

Kimi Siltala

**KAUKOLÄMPÖPUTKISTON VUOTOJEN PAIKANTAMINEN
LÄMPÖKAMERAKUVAUKSELLA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2017	Tekijä/tekijät Kimi Siltala
Koulutusohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn nimi KAUKOLÄMPÖPUTKISTON VUOTOJEN PAIKANTAMINEN LÄMPÖKAMERAKUVAUKSELLE		
Työn ohjaaja Yrjö Muilu	Sivumäärä 36 + 2	
Työelämäohjaaja Pentti Eteläaho		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarjota kaukolämpöyhtiöille kuvausmateriaalia, mielipiteitä ja käyttökokemuksia lämpökameran käytöstä kaukolämpövuotojen paikantamisessa.</p> <p>Kävin läpi kaukolämmityksen tilannetta Suomessa ja laskin kaukolämpövuodosta aiheutuvia kustannuksia Kannuksen Kaukolämmön tietoihin perustuen. Samaiselle yritykselle tein kaukolämpöverkoston vuototutkimuksen käsikäyttöisellä lämpökameralla Kannuksen alueella.</p> <p>Teimme kauko-ohjattavalla ilma-aluksella, eli dronella testikuvauksen Ylivieskan kaukolämpöverkosta.</p> <p>Dronella toteutetusta lämpökuvauksesta saadut kokemukset olivat vähintäänkin hyviä ja lennon aikana saatiin paljon havainnollistavaa lämpökuvamateriaalia.</p>		
Asiasanat Kaukolämpö, kauko-ohjattu ilma-alus, lämpökamera.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2017	Author Kimi Siltala
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Name of thesis LOCATING LEAKS IN A DISTRICT HEATING NETWORK WITH THERMAL IMAGING CAMERA		
Instructor Yrjö Muilu	Pages 36 + 2	
Supervisor Pentti Eteläaho		
<p>The aim of this thesis was to provide filming material, opinions, and user experiences to district heating companies, about the use of a thermal imaging camera, for locating leaks in a district heating network.</p> <p>I reviewed information about district heating in Finland and calculated the costs of a leak in a district heating system, based on the information given by Kannuksen Kaukolämpö Oy. I also carried out a small scale leak inspection of a district heating network with a handheld thermal imaging camera in the region of Kannus.</p> <p>With the help of a remote controlled aircraft we took thermal images of a district heating network in Ylivieska.</p>		

Key words District heating, remote controlled aircraft, thermal imaging camera.

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CHP	Combined heat and power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
Mpuk	Kaksiputkijärjestelmä, yhdessä kaukolämpöputkielementissä kaksi virtausputkea
2Mpuk	Yksiputkijärjestelmä, yhdessä kaukolämpöputkielementissä yksi virtausputki
Drone	Yleisnimitys kauko-ohjattavasta ilma-aluksesta

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 KAUKOLÄMPÖ SUOMESSA	2
2.1 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto	3
2.2 Kaukolämpöverkon toiminta	5
3 KAUKOLÄMPÖVERKOSTON VAURIOT	6
4 KAUKOLÄMPÖVUOTOJEN KUSTANNUKSET	8
4.1 Kaukolämpöveden kustannukset	9
4.2 Lämpöenergian tuotantokustannukset	9
4.3 Kustannusten vaihtelu ulkolämpötilan ja vuotokohtaan mukaan	10
4.4 Vuotokustannukset kesällä	11
4.5 Vuotokustannukset talvella	12
5 KAUKOLÄMPÖVUOTOJEN PAIKANTAMINEN	14
5.1 Vuotokohtien rajaaminen alueittain	15
5.2 Silmämääräinen havainnointi	16
5.3 Paikantaminen koirien avulla	17
5.4 Lämpökamerakuvaus	19
5.4.1 Lämpökamerakuvaus käsin	19
5.4.2 Lämpökamerakuvaus helikopterilla	20
5.4.3 Lämpökamerakuvaus kauko-ohjatulla ilma-aluksella	21
6 FLIR TOOLS -LÄMPÖKUVIEN KÄSITTELYOHJELMAN KÄYTTÖ	22
7 SUORITETUT KUVAUKSET	26
7.1 Vuototutkimus Flir C2 -lämpökameralla	26
7.2 Kauko-ohjattavan ilma-aluksen kuvaukset	28
8 YHTEENVETO	33
KUVIOT	
KUVIO 1. Yleisimpien putkityyppien vaurioiden havaitsemistavan prosentuaalinen jakauma..	7
KUVIO 2. Kaukolämpöjärjestelmän menovesikäyriä	11
KUVAT	
KUVA 1. Kaukolämmön tuotantolaitokset Suomessa	3
KUVA 2. Kaukolämmön tuotantoperiaate sähkön ja lämmön yhteistuotannossa	4
KUVA 3. Kaukolämpöverkon toiminta	5
KUVA 4. Havainnollistava esimerkki vuotokohtien rajaamisesta alueittain	15
KUVA 5. Sula ja kuiva kohta maaperässä kaukolämpölinjan kohdalla, putkien sijainti lähellä pintaa	16
KUVA 6. UV-valon vaikutus kaukolämpövedeen	17

KUVA 7. Helsingin Sanomien nimitykset-palstan julkaisu.....	18
KUVA 8. Ulkopuolisen lämpösäteilyn heijastuminen kuvattavan alueen pinnasta	20
KUVA 9. Sähkömoottorista samaan aikaan otettu näkyvän valon kuva ja lämpökuva.....	23
KUVA 10. Sähkömoottorista otetut erilliset kuvat yhdistettynä MSX-muodossa	23
KUVA 11. FLIR TOOLS –ohjelman aloitussivu	24
KUVA 12. Lämpökuvan eri käsittelytyökalut	25
KUVA 13. Bx1-mittausalueen lämpötilatiedot ja kameran asetukset	25
KUVA 14. Vanhan eristeaurioisen kaukolämpölinjan lämpösäteily	26
KUVA 15. Kaukolämpöverkoston todennäköinen vuototapaus Kannuksessa Miilutiellä.....	27
KUVA 16. Kaukolämpöverkoston todennäköinen vuototapaus Kannuksessa Valtakadun varrella	27
KUVA 17. Centria AMK:n kuvauskalusto	28
KUVA 18. Kuvauspaikka Ylivieskassa	29
KUVA 19. Kaukolämpölinja ylhäältä päin otetussa lämpökuvassa ja tavallisen kameran kuvassa	30
KUVA 20. Kaukolämpölinjan sijainti hälytysrajan avulla.....	30
KUVA 21. Lämpimän kohdan paikantaminen kaukolämpölinjasta hälytysrajan avulla.....	31
KUVA 22. Samasta paikasta lämpökuva ja näkyvän valon kuva, ilmasta ja maan tasalta kuvattuna.....	31
KUVA 23. Asutusalueen lämpökuva ja kaukolämpöverkoston kartta samalta alueelta.....	32

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Yleisimpien putkityyppien vuotokohtien vauriosyiden prosentuaalinen jakauma	6
TAULUKKO 2. Kaukolämpöveden kustannusten verottomat ja verolliset arvot	9
TAULUKKO 3. Kannuksen Kaukolämmön polttoaineiden käyttöjakautuma, sekä polttoaineista maksettavat hinnat	9
TAULUKKO 4. Kaukolämpövuodon kustannukset kesäaikana	12
TAULUKKO 5. Kaukolämpövuodon kustannukset talviaikana	13

LÄHTEET	35
----------------------	-----------

LIITTEET

1 JOHDANTO

Idea opinnäytetyön aiheeseen löytyi kirjoittajan omasta lähimenneisyyden työhistoriasta. Opiskellessani ammattikorkeakoulussa olin kesätöissä kaukolämpölaitoksella ja huomasin haasteellisuudet kaukolämpövuotojen paikantamisessa. Kävi myös ilmi, että laitoksella jossa työskentelin, oli hankittu peruslaatuinen edullinen lämpökamera, mutta sillä ei kuulemma saa oikein kunnon kuvia ja jotakin otetuista kuvista näkyy, mutta ei niistä varmuudella osaa mitään sanoa. Minua alkoi kiinnostaa, miksi lämpökuvaamiseen tarkoitetulla kameralla ei saa otettua kuvia, joista selviäisi jotakin. Samalla heräsi kiinnostus kauko-ohjattavalla ilma-aluksella, eli dronella, toteutettavista lämpökuvauksista.

Centrian ammattikorkeakoulussa tarjoutui tilaisuus saada lämpökameralla varustettu drone käyttöön. Koululla dronella käytettiin mm. IMAGE 5G -hankkeessa, jonka tavoitteena on kehittää kauko-ohjattavien ilma-alusten avulla uusia älykkäitä 3D-mittausmenetelmiä mobiiliverkkoihin.

Koin, että tästä tulisi hyötyä sekä koululle, että itselleni: koulu saa kuvauslennoista lämpökuvamateriaalit hankkeeseen ja minä saan samaiset kuvat omaan opinnäytetyöhöni. Tavoitteena on siis IMAGE 5G -hankkeen kuvien hankinnan lisäksi tarjota kaukolämpöä tuottaville laitoksille tutkimustietoa ja käyttökokemuksia lämpökameralla varustetun dronen, sekä käsikäyttöisen lämpökameran avulla toteutetuista kaukolämpöverkoston lämpökamerakuvauksista.

Kannuksen Kaukolämmön työnjohtaja antoi myös tehtäväkseni toteuttaa pienimuotoisen lämpökamerakuvauksen Kannuksen kaukolämpöverkossa. Mikäs sen mielenkiintoisempaa, pääsen kokeilemaan lämpökameraa tositoimissa sekä näyttämään kuvaustaitoni ja todistamaan edullisen lämpökameran olevan käyttökelpoinen kaukolämpövuotojen paikantamisessa.

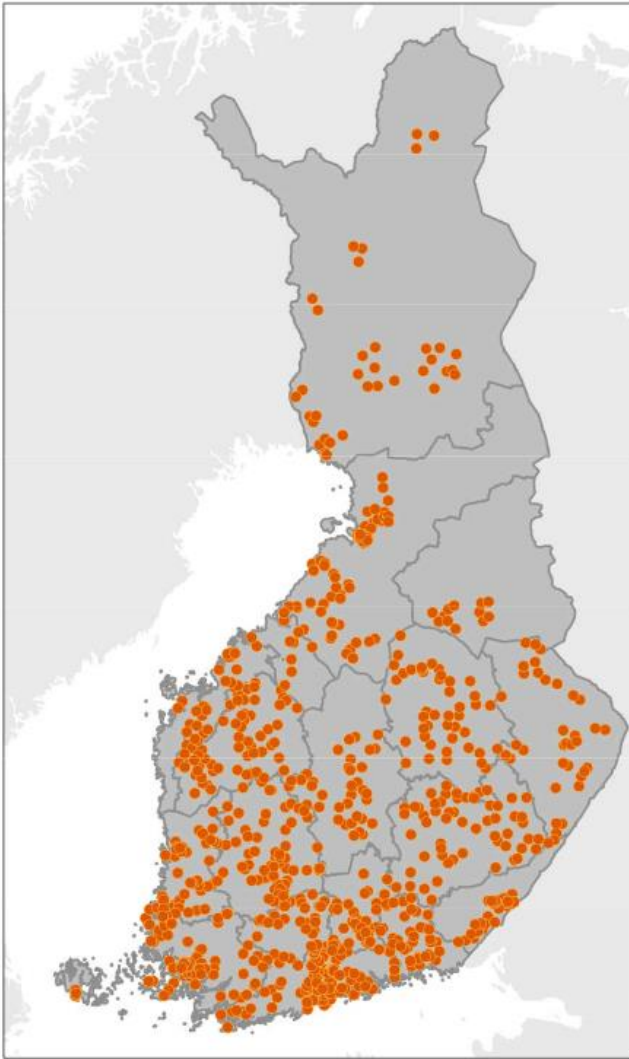
Lämpökameran avulla saadaan kuvia, mutta niiden tulkinta ilman asianmukaisia välineitä voi olla arpapeliä. Tämän vuoksi päätin työssäni esitellä myös Flir Tools -kuvankäsittelyohjelmaa ja sen käyttöä. Ohjelmalla lämpökameran kuvia voidaan käsitellä jälkikäteen ja kuvista voidaan tarkemmin etsiä lämpösäteilyn lähteitä.

2 KAUKOLÄMPÖ SUOMESSA

Kaukolämmön juuret ulottuvat Suomessa aina 1950-luvulle saakka, vaikkakin laajemmassa mittakaavassa kaukolämmön tuotantoa on harjoitettu vasta 1970-luvulta alkaen. Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa, noin 50 % maamme lämmitystarpeesta hoituu kaukolämmön avulla. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön osuus lämmöntuotannosta voi olla jopa 80 – 90 %. Luvut ovat erittäin korkeita, varsinkin esimerkiksi Yhdysvaltoihin verrattuna, jossa lämmitystarpeesta vain n. 4 % hoidetaan kaukolämmön avulla. Kaukolämmitys on jatkuvasti yleistynyt Suomessa ja kaukolämmön tuotantoa esiintyy yhä pienemmissä kaupungeissa ja taajamissa. (Energiateollisuus ry 2006, 5, 33 ja 35.)

Kaukolämpöä käytetään Suomessa yleisimpänä lämmitysmuotona. Pohjoismaisessa vertailussa Suomi on kaukolämmön tuotannon kärkimaa. Kaukolämmön tuotannossa pyritään ympäristöystävälliseen toimintaan ja hiilineutraaliin tulevaisuuteen. Tämä tarkoittaa samalla fossiilisten polttoaineiden käytön vähenemistä lämmöntuotannossa. Puulla ja muilla biomassoilla tuotetaan jo noin kolmannes kaukolämmöstä ja monessa lämpökeskuksessa lämpöenergia tuotetaan pääsääntöisesti kotimaisilla polttoaineilla. (Energiateollisuus ry 2017.)

Vuonna 2016 kaukolämpöyrietyksiä oli 166 kunnan alueella (KUVA 1) ja kaukolämmitetyissä taloissa asukkaita oli noin 2,7 miljoonaa. Vaikka kaukolämmön tuotanto on keskittynyt asukaslukumäärän mukaan Etelä- ja Keski-Suomeen, on kaukolämpölaitoksia myös Suomen pohjoisimmissa osissa. Kaukolämpöä myytiin yli 2,5 miljardin euron edestä, energiana tämä oli noin 33,5 TWh. Kaukolämmön markkinaosuus asuin- ja palvelurakennusten lämmityksessä oli vuonna 2016 noin 46 %. (Energiateollisuus ry 2017.)

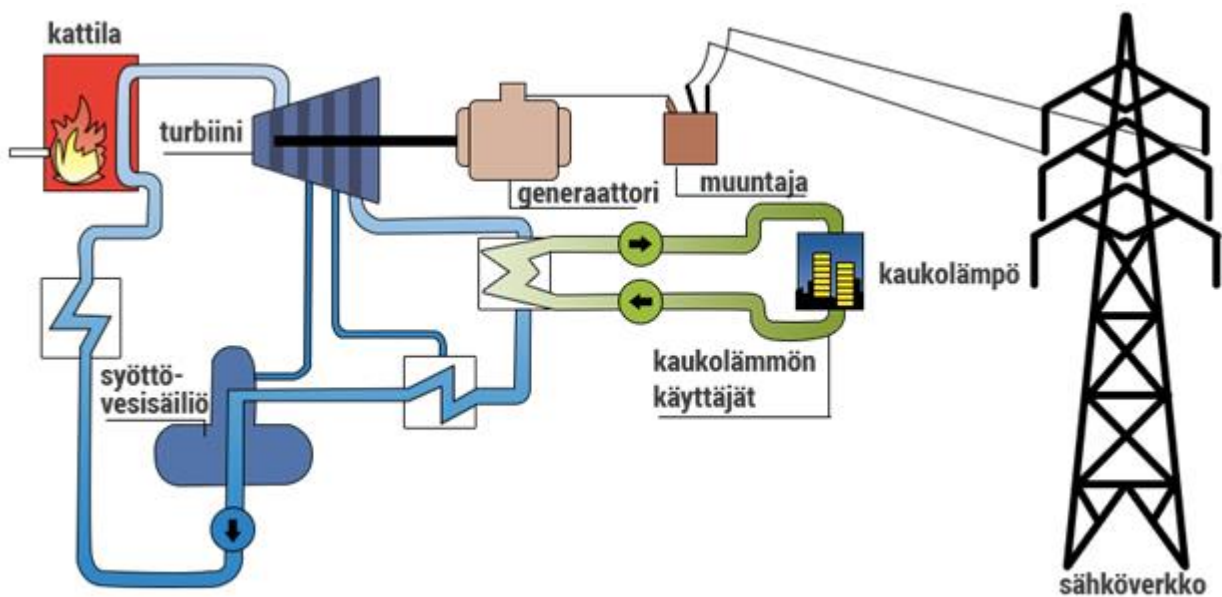


KUVA 1. Kaukolämmön tuotantolaitokset Suomessa (Energiateollisuus ry 2017)

2.1 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto

Jatkuvasti kiristyvät päästövähennystavoitteet asettavat vaatimuksia biopolttoaineiden lisäämisestä, sekä energiantuotantolaitosten tekniikan parantamiseen päästöjen vähentämiseksi. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö on tämän myötä lisääntynyt kaukolämmön tuotannossa. Toinen merkittävä tekijä päästöjen vähentämisessä on CHP-tuotanto, eli sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Suomessa lähes 80 % kaukolämmöstä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantona. CHP-tuotannolla saavutetaan n. 30 %:n kasvu energiatehokkuudessa erillistuotantoon verrattuna. Yhteistuotantolaitoksesta käytetään yleensä nimitystä voimalaitos ja pelkästään lämmön tuotantoon tarkoitettusta laitoksesta nimitystä lämpökeskus. (Energiateollisuus ry 2006, 27, 43.)

