

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Talotekniikan koulutusohjelma

Simo Ahonen
Juho-Pekka Sivula

RAKENNUSTEN LÄMPÖVUOTOJEN PAIKANNUS
LÄMPÖKAMERALLA VARUSTETUN MULTIKOPTERIN AVULLA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020
Talotekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Simo Ahonen, Juho-Pekka Sivula

Nimeke
Rakennusten lämpövuotojen paikantaminen lämpökameralla varustetun multikopterin avulla

Toimeksiantaja
Karelia-amk

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia multikopterin käytön hyötyjä lämpövuotojen paikantamisessa. Rakennusten lämpöhäviöt pyritään minimoimaan, koska niiden energiatehokkuusvaatimukset ovat tiukentuneet. Lämpökuvaustekniikka on hyvä keino havaita lämpövuotoja rakennusten ulkovaipasta. Kehittyneiden kameroiden ja kuvaustekniikoiden myötä nykypäivänä on myös mahdollista suorittaa lämpökuvaus kauko-ohjattavan pienlennokin eli dronen avulla. Vertailun vuoksi työssä käytettiin myös perinteistä lämpökameraa.

Lämpövuotojen paikantamisen kohteena oli Karelia ammattikorkeakoulun Wärtsilä-kampus. Wärtsilä-kampus valikoitui kuvauskohteeksi sen eri aikoina rakennettujen ja saneerattujen rakennusosien vuoksi.

Suoritettujen kuvausten perusteella voitiin analysoida käytetyn multikopterin soveltuvuutta rakennusten lämpökuvauksiin ja sen käytön hyötyjä suhteessa perinteisen kameran käyttöön. Tarkasteltuina hyötynäkökulmina käytettiin työturvallisuutta, käytettävyyttä ja ajankäyttöä. Tulosten perusteella paremmalla lämpökameralla varustettu multikopteri soveltuisi erinomaisesti lämpökuvaukseen. Käytetyn multikopterin lämpökamera soveltuu vain rakennusten tiiveysmittausten yhteydessä suoritettaviin lämpökuvauksiin.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 7
Liitesivumäärä 13

Asiasanat

lämpövuotojen paikantaminen, multikopteri, drooni, lämpökamera, lämpökuvaus



THESIS
April 2020
Degree Programme in Building
Services Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Simo Ahonen, Juho-Pekka Sivula

Title
Detecting Heat Leaks in Buildings Using a Multicopter Equipped with a Thermal Imaging Camera

Commissioned by
Karelia UAS

Abstract

The purpose of this thesis was to study the benefits of using a multicopter to detect heat leaks. As energy requirements for buildings become stricter, the aim is to minimize heat losses in buildings. Thermal imaging technology is a good way to detect heat leakage from the building envelope. With advanced cameras and imaging techniques, it is also possible today to perform thermal imaging using a remotely controlled drone. For comparison, a traditional thermal imaging camera was also used.

The target of the heat leakage detection was the Wärtsilä campus of Karelia University of Applied Sciences. The Wärtsilä campus was chosen as the subject of photography because of the building components that were built and refurbished at different times.

Based on the photographs made, it was possible to analyze the suitability of the used multicopter for thermal imaging of buildings and the benefits of using it in relation to a traditional camera. Occupational safety, usability, and time consumption were considered as beneficial viewpoints. Based on the results, a multicopter with better thermal imaging camera would be excellently suitable for thermal imaging. The thermal camera of a used multicopter is only suitable for thermal imaging during building tightness measurements.

Language

Finnish

Pages 37

Appendices 7

Pages of Appendices 13

Keywords

detection of heat leaks, quadcopter, drone, thermal imaging camera, thermal photography

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Rakennusten energiatehokkuus ja lämpövuodot	8
2.1	Rakennusmääräykset ja lainsäädäntö	8
2.2	Lämpövuodot	9
2.3	Ilmavuodot	9
3	Lämpökuvaus- ja kameratekniikka	10
3.1	Lämpökuvausmenetelmät ja lämpökuvien tulkinta	10
3.2	Lämpökuvaajien vaatimukset	11
3.2.1	Olosuhdevaatimukset	11
3.2.2	Kuvauskulma ja -etäisyys	12
3.3	Kameratekniikka	12
3.3.1	Kameran tekniset vaatimukset	13
3.3.2	Lämpökameran konfigurointi	14
4	Multikopterin käyttö ja lainsäädäntö	15
4.1	Voimassa olevan säädökset	15
4.2	Voimaan tulevat säädökset	16
5	Työvälineet ja olosuhteet	17
5.1	Työvälineet	17
5.1.1	FLIR Systems ThermaCAM P25-lämpökamera	17
5.1.2	Parrot Anafi Thermal	18
5.1.3	Multikopterin lämpökameran tekniset tiedot	19
5.1.4	FreeFlight 6	19
5.2	Emissiokertoimen määrittäminen	20
5.3	Kuvauskohde	21
5.4	Olosuhteet	22
6	Kuvausprosessi	23
6.1	Alkutoimet	23
6.2	Kuvaaminen	23
6.2.1	Kuvauspäivä 1 Flir	24
6.2.2	Kuvauspäivä 2 Drone	25
7	Lämpökuvat ja niiden vertailu	25
7.1	Karjalankatu 3, tila 116	26
7.2	Karjalankatu 3, tila 008	30
8	Johtopäätökset	34
8.1	Kameroiden soveltuvuus ja vertailu	34
8.2	Olosuhteiden soveltuvuus kuvaamiseen	35
8.3	Multikopterin käyttö ja lämpökuvaamisen hyödyt	35
	Lähteet	37

Liitteet

- Liite 1 Energian käyttökohteet Suomessa
- Liite 2 Parrot Anafi Thermal multikopterin tekniset tiedot
- Liite 3 Lähde 12. Tilakeskuksen talonrakennuspäällikön sähköpostivastaus
- Liite 4 Wärtsilä-kampuksen olosuhdemittausten tulokset
- Liite 5 Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset ensimmäiseltä kuvauspäivältä (20.2.2020)
- Liite 6 Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset toiselta kuvauspäivältä (28.2.2020)
- Liite 7 Sähköpostikeskustelu Parrotin teknisen tuen kanssa

Käsitteet

ASNT	The American Society for Non-Destructive Testing.
Emissiokerroin	tai emissiivisyyskerroin: Kuvaa pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä.
Erottelukyky	tai thermal sensitivity: Kuvaa lämpökameran kykyä mitata lämpötilamuutosta.
Ilman kosteus	Ilman suhteellinen kosteus. Kuvaa ilmaan sitoutuneen vesihöyryn määrää kussakin ilman lämpötilassa.
Konvektiovirtaus	Lämpötilaerojen aiheuttama ilman liike.
Multikopteri	eli drone eli drooni: Miehittämätön kauko-ohjattava pienlennokki.
Paine-ero	Rakennuksen sisä- ja ulkoilman paineiden välinen erotus
Pikseli	kuvapiste.
RATEKO	Rakennusteollisuuden koulutuskeskus.
Taustalämpötila	Avaruudesta tai muista taustan tekijöistä aiheutuva heijastus
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos

1 Johdanto

Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten tiukentumisen vuoksi rakennusten lämpöhäviöt pyritään minimoimaan. Lämpökuvaustekniikka on hyvä keino havaita lämpövuotoja rakennusten ulkovaipasta. Kehittyneiden kameroiden ja kuvaustekniikoiden myötä, nykypäivänä on myös mahdollista suorittaa lämpökuvaus kauko-ohjattavan pienlennokin eli dronen avulla.

Opinnäytetyön tarkoituksena on suorittaa lämpökuvaus dronen avulla ja paikantaa lämpövuodot. Lisäksi työssä verrataan dronella otettuja kuvia perinteisellä lämpökameralla otettuihin kuviin. Työn toimeksiantaja on Karelia-ammattikorkeakoulu ja työt suoritetaan ammattikorkeakoulun kampusalueella. Kuvaus suoritetaan ammattikorkeakoulun omistamalla dronella ja henkilökunnan avustuksella. Työssä tullaan hyödyntämään myös muuta Karelia-ammattikorkeakoulun omistamaa kalustoa sekä henkilöstön ja muiden opiskelijoiden tekemiä mittauksia ja tutkimuksia.

Opinnäytetyön aihe valikoitui työn tekijöiden omasta mielenkiinnosta energiatehokkuuteen ja sen parantamiseen, lämpökuvaustekniikkaan ja halun selvittää dronen käytön hyötyjä lämpökuvauksessa ja yleisesti kiinteistöjen kuntokartoituksissa. Työssä tutkitaan myös mahdollisuutta tuotteistaa edellä mainittuja tekniikoita tulevaisuudessa kaupallisiin tarkoituksiin.

Työn rajoitukset ja huomiotavat vaatimukset koostuvat lämpökuvauksien olosuhdevaatimuksista. drone-lainsäädännön määräyksistä, sekä rakentamista koskevista asetuksista. Olosuhdevaatimusten osalta työssä suoritettavat kuvaukset ajoitetaan siten, että vaatimukset täyttyisivät ja sääolosuhteet olisivat mahdollisimman samanlaiset eri kuvauspäivinä.

2 Rakennusten energiatehokkuus ja lämpövuodot

Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannan [1] mukaan rakennusten lämmityksen osuus koko Suomen energian kulutuksesta vuonna 2018 oli 25 % (78 TWh) [1], kun taas aiempina vuosina (2016–2017) kulutuksen osuus oli 26 % (80 TWh) [1]. Kulutuksen laskun voidaan olettaa johtuvan energiatehokkaampien rakennusratkaisujen hyödyntämisestä. Tietokantahaun tulokset on esitetty liitteessä 1.

Suomen ja Euroopan unionin ilmastopolitiikkaan liittyy vahvasti rakennusten energiatehokkuuden edistäminen. Pyrkimyksenä on minimoida sitä energiamäärää, jota käytetään erilaisten palveluiden ja tuotteiden tuottamiseen. Parantamalla energiatehokkuutta voidaan vähentää energian kulutusta ja sitä kautta luoda kustannussäästöjä sekä vähentää hiilidioksidipäästöjä. [2.]

2.1 Rakennusmääräykset ja lainsäädäntö

Energiatehokkuusvaatimukset rakentamisessa koostuvat Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman D3 rakennusten energiatehokkuus (2012) määräyksistä ja asetuksista. Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman D3 mukaan rakennuksen ulko- ja väliseinien on oltava tiiviitä siten, että rakenteiden läpi kulkevat ilmavuodot eivät tuota merkittävästi haittaa rakennukselle, sen käyttäjille ja käyttömukavuudelle. Ilmavuodot eivät myöskään saa merkittävästi heikentää rakennuksen energiatehokkuutta. Rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50} voi olla korkeintaan $4 \text{ (m}^3 \text{ / (h m}^2 \text{))}$. Poikkeustapauksissa ilmanvuotoluku voi kuitenkin ylittää arvon $4 \text{ (m}^3 \text{ / (h m}^2 \text{))}$, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi rakennuksen ilmanpitävyyttä. [3, 10.]

2.2 Lämpövuodot

Lämpövuoto on rakenteen kohta, jossa lämpö johtuu selvästi tehokkaammin suhteessa ympäröivään rakenteeseen. Lämpövuodot aiheutuvat esimerkiksi puutteellisesta eristeestä tai kantavan rakenteen osan muodostamasta kylmäsillasta. Niin sanottuun kylmäsiltaan eli pelkkään lämpövuotoon ei liity konvektiovirtauksia, jotka aiheuttavat rakenteen läpi kulkevia ilmavuotoja. [4, 37.] Konvektiovirtauksien aiheuttamat ilmavuodot ovat lämpövuotoja kulkeutuvat rakennuksessa sekä sisään että ulospäin, riippuen rakennuksessa vallitsevasta ilmanpaineesta.

2.3 Ilmavuodot

Alipaineisissa rakennuksissa tai rakennuksen osissa ilmavuodot päästävät talvisin tilaan kylmää ilmaa. Tämä aiheuttaa vedon tunnetta sekä jäähdyttää sisäilmaa ja rakenteita. Jäähdytyneet rakenteet ja vedon tunne lisää lämmitystarvetta. 1 °C:en lämpötilan nosto sisäilmassa lisää rakennusten lämmityskustannuksia noin 5 %. [5.]

RakLamit Oy:n verkkosivun mukaan, ylipaineisuudesta aiheutuvista ulospäin suuntautuvista lämpövuodoista on haittaa sekä kuluttajille, että rakenteille. Ulos karkaava lämpö aiheuttaa maksavalle taholle suuremman lämmityskulun, sekä kuljettaa sisäilman kosteutta rakenteisiin. Ulospäin kulkeutuva kosteus altistaa rakenteet kosteusvaurioille. [5.]

3 Lämpökuvaus- ja kameratekniikka

Lämpökuvaaminen on keino tutkia rakennusten, rakenteiden ja niiden rakentamisessa käytettyjen materiaalien tiiveyttä, laatua ja kuntoa ainetta rikkomatta. Lämpökameraa käytetään tutkimusvälineenä vanhojen rakennusten kuntokartoituksissa sekä uudisrakentamisen laadunvalvonnassa. Lämpökuvauksilla voidaan paikantaa lämpövuotoja, kosteusvaurioita, eristevikoja ja erilaisten putkistojen vuotokohtia rakenteiden sisällä. [4, 12.]

