyminen aiheuttaa kosteuden tiivistymisriskin jopa rakenteiden sisäpintaan, jolloin höyrynsulun sisäpuolella oleva rakennuslevy kastuu huoneilman kosteudesta.

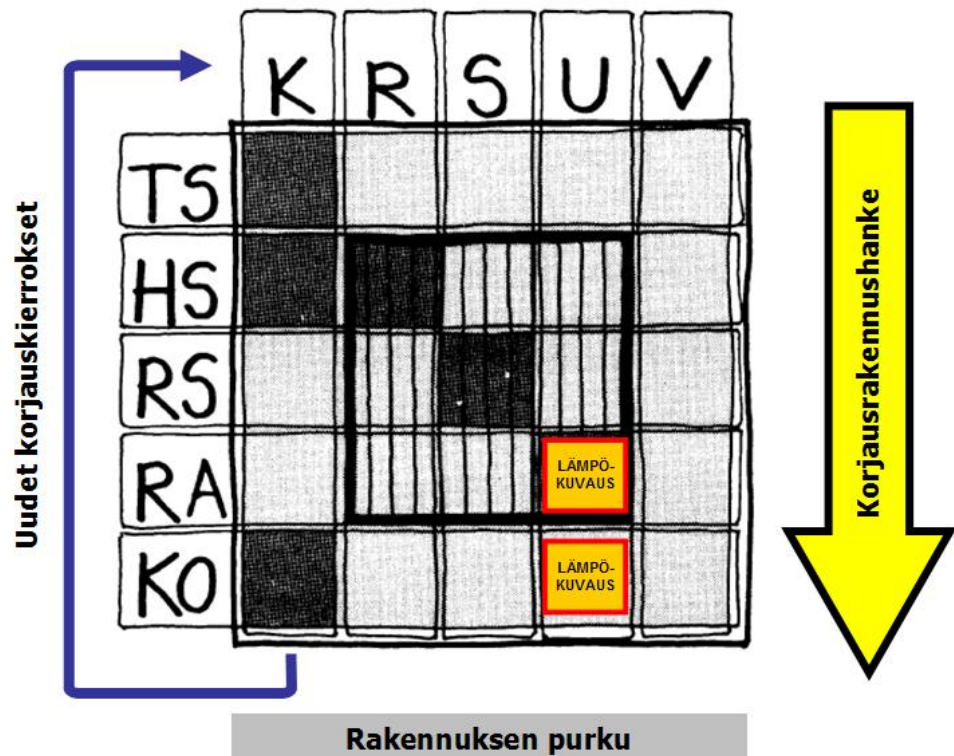
Käyttöönotto- vaiheen lämpökuvaukset tehdään kiinteistökuvauksiin sopivilla lämpökameroilla ja niihin liittyvillä oheismittauksilla kuten ilmatiiveysmittauksilla. Ilmatiiveysmittauksilla mitataan rakennusvaipan ilmanpitävyyttä kuvaava ilmavuotoluku (n_{50}), joka kertoo montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa (Pascal) ali- tai ylipaine (Liite 3, Kuva 47).

Käyttöönottovaiheen lämpökuviin liittyvät johtopäätökset kirjataan lämpökuvien analysointiraporttiin, jossa on kaikki käsitellyt lämpö- ja valokuvat niihin liittyvine huomioineen ja johtopäätöksineen. Käyttöönottovaiheessa saadaan korjatun rakennuksen lähtötilanne uudelle elinkaarelle ja uusi huoltokirja korjatulle rakennukselle lämpökuvilla varustettuna.

6.2.2 *Suosituks*et rakentajille (U)

Rakentajat hyötyvät lämpökuvauksesta erityisesti korjausrakennushankeen rakentamisvaiheissa. Käyttöönottovaiheessa lämpökuvauksella tehdään pitkälti omaa rakentamisen laadun varmistusta ja LVIS-laitteiden taloteknisiä säätöjä sekä takuuajan säätö- ja korjaustöitä. Lämpökuvaukset on esitetty lämpökuvauksen ohjelmallisissa sarakkeissa rakentajille (U) (Kuva 33). Isojen organisaatioiden rakentajilla saattaa olla omaa lämpökuvaustoimintaa, mutta monet rakentajat käyttävät vielä lämpökuvauskonsultteja korjausrakennushankkeen eri vaiheissa.

Rakentaja U



Kuva 33. Lämpökuvauksen ohjelmalli rakentajille (U).

Rakentamisvaihe (RA)

Rakentamisvaiheessa rakentajat valvovat omaa ja ali- ja sivu-urakoitsijoiden korjausrakentamisen työnlaatua ennen työn tai työvaiheen vastaanottoa. Rakentamisen aikana lämpökuvauksella on tarkoituksenaan varmistaa rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys (ilmanpitävyys), jos se on sisä- ja ulkolämpötilojen sekä valmiusasteen suhteen mahdollista.

Laadunvarmistuksen käytäntöjen yleistymisen erityisesti ali- ja sivu-urakoitsijoiden keskuudessa parantaa korjausrakentamisen laatua. Lisäksi työntekijöiden omatoimisen laadunvarmistuksen suunnittelulla ja toteuttamisella on keskeinen merkitys korjausrakentamisen laadun parantamisessa. Samalla työntekijöiden motivaatio ja oman työn arvostus voi parantua. Lämpökuvauksen avulla rakentajan omat ja muiden työntekijät oppivat rakenta-

maan laadukkaasti, kun he näkevät heti työnsä jäljen lämpökameran värinäytöstä lämpötiloineen.

Korjausrakennushankkeissa tehdään betonista usein varsin haastavia puhdasvalupintoja kuten pilareiden manttelointeja mm. itsetiivistyvällä betonilla. Puhdasvalupinnoissa betonoinnin on onnistuttava kerralla ilman muottien vajaatäyttöä. Betonimuotit saattavat olla muodoltaan monimutkaisia ja täynnä erilaisia syvennyksiä ja reikiä, joiden raudoitteet ovat osittain tiiviitä vaikeuttaen betonointia. Lämpökameralla voidaan nähdä muottien ulkopuolelta, kuinka hyvin betoni täyttää valumuotin hankalimmatkin kolot ja syvennykset. Lämpökameralla nähdään nopeasti muottien vajaatäyttö, jotta voidaan estää riittävän nopeasti harmittava työvirhe. Lämpökameraa voidaan käyttää myös talvibetonoinnissa, kun sillä seurataan talvella valetun betonin pintalämpötiloja kriittisessä lujuuden kehityksen alkuvaiheessa ennen jäätymlujuuden saavuttamista. Betonin kypsyysastetta sillä ei välttämättä kannata laskea, mutta rakenteiden jäätyminen sillä oikein käytettynä voi estää. Betonin kypsyysaste kannattaa määrittää lämpötilaloggereita apuna käyttäen.

Korjausrakennustyömaalla käytetään varsin paljon ontelolaatastoja. Ontelolaattojen onteloihin saattaa kertyä rakennustyön ja kuljetusten aikana vettä, joka ei kuivu pois ennen rakennuskohteen valmistumista. Onteloihin kertynyt vesi saattaa aiheuttaa isoja vesivahinkoja valmiissa rakennuksissa pitkänkin ajankuluttua rakentamisen loppumisesta. Lämpökuvaamalla voidaan paikantaa onteloihin kertyneet vesitaskut. Vesitaskujen paikannuksissa tulee rakenteita hieman kuumentaa lisälämmittimillä. Lämmityksen jälkeen ontelolaattarakenteiden annetaan jäähtyä ja samalla niitä seurataan lämpökameralla. Vettä sisältävät ontelot jäähtyvät hitaammin kuin kuivat ontelot, jolloin lämpökameralla nähdään varsin tarkkaan vesitaskujen sijainnit. Sen jälkeen vesitaskujen kohdille porataan alakautta reiät ja ontelot pääsevät kuivumaan.

Korjausrakennuskohteissa patteriverkoston ja lattialämmitysten putket ovat yleensä rakenteiden sisällä piilossa. Niiden tarkka sijainti on helppo selvittää lämpökameralla, jos pitää tehdä läpivientejä tai laitteiden kiinnityspisteitä vesiputkilinjojen läheisyyteen. Jos rakenteiden sisällä olevat putket tulee poistaa, niin ne kannattaa paikantaa mahdollisimman tarkkaan lämpökameralla käyttäen apuna kylmää tai lämmintä vettä. Näin säästytään turhalta purkamiselta ja sen määrää voidaan minimoida ja säästetään mm. jätemaksuissa.

Rakentamisvaiheen lämpökuvaukset tehdään joko kiinteistökuvauksiin sopivilla lämpökameroilla tai pistoolimallisilla lämpökameroilla. Markkinoille on tullut 2000-luvun puolivälin jälkeen paljon helppokäyttöisiä pistoolimallisia lämpökameroita monelta valmistajalta. Niiden tekniset-, raportointi-, tulosten jälkikäsitteily- ja analysointiominaisuudet sekä kalibroituavuus eivät välttämättä täytä Rakennuksen lämpökuvauksen -ohjeiden eli RT 14-10850 -ohjekortin [16] ja Ratu 1213-S -suunnitteluohjeen [19] vaatimuksia. Mutta koon, käytettävyyden ja hinnan puolesta ne sopivat erittäin hyvin työmaan henkilöstön ja työnjohdon käyttöön rakennusaikaiseen työn toteutuksen laadunvarmistukseen.

Helppokäyttöisiä pistoolimallisia lämpökameroita saa täällä hetkellä jopa n. 2 000 € hintaan. Laadukkaimmissa pistoolimallisissa lämpökameroissa on jopa kahden kuvan yhdistelmätekniikka, jossa lämpö- ja valokuvan yhdistelmäkuva esittää tärkeät tiedot nopeammin ja helpommin kuin pelkkä lämpökuvakuva. Yhdistelmätekniikka yhdistää kuvat toisiinsa päällekkäin, mikä helpottaa lämpökuvan analysointia ja visualisointia heti lämpökuvauksilanteessa. Tämä helpottaa työnjohtoa ja valvoja havainnollistamaan työn toteutuksen laatu- tai virhe- tai työvirheen jo työn aikana, jolloin sen korjaaminen on vielä helppoa ja edullista. Nämä lämpökamerat eivät ole enää kustannuskysymys rakentajille. Näillä pistoolimallisilla lämpökameroilla rakentaja pystyy merkittävästi pienentämään mm. ulkovaipan turhia ilmapuotoja, joita usein joudutaan korjaamaan mm. takuuajaksi.

Työnaikaisesta laadunvalvonnasta lämpökameralla jää vähintään lämpökuvat dokumentiksi kyseisenä hetkenä työn valmiusasteesta ja laadusta, josta voi olla hyötyä korjausrakentamisen aikana tai sen jälkeen erinäisissä tilanteissa. Korjaus- tai muutostoimenpiteitä vaativat huomiot rakennustyön laadusta tulee kirjata tarkastusasiakirjaan.

Käyttöönotto vaihe (KO)

Rakentajan lämpökuvauksen tarkoituksena käyttöönotto vaiheessa on varmistaa ja todistaa korjatun rakennuksen ulkovaipan lämpötekninen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys (ilmanpitävyys). Lämpökuvauksella selvitetään ja todennetaan myös muita rakennuksen ja rakenteiden toimivuuteen sekä olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyteen liittyviä tekijöitä, kuten ilman virtausreittejä, rakenteiden fysikaalista, kosteusteknistä

ja LVIS-laitteiden toimintaa. Nämä lämpökuvaukset toimivat referenssinä ja osittain rakentajan turvatakuuna korjatun rakennuksen takuuajana.

Käyttöönottovaiheen rakennusteknisessä tarkastuksessa lämpökameralla todennetaan ja käydään läpi näkyviltä osilta mm. alapohja, runko, yläpohja ja vesikatto, julkisivut, parvekkeet, ikkunat, ulko-ovet, ulkopuoliset rakenteet, piha-alueet, sadevesi- ja kuivatusjärjestelmät tietyin osin sekä märkätilojen ja vesipisteiden ympäristön rakenteet. Ulkovaipan vesivuodot havaitaan lämpökuvauksella ja samalla nähdään kastuneen alueen laajuus. Korjatun ulkovaipan ohutpinnoitteen vedenpitävyyden voi tarkistaa sateiden jälkeen lämpökuvauksella, kun ulkopinnan kosteus on jo kuivunut ja pystyy näkemään rakenteeseen imeytyneen veden.

Kiinteistön LVIS-tekniikka tarkastetaan ja säädetään järjestelmittäin lämpökuvauksella apuna käyttäen. Tarkastusten kohteina ovat mm. vesijohdot, viemärit, lämmitysputket, lämmityslaitteet, ilmastointi, sähkölaitteet, sähköjärjestelmät ja tele- ym. järjestelmät. Pienehköt vesijohto- ja viemäri- vuodot havaitsee lämpökuvauksella ja näkee samalla kastuneen alueen laajuudenkin. Vesikiertoisten lämpöpattereiden lämpötilojen säädöt ja ilmanpoistot onnistuvat helposti, kun lämpöpatterit on ensin kuvattu lämpökameralla (Liite 3, Kuvat 29 - 32). Sähköpattereiden pintalämpötilat tulisi tarkistaa, etteivät niiden pintalämpötilat nousisi yli 80 °C vuoden kylmimpinä aikoinakaan. Sähköjärjestelmien kytkennät tulee tarkistaa lämpökameralla, ettei mm. löysistä liitoksista tulisi tulipaloja.