CHP-tuotanto takaa tehokkaimman ja ympäristöystävällisimmän keinon saada polttoaineen energiasisältö hyödynnettyä. Sähköntuotannosta yli jäävä energia käytetään hyödyksi kaukolämmön tuotannossa (KUVA 2). CHP-tuotannolla ympäristöpäästöt ja polttoaineiden käyttö pienenevät lähes kolmanneksen verrattuna sähkön ja lämmön erillistuotantoon. Yhteistuotantolaitoksen tehoa säädetään useimmiten kaukolämmön tarpeen mukaan. Yhteistuotantolaitoksen energiatehokkuutta ja kykyä vastata muuttuviin tehontarpeisiin voidaan lisätä lämpöakuilla ja lämmöntalteenottolaitteilla. (Energiateollisuus ry 2017.)



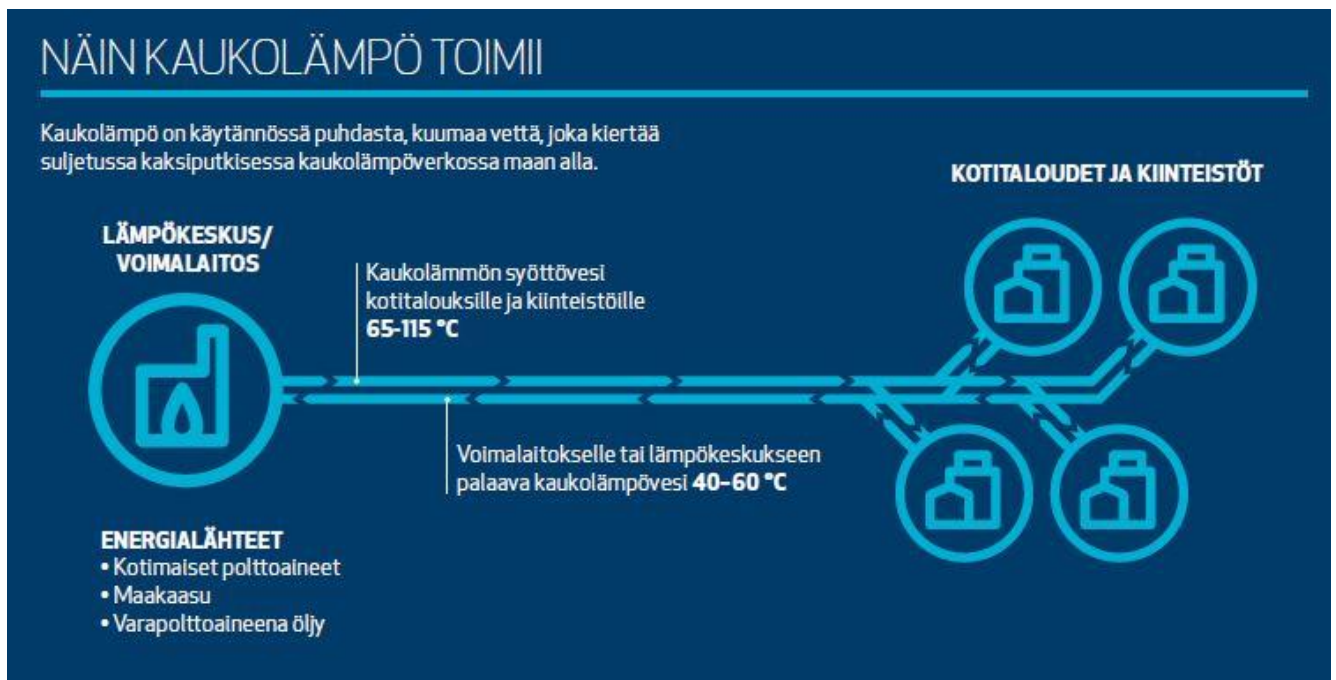
KUVA 2. Kaukolämmön tuotantoperiaate sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (Energiateollisuus ry 2017)

Suomessa kansainvälisesti kiitettävällä tasolla olevan CHP-tuotannon ylläpito ja lisääminen on nykyisen sähkön markkinahinnan ja maan hallituksen tekemien päätöksiä johdosta joutunut taloudelliseen vastatuuleen. Tulevaisuudessa uudet investoinnit suunnataan mieluummin pelkästään lämpöä tuottaviin ratkaisuihin, koska CHP-tuotantoon investoiminen koetaan kannattamattomaksi. Esimerkiksi Helen Oy hylkäsi vuonna 2015 suunnitelman uuden 960 miljoonan euron arvoisen CHP-laitoksen rakentamisesta Helsingin Vuosaareen. Tämän sijaan yritys investoi 360 miljoonaa euroa erillisiin kaukolämmön tuotantolaitoksiin, jotka rakennetaan Vuosaareen ja Salmisaareen. Kaukolämmön arvo tuotteena siis kasvaa, mutta investointien ja toi-

mien kehityssuunta uhkaa Suomen sähköntuotannon omavaraisuutta ja kasvattaa kapasiteettipulaa sähkön kysynnän huippujaksoina. Nykyiselläkin rakenteella Suomesta puuttuu talvikaudella sähkön tuotantotehoa 2500 – 3000 MW. (Talouselämä 2015, Energiauutiset 2015.)

2.2 Kaukolämpöverkon toiminta

Kaukolämpöverkon kokonaisuuteen voidaan katsoa kuuluvan veden lämmityksestä vastaavat voimalaitokset, tai lämpökeskukset, lämmön siirtoon tarkoitettu putkisto, sekä asiakkaan kiinteistössä sijaitseva lämmönjakokeskus (KUVA 3). Kaukolämmön siirtoverkko koostuu meno- ja paluuputkesta. Kaukolämpövesi kiertää jatkuvasti verkon läpi. Lämpöenergia siirretään verkossa väliaineena toimivan veden avulla asiakkaille. Asiakkaan lämmönjakokeskuksessa vesi luovuttaa lämmön kiinteistön omaan lämmitysjärjestelmään. Tämän jälkeen vesi palaa takaisin voimalaitokselle, tai lämpökeskukseen, jossa vesi lämmitetään uudelleen. Suomessa asialaitteiden kytkennässä käytetään pääsääntöisesti epäsuoraa kytkentää, jolloin kaukolämpövesi ei kierrä kiinteistön lämmitysjärjestelmässä. Lämpö siirtyy asiakkaan käyttöön lämmönvaihtimien avulla, joilla lämmitetään kiinteistön kierto- ja käyttövesi. (Energiateollisuus ry 2006 43.)



KUVA 3. Kaukolämpöverkon toiminta (Elenia Oy 2017)

3 KAUKOLÄMPÖVERKOSTON VAURIOT

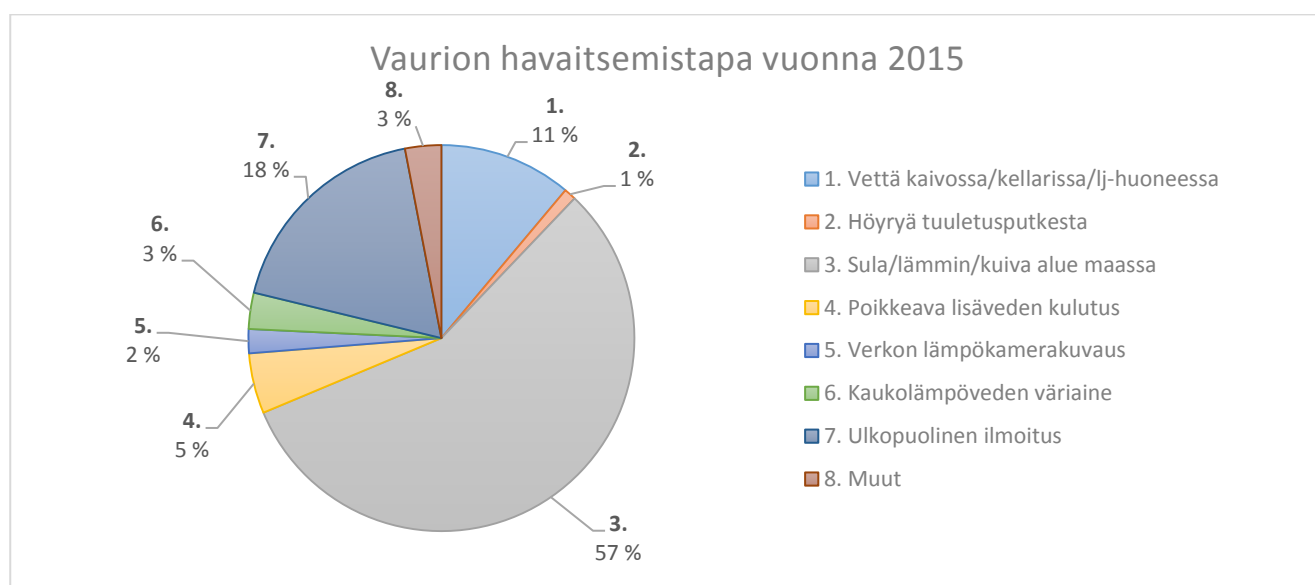
Energiateollisuus ry kerää tietoja jäsenyrityksiltään, eli kaukolämpöyhtiöiltä, vuosittaisen kaukolämpöverkon vaurioutilaston ylläpitoon. Tietoja ei kaikilta yhtiöiltä jokaiseen julkaisuun saada, mutta vuoden 2015 kyselyyn vastasi 47 jäsenyritystä, jotka vastaavat 47 % kaukolämmön myyntiä harjoittavista yrityksistä, joten tilasto antaa varmasti oikeansuuntaisen kuvan vaurioiden esiintymisestä. Nykyaikana yleisin kaukolämpölinjoissa käytettävä putkityyppi on kiinnivaahdotettu muovisuojakuorijohto yksi- tai kaksiputkijärjestelmänä. Kaukolämpöverkoston vaurioutilasto-kyselyyn osallistuneiden yritysten kokonaisputkipituudesta 76 % oli toteutettu kyseisillä putkityypeillä. Yleisimmät luonnolliset vauriot kaukolämpöverkossa em. putkityypeillä johtuivat epätiivisistä suojakuoriliitoksesta, tai virtausputken hitsausvirheestä (TAULUKKO 1). Epätiivis suojakuoriliitos päästää suojakuoren sisälle eristeeseen kosteutta maaperästä. Suojakuoren sisällä kosteus aiheuttaa korroosiota virtausputkeen ja jonkin ajan kuluttua virtausputkeen syntyy pistemäinen reikä. (Energiateollisuus ry 2016.)

TAULUKKO 1. Yleisimpien putkityyppien vuotokohtien vauriosyiden prosentuaalinen jakauma (mukaillen Energiateollisuus ry 2016)

Vauriosyy	Mpuk	2Mpuk
Puutteellinen lämpöliike-	2	2
Maan painuminen	2	-
Virheellinen ympäristäyttö	4	1
Virheellinen kaltevuus	-	-
Epätiivis kaivonkansi	2	2
Kondenssivesi	2	1
Epätiivis läpivienti	-	3
Epätiivis betonivalu	-	1
Epätiivis suojakuoriliiti-	21	45
Puutteellinen liitoseristys	4	7
Virtausputken hitsaus-	34	11
Suojakuoren halkeama	2	3
Epätiivis PE-putken hitsi	-	1
Epätiivis liukutasain	-	1
Ulkopuolinen väkivalta	19	21
Muut	6	2
Yhteensä	100 %	100 %

Pieni vuoto kaukolämpöputkessa ei aiheuta itsessään suuria taloudellisia kustannuksia, mutta hiljalleen putken kuoren sisällä leviävä kosteus aiheuttaa kaukolämpöputken eristeen pilaantumisen pitemmältä matkalta. Vanhempaa vuotokohtaa korjattaessa putkea joudutaan esiintyvän kosteuden takia vaihtamaan suuremmalta alueelta, joka aiheuttaa kustannusten nousua korjaustilanteessa. Pienikin vuoto olisi hyvä paikantaa ja korjata mahdollisimman nopeasti, jotta vuodon ja korjausten kokonaiskustannukset pysyisivät mahdollisimman pienenä.

Suurin osa vaurioiden havaitsemisesta tapahtuu vielä nykyaikanakin silmämääräisesti maan pinnalla putkilinjoja tarkastaen. Osa maanpäällisistä havainnoista perustuu ulkopuolisten ihmisten tekemiin ilmoituksiin. Kuvioista 1 saa käsityksen lämpökamerakuvausten käytön yleisyydestä kaukolämpövuotojen paikantamisessa. Vuonna 2015 verkoston lämpökamerakuvaukseen perustui vain n. 2 % havainnoista (Energiateollisuus ry 2016).



KUVIO 1. Yleisimpien putkityyppien vaurioiden havaitsemistavan prosentuaalinen jakauma (mukaillen Energiateollisuus ry 2016)

4 KAUKOLÄMPÖVUOTOJEN KUSTANNUKSET

Verkoston vuodoista aiheutuu kustannuksia ja haittaa monen tekijän summana. Suuri vuoto verkostossa aiheuttaa taloudellisten kustannusten lisäksi pahimmillaan häiriötä verkoston lämmönjakeluun. Vuotokustannusten laskennassa huomioidaan tärkeimmät kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Vuotavan kaukolämpöveden kustannukset muodostuvat kiinteistä kustannuksista, eli vesi- ja viemärimaksuista, ja veteen sekoitetuista kemikaaleista, sekä kaukolämpöveden lämmittämiseen käytetystä energiasta. Kaikissa laskutoimenpiteissä vuodon kustannuksen yksikkönä käytetään €/m³.

Kustannuslaskenta tehdään Kannuksen Kaukolämmön antamilla tiedoilla. Kustannusten osalta on muistettava, että tiedot perustuvat yksittäisen lämpölaitoksen lukuihin ja tietoihin. Näin ollen tiedot ovat käytännössä suuntaa-antavia ja pätevät pelkästään em. lämpölaitoksella, koska vesilaitosten laskutusperusteet vaihtelevat laitoksittain ja lämpölaitosten polttoaineiden käyttö, veden lämmitysprosessit sekä tekniset ratkaisut vaihtelevat. Esim. Kannuksen Kaukolämmöllä pitkään toiminnassa ollut lämmöntalteenottolaitteisto muuttaa lämpölaitoksen hyötysuhdetta merkittävästi ja vaikuttaa suoraan lämmitykseen tarvittavan polttoaineen määrään ja syntyviin kustannuksiin. Esimerkitapauksessa ei oteta huomioon laitoksen hyötysuhdetta, koska sitä ei tarkasti ole pystytty määrittämään. Hyötysuhde on kuitenkin LTO:n myötä korkeahko, eli n. 90 – 95 %. Näin ollen hyötysuhteen huomiotta jättäminen ei aiheuta suuria vääristymiä laskentaan.

Vuotokustannuksia selvitetäessä jätetään kevyt ja raskas öljy pois lämpöenergian tuotantokustannuksien määrittelystä, koska pääasiallisesti lämpölaitos toimii biopolttoaineilla ja öljykattilat ovat varakattiloina huippukuormia varten, sekä biokattiloissa esiintyvien toimintahäiriöiden takia. Biopolttoaineiden kulutuksen jakauma on keskimäärin sama joka vuosi, kun taas öljyn kulutus vaihtelee vuosittain 1 – 4 %:n välillä yrityksen kokonaispolttoaineen kulutuksesta. Tämän lisäksi biopolttoaineista maksettavat hinnat pysyvät lähes kiinteinä ja öljyn hinta vaihtelee vuodenkin aikana suuria määriä, joten öljyn hinnan määrittäminen olisi hankalaa.