Nykyisin lämpökamerat toimivat pääsääntöisesti niin sanotulla matriisitekniikalla. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisella kuvapisteellä, eli pikselillä, on oma ilmaisin, joiden pohjalta lämpökuva muodostetaan. [4, 13.] Lämpökuvausten pohjalta laaditaan raportti, josta löytyy mittaustulosten lisäksi mm. korjausehdotuksia ja mahdollisia muita toimenpiteitä [4, 101].

3.1 Lämpökuvausmenetelmät ja lämpökuvien tulkinta

Useimmiten rakennusten lämpökuvaus käsittää rakennusvaipan lämpökuvaamisen sekä sisältä, että ulkoa. Kuvaamalla pyritään havaitsemaan rakenteiden kunto ja laadun tasaisuus. Kuvaamalla pystytään määrittämään rakenteen toimivuus ja paikantamaan mahdollisia rakenteen sisäisiä ilmavuotoja ja kylmäsiltoja. [4, 12.] Rakennusmateriaalit emittoivat, eli lähettävät pinnaltaan lämpösäteilyä. Säteilyn määrä riippuu materiaalin lämpötilasta ja emissiokertoimesta. [4, 16.]

Emissiokerroin on materiaalille ominainen arvo, joka kuvaa sen kykyä lähettää lämpösäteilyä. Lämpökuvauksessa pintalämpötilan mittausta perustuu pinnan emissioon. [4, 16.] Rakennusmateriaalin ominaisen emissiokertoimen lisäksi lämpökuvauksen tulokseen vaikuttavat oleellisesti myös kuvauskulma ja -etäisyys. Kauempaa kuvattuna lämpökuvan pikseli edustaa laajempaa aluetta, jolloin mittaustarkkuus kärsii. [4, 17–18.]

Lämpökuvien tulkintaa säädellään erilaisin määräyksiin ja asetuksiin. Rakentamismääräyskokoelman osat C3, C4, D2 ja D3 määrittävät rakenteiden toiminnan vaatimukset. Asumisterveysasetus 2015 puolestaan määrittää rakennuksen olosuhteiden ohjeelliset arvot. [4, 12.]

3.2 Lämpökuvaajien vaatimukset

Haimilahti, Paloniitty J & Paloniitty S (2016, 15) mukaan lämpökuvausten tulosten laadun varmistamiseksi on tärkeää, että kuvat otetaan ja niitä tulkitaan asianmukaisella ammattitaidolla. Oleellisia osaamisalueita lämpökuvien ottajalle ja tulkitsijalle ovat esimerkiksi rakennusfysiikan ominaisuuksien tuntemus, lämpökameran ja siihen liittyvien ohjelmistojen käytön hallinta. [4, 3.]

Lämpökuvaajille tarjotaan erilaisia koulutuksia, joilla pyritään varmistamaan kuvauspalveluja tarjoavien toimijoiden ammattitaito. Suomessa koulutuksia järjestää mm. rakennusteollisuuden koulutuskeskus RATEKO ja Infadex Oy. RATEKO:n järjestämä koulutus tähtää sertifikaattiin, jonka myöntää Teknologian tutkimuskeskus eli VTT Oy. Infradex Oy:n tarjoama Level-1 kurssi on kansainvälinen lämpökuvauskoulutus, joka vastaa ASNT:n (The American Society for Non-Destructive Testing) vaatimustasoa. [4,15.]

3.2.1 Olosuhdevaatimukset

Vuonna 2016 julkaistun rakennustietokortin RT 14-11239 (korvasi aiemmat ohjeet RT 14-10850) mukaan huonelämpötilan ja ulkolämpötilan lämpötilaerojen vähimmäisvaatimukset ovat:

- ”ilmavuotojen paikannusmittauksen yhteydessä 5 °C tehostetussa alipaineessa -50Pa (lämpökameran erottelukyvyn on oltava enintään 0,1 astetta ja resoluution vähintään 19000 pikseliä)
- rakennuksen laadunvalvontalämpökuvauksessa 10 °C (lämpökameran erottelukyvyn on oltava enintään 0,03 astetta ja resoluution vähintään 70 000 pikseliä)
- rakennuksen laadunvalvontalämpökuvauksessa 15 °C (lämpökameran erottelukyvyn on oltava enintään 0,05 astetta ja resoluution vähintään 30 000 pikseliä).” [6, 2.]

Muita laadunvalvonnan lämpökuvauksen olosuhdevaatimuksia ovat tuulen nopeus (enintään 10 m/s), sisällä vallitseva alipaine (-0...-5 Pa, enintään -15 Pa). Myös auringon vaikutus tulee huomioida siten, että se ei ole paistanut kevyisiin rakenteisiin (puurakenteet) 12 tuntiin ja raskaisiin rakenteisiin (betoni-, tiili-, ja siporex-rakenteet) 24 tuntiin. Sääolosuhteiden muutokset lämpökuvausten yhteydessä on huomioitava silloin, jos ulkolämpötila muuttuu yli 5 °C tai rakennuksen sisälämpötila yli 2 °C. [6, 3.]

3.2.2 Kuvauskulma ja -etäisyys

Lämpökuvaamiseen onnistumisen kannalta on tärkeää, että vaadittuja kuvausetäisyyksiä noudatetaan olosuhteiden niin salliessa. Rakennuksen sisäpuolisessa kuvauksessa etäisyyden on oltava 2–4 metriä. Ulkopuolisessa kuvauksessa etäisyyden on oltava korkeintaan 10 metriä. [4, 72.] Kauempaa kuvattaessa kamera huomioi suuremman alueen pintalämpötilan, jolloin tulos saattaa vääristyä. Rakenteen tarkkaan ja yksityiskohtaiseen pintalämpötilan määrittämiseen etäisyyden on oltava 2–3 m [7,144.]

Kuvaaminen on suoritettava mahdollisimman kohtisuorassa kuvattavaa pintaa vasten. Olosuhteiden puolesta tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Kuvauskulman ollessa kohtisuorasta yli 45°, taustan heijastukset vaikuttavat merkittävästi mittaustulokseen. Ulkoa kuvattaessa kuvauskulman on oltava alle 30° avaruuden taustasäteilyn vuoksi. Mittausvirheiden mahdollisuus on suurempi kuvattaessa alhaisen emissiokertoimen omaavia pintoja. Myös ikkunalasien ja muiden heijastavien pintojen tasoheijastukset aiheuttavat mittavirheitä. [4, 28–29.]

3.3 Kameratekniikka

Lämpökamera vastaanottaa kuvattavasta kohteesta lähtevää lämpösäteilyä. Lämpösäteily muutetaan ilmaisimessa lämpötilatiedoksi, josta lämpökuva

voidaan muodostaa digitaalisesti reaaliajassa. [4, 12.] Kameran resoluutio vaikuttaa suuresti kuvien laatuun ja sen ollessa korkea, lämpökuvasta saadaan selkeä ja helposti tulkittava. Kuvissa olevasta lämpötilajakaumasta voidaan havaita poikkeamia, kuten ilmavuotoja. Näiden perusteella rakenteen kunto ja toimivuus pystytään arvioimaan. [4, 14.]

Erilaisissa kameramalleissa matriisi-ilmaisimessa olevien mittapisteiden määrä, eli kameran resoluutio vaihtelee suuresti. Edistyneimmissä lämpökameroissa mittapisteitä on 786 432 eli resoluutio on 1024x768. Halvimpien lämpökameroiden mittapisteiden kokonaismäärä on huomattavasti pienempi (4800) resoluution ollessa 60x80. Tästä syystä lämpökuvien tarkkuus ja laatu saattaa vaihdella paljonkin erilaisia kameramalleja käytettäessä. [4, 19–20.]

3.3.1 Kameran tekniset vaatimukset

Lämpökameran, jota käytetään rakennusten lämpökuvaukseen, tulee olla kuvantava ja tasapainotettu mittalaite. Kuvantavalla mittalaitteella pintalämpötiloja voidaan mitata suoraan ja sillä tarkoitetaan laitetta, joka muodostaa lämpökuvan kuvauskohteesta sekä näyttää kohteen lämpötilajakauman. Lämpökameran tasapainotus tarkoittaa sitä, että kameran oman rungon lämpötila tai sen vaihtelut eivät aiheuta muutoksia mittaustuloksiin. [4, 19.]

Lämpökuvauksissa käytettävällä kameralla tulee olla voimassa oleva kalibroitodistus, joka on oltava kuvaustilanteissa mukana ja se on esitettävä pyydettyäessä. Kalibroitodistus on voimassa kaksi vuotta kerrallaan eli se on uudelleenkalibroitava kahden vuoden välein. Kalibroinnin saa suorittaa laitteen valmistaja, maahantuoja tai siihen erikseen valtuutettu kolmas osapuoli. [4, 28.]

Kiinteistöjen kuvaamiseen käytettävien lämpökameroiden suositellaan olevan niin sanottuja pitkäaaltokameroita (LW, long wave), eli kameroiden suositeltu aallonpituusalue on 8–12 μm . [4, 19.] Kiinteistön laadunvalvontakuvauksissa ja ilmavuotojen paikantamiskuvauksissa käytettävissä kameroissa on myös oltava

kuvien tallennusominaisuus kuvien käsittelyä, analysointia ja tulosten raportointia varten. Mikäli kamerassa ei näitä ominaisuuksia ole, eli sillä ei voi käsitellä, analysoida ja tallentaa kuvia, voidaan sitä käyttää mm. laadunvalvontaan rakentamisen aikana. [4, 20.]

Rakennusten laadunvalvontaa varten tehtävissä lämpökuvauksissa vähimmäisvaatimukset kameran tarkkuudesta ovat hieman tiukemmat kuin ilmavuotojen paikantamiskuvauksissa. Laadunvalvontakuvauksissa kameran erotteluherkkyyden on oltava vähintään 0,05 °C ja resoluution vähintään 30 000 pikseliä [4, 20.]

Rakennuksen ilmavuotojen paikantamiseen tiiviysmittausten yhteydessä voidaan käyttää myös hieman vähemmän tarkkoja lämpökameroita pakotetun alipaineen (-50 Pa) tehostaessa ilmavuotoja. Suositeltuina lämpökameran vähimmäisvaatimuksina ilmavuotojen paikannukseen tiiveysmittausten ohessa mainitaan, että erotteluherkkyyden on oltava 0,1 °C tai tätä parempi ja resoluution tulee olla resoluutio 19 000 pikseliä tai korkeampi. [4, 20.]

3.3.2 Lämpökameran konfigurointi

Lämpökuvauksia aloittaessa tulee voimassa olevan kalibrointitodistuksen lisäksi tarkistaa erilaisia esiasetuksia. Esiasetukset vaikuttavat suuresti mittaustuloksiin ja niitä voi joutua muuttamaan kuvauskohtaa vaihtaessa tai olosuhteiden muuttuessa. Lämpökameroiden kuvankäsittely- ja raportointiohjelmistoissa näitä esiasetuksia on mahdollistaa muuttaa ja tarvittaessa tarkentaa jälkikäteen. [4, 30.] Haimilahti, Paloniitty J & Paloniitty S (2016, 15) mukaan näitä esiasetuksia ovat kuvattavien pintojen emissiokertoimet, taustalämpötila, kuvausetäisyys, ilman lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. [4, 30.]

4 Multikopterin käyttö ja lainsäädäntö

Multikopteri eli drone eli drooni on miehittämätön kauko-ohjattu lennokki. Lennokkia voidaan yleensä ohjata manuaalisesti tai autonomisesti ennalta määritellyn lentosuunnitelman mukaan. Multikopteria tulee lennättää vain sallituilla alueilla, huomioiden oma sekä muiden turvallisuus. Multikopteria lennättäessä ja sillä kuvattaessa tulee noudattaa hyvien tapojen mukaisia normeja ja kunnioittaa ihmisten yksityisyyttä. Multikopterin lennättämiseen liittyy ohjeita ja määräyksiä esimerkiksi turvallisista- tai kielletyistä lentoalueista. [8.]
13.6.2019 Liikenteen turvallisuusvirasto Traficom julkaisi 1.7.2020 voimaantulevat uudet EU-asetukset [9].

4.1 Voimassa olevan säädökset

Vaikka multikopterin käyttäminen nykylainsäädännön puitteissa on melko vapaata, siihen liittyy silti oleellisesti erilaisia kieltoja ja rajoituksia yleisen turvallisuuden ja ihmisten yksityisyyden suojelemiseksi. Droneinfo.fi - verkkosivulle on listattu multikopterin käyttöön liittyviä voimassa olevia rajoituksia. [8.]