Käyttöönottovaiheen lämpökuvaukset tehdään yleensä kiinteistökuvaus sopivilla lämpökameroilla ja niihin liittyvillä oheismittauksilla kuten ilmatilveysmittauksilla.

Käyttöönottovaiheen lämpökuviin liittyvät johtopäätökset kirjataan lämpökuvien analysointiraporttiin, jossa on kaikki käsitellyt lämpö- ja valokuvat niihin liittyvine huomioineen ja johtopäätöksineen.

Käytön opastus ja luovutusmenettelyt vaativat huolellista suunnittelua. Aikatauluihin tulee varata riittävästi aikaa luovutusvaiheelle, jotta tarvittavat tehtävät voidaan suorittaa tiloissa, joissa varsinainen rakennustyö on jo päättynyt. Lämpökuvauksen tulosten läpikäyntiin käyttäjän ja rakennuttajan kanssa tulee varata reilusti aikaa, jotta käyttöönottovaiheessa saatu korjatun raken-

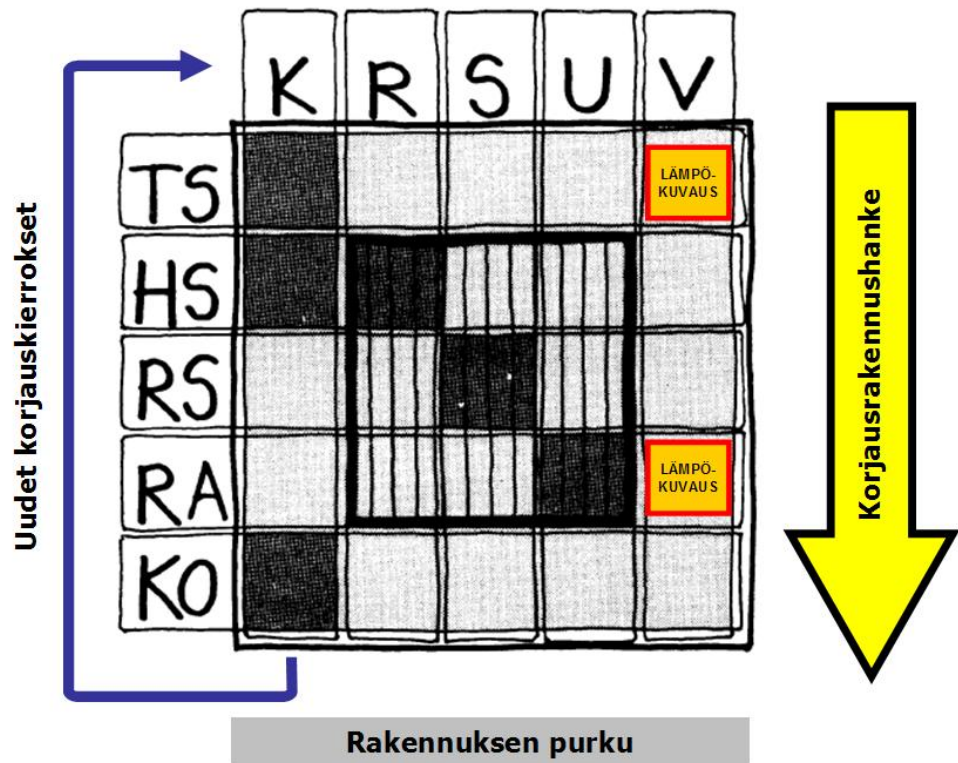
nuksen lähtötilanne uudelle elinkaarelle ja uusi huoltokirja korjatulle rakennukselle tulevat tehokkaaseen käyttöön heti alusta lähtien.

6.2.3 Suositukset viranomaisille (V)

Viranomaiset hyötyvät lämpökuvauksesta jonkin verran korjausrakennushankkeen tarveselvitysvaiheessa ja erityisesti rakentamisvaiheissa, joka on esitetty lämpökuvauksen ohjelmallisissa viranomaisille (V) (Kuva 34).

Viranomaiset eivät välttämättä itse tarvitse lämpökuvauksia vaan voivat ohjata rakennuttajia, suunnittelijoita ja rakentajia aktiiviseen lämpökuvauksen käyttöön korjausrakennushankkeessa. Loppukatselmuksessa viranomaiset voivat tarkistaa lämpökameralla korjausrakennuskohteen rakentamisen laadun tärkeimmiksi näkemiltään kohdilta kohteesta riippuen. Näin he voivat vaikuttaa alueensa rakennuskannan laatuun ja sitä kautta asumisviihtyvyyteen ja energiankulutukseen, joka on ehkä koko korjausrakennushankkeen kannalta merkittävin asia.

Viranomainen V



Kuva 34. Lämpökuvauksen ohjelmali viranomaisille (V).

Tarveselvitysvaihe (TS)

Viranomaiset voivat ennakkokatselmuksissa tutkia kohteen omilla lämpökameroilla ja yleiskatsauksena informoida rakennuttajaa tai suunnittelijaa havaituista puutteista. Viranomaiset voisivat toimia esimerkkinä korjausrakennushankkeen laadukkaasta ohjauksesta ja valvonnasta.

Rakentamisvaihe (RA)

Rakennustyön viranomaisvalvonta alkaa yleensä aloituskokouksella. Aloituskokouksessa käydään läpi selvitykset ja toimenpiteet, joilla rakennushankkeeseen ryhtynyt täyttää huolehtimisvelvollisuutensa rakentamisen laadun varmistamiseksi. Rakentamisen määräysten ja luvan mukaisuutta seurataan työmaalla pidettävien katselmuksin. Rakentamisvaiheessa viranomai-

set voisivat valvovat mm. lämpökameralla rakentajien ja heidän ali- ja sivu-urakoitsijoiden korjausrakentamisen työnlaatua katselmuksissa.

Rakennustyönäikainen viranomaisvalvonta päättyy ennen rakennushankkeen käyttöönottoa pidettävään loppukatselmukseen. Ennen luvan mukaisen tilojen käyttöönottoa edeltävää loppukatselmusta tulee rakennusvalvontaviraston tarkastajalle lisäksi esittää sähköurakoitsijan laatima sähköasennusten käyttöönottotarkastuspöytäkirja ja eräissä erityistapauksissa (leikkaussalit, räjähdysvaaralliset tilat, hissit) Turvatekniikan keskuksen valtuuttaman tarkastajan tai tarkastuslaitoksen varmennustodistus. Loppukatselmuksissa viranomaiset voisivat tarkistaa lämpökameralla korjausrakennuskohteen rakentamisen laadun tärkeimmiksi näkemiltään kohdilta kohteesta riippuen. Viranomaisten lämpökuvauksilla voi olla tavoitteena korjausrakentamisen toteutuksen valvonnan varmistaminen.

Käyttöönottovaihe (KO)

Rakennuksen tai sen osan saa ottaa käyttöön vasta, kun vaaditut katselmuksiset on toimitettu ja tarkastukset on suoritettu ja kun se on loppukatselmuksessa käyttöön hyväksytty.

Viranomaiset eivät yleensä lämpökuvaa käyttöönottovaiheessa vaan käyttäjät, rakennuttajat, suunnittelijat ja rakentajat tarpeidensa mukaan.

7 YHTEENVETO

Lämpökuvauksen ajoituksesta, laadusta, laajuudesta ja käytettävästä lämpökuvaukskalustosta korjausrakennusprojektin eri vaiheissa on saatavilla niukasti tutkimustietoa. Tämä YAMK-opinnäytetyö on ensimmäinen Metropolia ammattikorkeakoulussa tehtävä opinnäytetyö, jossa keskitytään tutkimaan lämpökuvauksen soveltamismahdollisuuksia korjausrakentamisessa.

YAMK-opinnäytetyön tutkimusongelmana oli, miten lämpökuvausta voidaan tehokkaasti ja tuloksellisesti hyödyntää korjausrakennushankkeessa sen eri vaiheissa niin, että korjaushankkeen kokonaistuottavuus ja rakennustyön laatu paranevat. Tavoitteena oli laatia selvitys korjausrakentamiseen soveltuvista lämpökuvauksen menetelmistä ja -laitteistoista sekä lämpökuvaukseen parhaimmin soveltuvista kuvausajankohdista korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakennustyön laadun kannalta.

YAMK-opinnäytetyössä selvitettiin lämpökuvauksen hyödyntämismahdollisuuksia korjausrakentamishankkeen eri vaiheiden keskeisten toimijoiden käyttäjän, rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja viranomaisen näkökulmasta. Tällöin tarkasteltiin, miten hankkeen toimijat saavat lämpökuvauksella optimaalisimmin tietoa korjausta vaativista rakennuksen rakenteista ja LVIS-laitteiden toimivuudesta hankkeen eri vaiheissa ja miten saatua tietoa voidaan hyödyntää rakennusvirheiden ja niistä johtuvan työnaikaiseen korjaamiseen minimoimiseen, joka johtaa korjaushankkeen kokonaistuottavuuden ja rakentamistyön laadun parantumiseen.

YAMK-opinnäytetyön tuloksena syntyi ohjemalli lämpökuvauksen käytöstä korjausrakennushankkeissa. Ohjemallissa on toimijoittain ja vaiheittain kuvattu opinnäytetyön keskeisinä suosituksina, minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista lämpökuvauksietoa kerätään, minkälaisin menetelmin, laittein ja minä ajankohtana lämpökuvauksietoa kerätään ja miten lämpökuvauksietiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi.

YAMK-opinnäytetyön johtopäätöksenä todettiin kaikkeen työssä tutkittuun tietoon perustuen se, että lämpökuvausta koskevan tiedon, lämpökuvauksen hyödyntämismahdollisuuksien ja lämpökuvauksen hankkeenaikaisen käytön lisäämiselle on selkeästi tarvetta suomalaisessa korjausrakentamisessa. Niin ikään lämpökuvauksen koulutukselle sekä lämpökuvaamiseen käytettä-

vien laitteiden määrän ja laadun parantamiselle on tarvetta suomalaisen korjausrakentamisen kentässä.

YAMK-opinnäytetyön tuloksia voidaan välittömästi hyödyntää Metropolia ammattikorkeakoulun opetuksessa, palvelutoiminnassa ja TKI-toiminnassa. Opinnäytetyö palvelee myös koko rakennus- ja kiinteistötoimialaa korjausrakentamiseen ja lämpökuvaamiseen liittyvän tutkitun tiedon lisääntyessä. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää toimialan yritysten ja yhteisöjen omien korjausrakentamisen prosessien kehittämisessä. Opinnäytetyön tuottaman tiedon perusteella voidaan hahmottaa, miten lämpökuvausta käytetään tehokkaammin korjausrakentamisen hankesuunnittelun ja korjaustoimenpiteiden suunnittelun tukena sekä korjausrakennustyön laadunvalvonnan välineenä.

Jatkotutkimuskohteeksi ehdotetaan sen selvittämistä, miten paljon kustannussäästöjä voidaan saavuttaa, kun käytetään lämpökuvausta opinnäytetyön ohjelmallin suositusten esittämällä tavalla läpi koko korjaushankkeen.

VIITELUETTELO

- [1] Wikipedia. *Korjausrakentaminen* [verkkomateriaali]. Luettu 27.3.2010. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Korjausrakentaminen>
- [2] Ympäristöministeriö ja Museovirasto, Rakennusperinto.fi. *Korjausrakentamisen käsitteitä* [verkkomateriaali]. Luettu 20.3.2010. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/muuta_sisaltoa/kasitteisto/fi_FI/Kasitteisto/#korjausrakentamisen
- [3] Ympäristöministeriön raportteja 28 | 2007. *Korjausrakentamisen strategia 2007 - 2017, Linjauksia olemassa olevan rakennuskannan ylläpitoon ja korjaamiseen*. Helsinki: Ympäristöministeriö. 2007. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=78089&lan=fi>
- [4] Laitinen, Erkki. *Korjausrakentamisen strategia 2007 - 2017*. Seminaariesitys. Tiedotustilaisuus 3.7.2007. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=70730&lan=fi>
- [5] Rakennuslehti. *Talonrakentaminen* [verkkodokumentti]. Luettu 20.3.2010. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/tietoa/talonrakentaminen/>
- [6] Mölsä, Seppo. *Korjausrakentamisen kasvamassa ohi uudisrakentamisen*. Helsinki: Rakennuslehti 05/2010. 11.2.2010. Saatavissa vain lehdentilaaajille: <http://www.digipaper.fi/rakennuslehti/39645/?pnumb=12>
- [7] Heikkonen, Heikki. *Korjausrakentamisen barometri paljastaa halut ja tarpeet*. Helsinki: Rakennuslehti 17/2009. 14.5.2009. Saatavissa vain lehdentilaaajille: <http://www.digipaper.fi/rakennuslehti/28406/?pnumb=4>
- [8] RT 10-10387 ohjetiedosto. *TALONRAKENNUSHANKKEEN KULKU, talonrakennushanke*. Helsinki: Rakennustieto Oy. 1989.
- [9] Kuosa, Jari. *Korjausrakentamisen hyvät toimintatavat*. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2003.
- [10] Ympäristöministeriö, www.ymparisto.fi. *Korjausrakentamisen lähtökohdat* [verkkomateriaali]. Luettu 27.3.2010. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=230058&lan=fi&clan=fi#a2>
- [11] Ympäristöministeriö ja Museovirasto, Rakennusperinto.fi. *Korjausten teettäminen* [verkkomateriaali]. Luettu 20.3.2010. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaushanke/fi_FI/Korjausten_teettaminen/
- [12] RT 18-10760 Ohjeet. *ASUINKIINTEISTÖN KUNTOARVIO, TILAAJAN OHJE*. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2001.
- [13] Paloniitty, Sauli - Kauppinen, Timo. *Rakennusten lämpökuvaus*. Jyväskylä: Gummeruksen Kirjapaino Oy. 2006.
- [14] Infradex Oy. *Lämpökuvausjärjestelmät, Lämpökameran toiminta* [verkkomateriaali]. Luettu 27.3.2007. Saatavissa: <http://www.infradex.com/kuinka.html>