4.1 Kaukolämpöveden kustannukset

Kannuksen Kaukolämmön vedenkulutuksen laskutusperusteena ovat Kannuksen Vesiosuuskunnan normaalit kuluttajaan kohdistuvat vesi- ja viemärimaksut. Kustannuksia aiheutuu myös kaukolämpöveden käsittelystä. Kaukolämpövedeen lisätään Elkor DH -vedenkäsittelykemikaalia, jonka tarkoituksena on säädellä veden pH-arvoa, sekä estää kaukolämpöjärjestelmän korroosiota. Kemikaalin hinta on 9,33 €/l (alv 0 %) ja sekoitussuhde 0,2 l/m³.

Tällöin kemikaalin kustannus on:

$$9,33 \frac{\text{€}}{\text{l}} \times 0,2 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} = 1,87 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \text{ (alv 0 \%)}$$

TAULUKKO 2. Kaukolämpöveden kustannusten verottomat ja verolliset arvot (Kannuksen Vesiosuuskunta 2017)

Käyttömaksu	€/m³ (alv 0 %)	€/m³ (alv 24 %)
Vesimaksu	0,65	0,81
Jätevesimaksu	1,83	2,27
Veden käsittely	1,87	2,32
Kustannukset yhteensä	4,35	5,40

4.2 Lämpöenergian tuotantokustannukset

Taulukossa 3 on esitetty tiedot Kannuksen Kaukolämmöllä käytettävistä polttoaineista, niiden jakautumisesta käytön mukaan, sekä polttoaineista toimittajille maksettavat hinnat megawattituntia kohti arvonlisäverottomana ja -verollisena.

TAULUKKO 3. Kannuksen Kaukolämmön polttoaineiden käyttöjakautuma, sekä polttoaineista maksettavat hinnat (Jylli 2017)

Polttoaine	Käyttö (%)	€/MWh (alv 0%)	€/MWh (alv 24%)
Metsähake	33,2	21	26,04
Puru	44	17,5	21,7
Jyrsinturve	11,2	14,65	18,17
Puutähdehake	4,2	16	19,84
Kuori	7,3	15,5	19,22

Yhden megawattitunnin keskimääräinen tuotantokustannus saadaan laskettua siten, että kunkin polttoaineen osamäärä kerrotaan kyseisen polttoaineen energiasisällöstä maksettavalla hinnalla ja tulot lasketaan yhteen.

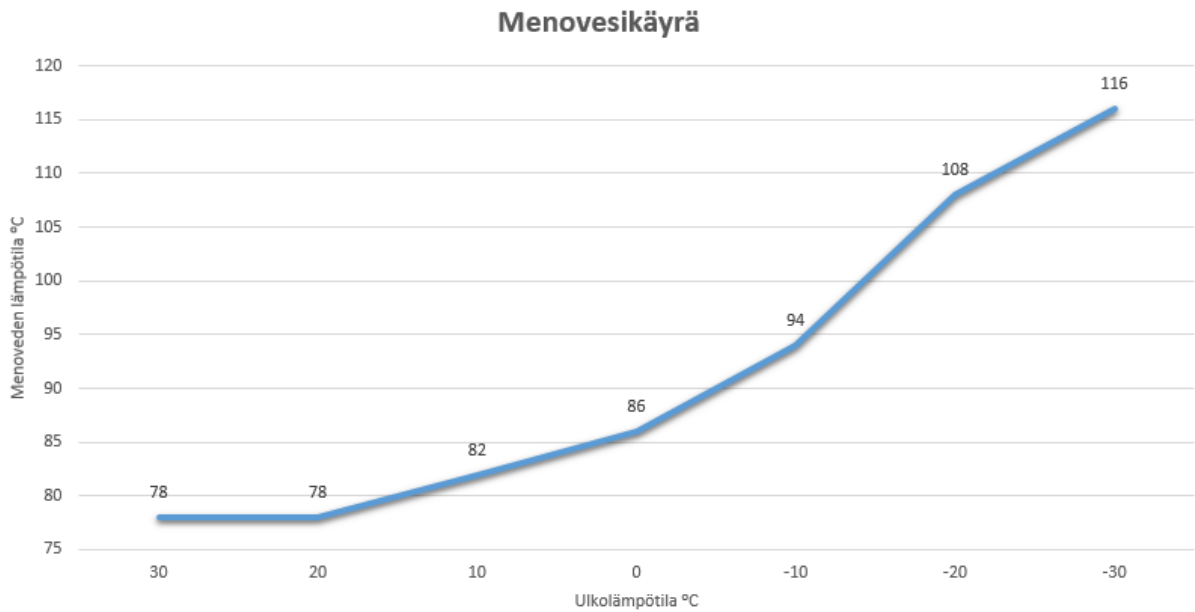
$$33,2\% \times 21 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 44\% \times 17,5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 11,2\% \times 14,65 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 4,2\% \times 16 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 7,3\% \times 15,5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 18,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \text{ (alv 0\%)}$$

Energiatuotannosta syntyvä kustannus biopolttoaineita käytettäessä on keskimäärin 18,12 €/MWh (alv 0 %).

4.3 Kustannusten vaihtelu ulkolämpötilan ja vuotokohdan mukaan

Kaukolämpöveden lämpötila meno- ja paluuputkessa vaihtelee ulkolämpötilan mukaan. Talvi-aikaan kaukolämpöjärjestelmään syötetään vettä huomattavasti korkeammassa lämpötilassa, joten veden lämmittämiseen kuluu enemmän energiaa. Näin ollen saman vuodon kustannukset ovat korkeammat talvella, kuin kesällä. Menoveden lämpötilat selviävät kuvioista 2. Paluuv veden lämpötila vaihtelee hieman kuormituksen ja ulkolämpötilan mukaan, mutta annettujen tietojen perusteella valitaan paluuv veden keskimääräiseksi lämpötilaksi 47 °C.

Vuodon kustannukset riippuvat myös vuodon esiintymiskohdasta. Menoputkessa olevan vuodon kustannukset ovat korkeammat, koska vuodossa menetetään korkeampi lämpöenergia määrä. Paluuputkessa virtaavan veden energiasisältö on matalampi, koska lämpöenergiaa on siirretty asiakkaan käyttöön. Paluuputkessa olevan vuodon kustannukset ovat näin ollen pienemmät, koska kaukolämpöä tuottava yritys saa maksun asiakkaan käyttämästä lämpöenergiasta.



KUVIO 2. Kaukolämpöjärjestelmän menovesikäyrä (Jylli 2017)

4.4 Vuotokustannukset kesällä

Tarkastellaan vuodon kustannuksia kesäaikana meno- ja paluuputken osalta. Kesäajan ulkolämpötilaksi valitaan 20 °C. Tällöin menoveden lämpötila on 78 °C. Tulevan vesijohtoveden lämpötilaksi valitaan yleisen tiedon mukaan 4 °C. Kuten edellä mainittiin, paluuv veden keskimääräinen lämpötila on 47 °C.

Veden lämmittämiseen tarvittava energia lasketaan seuraavasti:

$$Q = \frac{\rho \times c_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3\,600\,000} \quad (1)$$

missä ρ on veden tiheys (1 000 kg/m³), c_p on veden ominaislämpökapasiteetti (4,19 kJ/kg°C), V on vesimassan tilavuus (m³), t_2 on lämmitetyn veden lämpötila, t_1 on lämmitettävän veden lämpötila ja 3 600 000 on yksikkömuunnoskerroin (kJ → MWh).

Menoputkesta vuotavan veden lämmittämiseen kulutettu energia:

$$Q = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 1 \text{m}^3 \times (78^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})}{3\,600\,000}$$

$$Q = 0,086 \text{ MWh}$$

Veden lämmittämisen kustannus:

$$0,086 \text{ MWh} \times 18,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 1,56 \text{€}$$

Paluuputkesta vuotavan veden lämmittämiseen kulutettu energia:

$$Q = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 1 \text{m}^3 \times (47^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})}{3\,600\,000}$$

$$Q = 0,05 \text{ MWh}$$

Veden lämmittämisen kustannus:

$$0,05 \text{ MWh} \times 18,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 0,91 \text{€}$$

TAULUKKO 4. Kaukolämpövuodon kustannukset kesäaikana

Vuoto-kohta	Vesimaksu €/m³ (alv 0 %)	Viemärimaksu €/m³ (alv 0 %)	Käsittely €/m³ (alv 0 %)	Lämmitys €/m³ (alv 0 %)	Yhteensä €/m³ (alv 0 %)
Menoputki	0,65	1,83	1,87	1,56	5,91
Paluuputki	0,65	1,83	1,87	0,91	5,26
Vuoto-kohta	Vesimaksu €/m³ (alv 24 %)	Viemärimaksu €/m³ (alv 24 %)	Käsittely €/m³ (alv 24 %)	Lämmitys €/m³ (alv 24 %)	Yhteensä €/m³ (alv 24 %)
Menoputki	0,81	2,27	2,32	1,93	7,33
Paluuputki	0,81	2,27	2,32	1,13	6,53

4.5 Vuotokustannukset talvella

Tarkastellaan vuodon kustannuksia talviaikana meno- ja paluuputken osalta. Talviajan ulkolämpötilaksi valitaan -20 °C. Tällöin menoveden lämpötila on 108 °C. Paluuputken vuodon kustannukset pysyvät muuttumattomina.

Menoputkesta vuotavan veden lämmittämiseen kulutettu energia:

$$Q = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 1 \text{m}^3 \times (108^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})}{3\,600\,000}$$

$$Q = 0,121 \text{ MWh}$$

Veden lämmittämisen kustannus:

$$0,121 \text{ MWh} \times 18,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 2,19\text{€}$$

TAULUKKO 5. Kaukolämpövuodon kustannukset talviaikana

Vuotokohta	Vesimaksu €/m³ (alv 0 %)	Viemärimaksu €/m³ (alv 0 %)	Käsittely €/m³ (alv 0 %)	Lämmitys €/m³ (alv 0 %)	Yhteensä €/m³ (alv 0 %)
Menoputki	0,65	1,83	1,87	2,19	6,54
Paluuputki	0,65	1,83	1,87	0,91	5,26
Vuotokohta	Vesimaksu €/m³ (alv 24 %)	Viemärimaksu €/m³ (alv 24 %)	Käsittely €/m³ (alv 24 %)	Lämmitys €/m³ (alv 24 %)	Yhteensä €/m³ (alv 24 %)
Menoputki	0,81	2,27	2,32	2,72	8,12
Paluuputki	0,81	2,27	2,32	1,13	6,53

Samanlaisen vuodon kustannukset menoputkessa talvella ovat noin 10 % suuremmat kesällä tapahtuvaan vuotoon verrattuna. Karkeasti voidaan todeta kaukolämpöveden vuodon arvonli säverottoman kustannuksen olevan noin kuusi euroa kuutiota kohti.

Mainittakoon vielä, että tässä esitetyt kustannukset ovat ns. päällimmäisiä kustannusten aiheuttajia. Vuoto aiheuttaa kustannuksia näiden lisäksi monella muullakin tavalla, esim. pumpauksen lisääntyneenä tarpeena. Kaikkien kustannusten selvittäminen ja laskeminen vaatisi paljon syvempää paneutumista ja olisi liian laaja alue tässä opinnäytetyössä käsiteltäväksi.

5 KAUKOLÄMPÖVUOTOJEN PAIKANTAMINEN

Tässä luvussa on tarkoitus tehdä nykytilanteen kuvaus ja käydä läpi vuotojen paikallistamisen eri menetelmät, sekä niiden hyvät ja mahdollisesti huonot puolet. Opinnäytetyössä keskitytään lähinnä maastossa tapahtuvan paikallistamisen menetelmiin, joten erilaisten hälytysjärjestelmien käsittely rajataan työn ulkopuolelle.

Teknologian kehittyessä kaukolämpövuotojen hälytysjärjestelmät yleistyvät hiljalleen. Suomessa on kehitetty ja testattu pitemmän aikaa erilaisia vuodonvalvontajärjestelmiä. Suuremmilla kaukolämpölaitoksilla on usein käytössään automaattisia hälytysratkaisuja kaukolämpövuodon havaitsemiseen. Kaukolämpöverkoston välipumppuasemille ja kaivoihin asennetaan virtaus- ja paineantureita, joiden tieto lähetetään langattomasti laitoksen hälytysjärjestelmään. Hälytysjärjestelmä antaa nopeasti tiedon kaukolämpövuodosta, jolloin paikantamis- ja korjaustoimet voidaan aloittaa mahdollisimman nopeasti (Karppinen 2015).

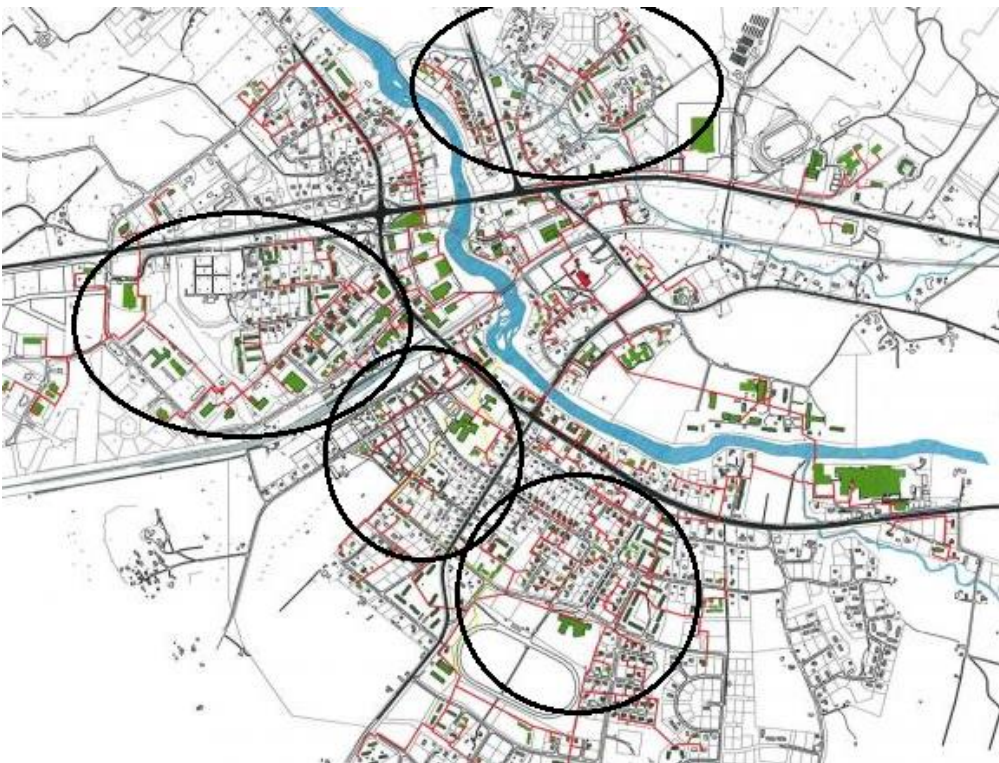
Kaukolämpöjärjestelmän vuotokohtien havaitsemiseen maastossa on käytettävänä joukko erilaisia toimenpiteitä. Toimenpiteet vaihtelevat toimipaikoittain, eikä yhtä oikeaa tapaa voida osoittaa. Vuodon määrä vaihtelee laitosten kokoluokkien mukaan. Parhaassa tapauksessa pienten laitosten kohdalla vuotoa ei juurikaan esiinny, mutta suurimmat yksittäiset vuodot voivat olla keskikokoisellakin laitoksella jopa kymmeniä kuutioita päivässä. Aiemmin laskettujen vuotokustannusten perusteella 10 m³:n suuruinen kaukolämpövuoto vuorokaudessa tarkoittaa n. 1800 €:n suuruista verotonta kustannusta kuukautta kohti. Lahti Energia (2017) kertoo nettijulkaisussaan kaukolämpövuodosta alueellaan. Kaikkiaan vuoto oli ollut 7000 m³:n suuruinen, eli pahimmillaan todella suuren vuodon tapauksessa pelkästään kaukolämpöveden kustannukset voivat olla kymmeniä tuhansia euroja.

Kaukolämpöverkoston vuoto on joka tapauksessa haasteellinen paikallistaa, koska kaukolämpöputket ovat pääsääntöisesti sijoitettu maaperään noin metrin syvyyteen. Huonoimmassa tapauksessa maan alla putkesta vuotava vesi kulkeutuu salaojaa pitkin kauas vuotokohdasta. Tällöin vuotokohdasta ei tule kosteutta maaperän pintaan asti ja lämpösäteily kohdassa on hyvin vähäistä.

Maastossa kaukolämpövuodon etsintä tapahtuu pääsääntöisesti kevään, syksyn ja talven aikana, jolloin esim. lämpökamerakuvaus helpottuu vuotopaikan maaperän suurempien lämpötilaerojen takia, koska vuotava kaukolämpövesi lämmittää kylmää maaperää. (Jylli 2017).