Multikopterin lennättäjän on nähtävä kopterinsa koko ajan. Kopterin tulee olla myös hallittavissa aina lennätyksen aikana. Lentokenttien lähetyvillä lentäminen vaatii erityistä huomiota. Etäisyyden kiitotiestä ollessa 1-3km, esteiden tasalla lentäminen on sallittua. Etäisyyden ollessa alle 1 km, lentämiseen tarvitaan lennonjohdon lupa. Lennätyskorkeudelle on myös asetettu rajat. Lentokenttien läheisyydessä korkeintaan 50 m, esteen läheisyydessä 15 m esteen yläpuolella. Muualla maksimilentokorkeus on 150 m. Etäisyys väkijoukkoihin on oltava 50 m. [8.]

Multikopterin lennätys ei saa häiritä muita ilmassa liikkuvia kulkuneuvoja, etenkin pelastushelikopterit on huomioitava tarkasti. Yli 3 kg painavalla multikopterilla lentäminen asutuskeskusten alueella ei ole sallittua, ellei lennättäjä ole tutustunut alueeseen ja on kykenevä arvioimaan lennokkinsa kunnon ja varmistamaan sen toimivuuden. Suurin sallittu massa multikopterille on 25 kg. Lennokin lennättämisestä ei saa olla haittaa tai vaaraa ulkopuolisille. Lennättäjä on aina vastuussa lennokistaan ja sen mahdollisista aiheuttamista vaurioista ihmisille tai omaisuudelle. Multikopterissa on oltava sen omistajan yhteystiedot ja niiden omistajille suositellaan vastuuvakuutuksen ottamista. [8.]

4.2 Voimaan tulevat säädökset

Uudet EU-droneasetukset tulevat voimaan 1.7.2020. Asetukset asettavat lisävaatimuksia lentäjille ja lentotoiminnalle. Lentäjät saavat laajemmat rekisteröintivelvoitteet sekä joitakin koulutusvaatimuksia. Lentotoiminta jaetaan avoimeen sekä erityiseen kategoriaan. [9.]

Avoimeen kategoriaan kuuluvassa lennätyksessä suurin sallittu lentokorkeus on 120 m ja suurin sallittu massa 25 kg. Huomioitavaa on myös se, että avoimen kategorian lennätyksessä on oltava aina näköyhteydessä kopteriin. Avoimen kategorian lentäjiltä edellytetään rekisteröitymistä ja teoriakokeen suorittamista. [9.]

Erityiseen kategoriaan kuuluu silloin, jos lentotoiminta ylittää yhdenkään avoimen toiminnan rajoituksista. Erityiseen kategoriaan kuuluvan on tehtävä ilmoitus tai haettava lupaa viranomaiselta. Tarkemmat kategoriset asetukset löytyvät Traficom.fi -verkkosivulta. [9.]

5 Työvälineet ja olosuhteet

5.1 Työvälineet

Varsinaisten kuvien ottamiseen käytettiin Parrot Anafi Thermal -multikopteria, vertailukuvat otettiin perinteisellä FLIR Systems ThermaCAM P25 -lämpökameralla. Emissiokertoimen määrittämiseen käytettiin Fluke 52 II Thermometer -pintalämpömittaria sekä Fluke 62 MAX IR Thermometer -infrapunalämpömittaria.

5.1.1 FLIR Systems ThermaCAM P25-lämpökamera

Vertailukuvien ottamiseen käytettiin FLIR Systems ThermaCAM P25-lämpökameraa. Lämpökamera on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. FLIR Systems ThermaCAM P25

Rakennuksen lämpökuvaamisen kannalta oleelliset FLIR Systems ThermaCAM P25 -lämpökameran ominaisuudet käyttöoppaan mukaan:

- resoluutio: 320x240 pikseliä (76800)
- erotteluherkkyys 0,08 °C
- tarkkuus $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tai $\pm 2\%$
- lämpötila-alue $-40^{\circ}\text{C} \dots +120^{\circ}\text{C}$
- aallonpituusalue 7,5–13 μm .

5.1.2 Parrot Anafi Thermal

Parrot Anafi Thermal on lämpökameralla varustettu multikopteri. Multikopterissa on lämpökameran (FLIR) lisäksi myös tavallinen niin sanottu RGB kamera. Molemmilla kameroilla on mahdollista kuvata sekä videota että valokuvia.

Multikopterin ohjaukseen ja ohjelmointiin käytetään FreeFlight 6 - mobiilisovellusta. Parrot Anafi Thermal -multikopterin käyttö edellyttää mobiililaitteen käyttöä. Parrot Anafi Thermal -multikopteri esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Parrot Anafi Thermal

5.1.3 Multikopterin lämpökameran tekniset tiedot

Rakennuksen lämpökuvaamisen kannalta oleelliset multikopterin lämpökameran ominaisuudet ovat:

- resoluutio: 160 x 120 pikseliä (19200) [10]
- erotteluherkkyys: <50 mK (0.050° C) [11]
- tarkkuus: ±5%
- lämpötila-alue: -10°- +400°C
- aallonpituusalue: 8-14µm. [10.]

Parrot Anafi Thermal multikopterin ja sen lämpökameran tarkemmat tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2.

5.1.4 FreeFlight 6

Parrotin multikoptereiden ohjaamiseen tarkoitettu mobiilisovellus FreeFlight 6 voidaan ladata ilmaiseksi useimmille mobiililaitteille. Sovellus opettaa käyttäjää lentämisen aloittamisessa. Sovelluksessa voidaan valita käytettävä kamera, lentomoodi ja kuvaustapa. Sovellukseen voidaan myös asettaa turvatoimia, kuten käyttöalueen rajat sekä automaattinen kotiinpaluu toiminto. Sovellukseen pystyy myös ohjelmoimaan lento- ja kuvausreitit, jolloin multikopteri suorittaa kuvausohjelman autonomisesti. Sovelluksessa voi myös valita tallentuuko otetut kuvan käytetyn mobiililaitteen muistiin, vai multikopterin sisältävään MicroSD-muistikorttiin. Sovellusta voi hyödyntää myös otettujen kuvien muokkaamiseen ja analysointiin. Multikopterin ohjain sekä käynnissä oleva Freeflight 6 -sovellus on esitelty kuvassa 3.



Kuva 3. Parrot ohjain ja Freeflight 6.

5.2 Emissiokertoimen määrittäminen

Ennen lämpökuvien ottamista tulee määrittää kuvattavan kohteen pinnan emissiokerroin. Emissiokertoimen määrittäminen aloitettiin mittaamalla pinnan lämpötila Fluke 52 II Thermometer -pintalämpömittarilla. Lämpötilan perusteella haettiin oikea emissiokerroin Fluke 62 MAX IR Thermometer -infrapunalämpömittarilla. Infrapunalämpömittarin emissiokerointa säädettiin siten, että molempien mittareiden lämpötilalukema oli sama. Kuva 4 havainnollistaa emissiokertoimen määrittämistä.



Kuva 4. Emissiokertoimen määrittäminen

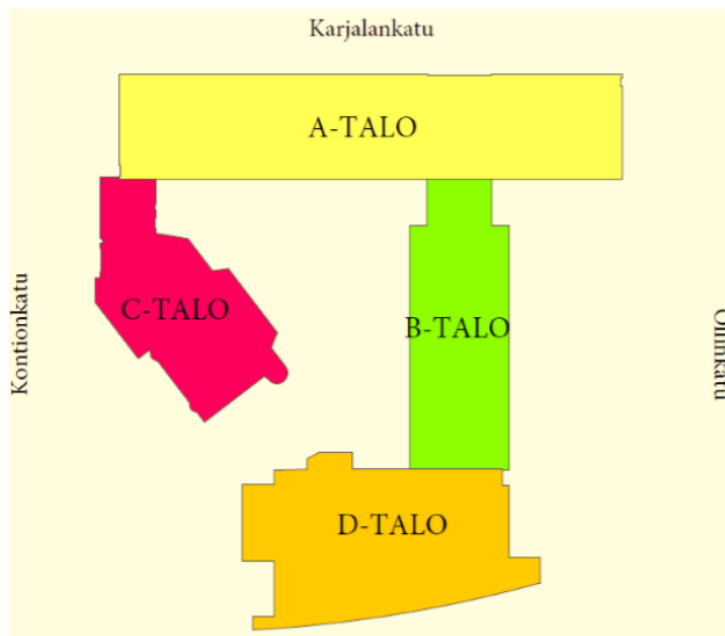
5.3 Kuvauskohde

Kuvauskohteena on Karelia Ammattikorkeakoulun Wärtsilä-kampuksen C- ja D-siivet. Wärtsilä-kampus sijaitsee osoitteessa Karjalankatu 3, 80200 Joensuu.

Joensuun tilakeskuksen talonrakennuspäällikön Kari Räsäsen mukaan kampuksen A-siipi on rakennettu vuonna 1963 ja C-siipi vuonna 1986. Kampus on saneerattu vuosina 2005-2007. Saneeraukseen sisältyi julkisivujen ja ikkunoiden korjausta/uusimista. [12.]

C-siiven alakerrassa sijaitsee laboratorio ja luokahuoneita, keskikerroksessa kampuksen ruokala ja yläkerrassa luokka- ja työhuoneita käytävineen. D-siiven alakerrassa sijaitsee laboratoriotiloja, keskimmaisessä kerroksessa

luokkahuoneita ja ylimmässä työ- ja kokoushuoneita. Wärtsilä kampuksen julkisivu on tiilivuorattua betoniseinää. Näin ollen sitä käsitellään lämpöteknisesti raskaana rakenteena (ks. luku 3.2.1). Julkisivun betoniseinät on maalattu sisäpuolelta. Kampuksen rakennusosat esitetty kuvassa 5. (Pohjoinen on lähes suoraan alasuunnassa).



Kuva 5. Wärtsilä-kampus [12].

5.4 Olosuhteet

Kuten luvussa 3.2.1. mainitaan, raskaita rakenneosia kuvattaessa tulee varmistaa, ettei aurinko ole lämmittänyt rakennetta 24 tuntiin. Kuvaukset suoritettiin rakennuksen pohjoisseinillä auringon vaikutuksen välttämiseksi. Kampuksen tiloissa suoritettiin muiden tahojen toimesta samanaikaisesti sisäilmamittauksia, joiden antamia arvoja suhteellisesta kosteudesta ja paine-erosta käytettiin hyväksi kuvauksien yhteydessä. Olosuhdemittausten tuloksia on esitetty liitteessä 4. Sääolosuhteista tiedot haettiin Ilmatieteen laitoksen havaintoarkistosta. Hakutulokset on esitetty liitteessä 5.

6 Kuvausprosessi

Lämpökuvaukset suoritettiin kahtena eri päivänä, jotka ennakkotietojen perusteella olivat sääolosuhteiltaan mahdollisimman toisiaan vastaavat. Ensimmäisenä kuvauspäivänä käytettiin perinteistä kannettavaa lämpökameraa ja toisena kuvauspäivänä lämpökuvaukset suoritettiin multikopterin lämpökameralla. Kuvauspäiviä valitessa tuli varmistaa, ettei sada eikä tuulen nopeus ollut liian suuri lämpökuvauksen (10 m/s) ja toisena päivänä dronen lennättämiseen (13,8 m/s). Oli myös huomioitava kuvauslaitteiden toimintalämpötilat sekä lämpökuvaukseen vaadittavan lämpötilaeron toteutuminen (15 °C).

6.1 Alkutoimet

Ennen kuvauksen suorittamista perehdyttiin lämpökameroiden käyttöön ja kuvien ottamiseen. Kuvaamisen alkuvaiheisiin kuului kuvausjärjestyksen päättäminen, lentosuunnitelmien tekeminen, kuvattavien kohteiden emissiokertoimen määrittäminen ja lämpökameroiden konfigurointi (kts. 3.3.2). Määritetty emissiokerroin tiiliseinälle oli 0,94 ja maalatulle betoniseinälle 0,95. Lämpökameraa konfiguroitaessa laitteelle tuli asettaa mittaasetukset, joita muutettiin jokaisen kuvattavan kohteen arvoja vastaavaksi.

6.2 Kuvaaminen

Itse kuvauksen suorittamisen yhteydessä etsittiin lämpökameran avulla lämpövuotoja rakennuksen vaipasta. Kuvauksen yhteydessä havaittujen lämpövuotojen ympäristöstä otettiin digitaalinen kuva lämpökameralla sekä tavallisella kameralla. Kuvien ottopaikoista, -ajankohdista ja -olosuhteista tehtiin muistiinpanot. Ulkoilman lämpötilan, tuulen nopeuden sekä suhteellisen kosteuden arvot haettiin Ilmatieteen laitoksen havaintoarkistosta [13].

Muistiinpanoihin kerättiin olosuhteista seuraavat tiedot:

- kuvausajankohta
- rakennuksen keskimääräinen paine-ero
- lyhyt kuvaus kuvauskohteesta
- kuvausetäisyys
- kuvauskulma
- ulkolämpötila
- sisälämpötila
- ilman suhteellinen kosteus
- tuulen nopeus.