- [15] Infradex Oy. *Lämpökuvausjärjestelmät, Lämpösäteily ja infrapuna* [verkkomateriaali]. Luettu 27.3.2007. Saatavissa: <http://www.infradex.com/ohjelmistot.html>
- [16] RT 14-10850 Ohjeet. *RAKENNUKSEN LÄMPÖKUVAUS, Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus*. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2005.
- [17] RT 80-10974 Ohjeet. *TEOLLISESTI VALMISTETTUJEN ASUINRAKENNUSTEN ILMANPITÄVYYDEN LAADUNVARMISTUSOHJE, Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus*. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2009.
- [18] Tekniikan Maailma 11/96. *Missä home pesii?* Helsinki: Yhtyneet Kuvalehdet Oy. 1996.
- [19] Ratu 1213-S Suunnitteluohjeet. *RAKENNUKSEN LÄMPÖKUVAUS, Lämpökuvaus, raportointi ja tilaaminen*. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2005.
- [20] Tekniikan Maailma. *Rakennus Maailma*. Helsinki: Yhtyneet Kuvalehdet Oy.
- [21] Kauppinen, Timo. *Lämpökuvauksen käyttö rakennusten ja rakenteiden pintalämpötilamittauksissa*. Hämeenlinna: VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Rakennusten lämpökuvausseminaari 27.3.2001.
- [22] ITC. *InfraMation 2010*. [verkkomateriaali]. Luettu 30.4.2010. Saatavissa: <http://www.inframation.org/>
- [23] Chairs & Editors: Madding Ropert P., Orlove Gary L. *InfraMation 2009 Proceedings, Volume 10*. Las Vegas, Nevada, USA: Infrared Training Center and Flir Systems, Inc. 2009
- [24] FLIR Systems, Ing. Publ. No 1 557 713. REV. A FINNISH (FI). USA: 2004.
- Lämpökamerakuvat:**
- [25] FLIR Systems. *FLIR P620 - 660* [verkkomateriaali]. Luettu 3.5.2010. Saatavissa: <http://www.flir.com/thermography/eurasia/en/content/?id=11340>
- [26] Sintrol Oy. *NEG lämpökamerat* [verkkomateriaali]. Luettu 3.5.2010. Saatavissa: <http://www.sintrol.com/PublishedService?file=page&pageID=3&action=view&groupID=794>
- [27] Infradex Oy. *FLIR lämpökamerat* [verkkomateriaali]. Luettu 3.5.2010. Saatavissa: <http://www.infradex.com/>
- [28] Fluke Finland Oy. *Fluke Ti32 -lämpökamera* [verkkomateriaali]. Luettu 3.5.2010. Saatavissa: http://www.fluke.fi/comx/show_product.aspx?locale=fifi&pid=38637
- Lämpökuvat:**
- [29] Järvenpää, Tapani. *Lämpökuvat, kuvattu: FLIR PM695 (320 x 240 lämpökuvapikseliä)*. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia ja Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Helsinki. 2001 - 2010.

- [30] Järvenpää, Tapani. *Lämpökuvat, kuvattu: FLIR P660 (640 x 480 lämpökuvapikseliä)*. Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Helsinki. 2010.
- [31] Infradex Oy. *Lämpökamerat kaasuvuotojen havainnointiin* [verkkomateriaali]. Luettu 3.5.2010. Saatavissa: <http://www.infradex.com/pdf/GF320.pdf>

LIITELUETTELO

LIITE 1. Infrapunan löytymisen historia

LIITE 2. Lämpökuvauksen korjausrakentamisessa, haastattelukysymykset

LIITE 3. Lämpökuvauksen sovellusesimerkkejä

INFRAPUNAN LÖYTYMISEN HISTORIA:

Vajaat 200 vuotta sitten ei sähkömagneettisen spektrin infrapunaisen kaistan olemassaoloa osattu edes epäillä. Infrapunaspektrin, tai vain ”infrapunaisen”, kuten sitä tavallisesti kutsutaan, alkuperäinen merkitys lämpösäteilynä on nykyään ehkä vähemmän ilmeistä, kuin Herschelin (Kuva 1) törmätessä ilmiöön vuonna 1800.



Kuva 1. Sir William Herschel (1738- 1822) [13, s. 101]

Infrapunainen löytyi vahingossa etsittäessä uutta optista ainetta. Sir William Herschel – kuningas Yrjö III:n tähtitieteilijä ja jo kuuluisa löydettyään planeetta Uranuksen – etsi optista suodatinmateriaalia, jonka avulla auringon teleskooppikuvan kirkkautta olisi voitu vähentää auringon havainnoinnin aikana. Tehdessään kokeita erivärisillä kirkkautta himmentävillä laseilla hän kiinnostui huomattavasti, että jotkin lasit läpäisivät auringon lämpöä vain vähän,

kun taas toiset läpäisivät sitä siinä määrin, että silmät oli suojattava vain muutaman sekunnin tarkkailun ajaksi.

Herschel vakuuttui pian siitä, että tarvittiin systemaattinen koe, jonka tavoitteena oli löytää aine, joka samanaikaisesti himmentäisi kuvaa halutulla tavalla ja vähentäisi lämpöä. Hän aloitti toistamalla Newtonin prismakokeen, mutta kiinnitti huomiota spektrin näkyvän alueen voimakkuuksien jakautumisen sijaan sen lämpövaikutukseen. Aluksi hän mustasi herkän elohopealämpömittarin säiliöosan musteella ja hän ryhtyi tätä säteilynilmaisimenaan käyttämällä tutkimaan auringosta pöydän pinnalle lasiprisman kautta heijastuvien spektrin eri värien lämpövaikutusta. Vertailutarkoituksiin hänellä oli muita lämpömittareita, jotka oli suojattu auringon valolta.

Kun mustattua lämpömittaria siirrettiin hitaasti spektrin väristä toiseen, lukemat osoittivat lämpötilan nousevan tasaisesti siirryttäessä spektrin violetista päästä punaiseen päin. Tämä ei sinänsä ollut täysin odottamatonta, sillä italialainen tutkija Landriani oli havainnut pitkälti saman ilmiön vuonna 1777 suorittamassaan kokeessa. Herschel oli kuitenkin ensimmäinen, joka ymmärsi, että lämpövaikutuksella oli pakko olla huippu, joka ei näyttänyt sijaitsevan näkyvän valon alueella.

Siirtäessään lämpömittarin spektrin punaisen pään ulkopuolella olevalle pimeälle alueelle Herschel totesi, että lämpövaikutus jatkoi voimistumisestaan. Huippukohta, kun se löytyi, sijaitsi selvästi punaisen valon ulkopuolella alueella, jota nykyään kutsutaan ”infrapuna-aallonpituudeksi”.

Kun Herschel julkisti löytönsä, hän kutsui tätä uutta sähkömagneettista spektrin aluetta ”termometriseksi spektriksi”. Itse säteilyä hän kutsui ”pimeäksi lämmöksi”, tai vain ”näkymättömiksi säteiksi”. Ironista kyllä, ja vastoin yleistä käsitystä, Herschel ei keksinyt termiä ”infrapunainen”. Kyseinen sana alkoi esiintyä teksteissä noin 75 vuotta myöhemmin ja edelleen on epäselvää, kenelle kunnia sanan keksimisestä kuuluu.

Se, että Herschel käytti alkuperäiskokeessaan prismana lasia, sai aikaan aikaisten piirissä aikaan keskustelua siitä, oliko infrapunaisia aallonpituuksia todellisuudessa lainkaan olemassa. Yrittäessään vahvistaa Herschelin löytöä eri tutkijat käyttivät umpimähkäisesti useita erilaisia lasityyppejä, jotka läpäisivät infrapunaisia aallonpituuksia eri tavoin. Myöhempien kokeidensa ansiosta Herschel tuli huomaamaan, että lasi läpäisi vasta keksittyä läm-

pösäteilyä vain osittain ja hänen olikin todettava, että infrapunaisen tutkimuksessa voitiin todennäköisesti käyttää ainoastaan heijastavaa optiikkaa, ts. tasaisia ja kaarevia peilejä. Onneksi tämä piti paikkansa ainoastaan vuoteen 1830 asti, jolloin italialainen tutkija Melloni teki sen merkittävän havainnon, että luonnossa esiintyvä vuorisuola (NaCl) – jota oli saatavana suurina, linssien ja prismojen valmistukseen sopivina luonnonkiteinä – läpäisi infrapunäsäteilyä erinomaisesti. Tämän seurauksena vuorisuolasta tuli infrapunäsäteilyn tutkimuksessa ensiarvoisen tärkeä optinen materiaali, mikä tilanne säilyi muuttumattomana seuraavan 100 vuoden ajan aina 1930-luvulle, jolloin kiteitä opittiin valmistamaan keinotekoisesti. [23, s. 101 - 102.]

YLEMPI AMK-OPINNÄYTETYÖ:

LÄMPÖKUVAUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

HAASTATTELUKYSYMYKSET:

1. Kuinka paljon toiminnastanne on korjausrakentamista ja uudisrakentamista?
2. Kuinka paljon lämpökuvauksesta on korjausrakentamisessa tehtävää ja kuinka paljon uudisrakentamisessa tehtävää lämpökuvausta?
3. Kuinka kauan olette käyttäneet lämpökuvausta?
4. Missä korjausrakentamishankkeen vaiheissa käytätte lämpökuvausta?
 - a. TS (tarveselvitys)
 - b. HS (hankesuunnittelu)
 - c. RS (rakennussuunnittelu)
 - d. RA (rakentaminen)
 - e. KO (käyttöönotto)

Tarveselvitys / Hankesuunnittelu / Rakennesuunnittelu / Rakentaminen / Käyttöönotto:

5. Minkälaisista rakennuksen rakenteista ja osista on kerätty lämpökuvaustietoa?
6. Minkälaisista rakennuksen teknisistä laitteista ja toiminteista on kerätty lämpökuvaustietoa?
7. Minkälaisissa korjausrakentamisen toiminnoissa tai työvaiheissa on käytetty lämpökuvausta?
8. Minkälaisin lämpökuvauslaittein ja -menetelmien on kerätty lämpökuvaustietoa korjausrakennushankkeen eri vaiheissa?
9. Miten lämpökuvaustiedon perusteella syntyneitä johtopäätöksiä rakennuksen rakenteista ja osista voidaan käyttää hyödyksi?

10. Kenen lämpökuvauskalustoa on käytetty korjausrakennushankkeen eri vaiheissa (oma/konsultti)?

11. Minä ajankohtana (vrk, vuosi) on kerätty lämpökuvaustietoa?

12. Minä vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on kerätty lämpökuvaustietoa?

13. Mitä ilmiöitä eri vuodenaikoina (talvi, kevät, kesä, syksy) on saatu tutkittua lämpökuvauksella?

14. Mitä muuta lämpökuvauksen käytössä korjausrakentamisessa tulisi huomioida?

15. Mitä hyötyä näet lämpökuvauksesta korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?
 - a. TS (tarveselvitys)
 - b. HS (hankesuunnittelu)
 - c. RS (rakennussuunnittelu)
 - d. RA (rakentaminen)
 - e. KO (käyttöönotto)

16. Minkälaisissa korjausrakennushankkeissa tarkemmin ottaen olette käyttäneet lämpökuvausta?

17. Mitä muuta?.....

Haastattelija:

Tapani Järvenpää, Ins.AMK
ma. lehtori, laboratorioinsinööri

Metropolia ammattikorkeakoulu Oy
Rakennus- ja kiinteistöala
Korjausrakentamisen YAMK (RYAMK08)