5.1 Vuotokohtien rajaaminen alueittain

Kaukolämpöverkon vuotokohdasta aiheutuvaa vedenkulutusta varten laitoksilla on lisävesisäiliöitä, joista verkkoon lisätään vettä tarpeen mukaan. Lisäveden kulutuksesta pidetään tilastoa jatkuvasti ja kulutusta voidaan seurata tietyn ajanjakson verran, esimerkiksi 10 minuutin ajan. Kaukolämpöverkon toiminta voidaan sulkea tietyn alueen osalta em. 10 minuutin ajaksi. Jos lisäveden kulutus tuona aikana vähenee merkittävästi, voidaan suljetulla alueella epäillä olevan vuoto kaukolämpöverkossa. Otollisin hetki verkon osan sulkemiselle on yöaikaan, jolloin kiinteistöissä kaukolämmön kulutus käyttöveden osalta on pienimmillään. Toisin sanoen tämä on ajankohta, jolloin kuluttajat eivät todennäköisesti edes huomaa kaukolämmön lyhyttä toimintakatkoa alueellaan. Toimenpide helpottaa vuotokohdan paikantamisen työmäärää, koska koko kaukolämpöverkon tutkimisen sijaan voidaan keskittyä tietylle alueelle. (Jylli 2017.)



KUVA 4. Esimerkki vuotokohtien rajaamisesta alueittain (mukaillen Kannuksen Kaukolämpö Oy 2017)

5.2 Silmämääräinen havainnointi

Yksinkertaisin ja käytetyin keino vuotojen paikallistamiseen on kaukolämpölinjan silmämääräinen tarkastus. Tämä on myös perinteisin tapa verkoston jatkuvaan tarkkailuun, mutta usein keskittyy helpoiten kuljettavaan maastoon ja putkikooltaan suurimpien runkolinjojen tarkistuksiin. Paras aika havainnointiin ovat kylmät kelit, jolloin silmämääräinen havainnointi helpottuu maaperässä olevan kuuran, tai lumipeitteen, sekä kylmän ilman takia. Tällöin mahdolliset kaukolämpövuodot voidaan paikallistaa maaperässä olevien sulien tai kuivien paikkojen kohdilla (KUVA 5), tai ilmaan nousevana kosteana vesihöyrynä.



KUVA 5. Sula ja kuiva kohta maaperässä kaukolämpölinjan kohdalla, putkien sijainti lähellä pintaa

Maaperässä oleva sula kohta ei välttämättä kerro suoraan kaukolämpövuodosta, koska ehjäänkin putki aiheuttaa jonkin verran lämpösäteilyä maaperään. Vanhojen kaukolämpöputkien eristyksiset ovat huomattavasti tehottomammat verrattuna uusiin nykyaikaisiin putkiin, joten vanhan putken lähettämä lämpösäteily voi aiheuttaa maaperän ja lumen sulamisen kaukolämpölinjan kohdalla. Sama tapahtuu, jos kaukolämpöputket asennetaan lähelle maan pintaa. Tarkastuksissa käytetään apuna lämpömittaria, jonka anturiosa työnnetään maaperän sisään. Tällä tavoin saadaan varmennus vuotokohdasta, koska kuuma kaukolämpövesi lämmittää maaperän lähistöllä huomattavasti ympäröivää aluetta korkeammaksi.

Kaukolämpöjärjestelmässä kiertävä vesi värjätään elintarvikekelpoisella väriaineella voimalaitoksella ja vesi on väriltään kirkkaan vihreää. Tämä helpottaa mm. vuotokohdan löytämistä maastossa kesäaikana, jolloin vuotojen paikallistaminen muutoin on erittäin hankalaa. Kaukolämpövesi voidaan pimeässä ympäristössä, kuten kaivoissa, havaita myös UV-valon avulla, koska veteen sekoitettu väriaine reagoi UV-valon kanssa ja loistaa muuta ympäristöä kirkkaampana (KUVA 6). (Jylli 2017.)



KUVA 6. UV-valon vaikutus kaukolämpöveteen

5.3 Paikantaminen koirien avulla

Kaukolämpövuotojen paikantamiseen etsitään jatkuvasti uusia tapoja. Tuoreimpia keinoja on käyttää apuna koirien hajuaistia. Koira voi hajuaistinsa avulla haistaa vuotavan kaukolämpöveden jopa 1,5 metrin syvyydestä maaperän sisältä. Koiran avulla tehtävä tarkastus on nopeaa ja kustannukset pysyvät maltillisella tasolla. Palvelun tarjoaminen on koettu tarpeelliseksi, joten Vantaalla sijaitseva Putkikoira Oy tarjoaa kaukolämpöverkoston vuotokartoitusta koko Suomen alueella.

Vantaan Energia on virallisesti palkannut ensimmäisenä yrityksenä Suomessa kaukolämpövuotojen etsintään koulutetun koiran (KUVA 7). Koiran omistaja on Putkikoira Oy:n perustaja Esa Puolakka. Hän kertoo ajatuksen kaukolämpövuotoja etsivästä koirasta muhineen pitkään, ennen kouluttamisen aloittamista. Koiran käyttö vuotojen etsinnässä on joustavaa ja käytöstä saatu hyöty on parhaimmillaan kesäaikana, jolloin vuotojen paikallistaminen muutoin on erittäin haasteellista (Putkikoira Oy 2013, Vantaan Energia Oy 2017).



KUVA 7. Helsingin Sanomien nimitykset-palstan julkaisu (Helsingin Sanomat 2015)

Keski-Pohjanmaan ammattiopiston Kannuksen toimipaikassa eläintenhoiton osaamisalassa painotus on koirissa eli kennelalan opinnoissa. Toimipaikassa oli tarkoituksena ottaa kaukolämpökoiran koulutus osaksi kennelalan opinto-ohjelmaa jo keväällä 2017, mutta ensimmäiseen toteutukseen hakeneiden osallistujien vähyyden vuoksi koulutuksen aloitusta oli päätetty siirtää myöhemmäksi. Näillä näkymin kyseinen koulutus päästään aloittamaan syksyllä 2017, tai alkuvuodesta 2018. Alan mahdollisuudet on siis tunnustettu valtakunnallisen ammattikoulutuksen tasolla, mutta ilmeisesti vähäiset kokemukset kaukolämpökoirista ja niiden käytöstä pitivät koulutukseen halukkaiden osallistujien määrän vielä tällä hetkellä pienenä. (Pärssinen 2017.)

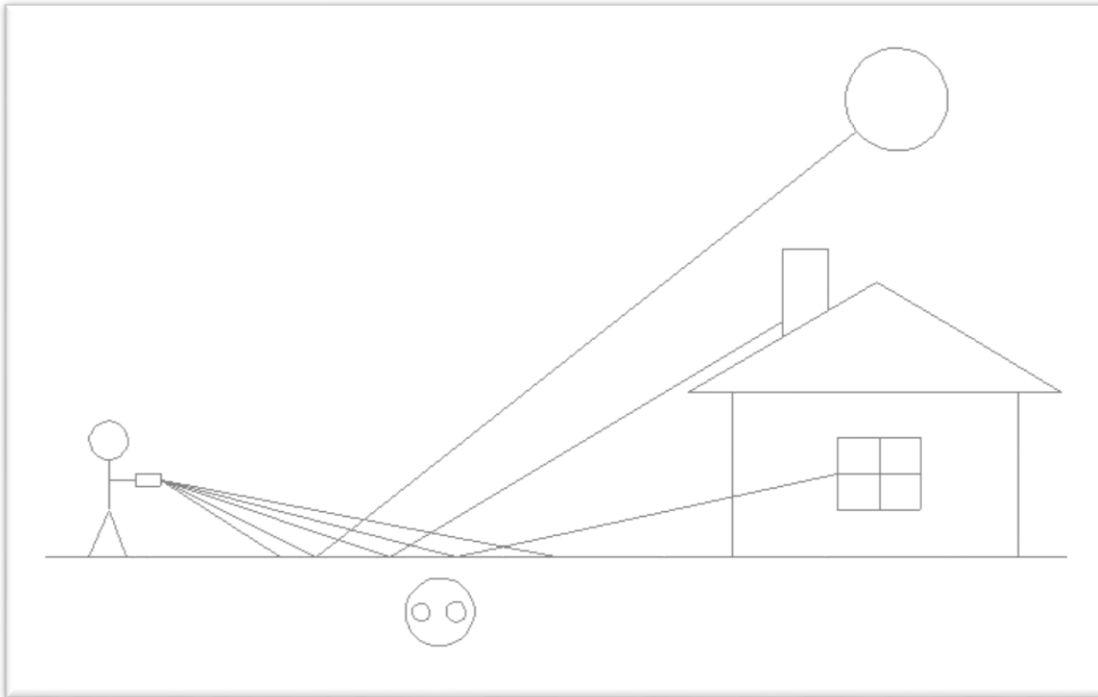
5.4 Lämpökamerakuvaus

Kaukolämpöverkoston vuotokohtien paikantaminen lämpökameran avulla perustuu vuotavan kaukolämpöveden lämmittämän maaperän lämpötilaerojen havaitsemiseen. Maaperän lämpenemä havaitaan lämpökameralla tarkasti, nykyaikaisten kameroiden lämpötilan erottelukyky on parhaimmillaan 0,02 °C. Myös lämpökameroiden resoluutio on parantunut ja nykyisillä kameroilla voidaan ottaa entistä tarkempia kuvia. Tämä helpottaa mm. lämpökuvien ottamista kauempana sijaitsevista kohteista.

5.4.1 Lämpökamerakuvaus käsin

Kehityksen myötä lämpökameroiden hinnat ovat laskeneet ja markkinoilla on tarjolla erittäin pienikokoisia ja edullisia laitteita. Monilla lämpölaitoksilla on hankittuna käsikäyttöinen lämpökamera. Kamera kulkee kätevästi työntekijöiden mukana ja kuvauksia voidaan suorittaa muun työnteon ja tarkastusten lomassa. Lämpökameralla saadaan kuvaustuloksia pieneltä alueelta, jolla epäillään olevan kaukolämpövuoto.

Maan pinnalta tapahtuvan lämpökamerakuvausten suurin haaste on ympäristön lähettämä lämpösäteily (KUVA 8), joka varsinkin kostealla kelillä heijastuu kuvattavasta kohteesta ja vääristää kuvaa, sekä vaikeuttaa kuvan tulkintaa. Aurinko lämmittää maaperää päivän aikana ja maahan varastoitunut lämpöenergia säteilee kylmenevässä ilmassa vielä pitkän aikaa. Suositeltavaa on ajoittaa lämpökamerakuvaus ajankohtaan, jolloin auringonpaistetta esiintyy mahdollisimman vähän ja maaperä on kuiva.



KUVA 8. Ulkopuolisen lämpösäteilyn heijastuminen kuvattavan alueen pinnasta

5.4.2 Lämpökamerakuvaus helikopterilla

Kaukolämpöverkoston lämpökamerakuvauksia helikopterilla on Suomessa tarjottu jo jonkin aikaa. Palvelua tarjoavat ainakin helsinkiläinen GridJet OY, sekä ProCopter OY Kannuksesta. Tarkkaa hintatietoa palvelusta ei yritysten sivuilla ollut saatavilla ja lisätietojen saaminen järjestyy puhelimitse ja tarjouspyynnön avulla (Gridjet Oy 2017, Procopter Oy 2015).

Palvelu tuottaa korkeatasoisen tutkimusmateriaalin suurestakin kaukolämpöverkostosta suhteellisen pienessä ajassa. Pienimpien kaukolämpöverkkojen kohdalla kuvauksen hintataso on kuitenkin korkeahko kuvauksella saavutettavaan hyötyyn nähden. Helikopterilla suoritettava lämpökuvaukset koetaan usein tarpeettomaksi ja kalliiksi, jos kaukolämpövuodoista aiheutuvat kustannukset pienessä verkostossa ovat maltillisella tasolla. Tällöin palvelun takaisinmaksu-aika muodostuu tilaajayrityksen kannalta pitkäksi. Helikopterilla suoritettujen lämpökamerakuvauksen hinta on pienimpienkin kaukolämpöverkkojen kohdalla arviolta useita tuhansia euroja. Helikopterikuvaus on hyödyksi suurempien kaukolämpöverkkojen tutkimisessa, jolloin verkoston pituus voi olla jopa satoja kilometrejä. Tällöin koko verkoston lämpökuvaukset ja tutkiminen muilla keinoin on liki mahdotonta.

5.4.3 Lämpökamerakuvaus kauko-ohjatulla ilma-aluksella

Dronen käytöstä kaukolämpöverkoston lämpökamerakuvauksissa on kokemusta ulkomailla, mutta Suomen alueella toiminta ei ole vielä onnistunut saamaan suurta suosiota. Ymmärrettävästi menetelmästä vähäinen saatavilla oleva kokemus ja tieto laskevat kaukolämpöyhtiöiden innokkuutta hankkia kuvauslaitteisto, tai ostaa kuvauspalvelu. Tarvitaan kokemusperäistä tietoa jaettavaksi yrityksille laitteiston hankintapäätöksen tai palvelun tilaamispäätöksen helpottamiseksi.

Ranskalainen energiayhtiö Dalkia kuvasi testimielessä kahta eri kaukolämpöverkostoaan dronen avulla vuonna 2015. Kuvauksella saatiin selville kaukolämpöverkon poikkeavuuksia, joita ei perinteisillä keinoilla onnistuttu havaitsemaan. Kuvausten tuloksiin oltiin erittäin tyytyväisiä ja Dalkia aikoo ottaa kuvausmenetelmän laajemmalti käyttöön kaukolämpöverkoston kunnossapidossa. Verrattuna normaalin helikopterin ominaisuuksiin, dronen hyvinä puolina korostettiin mm. kuvauksen ekologisuutta, taloudellisuutta sekä joustavuutta. (International District Energy Association 2016.)

Tampereen Sähkölaitos Oy ja MultiCopterService MCS Oy ovat syksyllä 2016 käynnistäneet pilottihankkeen, jossa kaukolämpöverkon vuotoja kartoitetaan kauko-ohjatulla ilma-aluksella. Kokemukset ja tulokset ensimmäisistä koelennoista ovat olleet rohkaisevia: kauko-ohjattavalla ilma-aluksella vuodot saadaan kartoitettua tarkasti ja nopeasti. (MultiCopterService MCS Oy 2016.)

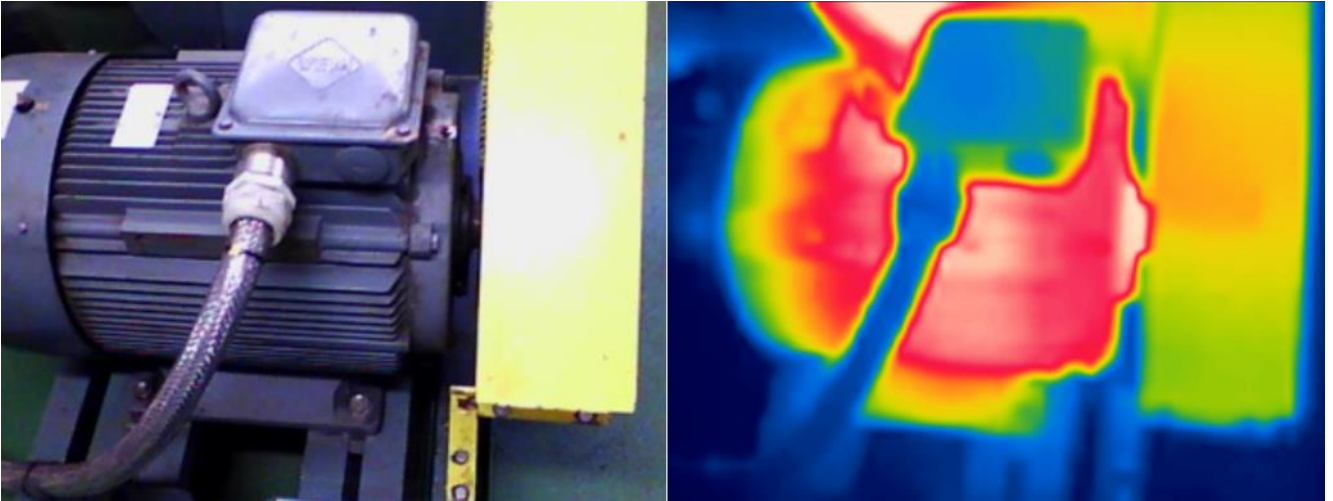
VideoDrone Finland Oy:n valikoimista löytyy kattavasti asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä erilaisia kokonaisuuksia. Hiilikuiturunkoiset koneet valmistetaan Suomessa. Koptereiden suunnittelussa on panostettu rungon keveyteen ja kopterin hyötysuhteen maksimoimiseen, lentoaikaa on saatu kasvatettua yli tuntiin, tehoakkuja käytettäessä. Tuotteita on kaukolämpökuvausten merkeissä käyty esittelemässä useammallekin energiayhtiölle ja kiinnostusta on esiintynyt kiitettävä määrä, mutta ostopäätökset syystä tai toisesta ovat jääneet vähäisiksi. (Tolvanen 2017, VideoDrone Finland Oy 2017.)