6.2.1 Kuvauspäivä 1 Flir

Ensimmäisenä kuvauspäivänä (20.2.2020) kuvaamiseen käytettiin perinteistä lämpökameraa (FLIR Systems ThermoCAM P25). Kuvauspäivän aikana havaituista lämpövuodoista tehtiin muistiinpanot kuvauspöytäkirjaan. Muistiinpanot esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ensimmäisen kuvauspäivän muistiinpanot

Pvm/aika: 20.2.2020/10-12:00		Rakennuksen keskimääräinen paine-ero: -2 Pa						
	Tila	Kuvausetäisyys [m]	Kuvauskulma [°]	Ulkolämpötila [°C]	Sisälämpötila [°C]	Kuvausaika	Suhteellinen kosteus [%]	Tuulen nopeus [m/s]
Kuva 1	Tila 116 sisäpuoli	2,5	90	-3,7	22	10:35	13	1,2
Kuva 2	Tila 116 ulkopuoli	2,5	90	-3,6	22	10:40	73	0,9
Kuva 3	Tila 008 sisäpuoli	2,5	90	-3,4	21	10:55	13	0,8
Kuva 4	Tila 008 ulkopuoli	2,5	90	-4	21	11:00	74	0,9

6.2.2 Kuvauspäivä 2 Drone

Toisena kuvauspäivänä (28.2.2020) käyttöön saatiin Parrot Anafi Thermal - multikopteri lämpökameroineen. Toisella kuvauskerralla keskityttiin kuvaamaan aiemmin havaittuja lämpövuotoja vertailua varten. Kuvauspäivän muistiinpanot esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Toisen kuvauspäivän muistiinpanot

Pvm/aika: 28.2.2020/12-14:00		Rakennuksen keskimääräinen paine-ero: -2 Pa						
	Tila	Kuvasetäisyys [m]	Kuvaskulma [°]	Ulkolämpötila [°C]	Sisälämpötila [°C]	Kuvasaika	Suhteellinen kosteus [%]	Tuulen nopeus [m/s]
Kuva 1	Tila 116 sisäpuoli	2,5	90	-4,9	22	12:15	13	3,8
Kuva 2	Tila 116 ulkopuoli	2,5	90	-4,8	22	12:25	60	3,8
Kuva 3	Tila 008 sisäpuoli	2,5	90	-4,7	21	12:35	13	4
Kuva 4	Tila 008 ulkopuoli	2,5	90	-4,6	21	12:40	59	4,2

7 Lämpökuvat ja niiden vertailu

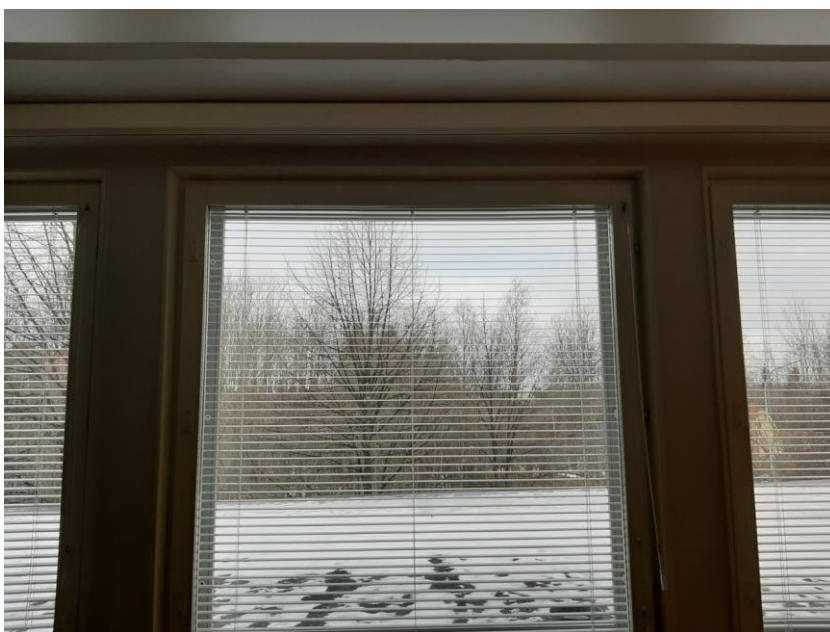
Tässä työssä keskitytään kahteen havaittuun lämpövuotoon Karjalankatu 3:n julkisivussa. Lämpövuodot on kuvattu sekä ulko- että sisäpuolelta. Kuvauskohdan tunnistamiseksi kuvauskohdista otettiin myös tavallinen valokuva. Ensimmäinen lämpövuoto on D-siiven keskikerroksen luokkatilan 116 kohdalla ja toinen lämpövuoto havaittiin C-siiven kellarikerroksen atk-luokkatilan 008 kohdalta.

Huomioitavaa on, että käytetyllä multikopterilla oletusasetuksilla otetuissa lämpökuvissa ikkunan läpi näkyy taustaa, vaikka kameran käyttämällä aallonpituusalueella näkyvää valoa ei ole. Parrotin teknisen tuen mukaan tämä johtuu siitä, että multikopterin kamera yhdistää infrapuna- ja näkyvän valon kuvat yhteen [14]. Kuvaa muodostaessaan laite lisää lämpökuvaan taustakuvan

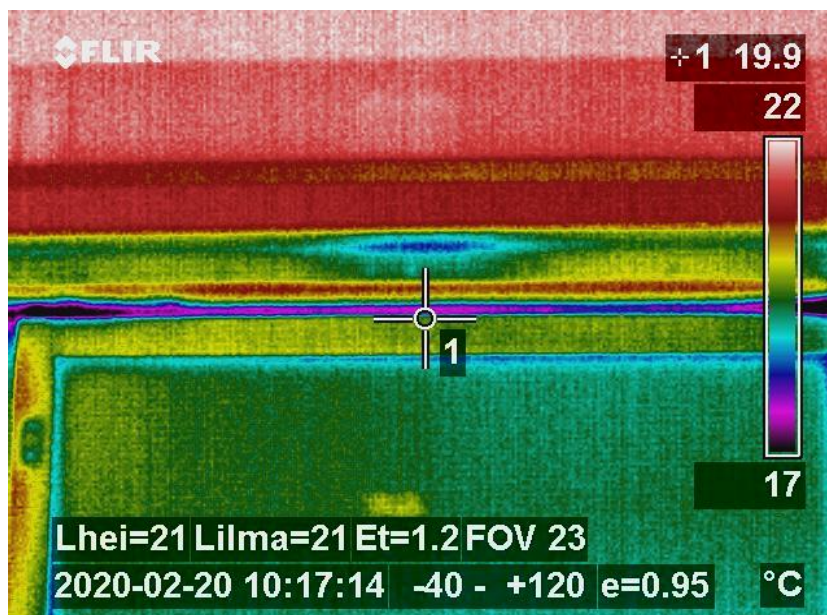
tunnistettavien yksityiskohtien muodostamiseksi. Tämän voi havaita myös rakennuksen ulkopuolisten piirteiden tarkkana erottumisena lämpökuvissa. Tämän ilmiön vuoksi multikopterin lämpökameraa testattiin siten, että kameralla kuvattiin videota tasalämpöisestä seinästä, johon osoitettiin mahdollisimman vähän lämpösäteilyä tuottavalla LED-taskulampulla. Videokuvasta erottui valokeilan liikkeitä. Parrot FreeFlight 6 -sovelluksen avulla lisätty harmaa taustakuva voidaan poistaa, jolloin jäljelle jää pelkkä infrapuna-aallonpituudella otettu kuva. Vertailun vuoksi myös FreeFlight 6 -sovelluksen avulla muokatut kuvat esitetään kohdissa 7.1 ja 7.2 varsinaisten kuvien ohella.

7.1 Karjalankatu 3, tila 116

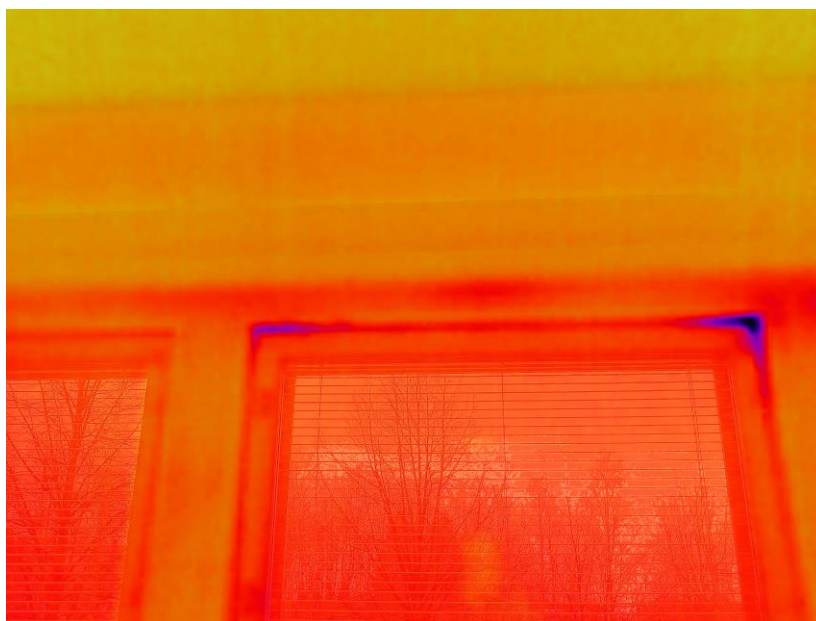
Karjalankatu 3 D-siiven toisen kerroksen luokkatilasta 116 löytyi lämpövuoto ikkunan karmin ja seinärakenteen välistä. Lämpövuoto kuvattiin sisä- ja ulkopuolelta molemmilla lämpökameroilla. Vuotokohta esitetty kuvissa 6–13.



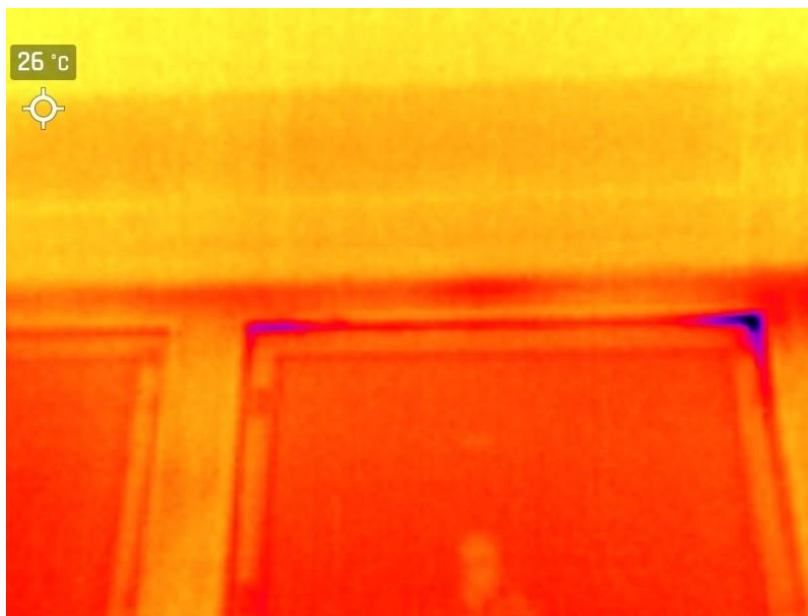
Kuva 6. Tila 116 sisäpuoli



Kuva 7. Tila 116 sisäpuoli FLIR



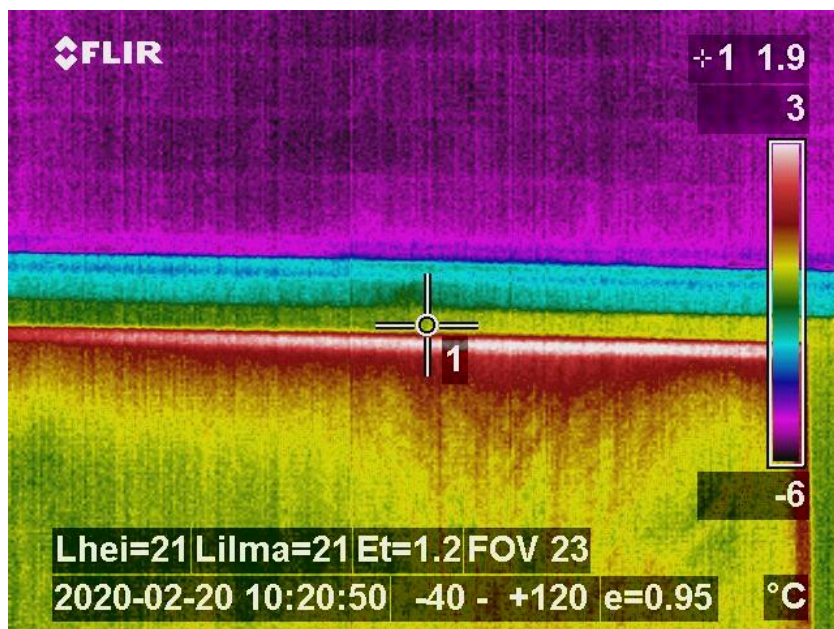
Kuva 8. Tila 116 sisäpuoli Parrot oletusasetuksilla