Puhelin: 0207836026

Matkapuhelin: 050-3673217

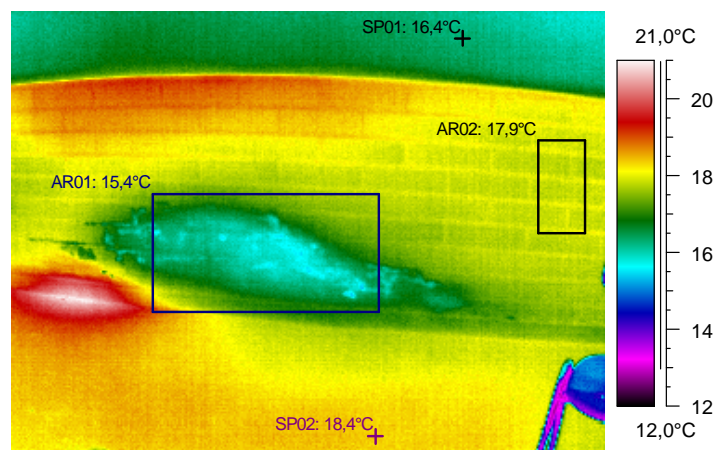
Faksi: 0207836053

E-mail: tapani.jarvenpaa@metropolia.fi

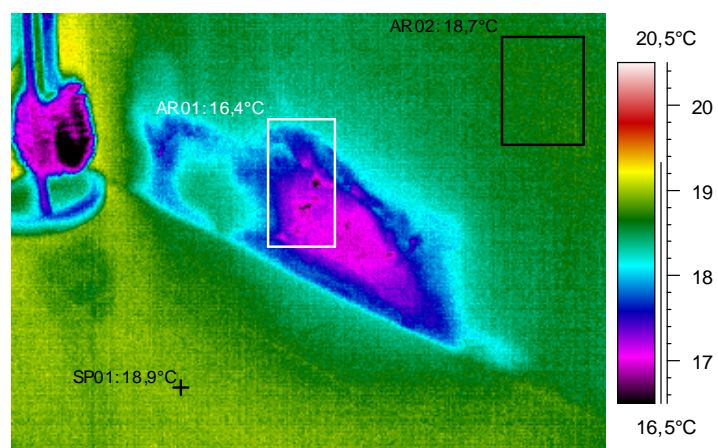
LÄMPÖKUVAAUKSEN SOVELLUSESIMERKKEJÄ:

1 KOSTEUSVAURIOITA

1.1 Sisäseinät

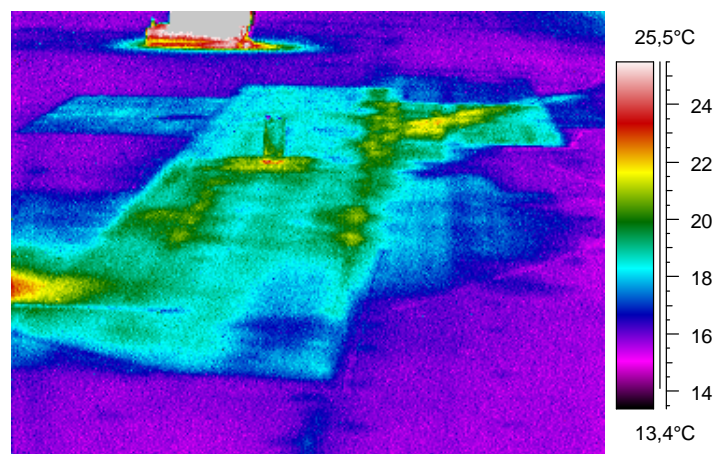


Kuva 1. Kosteusvaurio tiilisessä väliseinässä [29].



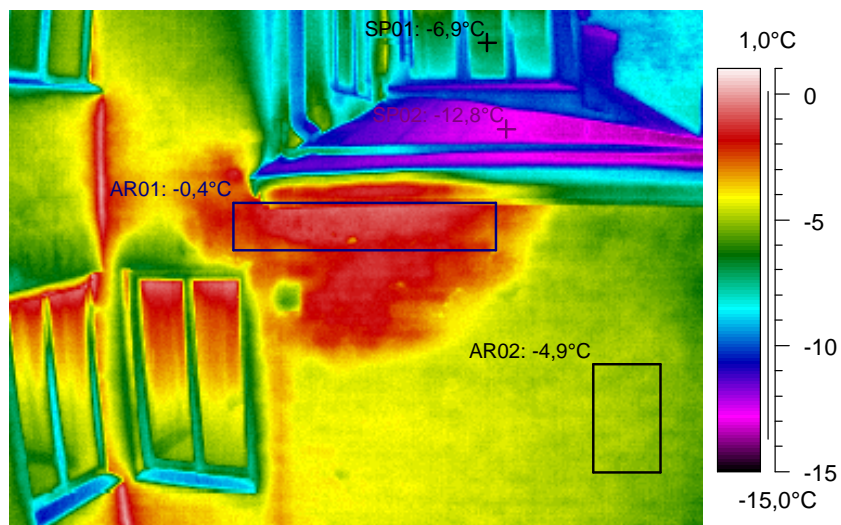
Kuva 2. Kosteusvaurio rapatussa tiilisessä väliseinässä [29].

1.2 Vesikatto

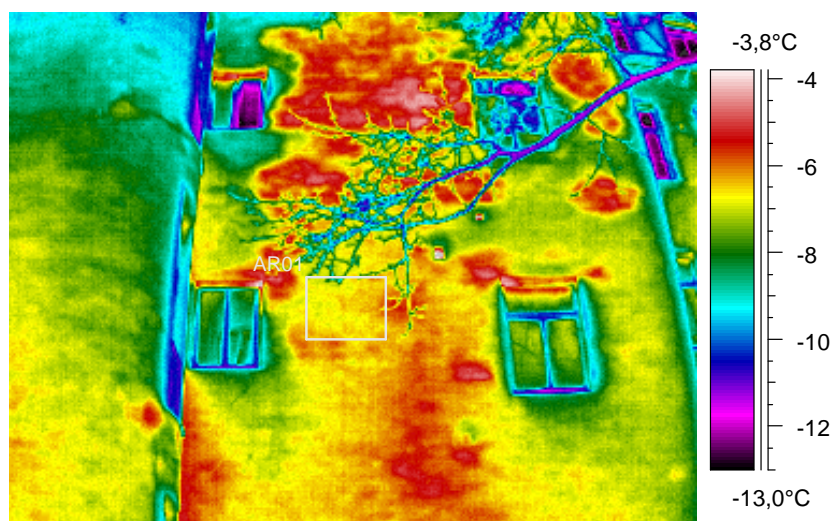


Kuva 3. Kosteusvaurio vesikatossa [29].

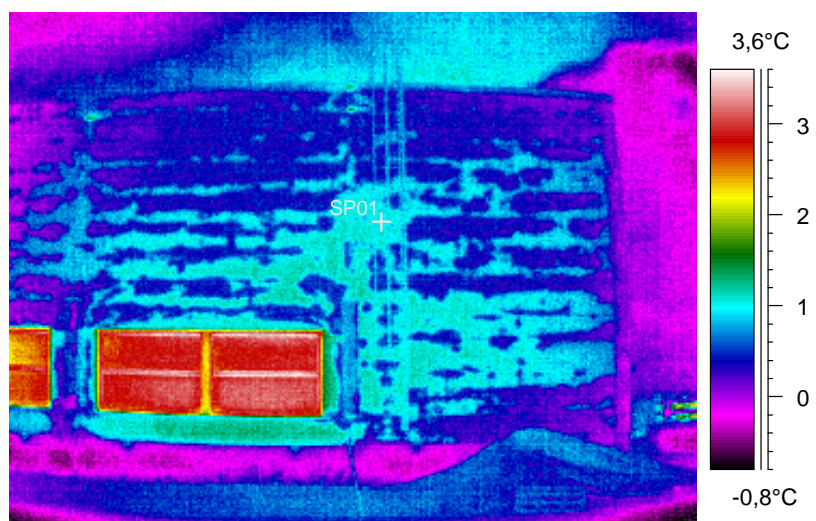
1.3 Julkisivut



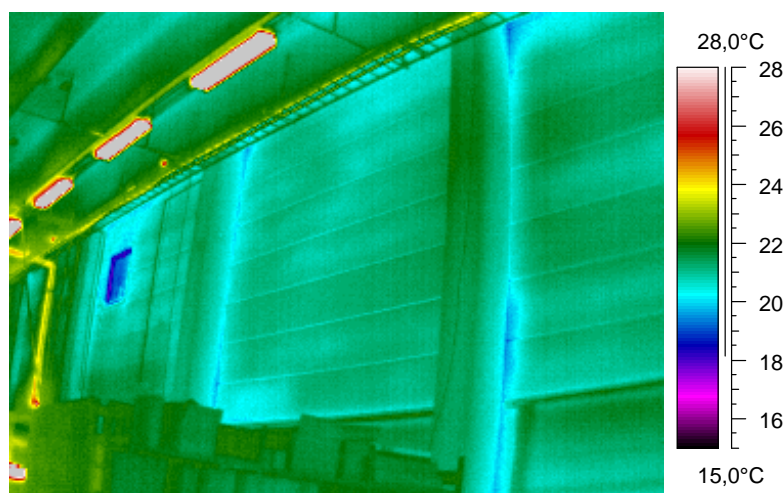
Kuva 4. Syöksytyrven aiheuttama kosteusvaurio rapatussa tiilisessä ulkoseinässä [29].



Kuva 5. Kosteusvaurioita rapatussa tiilisessä ulkoseinässä [29].

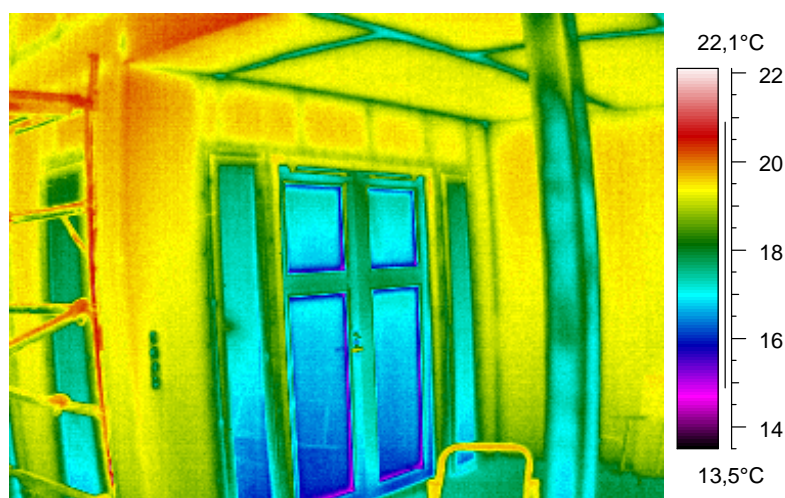


Kuva 6. Kosteusvaurioita ohutrapatussa Siporex-ulkoseinässä [29].



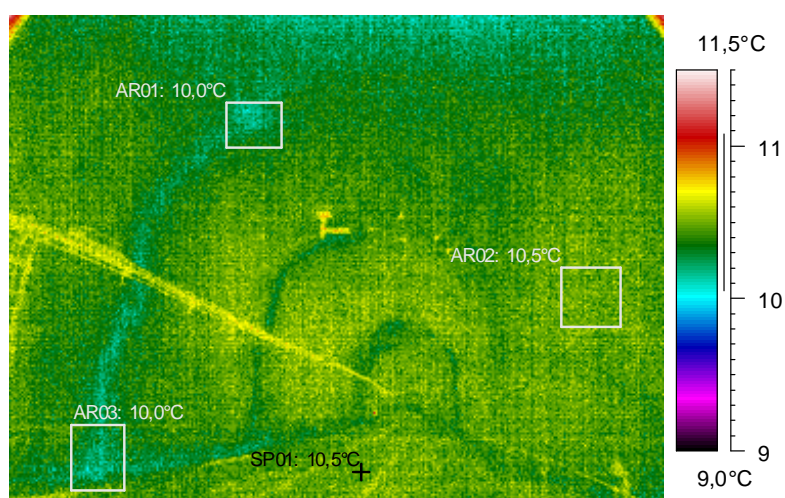
Kuva 7. Ulkopuolelta kosteusvaurioitunut Siporex-seinässä sisäpuolelta [29].

1.4 Työn aikainen kosteus

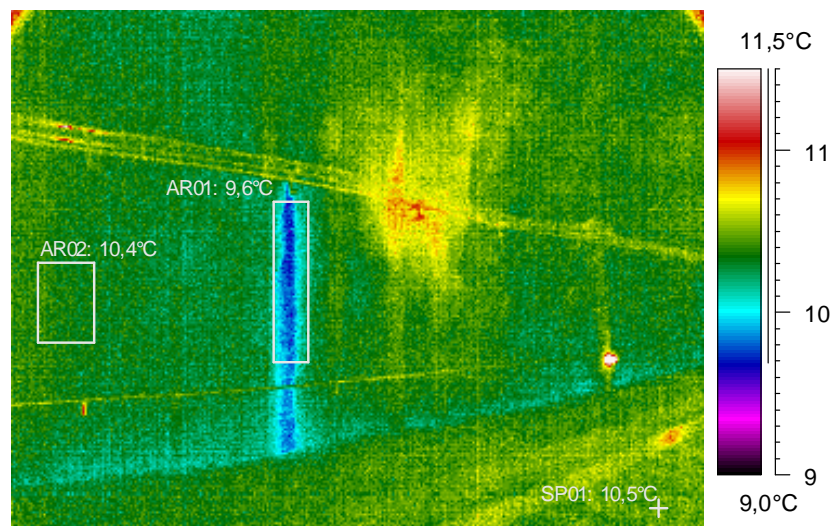


Kuva 8. Katossa tuoreet levyjen saumanauhoitukset ja pilarissa tuoreet tasoitteet [29].