6 FLIR TOOLS -LÄMPÖKUVIEN KÄSITTELYOHJELMAN KÄYTTÖ

Flir Tools on lämpökuvien käsittelyohjelma, jolla lämpökameralla otettuja kuvia voidaan muokata ja tutkia jälkikäteen. Ohjelman avulla lämpökamerakuvausten toteuttaminen helpottuu, koska kuvaushetkellä ei tarvitse huolehtia kameran esisäädöistä. Lämpökameran käyttö ja kuvien tulkinta ilman käsittelyohjelmaa on hankalaa, eikä kuvauksista saada kaikkea hyötyä irti. Käsittelyohjelman hankkiminen on suositeltavaa jo lämpökamerakuvausten aloitusvaiheessa.

Käsittelyohjelman perusversio on ladattavissa netistä ilmaiseksi. Ilmaisohjelman toiminnot ovat mielestäni riittävät normaalikäyttäjän tarpeisiin. Lämpökameralla otetut kuvat ladataan normaaliin tapaan koneelle, ja ne voidaan ottaa muutamalla klikkauksella ohjelmaan käsiteltäväksi. Käsiteltävien kuvien on oltava radiometrisiä, mikä tarkoittaa, että tiedosto sisältää kuvan lisäksi kaiken tiedon, mitä lämpökamera on kuvan ottamishetkellä tallentanut ja lämpötila-arvoja voidaan mitata jälkikäteen käsittelyohjelmassa.

Lämpökuva on usein epäselvä, eikä sitä tutkimalla saa tarkkaa käsitystä kuvauspaikasta, tai –kohteesta. Osa lämpökameroista on varustettu myös normaalilla näkyvän valon kameralla ja kuvia ottaessa samalla kertaa tallentuu sekä lämpökuva että normaali kuva (KUVA 9). Kuvauspaikan sijainti ja kuvauskohteen yksityiskohdat selviävät paremmin normaalia kuvaa tutkittaessa. Kamerasta riippuen, kuvat voidaan myös yhdistää, eli lämpökuva ja näkyvän valon kuva asetetaan näkymään päällekkäin (KUVA 10). Flir käyttää tällaisesta kuvien yhdistämisestä nimitystä MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging). MSX-menetelmällä lämpökuva saadaan erittäin tarkaksi, koska kuvassa ovat lisänä näkyvän valon kuvasta peräisin olevat ääriiviivat ja varjostukset. (Infradex Oy 2016.)



KUVA 9. Sähkömoottorista samaan aikaan otettu näkyvän valon kuva ja lämpökuva



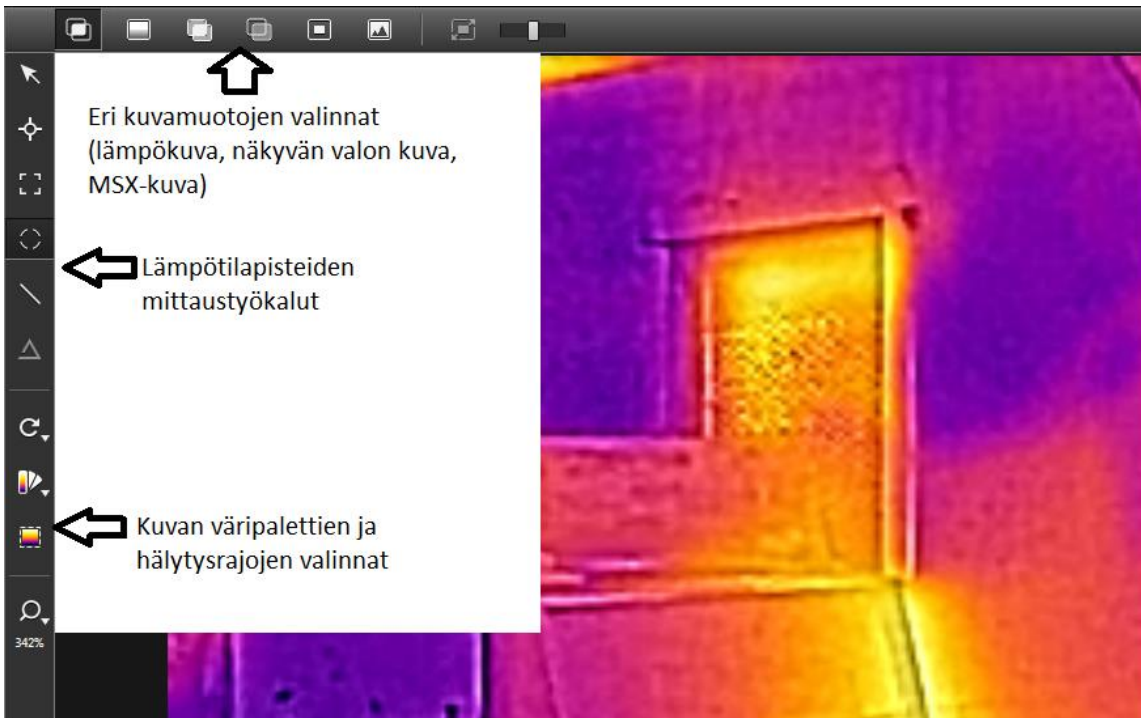
KUVA 10. Sähkömoottorista otetut erilliset kuvat yhdistettynä MSX-muodossa

Flir Tools –lämpökuvien käsittelyohjelman aloitussivulla kuvakansion polku määritellään ruudun vasemmasta reunasta. Kuvakansion sisältö ilmestyy ruudun keskelle ja kuvaa kerran klikkaamalla kuvan perustiedot ilmestyvät oikeaan reunaan (KUVA 11). Jos kameralla otetaan samanaikaisesti myös näkyvän valon kuva, käsittelyohjelma linkittää ne automaattisesti käsiteltäväksi samalla kertaa.

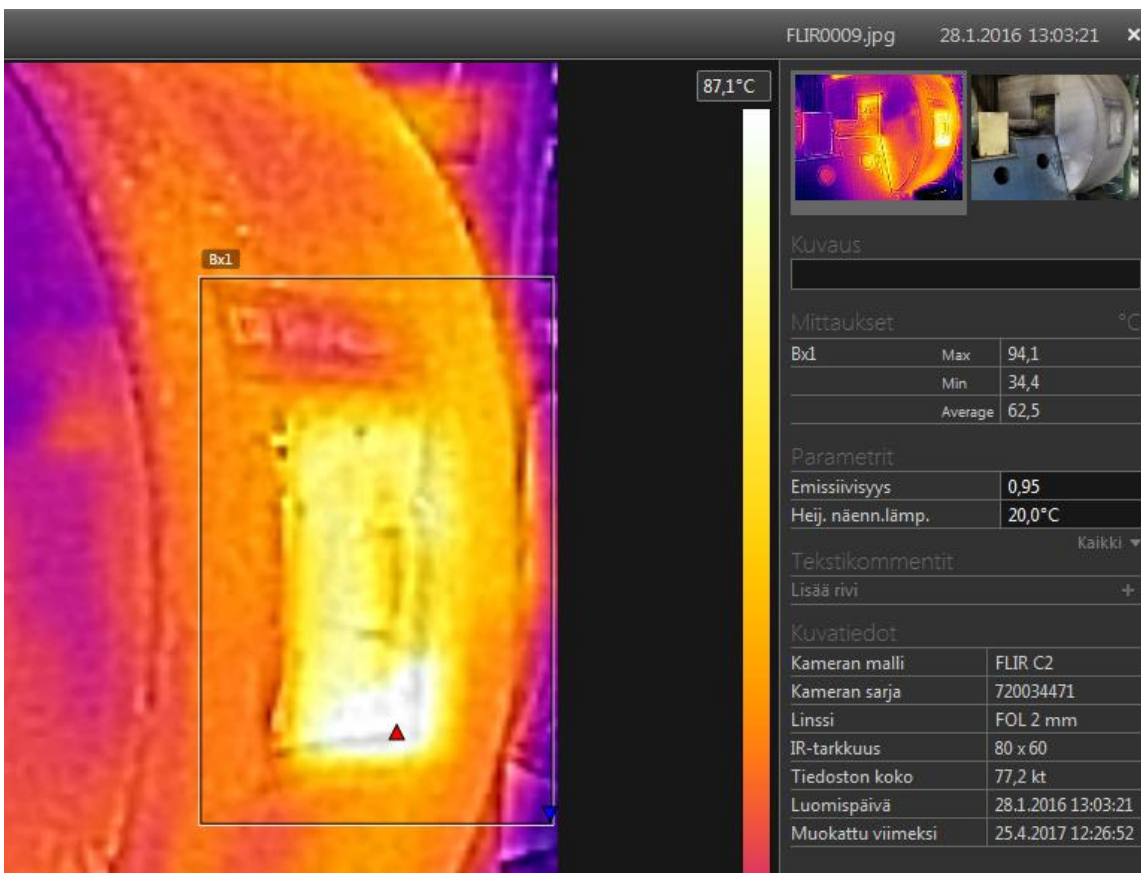


KUVA 11. Flir Tools –ohjelman aloitussivu

Tuplaklikkaamalla kuvaa aloitussivun keskiruudulla, avautuu uusi ikkuna, jossa kuvaa voidaan muokata ja käsitellä tarkemmin. Ikkunan vasemmassa ylänurkassa ovat nyt kuvan käsittelyyn liittyvät työkalut (KUVA 12), joilla voidaan valita kuvan näytettävä muoto, säätää lämpökuvan värimaailmaa, sekä asettaa hälytysrajat tietyn lämpötilan kohdalle, jolloin hälytysrajan yli tai alle oleva lämpötila näytetään kuvassa punaisena. Lisäksi valikossa on erilaisia työkaluja lämpötilapisteiden osoittamiseksi kuvasta. Valitun alueen ja siinä esiintyvän pisteen lämpötilatiedot, sekä kuvan yleiset asetustiedot näkyvät ikkunan oikeassa laidassa (KUVA 13).



KUVA 12. Lämpökuvan eri käsittelytyökalut



KUVA 13. Bx1-mittausalueen lämpötilatiedot ja kameran asetukset

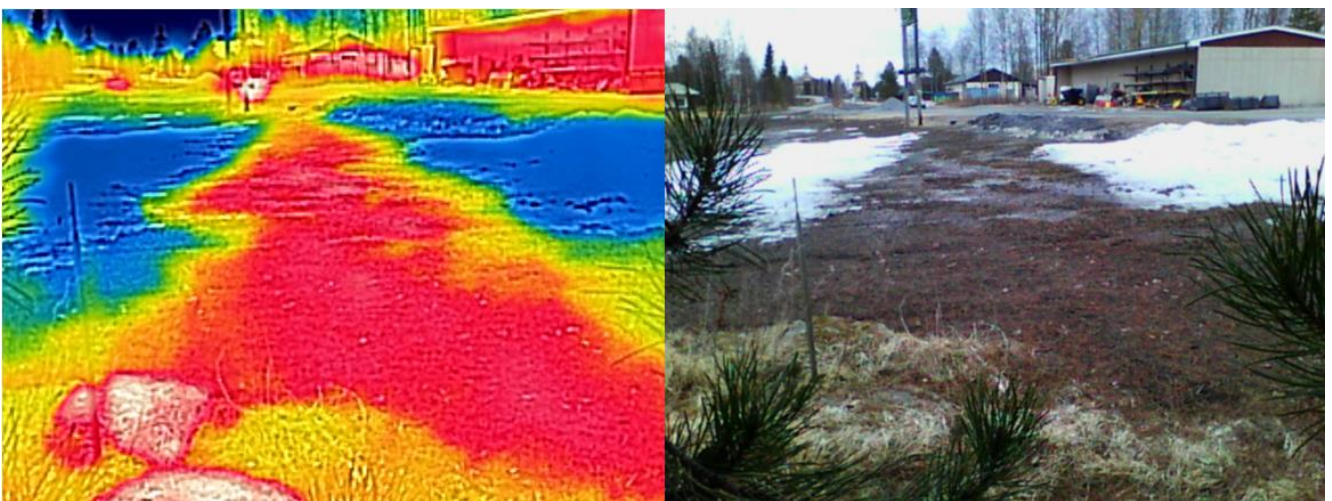
7 SUORITETUT KUVAUKSET

7.1 Vuototutkimus Flir C2 –lämpökameralla

Kannuksen Kaukolämpö tilasi pienimuotoisen lämpökameratutkimuksen ennalta määrätyille kohteille Kannuksen kaupungin alueella. Kohteissa oli havaittu lumisena aikana sulia kohtia maaperässä ja osassa kohteista kaukolämpöputkiston käyttöikä alkaa olla lopuillaan. Käytin apunani kohteista lumisena aikana otettuja kuvia lämpökamerakuvauspaikkojen valinnassa.

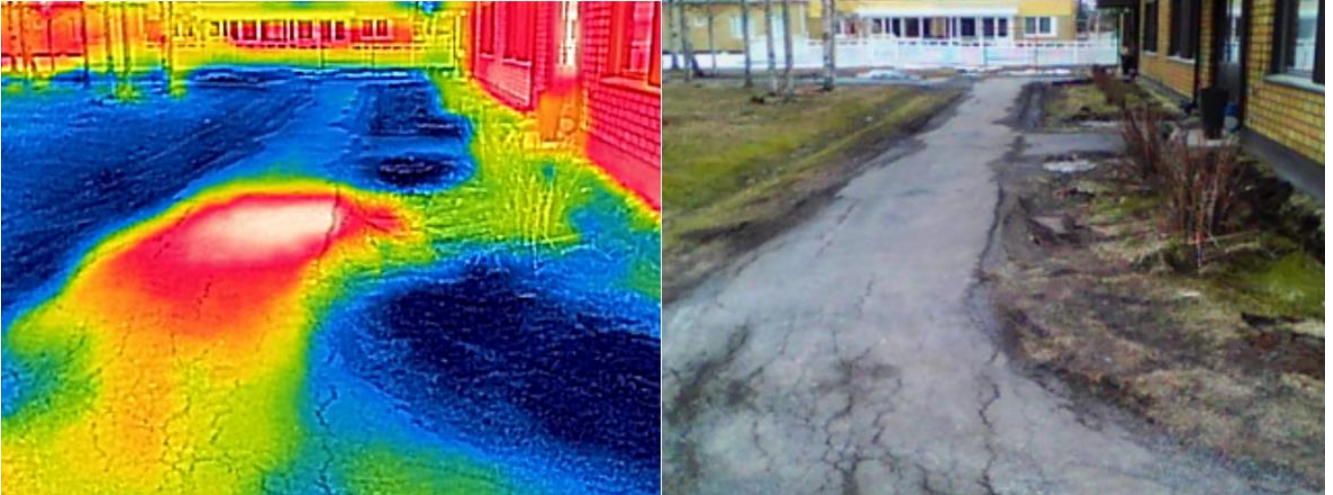
Suurimmassa osassa kuvauspaikoista maaperästä oli havaittavissa selvästi kohonneita lämpötiloja kaukolämpöputkiston reiteillä, mutta näiden perusteella ei suoranaista vuotoa voinut todeta. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin tehdä kuvista ilmenneillä lämpimillä alueilla jatkotutkimuksia, kuten maaperän lämpötilan mittausta maahan työnnettävällä lämpömittarilla, jolla voidaan todeta maaperän lämpeneminen syvemmältä maaperästä.

Vanha kaukolämpölinja voi aiheuttaa lämpösäteilyä, vaikka varsinaista vesivuotoa ei olekaan. Liitoskohdista putken eristerakenteisiin maaperästä imeytynyt vesi aiheuttaa putken eristyskyvyn menetyksen, jolloin lämpö pääsee säteilemään kosteuden myötä eristekerroksen läpi maaperään. Tutkimuksessa selvisi yksi tämänkaltainen tapaus, jossa lämpökuvasta ei erottunut yhtä selvää lämpenemiskohtaa, joka kertoisi vuotokohdasta, mutta maaperässä oli selvästi laaja lämmennyt alue kaukolämpölinjan kohdalla (KUVA 14).