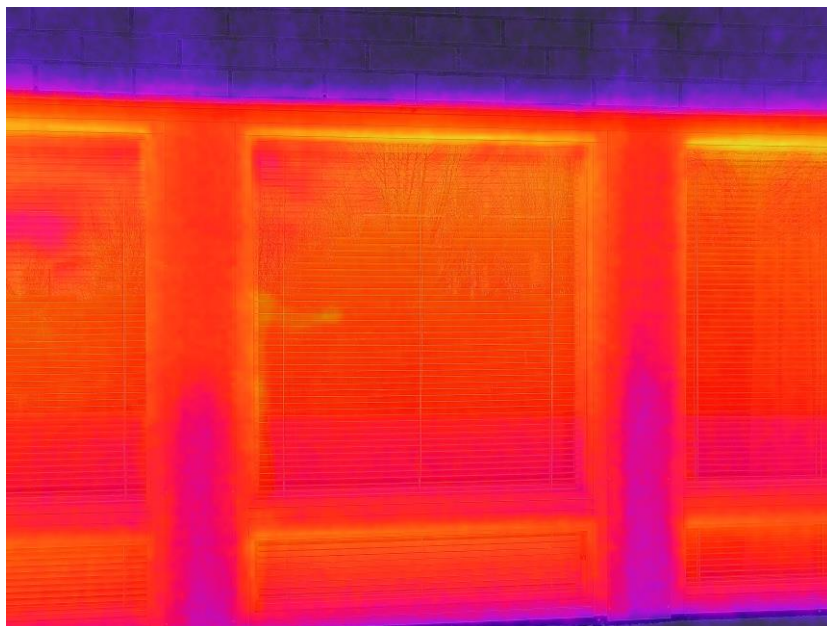
Kuva 9. Tila 116 sisäpuoli Parrot muokattu



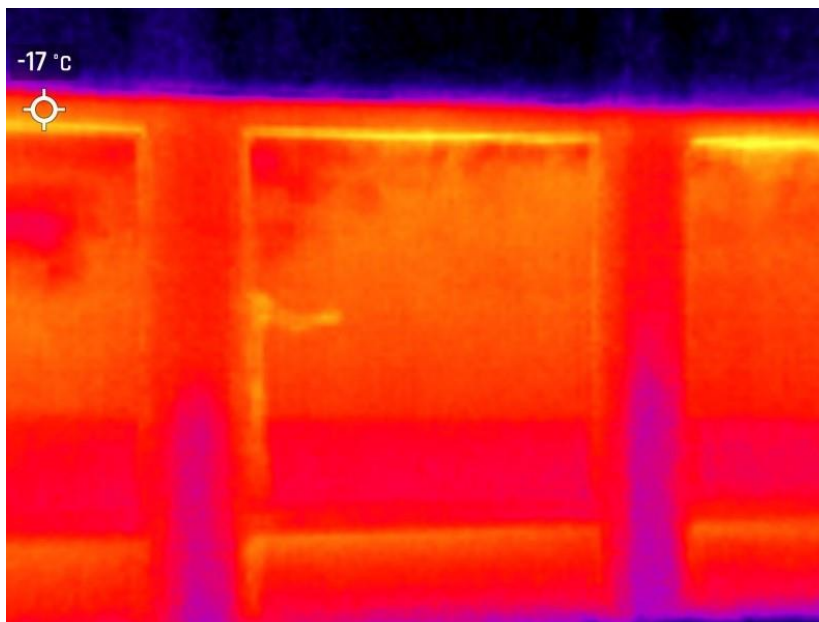
Kuva 10. Tila 116 ulkopuoli



Kuva 11. Tila 116 ulkopuoli FLIR



Kuva 12. Tila 116 ulkopuoli Parrot oletusasetuksilla



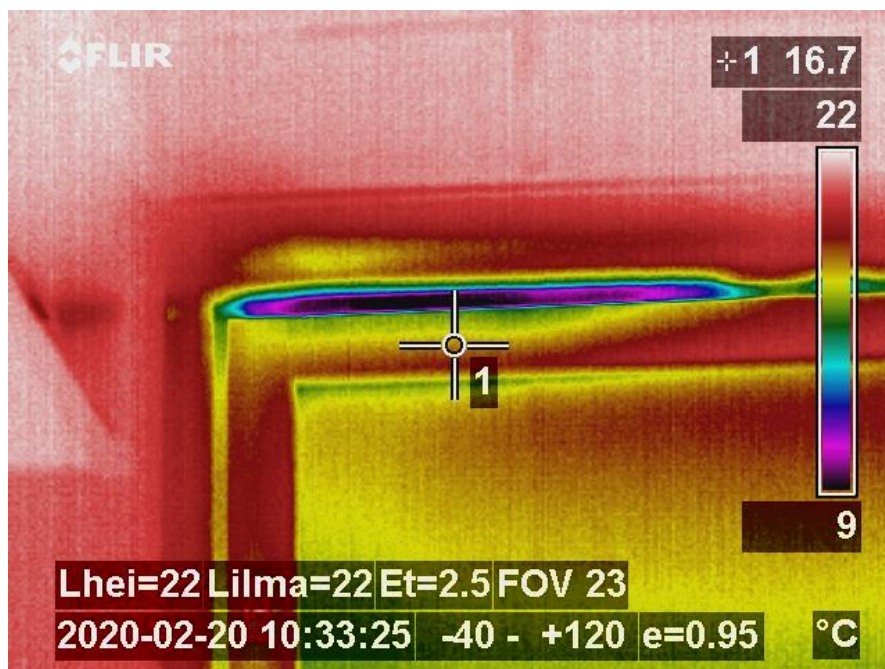
Kuva 13. Tila 116 ulkopuoli Parrot muokattu

7.2 Karjalankatu 3, tila 008

Karjalankatu 3 C-siiven kellarikerroksen luokkatilasta 008 löytyi lämpövuoto ikkunan karmista. Kuten tilan 116 lämpövuodosta, tästäkin otettiin kuvat kahdella lämpökameralla ulko- ja sisäpuolelta. Lämpövuoto esitetty kuvissa 14–21.



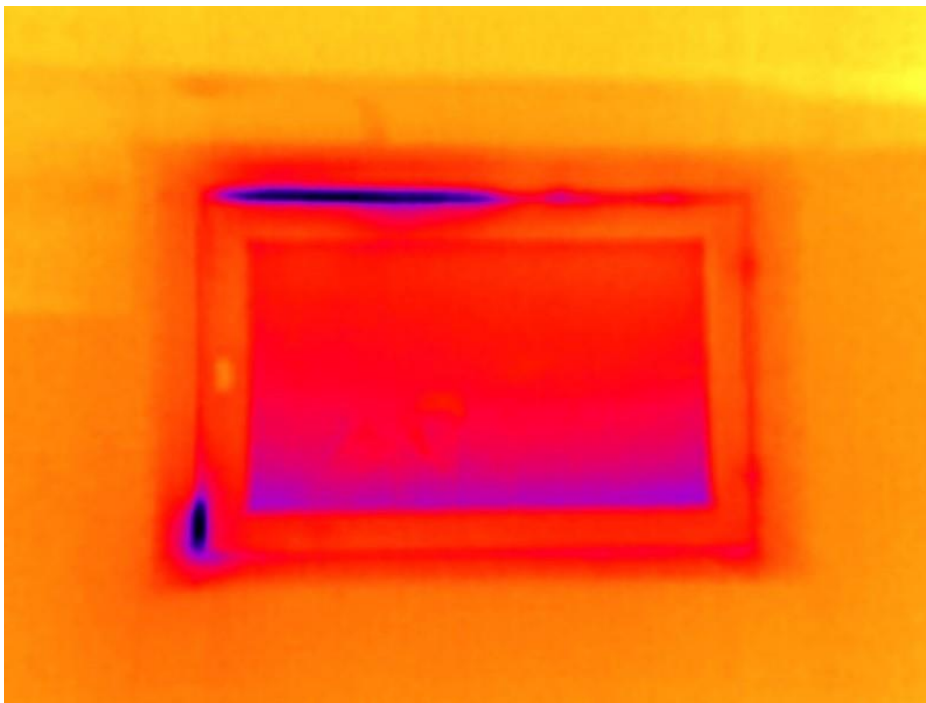
Kuva 14. Tila 008 sisäpuoli



Kuva 15. Tila 008 sisäpuoli FLIR



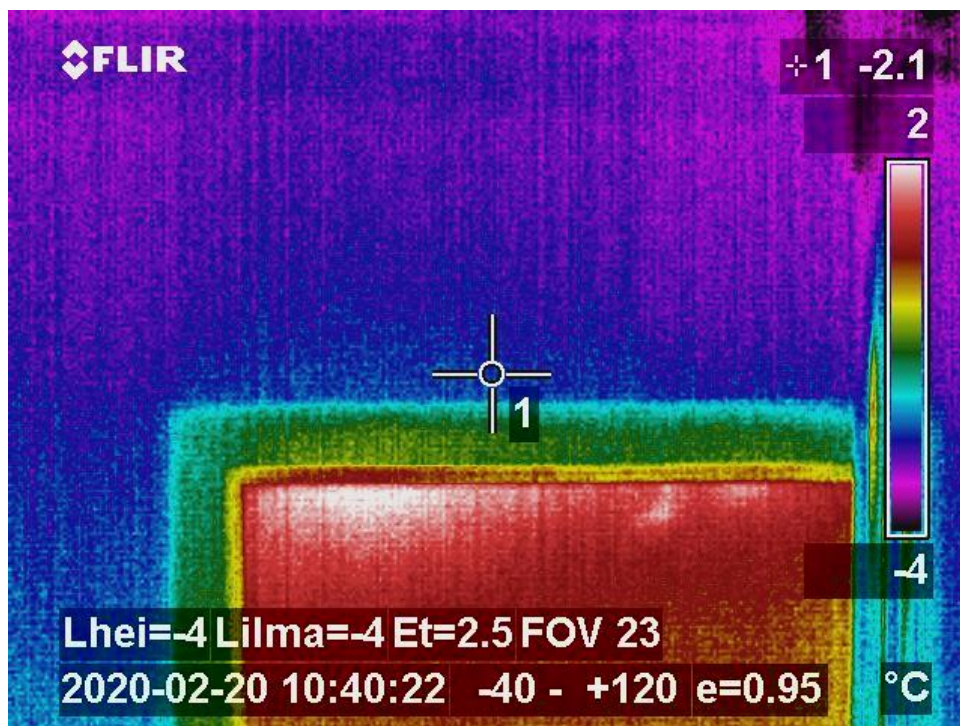
Kuva 16. Tila 008 sisäpuoli Parrot oletusasetuksilla



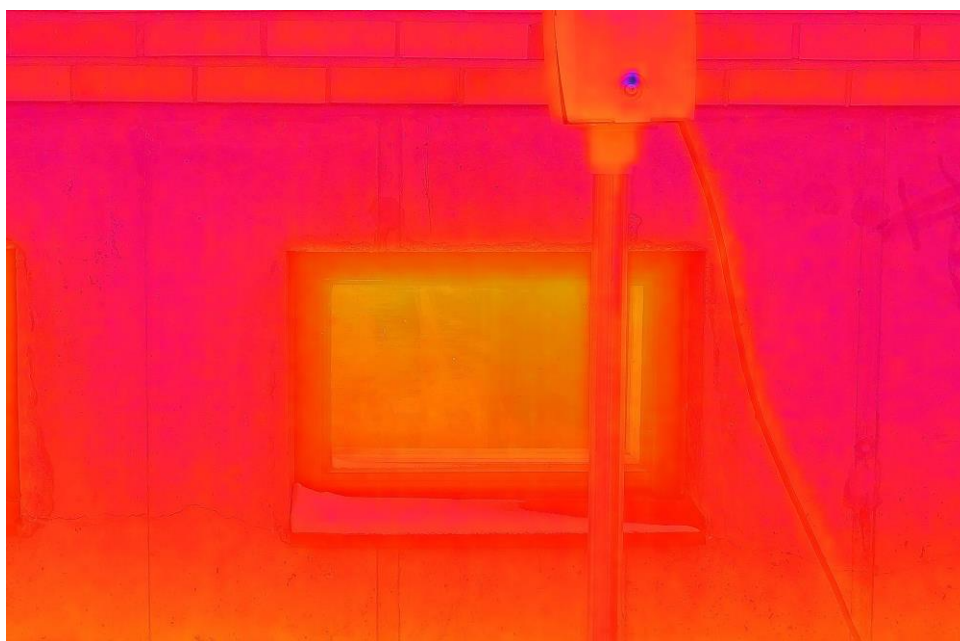
Kuva 17. Parrot tila 008 sisäpuoli muokattu