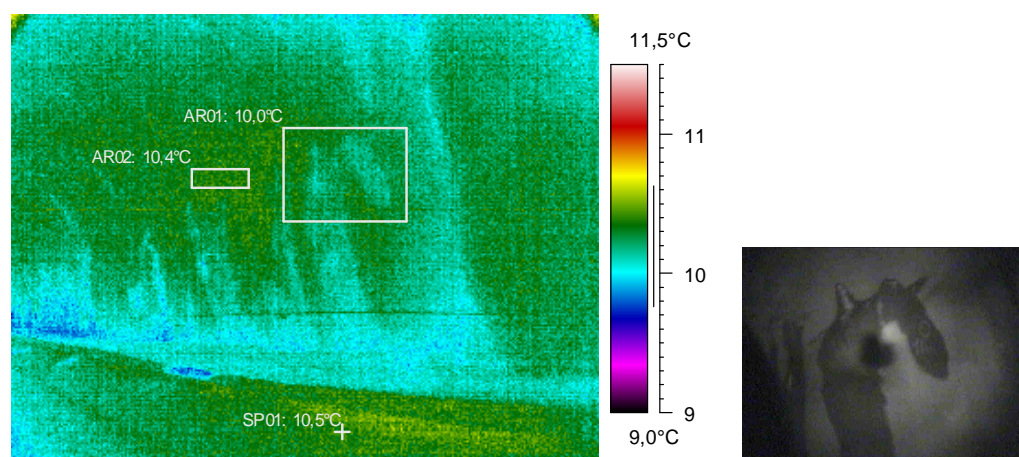
1.5 Tunnelit



Kuva 9. Tunnelin katon salaojat näkyvät raitoina [29].

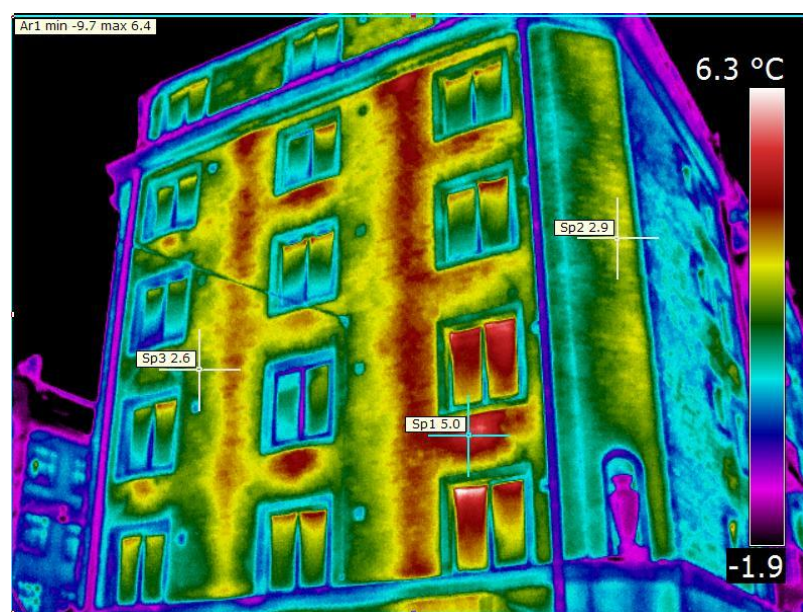


Kuva10. Tunnelin seinässä vesivuoto ja kosteusvaurio [29].

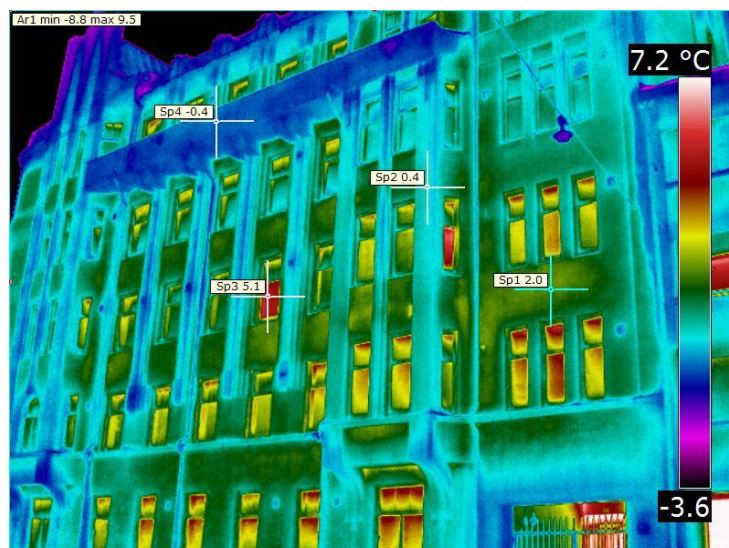


Kuvat 11. Tunnelin seinässä kosteutta [29].

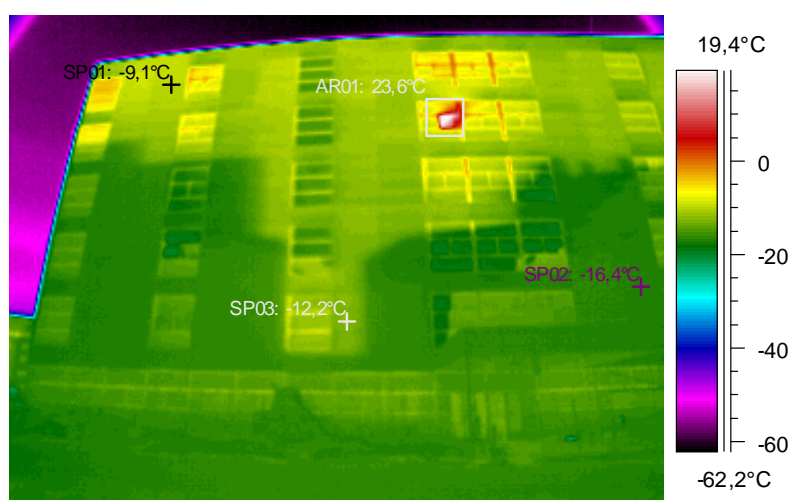
2 LÄMPÖVUOTOJA ULKOPUOLELTA



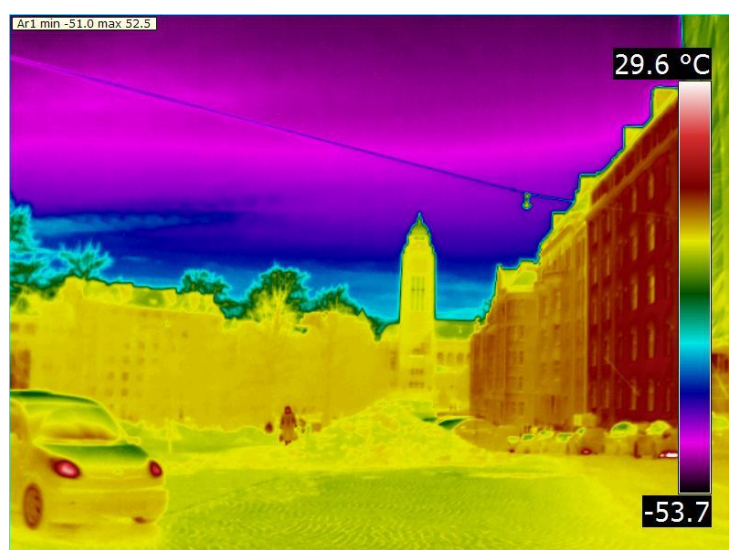
Kuva 12. Lämpövuotoja tiillisessä ulkoseinässä [30].



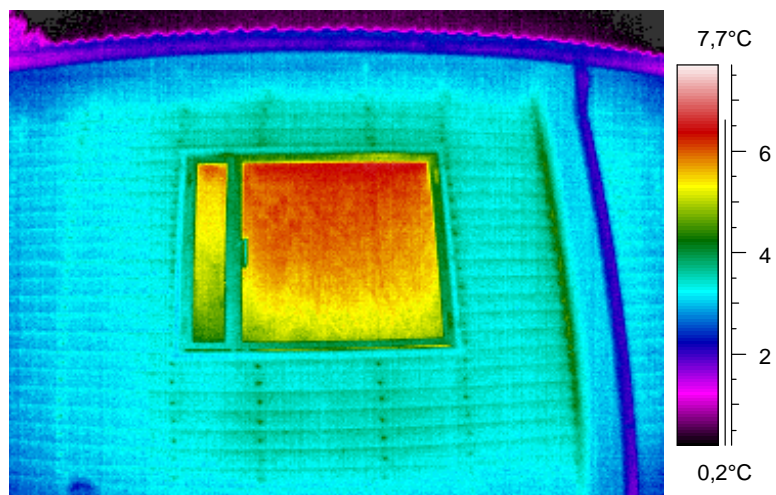
Kuva 13. Lämpövuotoja korkokuvioisessa ulkoseinässä [30].



Kuva 14. Lämpövuoto (ikkuna auki). Tuuletusraolisessa kiiltävämaalisessa ulkoseinässä näkyy paljon heijastuksia vaikeuttaen lämpökuvan tulkintaa [29].

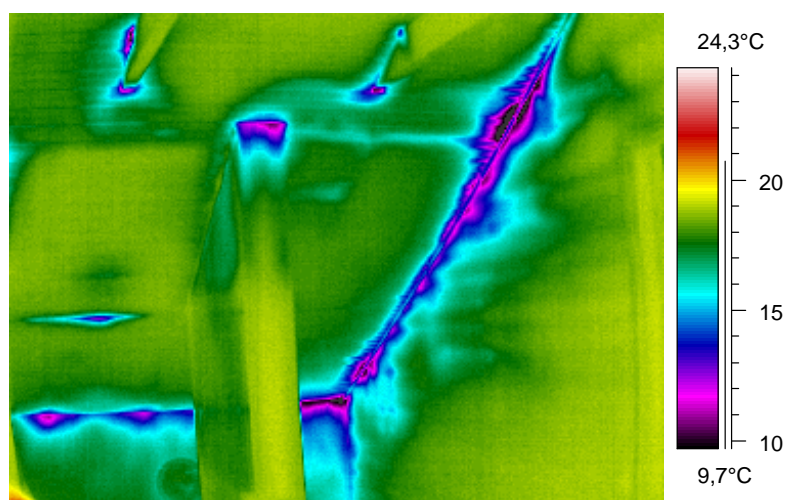


Kuva 15. Lämpövuotoja ulkoseinässä (erivärisiä taloja) [30].

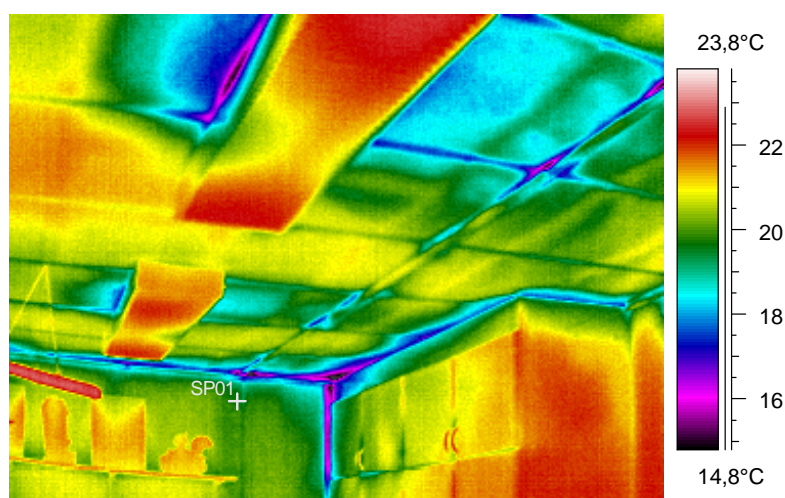


Kuva 16. Lämpövuotoja 1950-luvun purutäytteisessä ulkoseinässä [29].

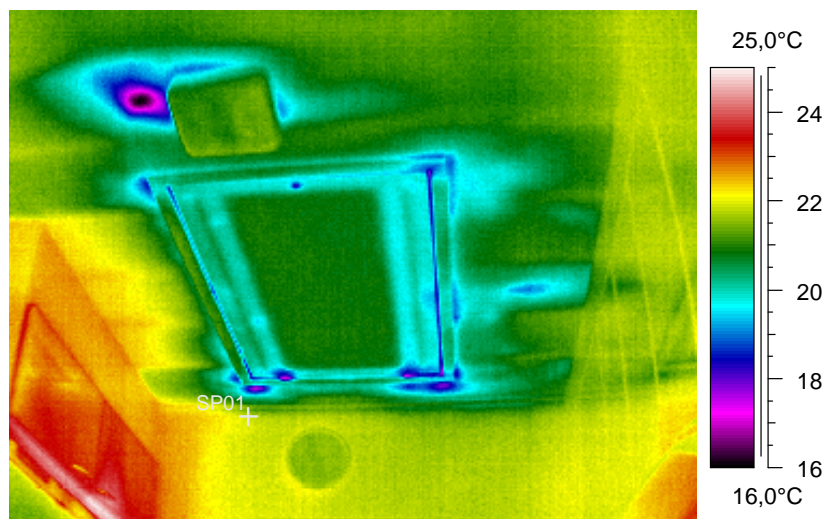
3 ILMAVUOTOJA



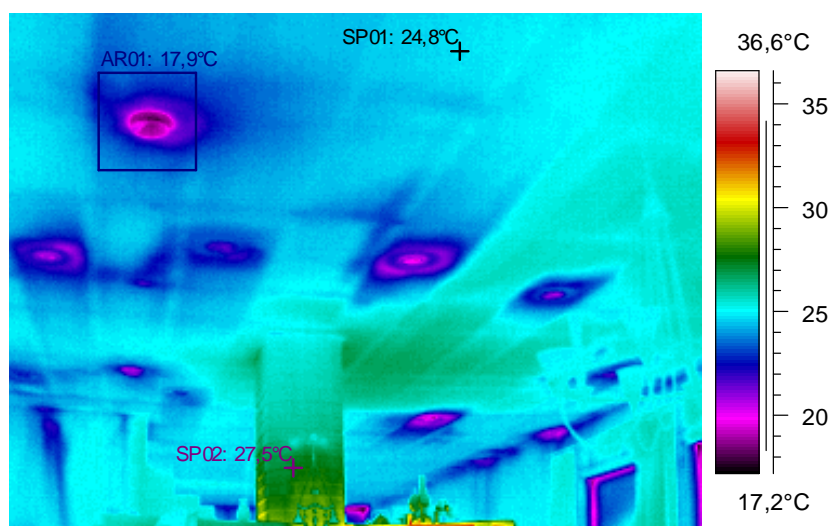
Kuva 17. Korjatun puutalon katossa ilmavuotoja.