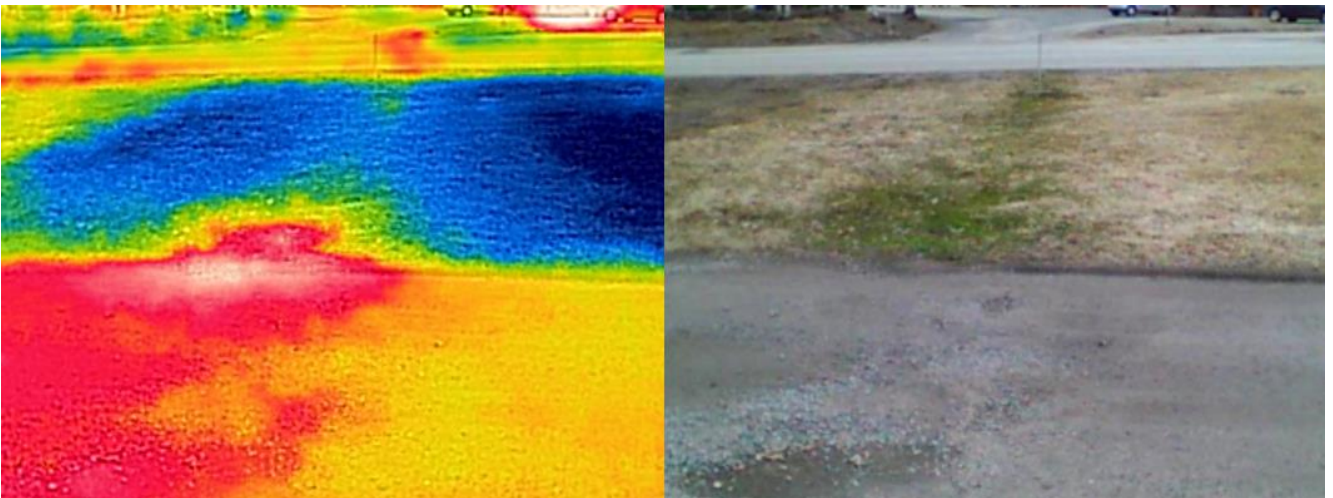


KUVA 14. Vanhan eristevaurioisen kaukolämpölinjan lämpösäteily

Tutkimuksessa löytyi kaksi erittäin todennäköistä kaukolämpöverkoston vuotokohtaa (KUVAT 15-16). Vuotokohta ilmenee lämpötilaltaan selvänä erillisenä kohtana muusta maaperästä ja kaukolämpölinjan lämpösäteilystä.



KUVA 15. Kaukolämpöverkoston todennäköinen vuototapaus Kannuksessa Miilutiellä



KUVA 16. Kaukolämpöverkoston todennäköinen vuototapaus Kannuksessa Valtakadun varrella

Tein Kannuksen Kaukolämmön lämpökamerakuvauksesta raportin Flir Tools –ohjelmalla. Raportointityökalun käyttö on helppoa, sekä ohjelman puolesta hyvin opastettua ja valmiin raportin voi tallentaa PDF-muodossa. Kuvauksia suoritettiin kaikkiaan noin 15:sta ennalta määrättyssä kohteessa ja niiden lähialueella, mutta raporttiin otin mukaan mielestäni oleellimmat kuvauspaikat ja –tulokset (LIITE 1).

7.2 Kauko-ohjattavan ilma-aluksen kuvaukset

Centrialla on lämpökuvauksikäytössä DJI:n Spreading Wings S900 –merkkinen kauko-ohjattava ilma-alus, eli drone, sekä Workswell Thermal Vision Pro –lämpökamera (KUVA 17). Laitteisto on ammattilaiskäyttöön soveltuva ja noin 20 000 euron arvoinen. Sekä drone että kamera toimivat omalla kauko-ohjaimellaan, joten kuvauskalusto vaatii kaksi käyttäjää. Kamera on kiinnitetty liikuteltavaan telineeseen, joten kuvakulmien säätö onnistuu dronea liikuttamatta.



KUVA 17. Centria AMK:n kuvauskalusto

Centria AMK:n kuvauskalustolla tehtiin lämpökuvauksia Ylivieskan kaukolämpöverkoston alueella. Kuvauspaikaksi valittiin alue (KUVA 18), jossa maaperässä tiedettiin olevan lämpösäteilyä kaukolämpölinjan kohdalla. Kuvauskohteessa kaukolämpöputket olivat normaalia lähempänä maanpintaa, joten lämpösäteilyä esiintyi runsaasti, vaikka kaukolämpöputkistossa ei vuoja kuvaamispaikalla tietävästi ollut. Alueen ympärillä on myös asutusta ja teollisuusrakennuksia, joten kuvamateriaalia saatiin monenlaisesta ympäristöstä. Tarkoituksena oli saada kattavaa materiaalia ja kuvauskokemuksia, jotta selkeän mielipiteen muodostaminen dronen käytöstä lämpökuvauksessa olisi mahdollista.

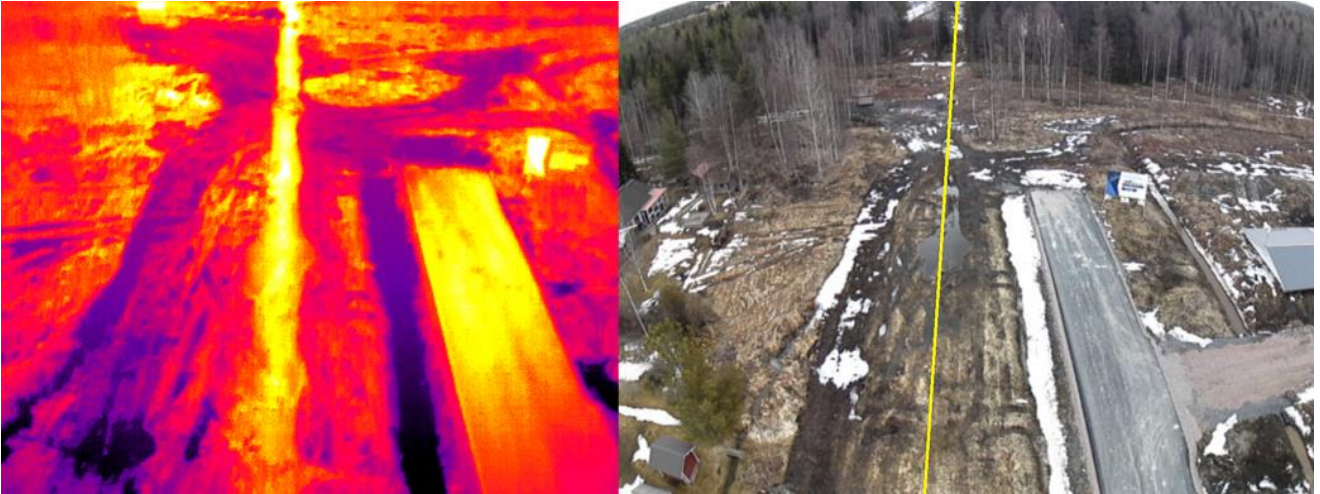


KUVA 18. Kuvauspaikka Ylivieskassa

Kuvaushetkellä keli oli suotuisa, ilman lämpötila oli noin 4 °C ja pilvisyyden myötä kuvaamista häiritsevää auringonpaistetta ei esiintynyt. Alueesta otettiin lämpökuvia myös käsikäyttöisellä lämpökameralla, jotta menetelmien välillä voidaan tehdä vertailua.

Kauko-ohjatun ilma-aluksen maksimi 150 metrin lentokorkeus on säädetty ilmailulaissa. Meidän kuvaukset suoritettiin kuitenkin noin 30 – 50 metrin korkeudelta, koska koimme saavamme tarpeellista kuvamateriaalia jo tältä korkeudelta. Jälkikäteen ajateltuna tulokset olisivat olleet kattavammat, jos kuvia olisi otettu korkeammalta. Suuremmalta korkeudelta saa laajemman kuvakulman, mutta samalla kuvan tarkkuus heikkenee hieman. Kuvaushetkellä lämpökameran asetukset pidettiin automaattisena, eli kamera säätää ja kalibroi itseään jatkuvasti kuvauskohdeiden lämpötilasta riippuen.

Kuvia tutkiessa selviää välittömästi ylhäältä päin tapahtuvan lämpökuvauksen hyödyt. Ilman kuvien käsittelemistäkin kaukolämpölinjan osoittaminen kuvamateriaalista on erittäin helppoa (KUVA 19). Tässäkin kuvauksessa huomattava etu on siitä, että kamera ottaa samanaikaisesti myös näkyvän valon kuvan samasta kohteesta, koska kuvauspaikan todentaminen pelkän lämpökuvan perusteella olisi todella hankalaa. Esimerkkikuvissa kaukolämpölinjaa on tulkinnan helpottamiseksi merkitty keltaisella viivalla.



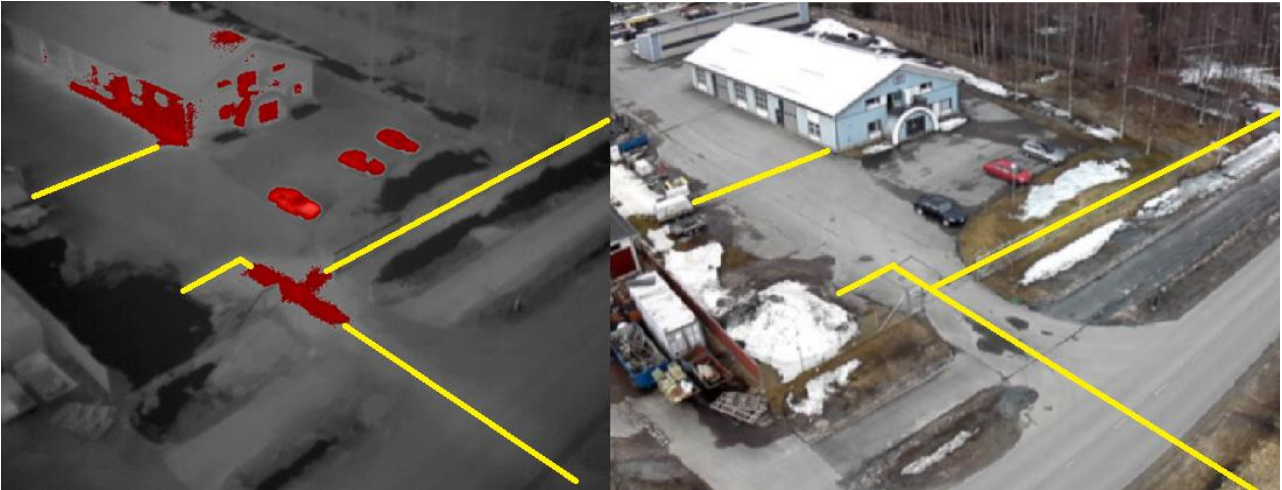
KUVA 19. Kaukolämpölinja ylhäältä päin otetussa lämpökuvassa ja tavallisen kameran kuvassa

Kuvia voidaan tutkia käsittelyohjelmassa myös hälytysrajan avulla. Hälytysrajalle annetaan tietty lämpötila-arvo ja lämpökuvassa hälytysrajan yli olevat lämpötilat näytetään punaisella. Tällä voidaan tarkasti osoittaa kaukolämpölinjan sijainti lämpökuvassa (KUVA 20).



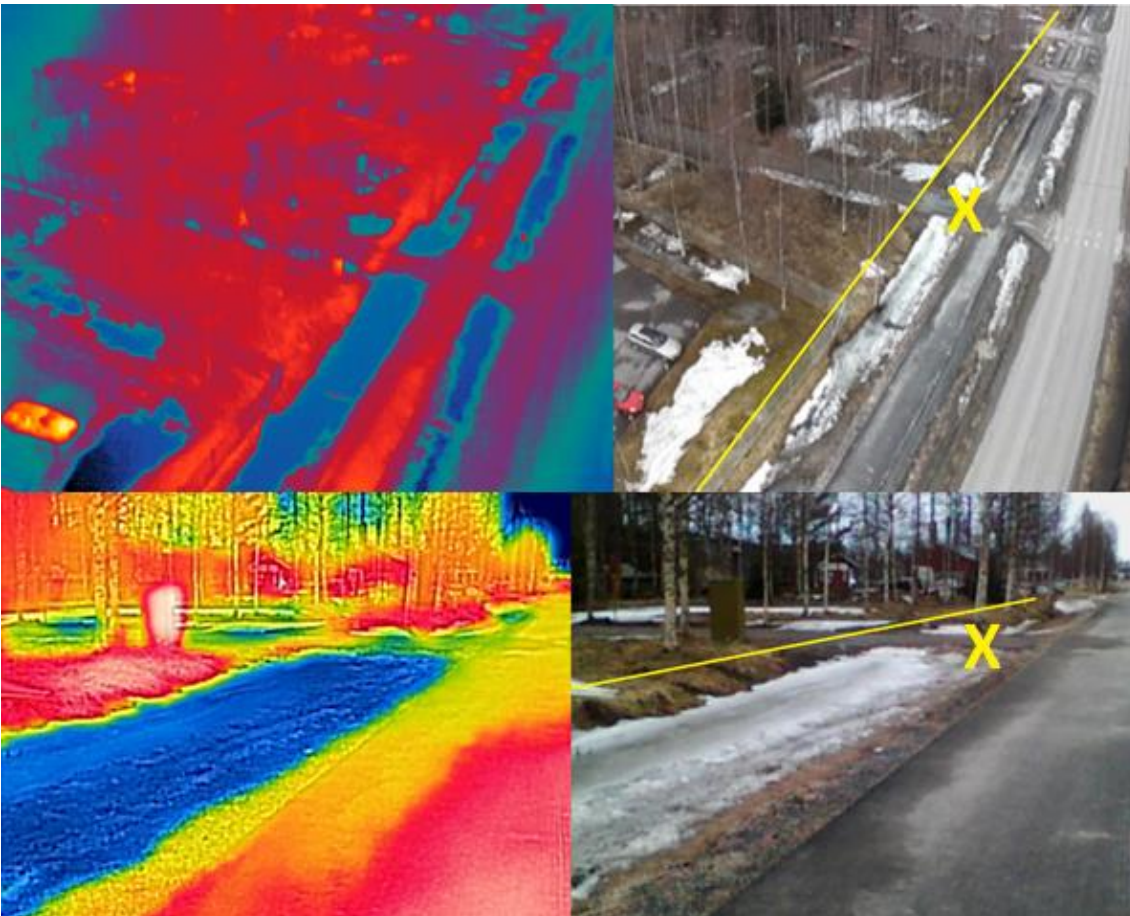
KUVA 20. Kaukolämpölinjan sijainti hälytysrajan avulla

Kaukolämpöverkoston vuotokohdat on helpoin paikantaa hälytysrajan avulla, koska hälytysrajaa säätämällä kuvaan jää selkeästi esille lämpimin kohta (KUVA 21). Kaukolämpölinjasta erottuville lämpimille alueille voi paikantamisen jälkeen tehdä lisätutkimuksia, kuten maaperän lämpötilamittauksia, tai koekaivauksia.



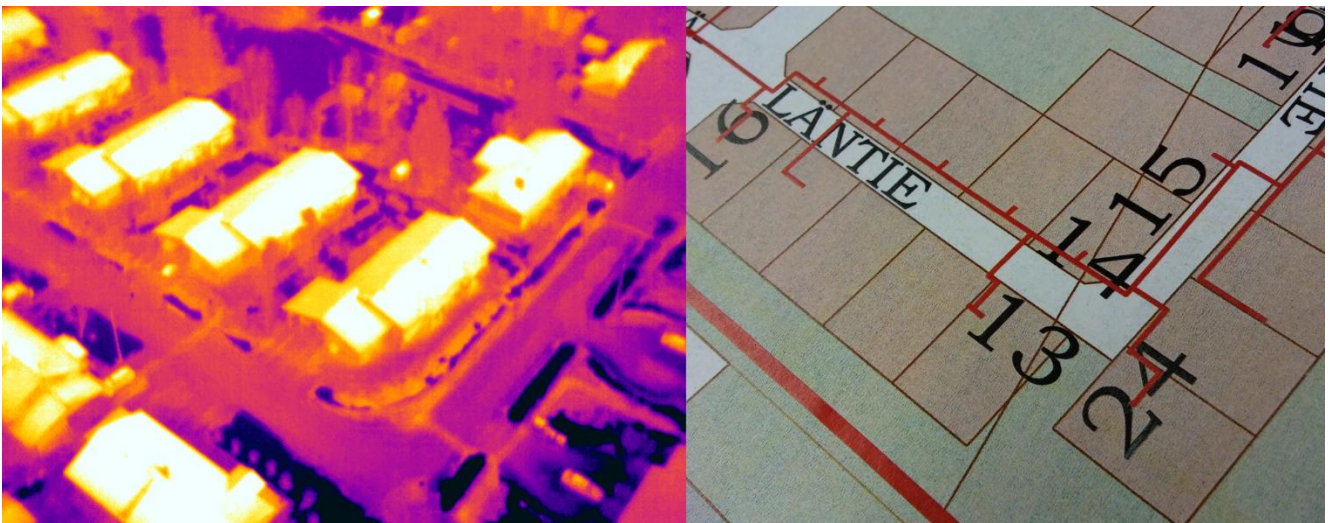
KUVA 21. Lämpimän kohdan paikantaminen kaukolämpölinjasta hälytysrajan avulla

Ilma-aluksella saadaan suuri alue kuvattua yhdellä kertaa käsikameraan verrattuna ja kuvista saadaan selkeämmin eroteltua kaukolämpölinjat sekä niissä esiintyvät lämpimät kohdat (KUVA 22).