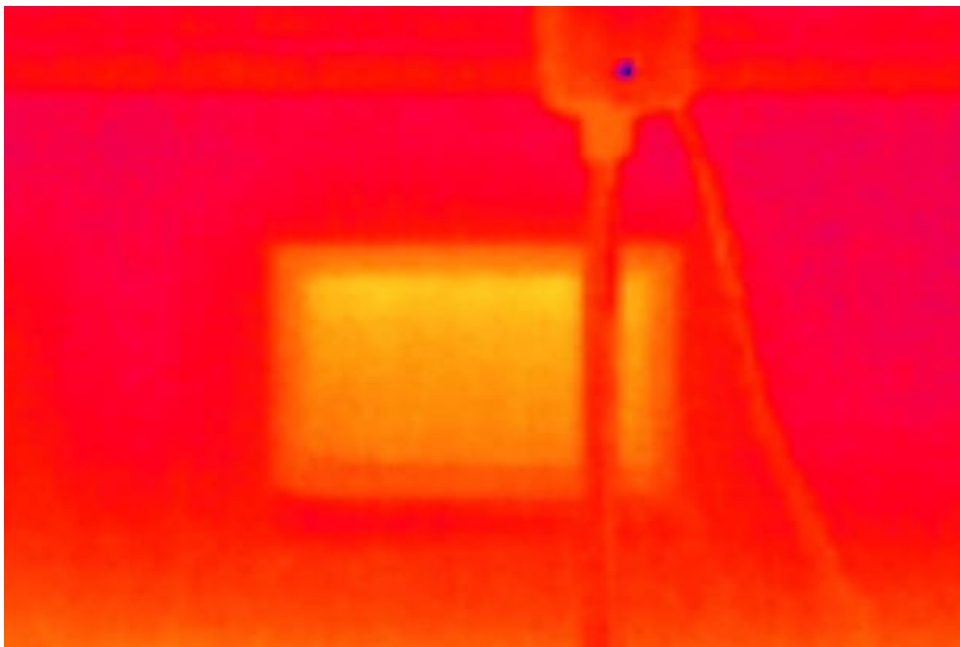
Kuva 18. Tila 008 ulkopuoli



Kuva 19. Tila 008 ulkopuoli FLIR



Kuva 20. Tila 008 ulkopuoli Parrot oletusasetuksilla



Kuva 21. Tila 008 ulkopuoli Parrot muokattu

8 Johtopäätökset

Otettuja lämpökuvia tarkastelemalla voidaan tutkia kameroiden soveltuvuutta lämpökuvaamiseen ja havaita kuvien laatuero. Kuvausolosuhteet molempina kuvauspäivinä pyrittiin saamaan mahdollisimman samanlaisiksi. Myös kuvaamisen sujuvuudessa ja haasteissa havaittiin eroavaisuuksia.

8.1 Kameroiden soveltuvuus ja vertailu

Vertaamalla käytetyn multikopterilämpökameran ominaisuuksia (resoluutio 160 x 120, pikseleitä 19200) lämpökameran teknisiin vaatimuksiin lämpökuvauksissa (kts. kohta 3.3.1.) voidaan havaita Parrot Anafi Thermal -multikopterin lämpökameran soveltuvan ainoastaan rakennuksen tiiveysmittausten yhteydessä suoritettavaan lämpövuotopaikannukseen rakennuksen ollessa pakotetusti alipaineinen (50 Pa). Multikopterin FLIR LEPTON 3.5 lämpökameran aallonpituusalue (8-14 μ m) eroaa suositellusta (8-12 μ m).

FLIR Systems ThermoCAM P25 -lämpökameran ominaisuudet puolestaan kattavat kaikki lämpökameran tekniset vaatimukset, paitsi aallonpituusalue (7,5-13µm) eroaa suositellusta 8-12µm:n aallonpituusalueesta.

8.2 Olosuhteiden soveltuvuus kuvaamiseen

Lämpökuvaamisen olosuhdevaatimukset (ks. luku 3.2.1) sisälsi rajoituksia tuulen nopeudelle, huone- ja ulkolämpötilan erolle, rakennuksen paine-erolle, auringon paisteen vaikutukselle ja lämpötilojen muutoksille. Kuvauspäivinä olosuhdevaatimukset täyttyivät muilta osin, paitsi auringon vaikutuksen osalta. Tämä ongelma vältettiin valitsemalla kuvauskohteet pohjoisseiniltä.

Karelia Ammattikorkeakoulun alueella on lupa lennättää multikopteria, joten luvussa 4 esitettyjä lainsäädäntöjä ei rikota. Lennättäessä noudatettiin luvussa 4.1. esitettyjä ehtoja ja sääntöjä ihmisten yksityisyydestä ja turvallisuudesta. Luvussa 5.4. mainittujen mittausten perusteella kuvauskohteena oleva rakennus on alipaineinen (paine-ero -2 Pa), jonka takia ilmavuodot kulkevat sisäänpäin, jolloin lämpövuodot näkyvät paremmin sisäpuolelta otetuissa kuvissa.

8.3 Multikopterin käyttö ja lämpökuvaamisen hyödyt

Multikopteria käytettäessä lämpökuvauksen yhteydessä ensimmäinen havaittu hyöty oli työturvallisuuden lisääntyminen. Multikopteria käytettäessä tarve kiivetä katoille ja muiden rakenteiden päälle vähenee.

Toisena hyötynä voidaan pitää multikopterin ominaisuutta päästä vaikeampiin paikkoihin kuvaamaan ja näin ollen saada kuvattua oikeista kuvauskulmista ja -etäisyyksistä. Droonia käyttäessä, kuvaaminen myös sujui hieman nopeammin, koska ylimääräisten varusteiden kantaminen ja kuvauspaikoille pääseminen oli vaivattomampaa. Multikopteria käytettäessä kuvaamisen voi suorittaa yksinkin,

kun toisaalta tavallisen kameran kanssa kiipeilyn vuoksi on suositeltavaa tehdä kuvaukset vähintään kahden hengen voimin.

Paremmalla lämpökameralla varustetulla multikopterilla kuvattaessa lopputulos olisi varmasti laadukkaampi ja vaatimukset täyttävä. Tokikaan työtä tehneitä kuvaajia ei ole koulutettu, mutta muilta osin kuvaajien osaaminen täyttää kohdassa 3.2 esitellyt lämpökuvaajan osaamisedellytykset.

Otetuista lämpökuvista havaitaan lämpövuotoja. Kuten luvussa 2.2 mainittiin, lämpövuodot lisäävät rakennuksen energiankulutusta ja sitä kautta lämmityskustannuksia. Näitä lämpövuotokohtia korjaamalla, esimerkiksi eristeitä lisäämällä tai ikkunan puitteita uusimalla saadaan parannettua rakennuksen energiatehokkuutta. Sisäänpäin kulkeutuvien lämpövuotojen korjaaminen vähentää vedon tunnetta tilassa, jolloin sen käyttöviihtyvyys paranee.

Lähteet

1. Tilastokeskus 2020. PxWeb tietokanta.
<http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/sq/ed86ecdc-e723-4d3d-a58e-e35624757cf3>
13.02.2020.
2. Energiaviraston verkkosivu 2020, Energiatehokkuus.
<https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>. 13.02.2020.
3. Ympäristöministeriö 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Rakennetun ympäristön osasto.
4. Paloniitty, S. Paloniitty, J. Haimilahti, J. Lämpökuvaus rakentamisessa. Rakennustieto. 2016.
5. RakLamit Oy. 2014. Lämpövuodot.
<https://raklamit.fi/lampokuvaus/lampovuodot/>. 14.02.2020.
6. Rakennustieto Oy 2016. RT 14-11239. Rakennuksen lämpökuvaus.
7. Kauppinen, T. 2012. RK120604. Rakennusten lämpökuvaus, rakennustieto.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf>.
8. Droneinfo. 2020. Ohjeita turvalliseen lennättämiseen.
https://www.droneinfo.fi/fi/nain_lennatat_turvallisesti. 27.2.2020.
9. Droneinfo. 2020. EU dronesäännöt.
https://www.droneinfo.fi/fi/eu_dronesaanot. 27.2.2020.
10. Verkkokauppa.com. 2020. Parrot Anafi Thermal.
<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/76205/mhscb/Parrot-Anafi-Thermal-nelikopteri-toimitus-kaupan-paalle>. 20.2.2020.
11. Flir.com. 2020. FLIR lepton. <https://www.flir.com/products/lepton/>.
23.3.2020.
12. Räsänen, K. 2020. Sähköposti. Wärtsilätalo. juho-pekka.sivula@edu.karelia.fi. 17.2.2020.
13. Ilmatieteen laitos 2020. Havaintojen lataus.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>. 9.3.2020
14. Parrot tekninen tuki. 2020. Sähköpostikeskustelu. Parrot Case n° 1405599.
simo.ahonen@edu.karelia.fi. 24.3.2020

Energian käyttökohteet Suomessa

Energian loppukäyttö sektoreittain muuttujina Vuosi, Sektori ja Tiedot

	TWh	Osuus %
2016		
Teollisuus	142	46
Liikenne	50	16
Rakennusten lämmitys	80	26
Muut	36	12
ENERGIAN LOPPUKÄYTTÖ YHTEENSÄ	308	100
2017		
Teollisuus	144	46
Liikenne	50	16
Rakennusten lämmitys	80	26
Muut	36	12
ENERGIAN LOPPUKÄYTTÖ YHTEENSÄ	309	100
2018		
Teollisuus	148	47
Liikenne	50	16
Rakennusten lämmitys	78	25
Muut	37	12
ENERGIAN LOPPUKÄYTTÖ YHTEENSÄ	313	100

Energian kulutus sektoreittain [1].

Parrot Anafi Thermal multikopterin tekniset tiedot

Multikopterin tekniset tiedot

"Parrot Anafi Thermal -nelikopterin varustukseen kuuluu: Parrot Anafi Thermal -nelikopterin, 3 x älyakku, Skycontroller 3 -ohjaimen, olkalaukun, 16 Gt microSDHC -muistikortin, 4 x USB-A/ USB-C -kaapelin, laturin USB-paikoilla, 8 kokoon taittuvaa potkuria, työkalu propellien vaihtoon, ohjeet." [10.]

- Maksimi lentoaika: 26 minuuttia
- Maksimi lentonopeus: 55 km/h
- Maksimi vertikaalinen nopeus: 4 m/s.
- Maksimi tuulenkesto: 13.8 m/s
- Paikannus: GPS
- Käyttölämpötilat: -10°C - +40°C
- Mitat kokoon taitettuna: 218 x 69 x 64 mm
- Mitat lentokunnossa: 242 x 315 x 64 mm
- Massa: 315 g [10.]

Multikopterin lämpökameran tekniset tiedot

- Sensori: mikrobolometri FLIR LEPTON 3.5
- Resoluutio: 160 x 120
- Aallonpituusalue: 8-14µm
- Tiedoston tallennusmuoto: JPEG
- Valokuvan resoluutio: 3264x2448
- Videon tiedostomuoto: MP4
- Videon resoluutio: 1440x1080
- Tarkkuus: ±5% max tai ±10% max

Tilakeskuksen talonrakennuspäällikön sähköpostivastaus

Lähettiläjä: Räsänen Kari <kari.rasanen@joensuu.fi>

Lähetetty: maanantai 17. helmikuuta 2020 12.59

Vastaanottaja: Sivula Juho-Pekka <Juho-Pekka.Sivula@edu.karelia.fi>

Kopio: Tolvanen Hannu <Hannu.Tolvanen@karelia.fi>

Aihe: Wärtsilätalo

Hei!

Olit kysellyt tietoja Wärtsilätalon ulkovaipan korjauksista.

Wärtsilätalo on rakennettu v. 1963 ja sitä on laajennettu (C-osa, eli ruokalasiipi) vuonna 1986. Kohde saneerattiin vuosina 2005 – 2007. Saneeraukseen sisältyi myös julkisivujen ja ikkunoiden korjausta/uusimista.