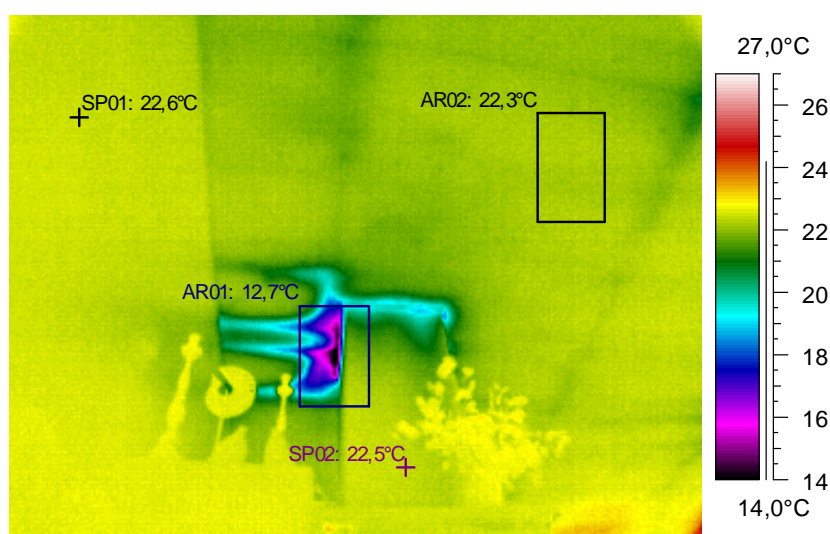
Kuva 18. Rakennuksen katossa ilmavuotoja valaisimien ympäristössä. Puutteita sähköasennusten ilmatiivyydessä [29].



Kuva 19. Kattoluukun ja valaisimen ympäristössä ilmavuotoja [29].



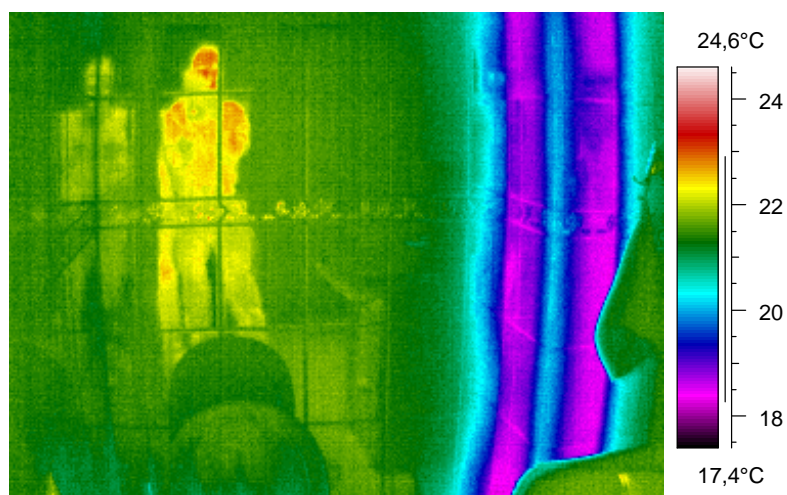
Kuva 20. Katossa valaisimien ympäristöissä on ilmavuotoja [29].



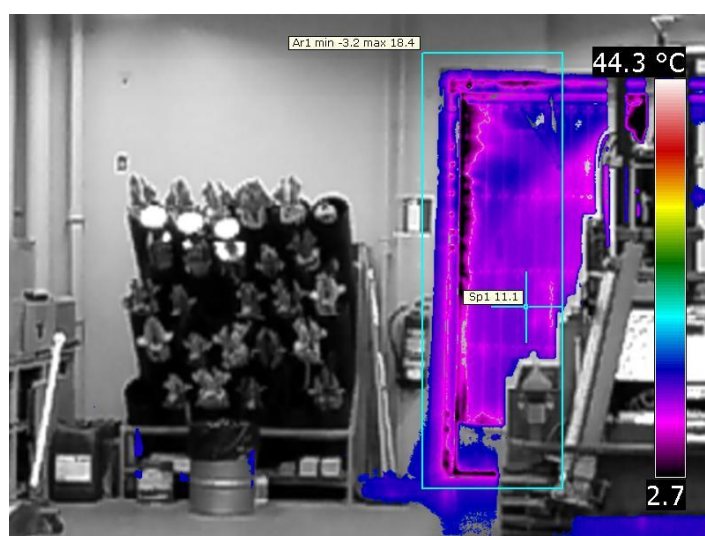
Kuva 21. Piipun ympäristön ilmavuotoja [29].



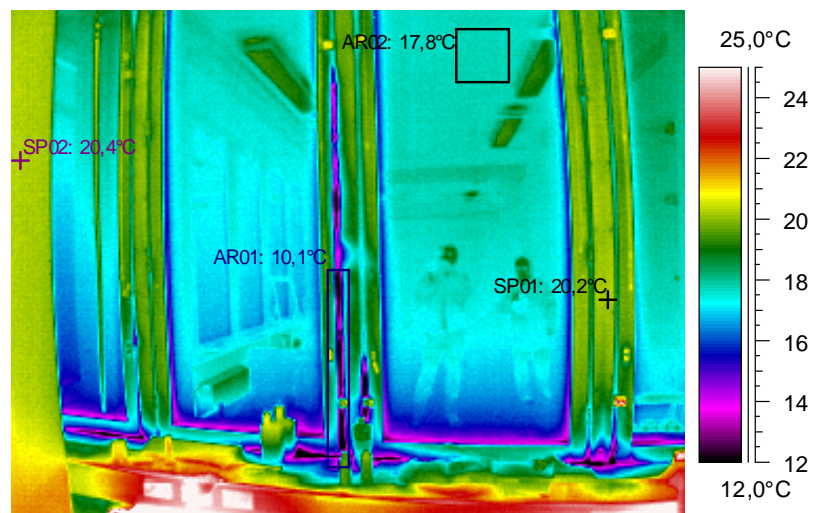
Kuva 22. PU-levyillä lisäeristetty rintamamiestalo, jossa on ilmavuotoa väliseinän kohdalla [30].



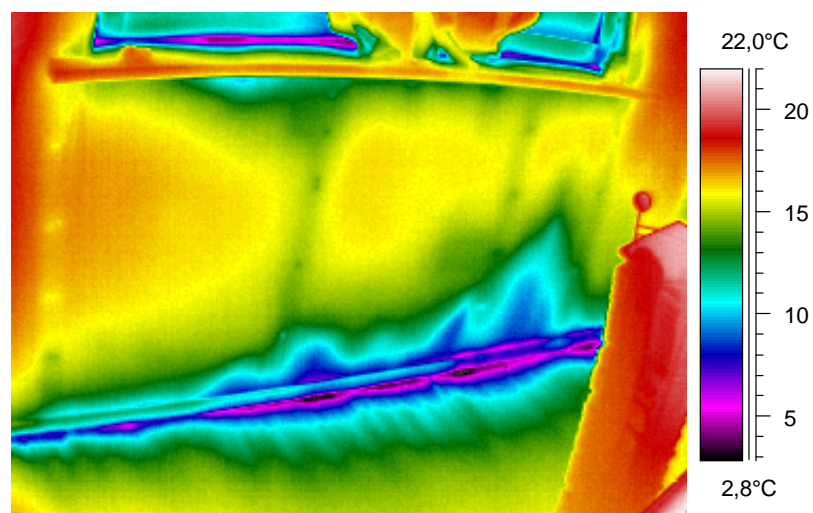
Kuva 23. Kylmää ilmaa valuu yläpohjasta keskellä rakennusta olevaan hormiin [29].



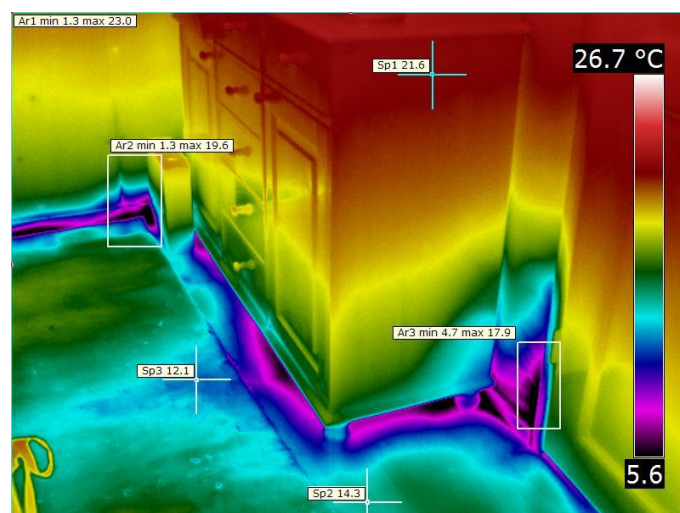
Kuva 24. Ilmavuotoa oven ja karmen liitoksessa (yhdistelmäkuva) [30].



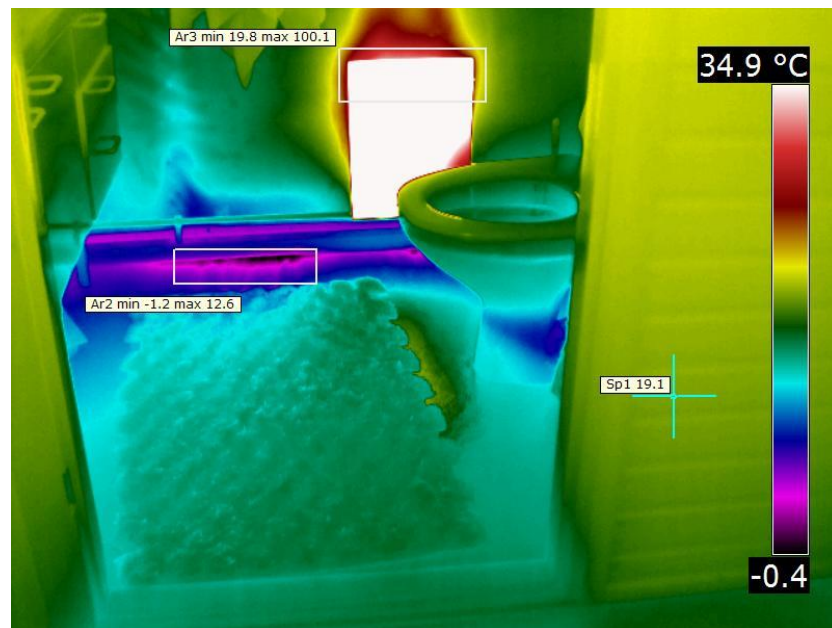
Kuva 25. Ilmavuotoa ikkunarakenteissa [29].



Kuva 26. Ilmavuotoa lämmöneristeisiin ja jalkalistan alta sisälle suihkuava kylmäilma ulkoseinässä [29].



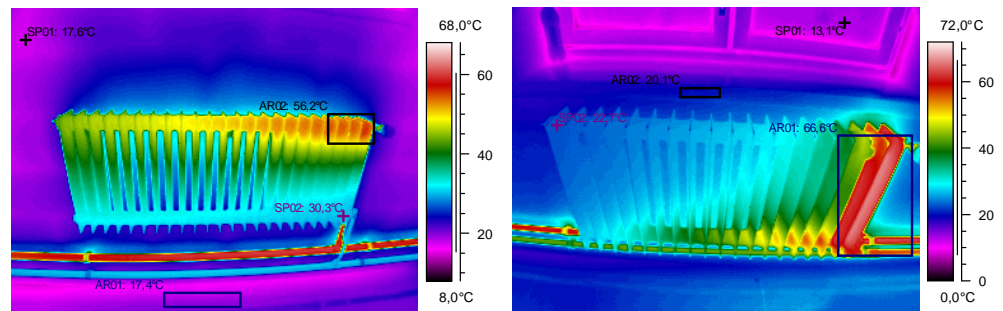
Kuva 27. Ilmavuotoa rintamamiestalon ulko- ja väliseinän alareunasta [30].



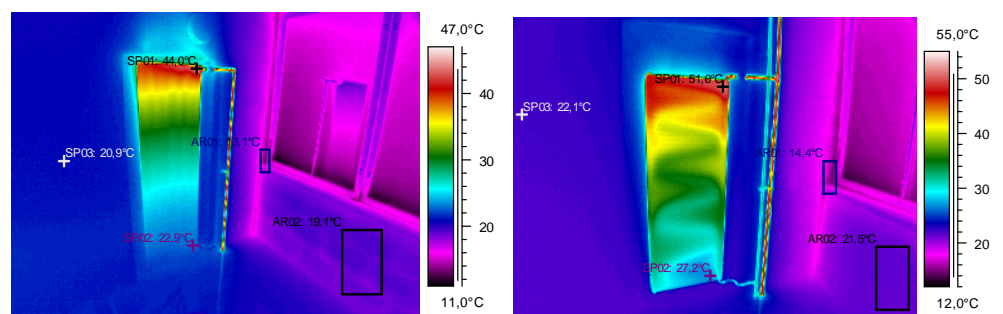
Kuva 28. Ilmavuotoa ulkoseinän alareunasta ja sähköpatterin pintalämpötila 100 °C [30].