KUVA 22. Samasta paikasta lämpökuva ja näkyvän valon kuva, ilmasta ja maan tasalta kuvattuna

Kuvaustyöt ilma-aluksella voidaan suorittaa, vaikka alueen kaukolämpöverkon kulkureiteistä ei ole tietoa, mutta kuvien käsittelytilanteessa olisi hyvä olla kaukolämpöverkoston kartta saatavilla. Lämpökuvasta ilmenevät lämpösäteilyt voidaan kartan mukaan todentaa kuuluvan kaukolämpöverkkoon, tai sen ulkopuolelle. Saadun kuvausmateriaalin ja kaukolämpöverkon kartan perusteella voidaan melko selkeästi todentaa ehjän kaukolämpölinjan näkyminen asutusalueella (KUVA 23). Jos kyseisen alueen kaukolämmön jakeluverkossa olisi vuoto, näkyisi se varmasti lämpökuvassa erittäin selvänä esiintymänä.



KUVA 23. Asutusalueen lämpökuva ja kaukolämpöverkoston kartta samalta alueelta

Dronekuvauksessa otettiin kaikkiaan noin 300 kuvaa. Aikani tutkittuani kuvia, totesin, että jokaisesta kuvasta pystyi erittelemään selvästi kaukolämpölinjan ja linjassa olevat kuumemmat pisteet. Kuvaamisen perusteella olettaisin, että vuototapauksessa lämmin kohta pystytään erottamaan kaukolämpöverkon lämpökuvasta hyvin tarkasti. Dronekuvauksesta saatua kuvamateriaalia on esitetty enemmän liitteessä 2.

8 YHTEENVETO

Päällimmäisenä tavoitteena työssä oli tarjota kaukolämpöyhtiöille kuvausmateriaalia, mielipiteitä ja käyttökokemuksia lämpökameran käytöstä kaukolämpövuotojen paikantamisessa.

Kaukolämpövuotojen etsinnässä luotetaan varsinkin pienien laitosten kohdalla vielä perinteisiin keinoihin, mutta paikantamiseen pyritään selvästi etsimään uusia toimintatapoja ja menetelmiä. Uudet menetelmät kohtaavat tunnetusti muutosvastarintaa, eikä saatavilla olevan tutkimustiedon vähyyks helpota asiaa. Tietoa etsiessäni huomasin itsekin, kuinka vaikeaa kaukolämpövuotojen paikantamisen kehittämiseen liittyvän kattavan materiaalin löytäminen on.

Käsi­käyttöisen kameran käytöstä saatiin kiitettäviä tuloksia, pienen harjoittelukuvaamisen jälkeen kaukolämpövuotojen kuvaaminen käsi­käyttöisellä kameralla onnistui varsin hyvin. Käsi­käyttöisen lämpökameran käyttö suuremman alueen vuotokartoituksissa on kuitenkin liian työ­lästä. Edellytyksenä käytölle on, että kaukolämpövuodoista on aiemmin saatu jonkinasteinen havainto, esimerkiksi lumisena aikana esiintynyt sula kohta. Kameralla saadaan sulan kelin aikana kuitenkin varmistus verkostossa olevalle vuodolle, kuten Kannuksen Kaukolämmön lämpökuvauksesta huomattiin.

Dronella suoritettava kaukolämpöverkon lämpökamerakuvaus huomattiin työn kirjotusvaiheessa suhteellisen uudeksi asiaksi. Vuoden 2016 lopulla Tampereella oli käynnistetty pilotti­hanke drone-kuvauksiin liittyen. Siinä mielessä opinnäytetyöni kulkee asian tiimoilta kärkijoukossa.

Työssä käytetty Centrian kuvauslaitteisto oli mielestäni hieman yliampuva ja hankalaksi koin sen, että kuvaamiseen tarvitaan kaksi ihmistä. Kuvauslaitteisto on ehdottomasti oltava yhden käyttäjän ohjattavissa, jolloin dronen käyttö on yksinkertaista sekä joustavaa ja kuvaamisen kustannukset ovat pienemmät. Onnistuimme saamaan hyvää kuvamateriaalia ja voin todeta dronen olevan erittäin käyttökelpoinen kaukolämpövuotojen paikantamisessa. Dronea käytettäessäkin olisi syytä olla jonkinlainen aavistus vuotoalueesta, koska koko kaukolämpöverkon kuvaaminen sokkona on melko järjetöntä. Tässä tapauksessa suurimpaan rooliin nousee vuoto­kohtien rajaaminen alueittain, jotta drone-kuvaukselle voidaan määrittää selvä alue kerrallaan tutkittavaksi.

Kaiken kaikkiaan työ sujui mallikkaasti, suurin ongelma oli drone-kuvauksen aikataulutus, koska koululla oli laitteille muutakin käyttöä, mutta kuvausaikataulun järjestäminen onnistui viimein. Itse olisin halunnut vielä mielenkiinnosta kokeilla samanlaista kuvausta pienemmällä ja edullisemmalla kalustolla. Tässä käytetty kalusto oli noin 20 000 euron arvoinen, mutta uskon, että käyttökelpoisen kaluston hankkimiseen ja kaukolämpövuotojen paikantamiseen riittää huomattavasti halvempikin kuvauslaitteisto.

Ehdottomasti suosittelen kaukolämpöyhtiöitä rohkeasti kokeilemaan ja kehittämään itselleen sopivia lämpökuvausmenetelmiä, lämpökameroilla, varsinkin dronen avulla, saadaan hyviä tuloksia.

LÄHTEET

- Bioenergia RY. 2017. E-pressi www-julkaisu. Saatavissa: <https://www.epressi.com/tiedotteet/maatalous/suomi-vaarassa-menettaa-energiatehokasta-sahkon-ja-lammon-yhteistuotantoa.html> Viitattu 4.4.2017.
- Elenia Oy. 2017. Miten kaukolämpö toimii? Saatavissa: http://www.elenia.fi/lampo_ ja_ kaasutietoa_ kaukolammosta/toiminta Viitattu 21.4.2017.
- Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris OY.
- Energiateollisuus ry. 2017. Energiavuosi 2016. Saatavissa: [http://energia.fi/ajankohtaista_ ja_ materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_ -_ kaukolampo.html#material-view](http://energia.fi/ajankohtaista_ ja_ materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_-_kaukolampo.html#material-view) Viitattu 22.3.2017.
- Energiateollisuus ry. 2017. Kaukolämmön tuotanto. Saatavissa: http://energia.fi/perustietoa_ energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon_ tuotanto Viitattu 4.3.2017
- Energiateollisuus ry. 2017. Lämmön ja sähkön yhteistuotanto on energiatehokasta. Saatavissa: http://energia.fi/perustietoa_ energia-alasta/energiantuotanto/yhteistuotanto Viitattu 4.3.2017
- Energia uutiset. 2015. Sähkön riittävyys huolenaiheena. Saatavissa: <http://www.energiauutiset.fi/uutiset/sahkon-riittavyys-huolenaiheena.html> Viitattu 7.4.2017.
- Gridjet Oy. 2017. Kaukolämpöverkot. Saatavissa: <http://www.gridjet.fi/districtfin.html> Viitattu 7.4.2017.
- Helsingin Sanomat. 2015. Sähköyhtiö nimitti kaukolämpökoiran – Jekku vainuaa vuotokohdat. Saatavissa: <http://www.hs.fi/kaupunki/art-2000002812544.html> Viitattu 4.4.2017.
- Infradex Oy. 2016. Flir Tools ja Tools+ ohjelmisto. Saatavissa: <https://www.infradex.com/flir-tools/> Viitattu 27.4.2017
- International District Energy Association. 2016. Saatavissa: <http://www.districtenergy.org/blog/2016/07/29/drones-used-to-monitor-french-district-heating-systems> Viitattu 11.4.2017.
- Jylli, S. 2017. Kannuksen Kaukolämpö Oy:n työnjohtaja henkilökohtainen tiedonanto. Keskustelu 17.3.2017.
- Kannuksen Kaukolämpö Oy. 2017. Kannuksen Kaukolämpö Oy:n verkosto. Saatavissa: <http://www.kannuksenkaukolampo.fi/verkosto> Viitattu 2.4.2017
- Kannuksen Vesiosuuskunta. 2017. Taksat ja maksut. Saatavissa <http://www.kvesi.fi/taksat-ja-maksut.html> Viitattu 19.3.2017 Viitattu 10.3.2017

Karppinen, I. 2015. Vuodonvalvontajärjestelmän liittäminen kaukolämpöverkkoon. Savonia Ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87595/Karppinen_liro.pdf?sequence=1 Viitattu 27.4.2017.

MultiCopterService MCS. 2016. MCS ja Tampereen Sähkölaitos Oy pilotoi. Saatavissa: <http://helikopteri-ilmakuvaus.fi/2016/11/21/lampokuvat-dronella> Viitattu 24.4.2017.

Procopter Oy. 2015. Etusivu. Saatavissa: <http://www.procopter.fi/> Viitattu 7.4.2017.

Putkikoira Oy. 2013. Saatavissa: <http://www.koiravalmennus.fi/putkikoira> Viitattu 10.4.2017.

Pärssinen, P. 2017. Keski-Pohjanmaan ammattiopiston lehtorin henkilökohtainen tiedonanto. Sähköpostikeskustelu 20.4.2017.

Talouselämä. 2015. Energiantuotanto. Saatavissa: <http://www.talouselama.fi/uutiset/tana-paivana-ei-suomeen-kannata-rakentaa-sahkon-ja-lammon-yhteistuotantoa-3365752> Viitattu 7.4.2017.

Tolvanen, J. 2017. VideoDrone Finland Oy:n toimitusjohtajan henkilökohtainen tiedonanto. Sähköpostikeskustelu 18.4.2017.

Vantaan energia. 2017. Nykylämpö. Saatavissa: <http://frantic.s3-eu-west-1.amazonaws.com/vantaanenergia/uploads/20150910092106/Nyky-lampo-1-2015.pdf> Viitattu 22.3.2017.

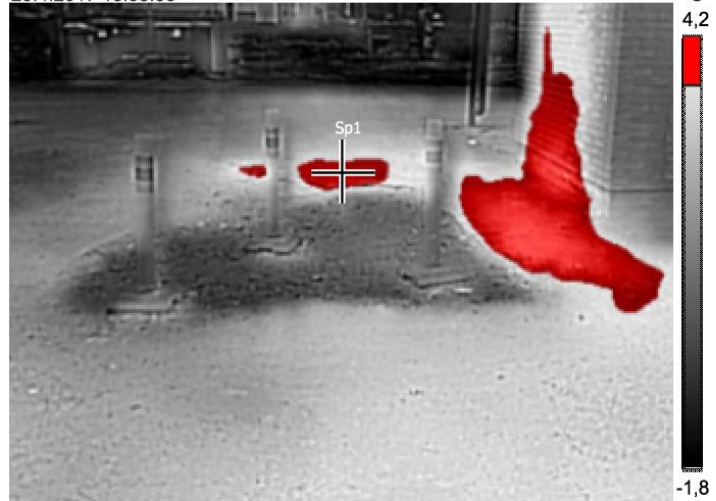
Mittaukset		°C
Sp1	3,7	
Hälytys (yli)		°C
Raja:	3.5	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	

Kannuksen Lukio

Suoraan paikkauskohdasta ei huomattavaa lämpöä.

Kaivon kansien vieressä poikkeamaa.

23.4.2017 18:35:38



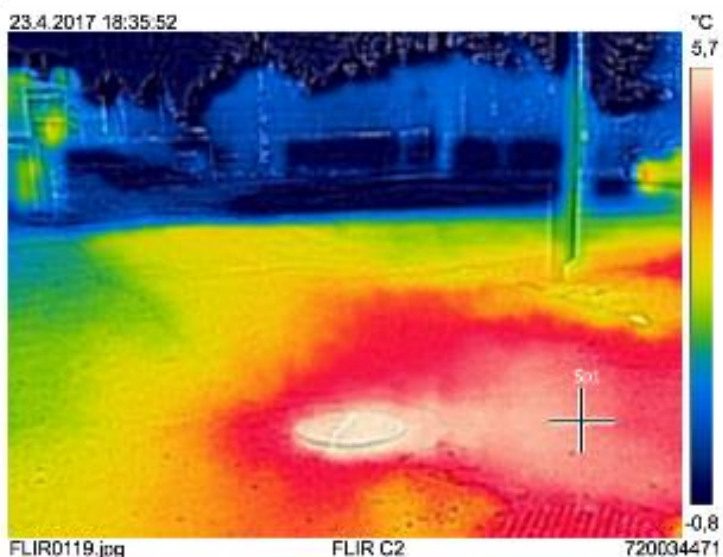
23.4.2017 18:35:38



Mittaukset		°C
Sp1	4.9	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	

Kaivojen vieressä maaperän lämpötila 4.9 C.

Kaivoista suositeltavsa mitata veden lämpötila, jos mahdollista.



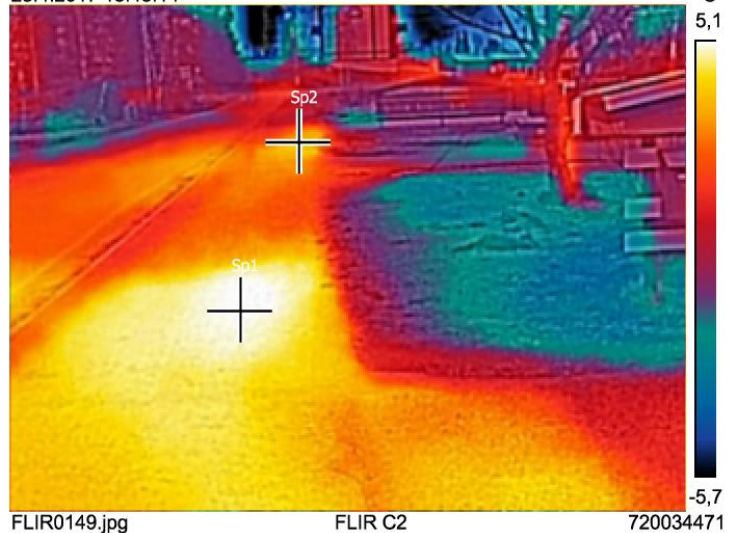
Mittaukset		°C
Sp1	5,1	
Sp2	4,3	

Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Miilutien alussa kirkon takana pyörätien reunassa useita lämpimiä kohtia, joita kannattaa käydä vilkaisemassa tarkemmin.

Osassa paikoista pintalämpötila yli 5 C.

23.4.2017 18:48:14



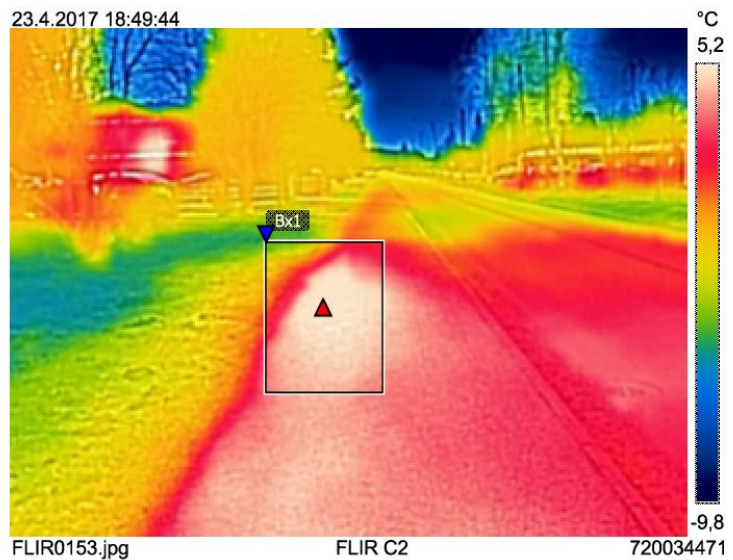
23.4.2017 18:48:14



Mittaukset		°C
Bx1	Max	5,4
	Min	-1,1
	Average	4,0

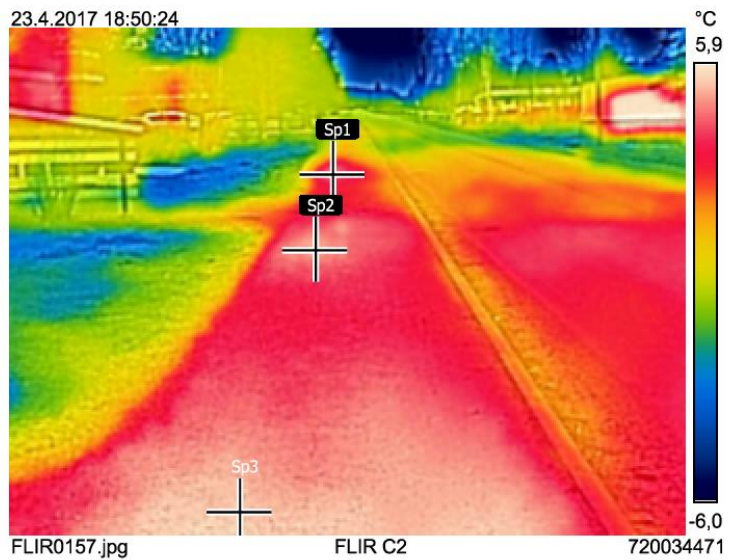
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Miilutie kirkon takana.