Terveisin

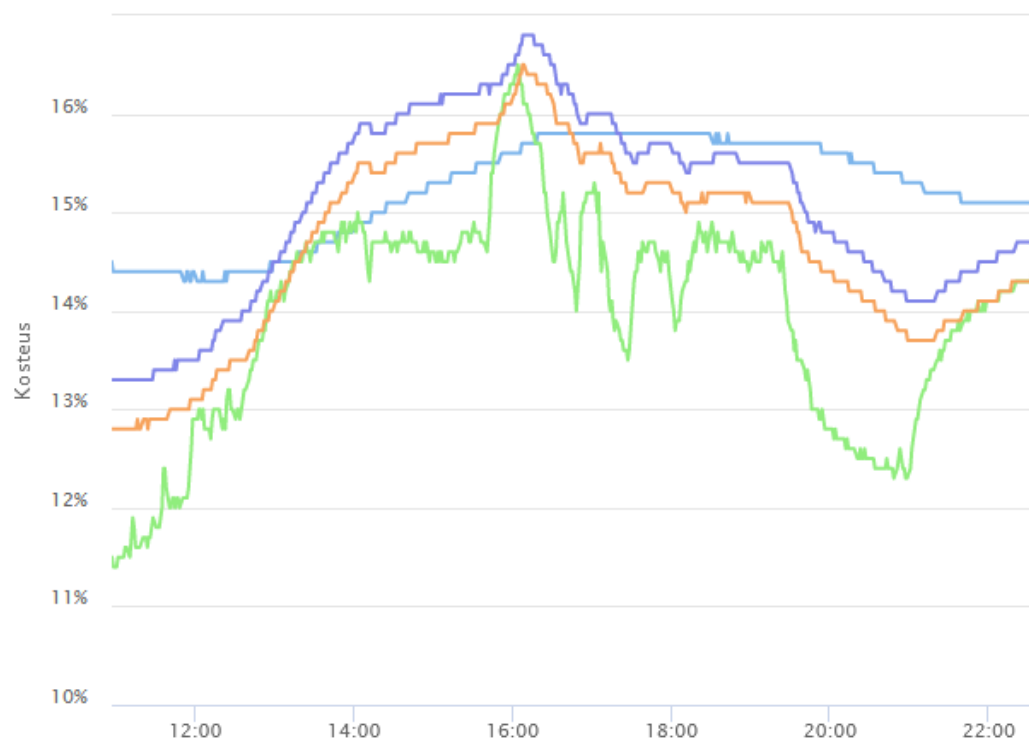
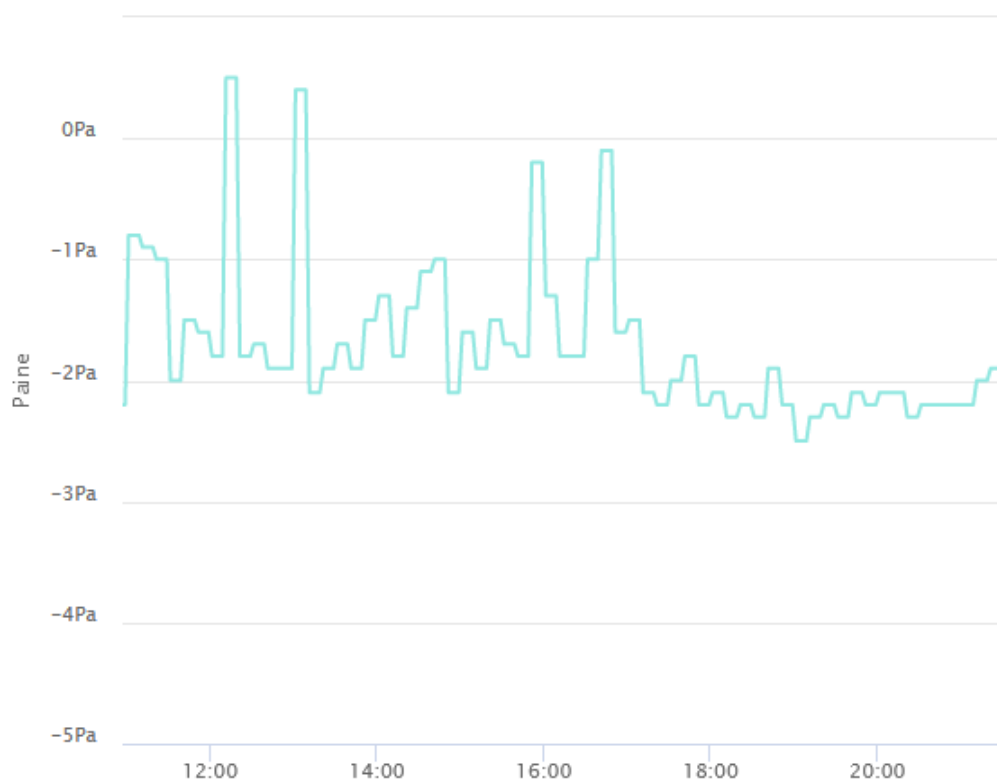
Kari Räsänen

Talonrakennuspäällikkö

Joensuun Tilakeskus

Länsikatu 15, 80110 Joensuu

Saatu sähköpostivastaus liittyen kyselyyn Wärtsilä-kampuksen rakennusvuosista.

Wärtsiläkampuksen olosuhdemittausten tulokset

Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset ensimmäiseltä kuvauspäivältä (20.2.2020)

Vuosi	Kk	Pv	Klo	Pilvien määrä (1/8)	Ilmanpaine (msl) (hPa)	Suhteellinen kosteus (%)	Ilman lämpötila (degC)	Tuulen nopeus (m/s)
2020	2	19	10:30	7	992,3	70	3	5,1
2020	2	19	10:40	7	992,5	71	2,8	5
2020	2	19	10:50	7	992,5	71	2,8	5,6
2020	2	19	11:00	7	992,5	71	2,9	5,1
2020	2	19	11:10	4	992,6	70	3,2	5
2020	2	19	11:20	3	992,8	70	2,8	4,8
2020	2	19	11:30	2	992,9	70	2,8	5
2020	2	19	11:40	4	993	70	3	4,3
2020	2	19	11:50	4	993,2	69	3	4,2
2020	2	19	12:00	5	993,3	70	3,1	3,9
2020	2	19	12:10	6	993,3	65	3,4	4,6
2020	2	19	12:20	7	993,4	67	3,4	5,3
2020	2	19	12:30	6	993,6	66	3,1	5,3
2020	2	19	12:40	7	993,7	69	2,9	5,1
2020	2	19	12:50	7	993,8	69	2,8	4,8
2020	2	19	13:00	6	993,9	68	2,7	4,8
2020	2	19	13:10	7	994	67	2,7	5,2
2020	2	19	13:20	7	994,1	66	2,7	5,5
2020	2	19	13:30	7	994,2	66	2,8	5,8
2020	2	19	13:40	7	994,4	67	2,7	5,8
2020	2	19	13:50	7	994,6	67	2,6	5,2
2020	2	19	14:00	7	994,7	67	2,6	5,4
2020	2	19	14:10	7	994,8	68	2,6	4,9
2020	2	19	14:20	7	994,8	69	2,5	4,5
2020	2	19	14:30	8	995	69	2,4	4
2020	2	19	14:40	8	995,1	69	2,4	4,3
2020	2	19	14:50	8	995,2	70	2,2	4,1
2020	2	19	15:00	8	995,4	72	2,1	4,1
2020	2	19	15:10	8	995,5	73	2	5
2020	2	19	15:20	8	995,6	71	1,9	3,9
2020	2	19	15:30	8	995,8	70	1,9	5
2020	2	19	15:40	8	996	70	1,8	5,3
2020	2	19	15:50	7	996,2	71	1,7	4,6

Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset ensimmäiseltä kuvauspäivältä (20.2.2020)

2020	2	19	16:00	7	996,4	74	1,4	3,8
2020	2	19	16:10	7	996,6	73	1,4	4,1
2020	2	19	16:20	7	996,7	73	1,4	4,6
2020	2	19	16:30	8	996,8	73	1,4	4,6
2020	2	19	16:40	8	996,9	72	1,4	4,4
2020	2	19	16:50	8	997,2	73	1,2	4,1
2020	2	19	17:00	8	997,3	75	1,1	4,2
2020	2	19	17:10	8	997,3	74	1,1	3,9
2020	2	19	17:20	8	997,5	74	1,1	4,1
2020	2	19	17:30	8	997,6	75	1	4,4
2020	2	19	17:40	8	997,9	76	0,9	4,2
2020	2	19	17:50	8	998,2	75	0,8	4,6
2020	2	19	18:00	8	998,3	75	0,5	5,2
2020	2	19	18:10	8	998,5	77	0,3	4,4
2020	2	19	18:20	8	998,6	78	0,2	4,6
2020	2	19	18:30	8	998,8	76	0,2	5,1
2020	2	19	18:40	8	999	77	0,1	4,2
2020	2	19	18:50	8	999,2	76	0,1	4
2020	2	19	19:00	8	999,3	76	0	3,6
2020	2	19	19:10	8	999,5	77	-0,1	4
2020	2	19	19:20	8	999,6	77	-0,1	3,7
2020	2	19	19:30	8	999,7	74	-0,1	3,6
2020	2	19	19:40	8	999,9	74	-0,1	4,4
2020	2	19	19:50	8	1000,1	74	-0,2	3,7
2020	2	19	20:00	8	1000,2	75	-0,2	4,4
2020	2	19	20:10	8	1000,4	77	-0,3	3,9
2020	2	19	20:20	8	1000,5	76	-0,4	5,2
2020	2	19	20:30	8	1000,7	77	-0,5	5,1
2020	2	19	20:40	8	1000,9	76	-0,5	4,7
2020	2	19	20:50	8	1001,1	75	-0,5	4,7
2020	2	19	21:00	8	1001,3	76	-0,6	4,8
2020	2	19	21:10	8	1001,4	78	-0,7	4,5
2020	2	19	21:20	8	1001,6	77	-0,7	3,6
2020	2	19	21:30	8	1001,8	74	-0,7	3,7
2020	2	19	21:40	8	1002	70	-0,7	4,5
2020	2	19	21:50	8	1002,3	73	-0,8	3,5
2020	2	19	22:00	8	1002,4	71	-0,9	4,3
2020	2	19	22:10	8	1002,6	70	-1	4,4
2020	2	19	22:20	8	1003	69	-1	4,7
2020	2	19	22:30	8	1003,1	70	-1,1	4,5
2020	2	19	22:40	8	1003,3	70	-1,2	4,5

Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset ensimmäiseltä kuvauspäivältä (20.2.2020)

2020	2	19	22:50	7	1003,7	73	-1,6	4,2
2020	2	19	23:00	7	1003,9	74	-1,9	3,3
2020	2	19	23:10	5	1004,1	76	-2,1	2,7
2020	2	19	23:20	5	1004,3	76	-2,1	2,3
2020	2	19	23:30	6	1004,5	79	-2,2	2,5
2020	2	19	23:40	7	1004,6	75	-2,2	3,4
2020	2	19	23:50	7	1004,7	74	-2,4	4
2020	2	20	00:00	7	1004,8	74	-2,4	3,8
2020	2	20	00:10	7	1005,1	76	-2,5	2,8
2020	2	20	00:20	7	1005,3	75	-2,4	2,9
2020	2	20	00:30	5	1005,6	74	-2,7	4
2020	2	20	00:40	7	1005,7	75	-2,6	2,8
2020	2	20	00:50	6	1005,8	75	-2,7	3,4
2020	2	20	01:00	7	1006	75	-2,8	3,3
2020	2	20	01:10	7	1006,1	75	-3	3,3
2020	2	20	01:20	5	1006,3	74	-3,1	4,2
2020	2	20	01:30	3	1006,4	75	-3,3	3,8
2020	2	20	01:40	1	1006,6	76	-3,5	3,4
2020	2	20	01:50	1	1006,6	76	-3,6	3,2
2020	2	20	02:00	0	1006,9	78	-3,8	2,3
2020	2	20	02:10	0	1007,1	78	-3,9	2,2
2020	2	20	02:20	0	1007,2	78	-4	3,1
2020	2	20	02:30	0	1007,4	78	-4,2	3,6
2020	2	20	02:40	0	1007,5	79	-4,3	3,7
2020	2	20	02:50	0	1007,6	80	-4,4	3
2020	2	20	03:00	0	1007,8	81	-4,6	3
2020	2	20	03:10	0	1008	80	-4,7	3,5
2020	2	20	03:20	0	1008,2	81	-4,8	3,6
2020	2	20	03:30	0	1008,5	81	-5	3,5
2020	2	20	03:40	0	1008,7	81	-5,1	3,7
2020	2	20	03:50	0	1009	83	-5,4	3,5
2020	2	20	04:00	0	1009,1	82	-5,4	3,7
2020	2	20	04:10	0	1009,2	84	-5,6	3
2020	2	20	04:20	0	1009,3	85	-5,8	2,3
2020	2	20	04:30	2	1009,5	86	-6	2
2020	2	20	04:40	2	1009,6	87	-6,1	2
2020	2	20	04:50	5	1009,8	87	-6	2,3
2020	2	20	05:00	6	1009,9	87	-5,9	2
2020	2	20	05:10	7	1010	86	-5,8	1,6
2020	2	20	05:20	8	1010,2	86	-5,7	1,7
2020	2	20	05:30	8	1010,3	86	-5,7	2,2

Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset ensimmäiseltä kuvauspäivältä (20.2.2020)