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

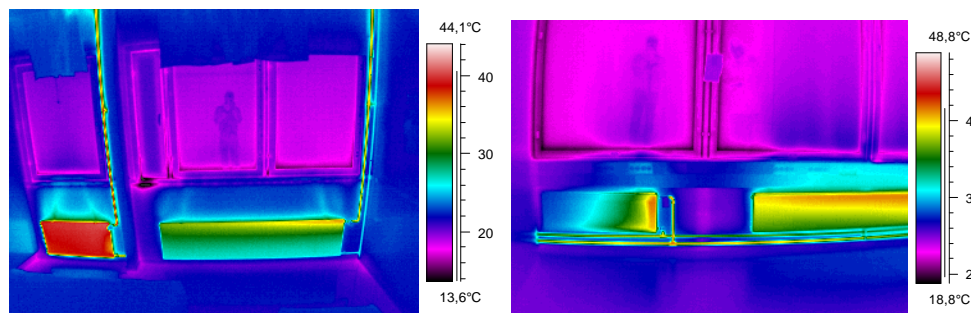
4.1 Vesikiertoiset patterit



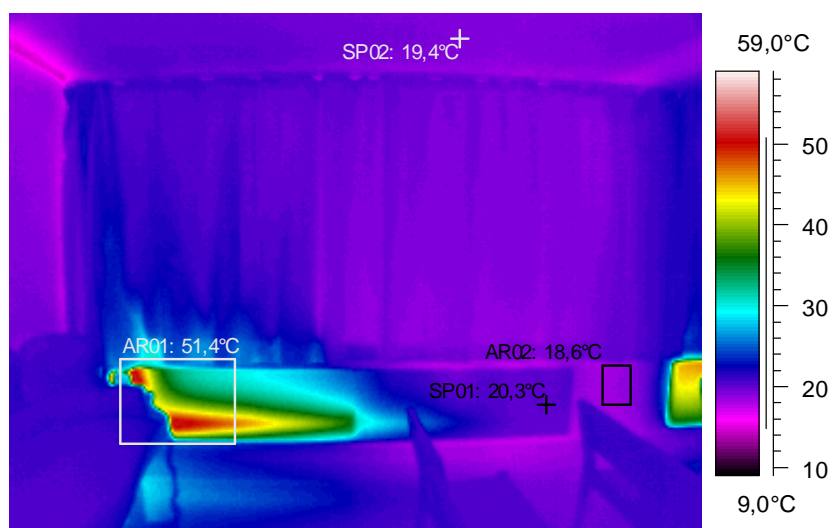
Kuvat 29. Samanlaiset vesikiertoiset patterit: vasemmassa normaali kierto ja oikeassa on ilmaa [29].



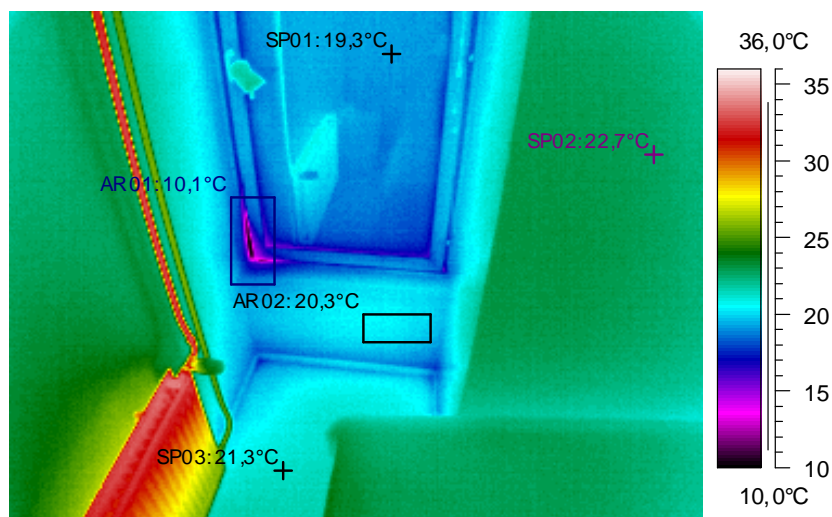
Kuvat 30. Samanlaiset vesikiertoiset patterit: vasemmassa normaali kierto ja oikeassa ei [29].



Kuvat 31. Vesikiertoiset patterit: vasemmassa kuvassa epätasaisesti säädetty kierto ja oikeassa kuvassa toisessa on ilmaa ja toisessa normaali kierto [29].

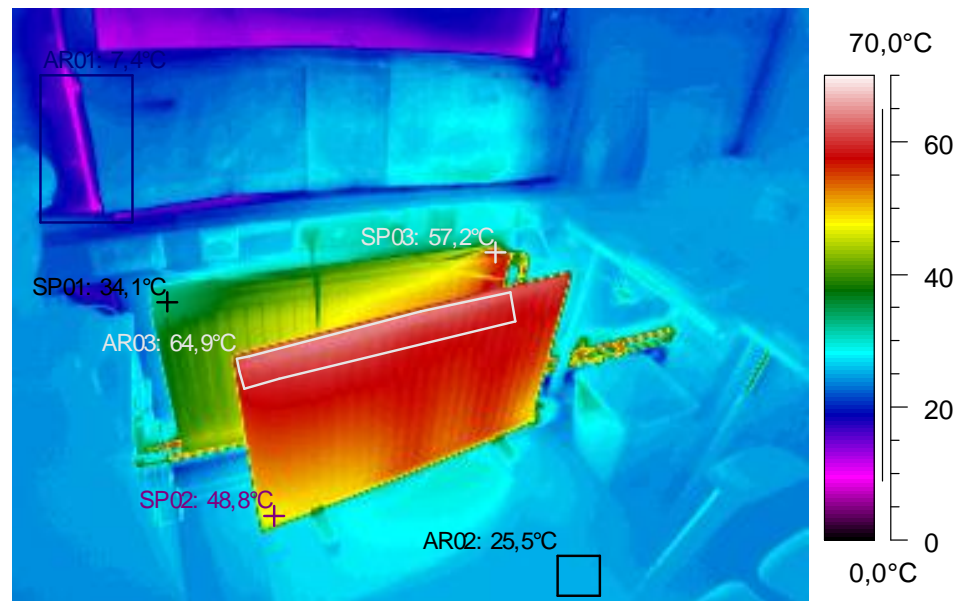


Kuva 32. Vesikiertoisessa patterissa on runsaasti ilmaa [29].

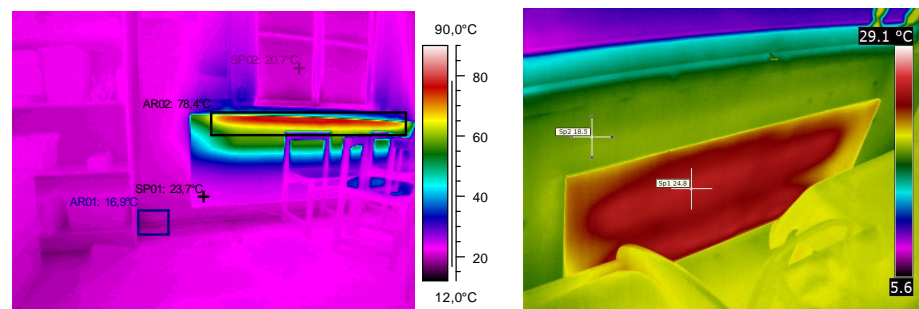


Kuva 33. **Väliseinälle** asennettu vesikiertoinen patteri ja **syvennyksessä** olevan korkean ikkunan alla **ei ole patteria!** Aiheuttaa ikkunasta kylmän ilman valumista, jota lisää ikkunan alakulmassa oleva ilmavuoto! Asunnon lämpöviihtyvyyttä kärsii vetoisesta lattiasta [29]!

4.2 Sähköpatterit

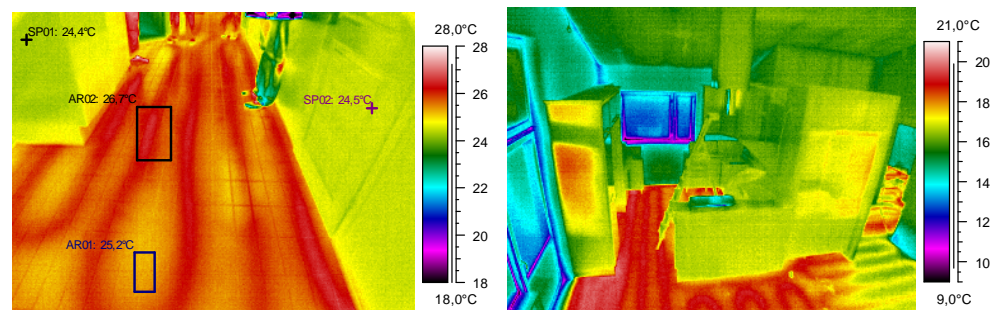


Kuva 34. Vesikiertoisessa patterissa on ilmaa ja eteen on laitettu siirrettävä lisäsähköpatteri [29].



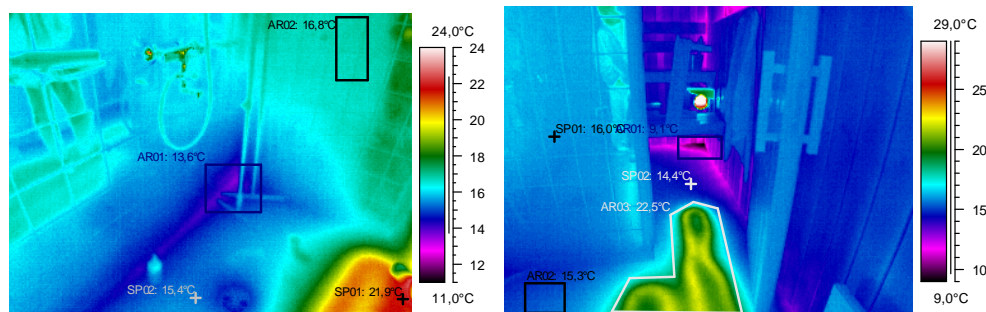
Kuvat 35. Erilaiset sähköpatterit ja lisäksi vasemmassa on lähes 80 °C yläreunassa [29], [30].

4.3 Vesikiertoiset lattialämmityspotket

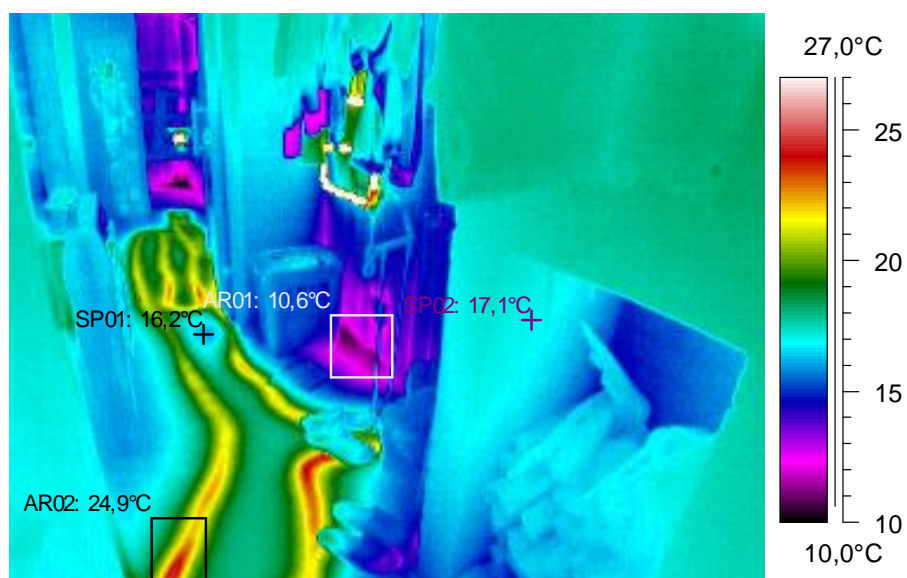


Kuvat 36. Hyvin asennetut vesikiertoiset lattialämmityspotket [29].

4.4 Lattialämmityskaapelit

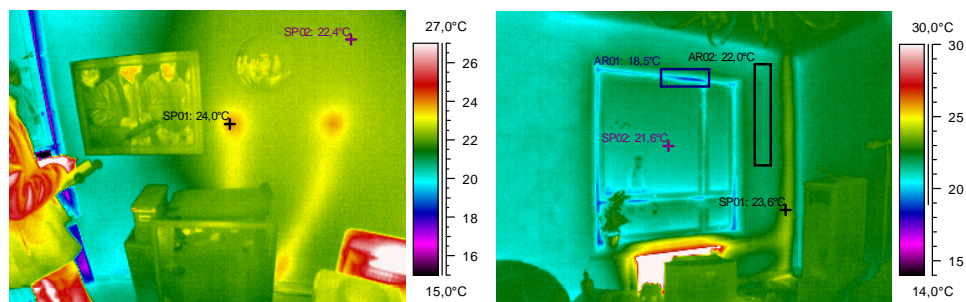


Kuvat 37. Huolimattomasti asennetut lattialämmityskaapelit. Vasemmalla kylmä suihkunurkka ja oikealla kylmä saunan lattia (ovelta 0,5 m lenkki saunan puolelle) [29]!

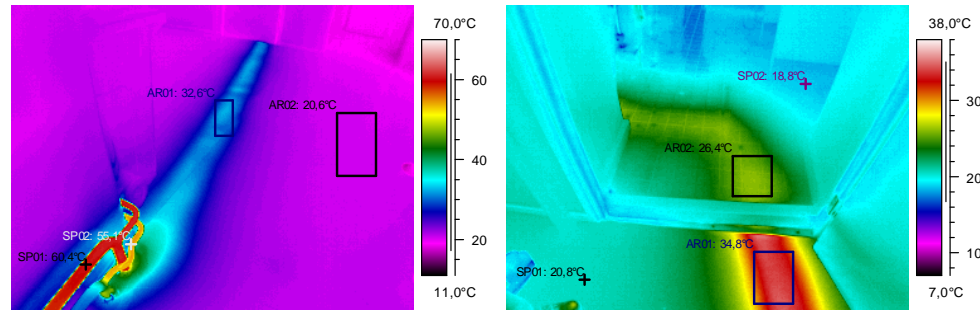


Kuva 38. Erittäin huolimattomasti asennettu lattialämmityskaapeli! Kaapeli lämmittää kodinhoito- ja pesutilan ja saunan [29]!

4.5 Seinärakenteissa lämmitysputkia

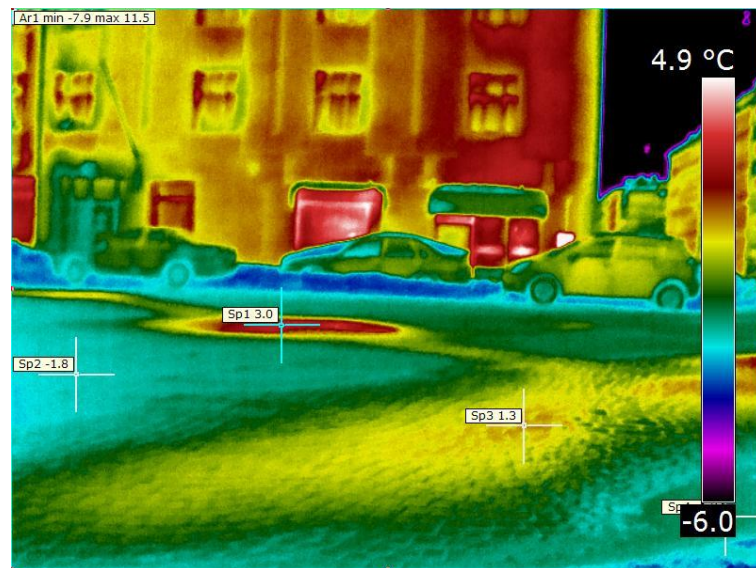


Kuvat 39. Ulkoseinissä sijaitsevien lämmitysputkien paikannus, koska ulkopuolelle asennettiin uudet parvekkeet. Lämpökuvauksella varmistettiin parvekkeen ankkuripulttien läpivientien turvalliset paikat [29].



Kuvat 40. Lattiasa sijaitsevien lämmitysputkilinjojen paikannus, koska ei ollut kunnollisia LVI-piirustuksia rakennuksesta [29].

5 KAUKOLÄMPÖLINJAT



Kuva 41. Kaukolämpölinjan paikannus katualueella [30].

6 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

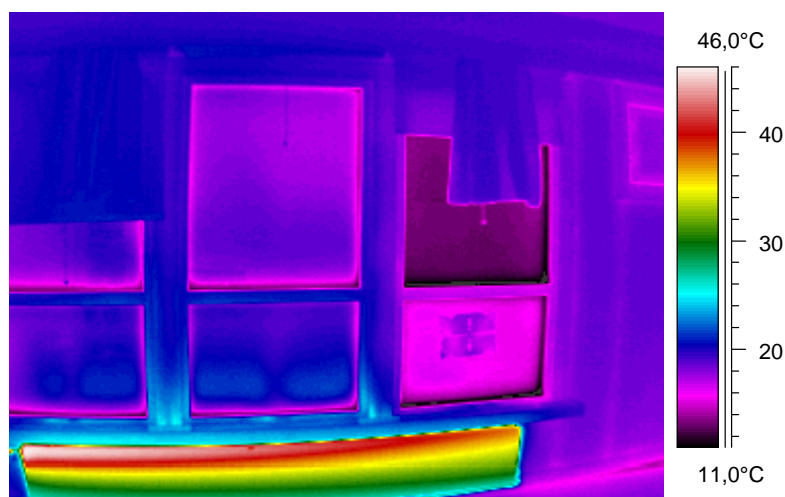


Kuva 42. Jäähdytyslaitteiden tarkistus ja suuntaus [30].



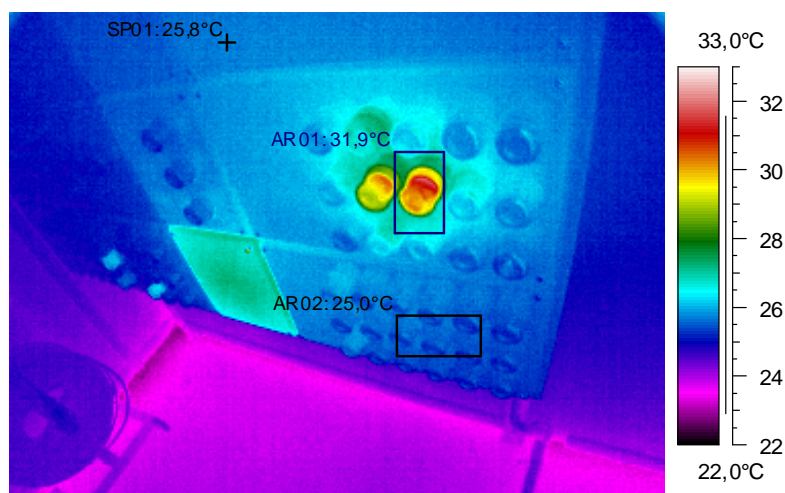
Kuva 43. Jäähdytyslaitteiden tarkistus ja suuntaus (yhdistelmäkuva) [30].

7 IKKUNAT

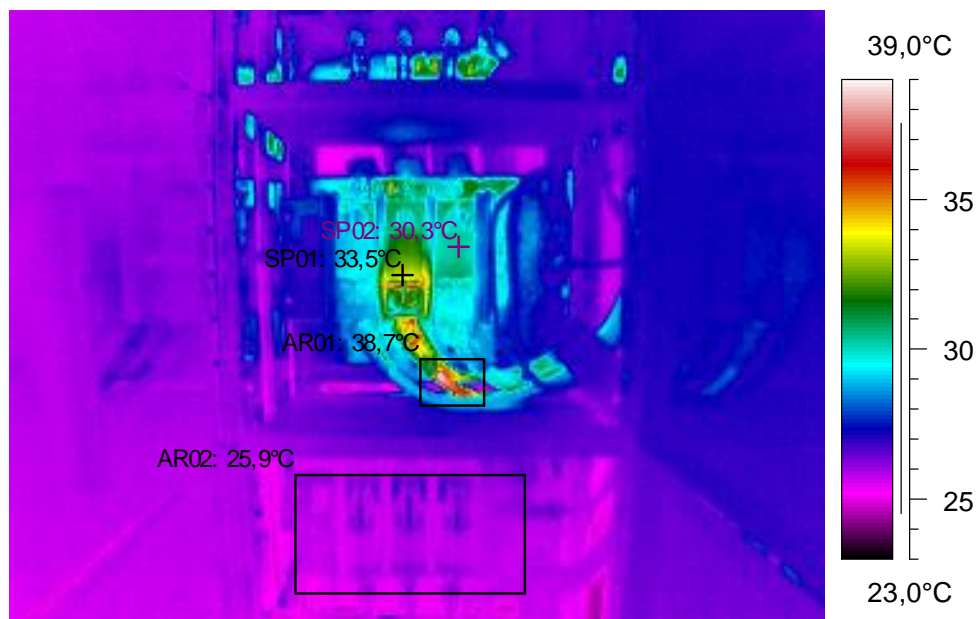


Kuva 44. Eristyslasien tarkistus. Oikean reunan erityslaseista on täytekaasut poistuneet [29]!

8 SÄHKÖLAITTEET



Kuva 45. Sulaketaulun pari sulaketta on kiristetty löysästi [29].



Kuva 46. Sähköjen kytkentäkaapissa keskimmäisen kaapelin kytkentä on löysässä [29].

9 ILMAVUOTOMITTAUS



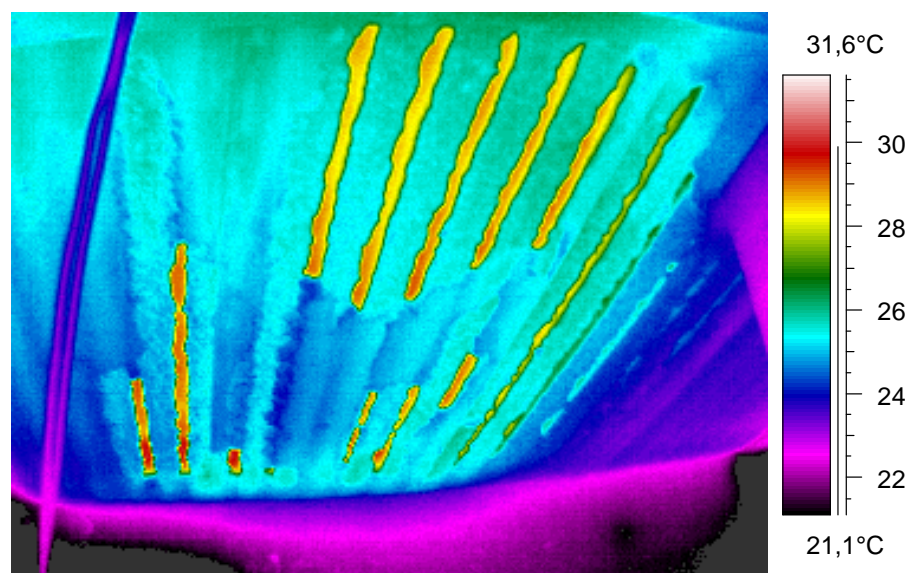
Kuva 47. Ilmatiivysmittauslaitteiston kuva rakennuksen sisäpuolelta [30].

10 TULIPALOVAURIO

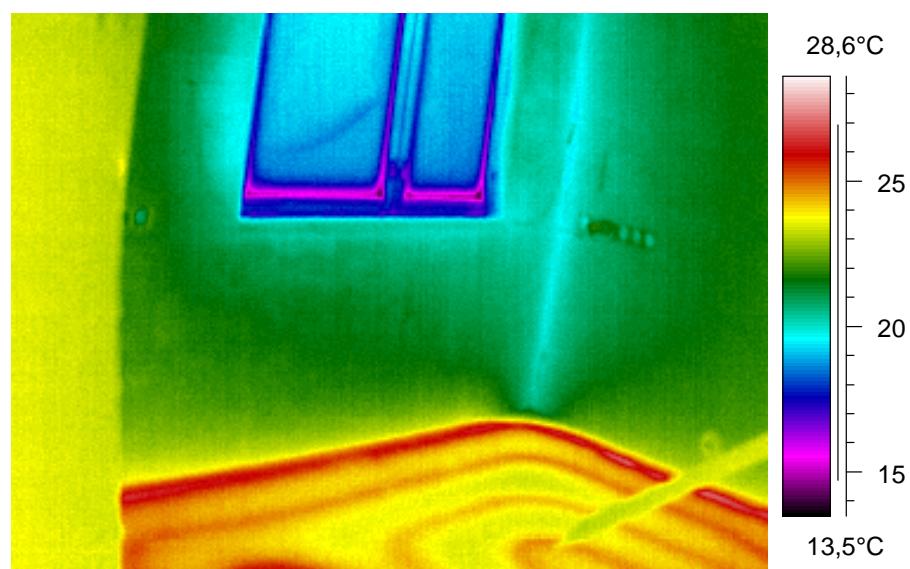
Seuraavat kuvat ovat ontelolaattavälipohjasta, jossa on yläpinnassa vesikiertoinen lattialämmitysputkisto. Välipohjan alla paloi Styrox-paketti, joka aiheutti hetkellisen erittäin kuuman tulipalon. Kuumuus aiheutti ontelolaatan alapinnassa kideveden rajun kiehumisen murentaen paikoitellen alapinnan betonin avaten ontelot näkyville. Ontelolaattoja kantava palolta alapuolelta suojaamaton teräspalkki kesti hetkellisen tulipalon rasitukset.



Kuva 48. Tulipalossa vaurioituneen ontelolaataston alapinta puhdistuksen jälkeen [29].



Kuva 49. Tulipalossa vaurioituneen ontelolaataston alapinta puhdistuksen jälkeen. Onteloista näkyy yläpuolella olevan vesikiertoisen lattialämmityksen lämpö [29].



Kuva 50. Tulipalossa vaurioituneen ontelolaataston yläpinta (Kuva 49). Vesikiertoisen lattialämmityksen lämpöputket ovat vaurioitumattomia tulipalon jälkeen [29].

11 KAASUVUOTOJEN PAIKANNUS



Kuva 51. Kaasuvuoto (FLIR GF320 esite) [31].