2020	2	20	05:40	8	1010,5	85	-5,7	2,7
2020	2	20	05:50	8	1010,6	85	-5,8	3,3
2020	2	20	06:00	7	1010,8	85	-6	3
2020	2	20	06:10	7	1011	86	-6,2	3,2
2020	2	20	06:20	7	1011,2	85	-6,3	3,5
2020	2	20	06:30	7	1011,3	85	-6,4	3,1
2020	2	20	06:40	7	1011,3	86	-6,3	2,3
2020	2	20	06:50	7	1011,5	86	-6,3	2,3
2020	2	20	07:00	8	1011,7	86	-6,3	2
2020	2	20	07:10	8	1011,8	86	-6,2	2,2
2020	2	20	07:20	8	1012	86	-5,9	1,6
2020	2	20	07:30	8	1012,1	86	-6	2,1
2020	2	20	07:40	8	1012,2	86	-6	2,2
2020	2	20	07:50	8	1012,2	85	-5,9	1,3
2020	2	20	08:00	8	1012,3	86	-6,2	2,2
2020	2	20	08:10	8	1012,5	86	-6,2	1,8
2020	2	20	08:20	8	1012,6	86	-5,9	1,4
2020	2	20	08:30	8	1012,7	85	-5,9	1,3
2020	2	20	08:40	8	1012,7	84	-5,4	0,6
2020	2	20	08:50	8	1012,9	84	-5,6	1,8
2020	2	20	09:00	8	1012,9	84	-5,5	1,6
2020	2	20	09:10	8	1013,1	83	-5,6	1,5
2020	2	20	09:20	8	1013,4	81	-5,4	0,9
2020	2	20	09:30	8	1013,3	80	-5,1	1,1
2020	2	20	09:40	6	1013,4	80	-5,3	1,1
2020	2	20	09:50	6	1013,3	80	-5,3	1,2
2020	2	20	10:00	2	1013,2	78	-4,7	1
2020	2	20	10:10	1	1013,2	80	-5	1,1
2020	2	20	10:20	0	1013,3	80	-4,9	1,1
2020	2	20	10:30	0	1013,3	75	-3,7	1,2
2020	2	20	10:40	0	1013,2	73	-3,6	0,9
2020	2	20	10:50	0	1013,2	71	-3,4	0,8
2020	2	20	11:00	0	1013,4	74	-4	0,9

**Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset toiselta
kuvauspäivältä (28.2.2020)**

Vuosi	Kk	Pv	Klo	Pilvien määrä (1/8)	Ilmanpaine (msl) (hPa)	Suhteellinen kosteus (%)	Ilman lämpötila (degC)	Tuulen nopeus (m/s)
2020	2	27	12:10	0	1003,5	68	-4,7	0,9
2020	2	27	12:20	0	1003,5	67	-4,4	1,2
2020	2	27	12:30	0	1003,4	66	-4,2	1,1
2020	2	27	12:40	0	1003,4	66	-4,2	1,4
2020	2	27	12:50	0	1003,3	66	-4,2	1
2020	2	27	13:00	0	1003,3	65	-4,1	1,4
2020	2	27	13:10	0	1003,3	65	-4,1	1,3
2020	2	27	13:20	0	1003,2	64	-4	0,8
2020	2	27	13:30	0	1003,2	63	-4	0,7
2020	2	27	13:40	0	1003,2	64	-4,1	1,6
2020	2	27	13:50	0	1003,2	64	-4,2	1,6
2020	2	27	14:00	0	1003,2	65	-4,3	1,9
2020	2	27	14:10	0	1003,2	66	-4,5	2
2020	2	27	14:20	0	1003,2	68	-4,6	2,1
2020	2	27	14:30	0	1003,2	69	-5,1	2,3
2020	2	27	14:40	0	1003,3	71	-5,4	2,3
2020	2	27	14:50	0	1003,4	73	-5,6	2,1
2020	2	27	15:00	0	1003,4	73	-5,8	2
2020	2	27	15:10	0	1003,4	74	-6,1	2
2020	2	27	15:20	0	1003,5	77	-6,7	2,1
2020	2	27	15:30	0	1003,5	80	-7,3	2,1
2020	2	27	15:40	0	1003,6	83	-8,2	1,4
2020	2	27	15:50	0	1003,7	86	-9	1,3
2020	2	27	16:00	0	1003,6	86	-8,9	2,1
2020	2	27	16:10	0	1003,6	86	-8,6	2,3
2020	2	27	16:20	0	1003,7	84	-8,3	2,3
2020	2	27	16:30	0	1003,6	82	-8	2,5
2020	2	27	16:40	0	1003,7	79	-7,8	2,6
2020	2	27	16:50	0	1003,7	75	-6,7	2,7
2020	2	27	17:00	0	1003,7	77	-7,3	2,6
2020	2	27	17:10	0	1003,8	79	-7,3	2,3
2020	2	27	17:20	0	1003,8	81	-7,4	2,2

**Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset toiselta
kuvauspäivältä (28.2.2020)**

2020	2	27	17:30	0	1003,8	79	-7,4	2,3
2020	2	27	17:40	0	1003,8	80	-7,9	2,2
2020	2	27	17:50	0	1004,1	85	-9,8	1,9
2020	2	27	18:00	0	1004	85	-9,1	2,2
2020	2	27	18:10	0	1003,9	84	-9,2	2,2
2020	2	27	18:20	0	1004	82	-11	1,9
2020	2	27	18:30	0	1004,1	89	-11	1
2020	2	27	18:40	0	1004,1	94	-11	1
2020	2	27	18:50	0	1004	94	-11	1,2
2020	2	27	19:00	0	1003,9	93	-10	2,2
2020	2	27	19:10	0	1003,8	91	-11	2,2
2020	2	27	19:20	0	1003,8	92	-11	2,3
2020	2	27	19:30	0	1003,7	88	-11	2,6
2020	2	27	19:40	0	1003,7	87	-9,2	2,5
2020	2	27	19:50	0	1003,8	88	-11	1,4
2020	2	27	20:00	0	1003,6	88	-9,8	2
2020	2	27	20:10	0	1003,6	88	-10	2,4
2020	2	27	20:20	0	1003,5	88	-10	2,5
2020	2	27	20:30	0	1003,5	88	-9,8	2,6
2020	2	27	20:40	0	1003,5	88	-10	2,1
2020	2	27	20:50	0	1003,5	89	-9,9	1,8
2020	2	27	21:00	0	1003,5	87	-11	1,2
2020	2	27	21:10	0	1003,5	91	-11	0,6
2020	2	27	21:20	0	1003,6	88	-12	1,3
2020	2	27	21:30	0	1003,5	94	-11	0,8
2020	2	27	21:40	0	1003,5	92	-12	0,7
2020	2	27	21:50	0	1003,4	92	-11	2
2020	2	27	22:00	0	1003,6	90	-11	1,6
2020	2	27	22:10	0	1003,3	91	-11	1,5
2020	2	27	22:20	0	1003,3	91	-11	2,6
2020	2	27	22:30	0	1003,3	90	-10	2,6
2020	2	27	22:40	0	1003,4	90	-10	2,4
2020	2	27	22:50	0	1003,2	91	-10	2,9
2020	2	27	23:00	0	1003,2	91	-10	2,5
2020	2	27	23:10	0	1003,2	90	-10	2,4
2020	2	27	23:20	0	1003,2	90	-10	2,1
2020	2	27	23:30	0	1003,1	91	-10	1,9
2020	2	27	23:40	0	1003,2	91	-11	1,8
2020	2	27	23:50	0	1003,1	91	-12	1,2
2020	2	28	00:00	0	1003,3	90	-13	0,5
2020	2	28	00:10	0	1003,3	91	-13	0,4

**Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset toiselta
kuvauspäivältä (28.2.2020)**

2020	2	28	00:20	0	1003,3	89	-14	1
2020	2	28	00:30	0	1003,3	94	-13	0,4
2020	2	28	00:40	0	1003,4	95	-13	1
2020	2	28	00:50	0	1003,2	96	-12	2,2
2020	2	28	01:00	0	1003,2	91	-12	2
2020	2	28	01:10	0	1003,3	91	-13	2
2020	2	28	01:20	0	1003,2	91	-13	1,9
2020	2	28	01:30	0	1003,3	89	-14	2,1
2020	2	28	01:40	0	1003,2	91	-13	2,2
2020	2	28	01:50	0	1003,1	91	-12	2,6
2020	2	28	02:00	0	1002,9	91	-11	2,6
2020	2	28	02:10	0	1002,9	92	-11	2,4
2020	2	28	02:20	0	1002,9	91	-11	2,3
2020	2	28	02:30	0	1002,8	91	-11	2,3
2020	2	28	02:40	0	1002,8	91	-11	2,8
2020	2	28	02:50	0	1002,8	91	-11	3,4
2020	2	28	03:00	0	1002,8	90	-11	3,2
2020	2	28	03:10	0	1002,7	90	-11	3,1
2020	2	28	03:20	0	1002,7	90	-11	3,3
2020	2	28	03:30	0	1002,7	90	-11	3,2
2020	2	28	03:40	0	1002,8	90	-11	3,4
2020	2	28	03:50	0	1002,6	90	-11	3,3
2020	2	28	04:00	0	1002,6	90	-11	3,2
2020	2	28	04:10	0	1002,7	90	-11	2,8
2020	2	28	04:20	0	1002,6	90	-11	3,2
2020	2	28	04:30	0	1002,6	89	-11	2,8
2020	2	28	04:40	0	1002,6	89	-11	3,1
2020	2	28	04:50	0	1002,6	89	-11	3
2020	2	28	05:00	0	1002,6	89	-11	3,4
2020	2	28	05:10	0	1002,5	88	-12	3,7
2020	2	28	05:20	0	1002,4	89	-11	3,7
2020	2	28	05:30	0	1002,3	89	-11	3,6
2020	2	28	05:40	0	1002,3	89	-11	3,5
2020	2	28	05:50	0	1002,3	89	-11	3,2
2020	2	28	06:00	0	1002,2	88	-11	3,2
2020	2	28	06:10	0	1002,1	87	-11	3,1
2020	2	28	06:20	0	1002,1	87	-11	3,1
2020	2	28	06:30	0	1002	88	-11	3,1
2020	2	28	06:40	0	1002,1	87	-11	2,6
2020	2	28	06:50	0	1002,1	87	-11	2,3
2020	2	28	07:00	0	1002	87	-10	2,3

**Ilmatieteen laitoksen havaintoarkiston hakutulokset toiselta
kuvauspäivältä (28.2.2020)**

2020	2	28	07:10	0	1001,9	86	-10	2,5
2020	2	28	07:20	0	1002	86	-10	2,4
2020	2	28	07:30	0	1002	85	-10	2,6
2020	2	28	07:40	0	1002	85	-9,8	2,3
2020	2	28	07:50	0	1001,9	85	-9,8	3,2
2020	2	28	08:00	0	1001,8	84	-9,5	3,6
2020	2	28	08:10	0	1001,6	84	-9,4	3,4
2020	2	28	08:20	0	1001,7	83	-9,2	3,4
2020	2	28	08:30	0	1001,7	82	-9	3,4
2020	2	28	08:40	0	1001,7	82	-9,1	3,6
2020	2	28	08:50	0	1001,4	82	-8,7	3,3
2020	2	28	09:00	0	1001,3	80	-8,3	3,8
2020	2	28	09:10	1	1001,2	79	-8,1	3,7
2020	2	28	09:20	1	1001,2	78	-7,9	3,6
2020	2	28	09:30	1	1001,1	76	-7,6	3,2
2020	2	28	09:40	1	1000,9	74	-7,3	4,4
2020	2	28	09:50	3	1000,8	72	-6,8	3,8
2020	2	28	10:00	4	1000,8	72	-6,8	3,7
2020	2	28	10:10	2	1000,7	71	-6,7	3,1
2020	2	28	10:20	2	1000,7	70	-6,6	3,2
2020	2	28	10:30	4	1000,6	70	-6,5	3,2
2020	2	28	10:40	5	1000,5	69	-6,4	3,3
2020	2	28	10:50	7	1000,3	69	-6,3	3,3
2020	2	28	11:00	7	1000,2	68	-6	3,6
2020	2	28	11:10	4	1000,1	66	-5,7	3,3
2020	2	28	11:20	4	1000,1	64	-5,5	3,4
2020	2	28	11:30	5	1000,1	64	-5,5	3,4
2020	2	28	11:40	5	999,9	62	-5,4	4
2020	2	28	11:50	4	999,9	62	-5,2	3,7
2020	2	28	12:00	2	999,9	62	-5,1	3,9
2020	2	28	12:10	2	999,8	61	-4,9	3,8
2020	2	28	12:20	4	999,7	60	-4,8	3,8
2020	2	28	12:30	6	999,6	59	-4,7	4
2020	2	28	12:40	7	999,6	59	-4,6	4,2

Sähköpostikeskustelu Parrotin teknisen tuen kanssa

Hi!

Our school bought a Parrot Anafi Thermal drone and we have been using that with our thesis. The thing is that we took a picture of window, from inside of the building. In the thermal picture, we can see trees and other things on the background through the window. We would like to ask, why trees are visible in thermal photo? Isn't it supposed to only show the glass on the photo? Does the lens of the camera capture also visible light with infrared? Camera's wave length should be suitable to accomplish a building thermal filming (8-12µm).

Kindly regards, Simo Ahonen and Juho-Pekka Sivula, Karelia University of Applied Sciences

Cordialement / Regards, Support Technique / Technical Support Parrot+ 33 1 48 03 60 69 www.parrot.com

Cordialement / Regards, Support Technique / Technical Support Parrot+ 33 1 48 03 60 69 www.parrot.com

Cordialement / Regards, Support Technique / Technical Support Parrot+ 33 1 48 03 60

Parrotin tekniselle tuelle esitetty kysymys

Support Parrot <support@parrot.com>

Tue 3/24/2020 7:45 PM

Ahonen Simo ✓



Hello Simo,

What we see in the image through the window are the contours from the visible camera. But the colors perceived through the window come from the reflection of IR rays on the window.

Regards,

Parrot technical support.

Parrotin vastaus kysymykseen