Mittaukset		°C
Sp1	4,9	
Sp2	5,1	
Sp3	5,3	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	

Miilutie kirkon takana.



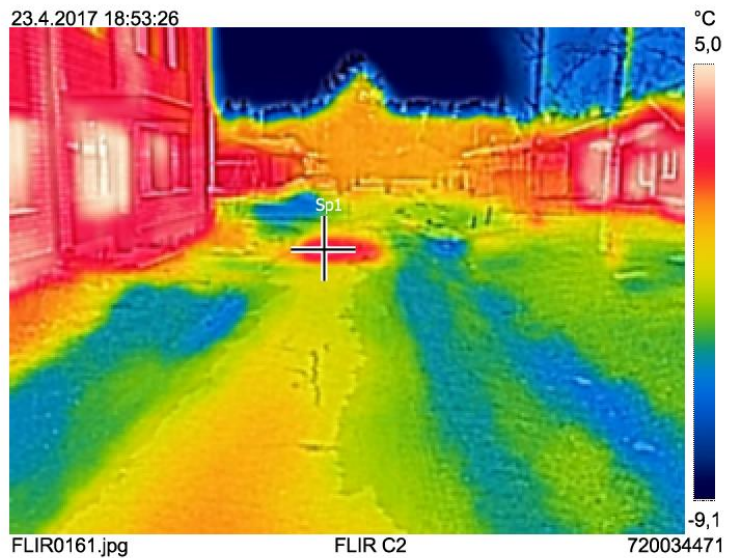
23.4.2017 18:50:24



Mittaukset		°C
Sp1	2,5	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	

Miilutie/Tarhatie

Kerrostalo paloaseman takana



23.4.2017 18:53:26



FLIR0161.jpg FLIR C2 720034471

Mittaukset	°C
Sp1	4,6
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

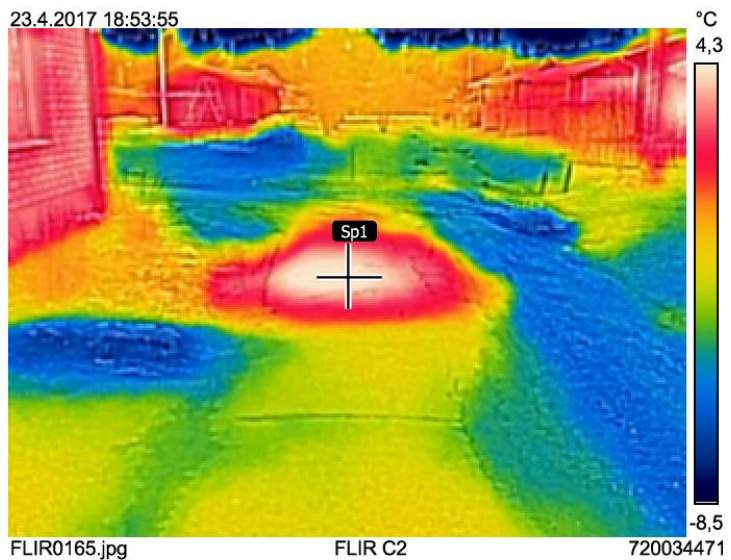
Miilutie/Tarhatie

Kerrostalo paloseman takana

Selvä vuotoaikka sisäänkäynnin vieressä.

HUOM. Maaperän lämpötila 4,6 C

VRT. Miilutien aikaisempiin lämpötiloihin!!!



23.4.2017 18:53:55



FLIR0165.jpg FLIR C2 720034471

Mittaukset		°C
Bx1	Max	4,4
	Min	-1,5
	Average	1,5

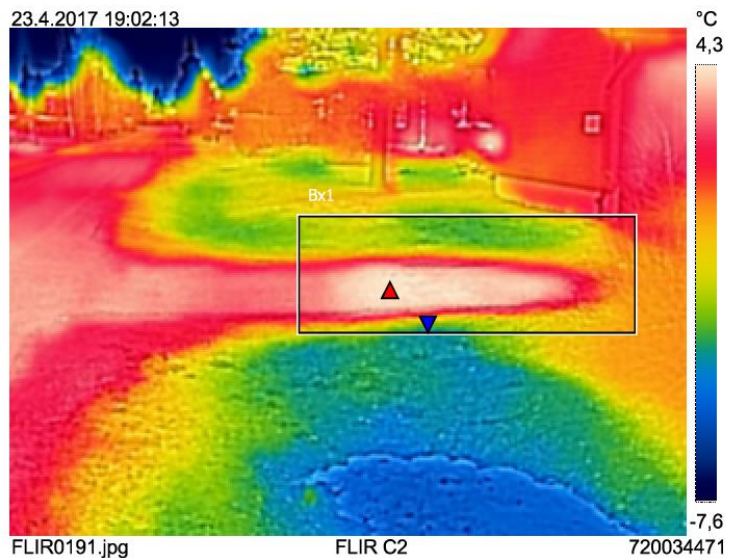
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Miilutie 16?

Liittymän kohta lämpimän oloinen.

Tosin lämpenemää ei näy nurmialueilla ja vieressä olevasta tiestäkin tulee lämpösäteilyä, luultavasti aurinko lämmittänyt päivän aikana.

Liittymän kohdalla mahdollisesti auringonpaisteen ja vanhan huonokuntoisen lämpöputken säteilyn yhteisvaikutus.



23.4.2017 19:02:13



Mittaukset		°C
Bx1	Max	2,6
	Min	-2,1
	Average	0,9

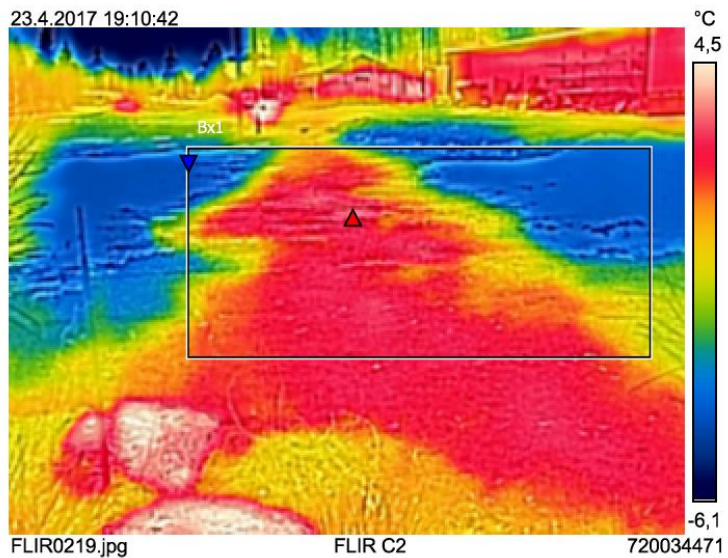
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Miilutie.

Kaupungin varikon takana
sulkukaivolta vanhaa pesulaa kohti.

Ei yhtä lämmintä pistettä
havaittavissa.

Luultavimmin vanhojen putkien
kuorien sisälle päässyt vettä, jolloin
eristysky huononee ja lämpösäteilyä
pääsee esiintymään runsaammin.



23.4.2017 19:10:42



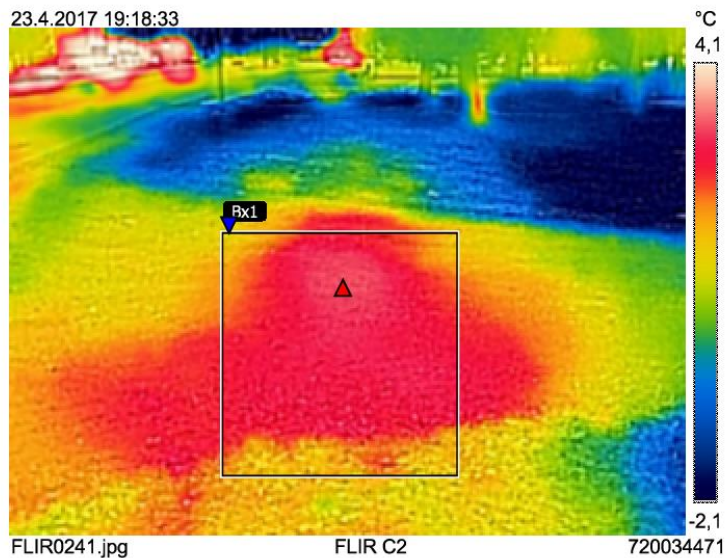
Mittaukset		°C
Bx1	Max	2,1
	Min	1,0
	Average	1,7

Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Asematie, paloaseman ja taksikopin välissä.

Liittymän kohdalla lämmin kuiva kohta.

Lämmin alue jatkuu kohti taksikoppia nurmialueella.



23.4.2017 19:18:33



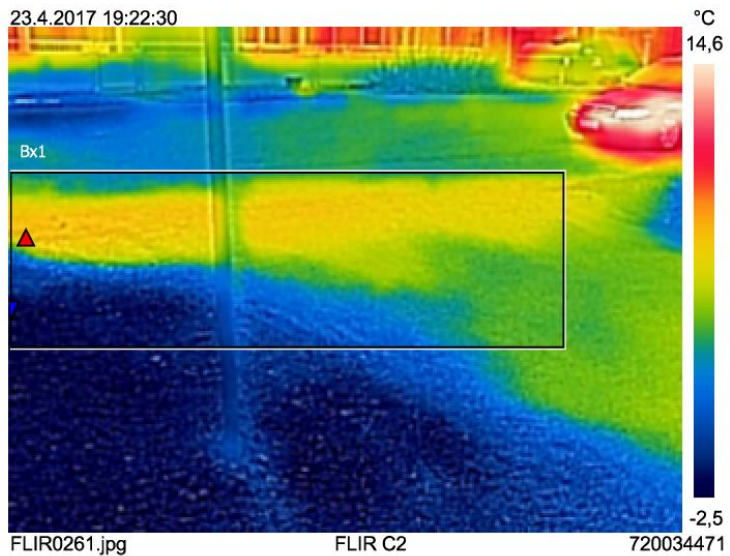


Kannuksen Kaukolämpö OY
Vuototutkimus Kannuksen alueella
25.4.2017

Mittaukset		°C
Bx1	Max	2,8
	Min	-2,5
	Average	0,7

Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Paloaseman/päiväkodin liittymässä
lämpöä putken kohdalla.

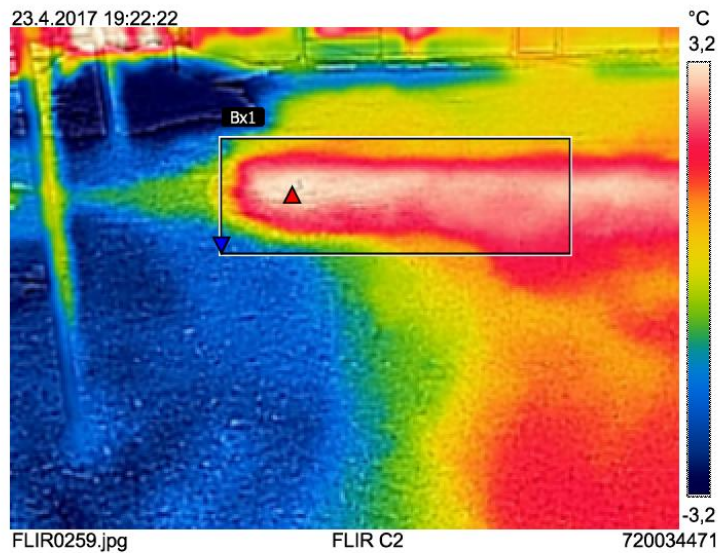


Mittaukset			°C
Bx1	Max	3,1	
	Min	-1,9	
	Average	1,5	

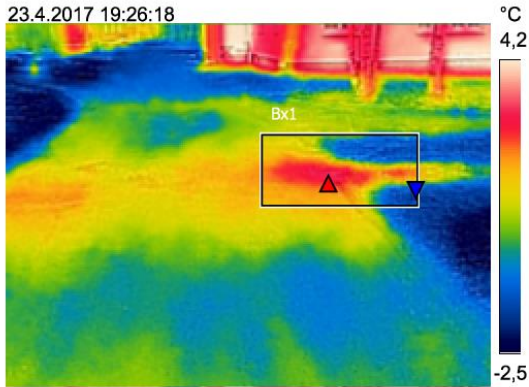
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Paloaseman/päiväkodin liittymässä
lämpöä putken kohdalla.

Korkein mittaustulos 3,1 C.



23.4.2017 19:26:18



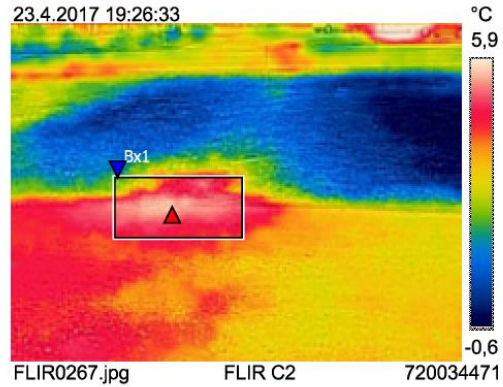
Mittaukset

Mittaukset			°C
Bx1	Max	2,4	
	Min	-1,3	
	Average	0,4	

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

23.4.2017 19:26:33



Mittaukset

Mittaukset			°C
Bx1	Max	5,4	
	Min	1,8	
	Average	4,1	

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

23.4.2017 19:26:18



FLIR0266.jpg

23.4.2017 19:26:33



FLIR0267.jpg

FLIR C2

720034471

Lopotinkatu, vanhan sairaalan vieressä.

Sorastien reunassa selvä lämmin kohta. Ylin lämpötila 5,4 C.

Mittaukset	°C
Sp1	7,1
Sp2	5,1

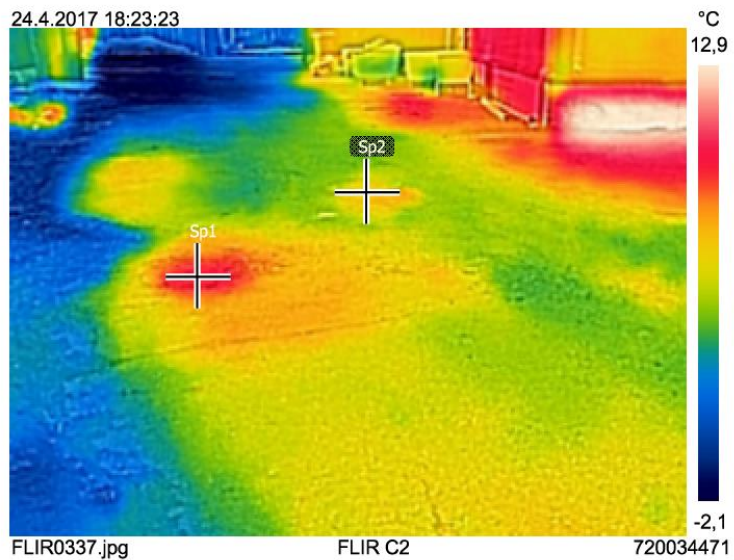
Parametrit	
Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Poutun piha-alue.

Laatikkopesulan vieressä Ypyänojan puolella.

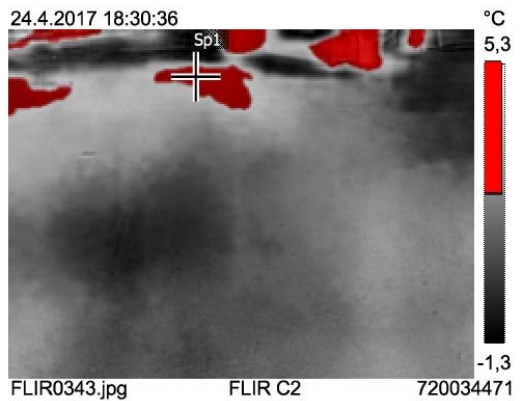
Ei lämpimiä kohtia maassa.

Toinen venttiilikaivoista lämpimämpi.

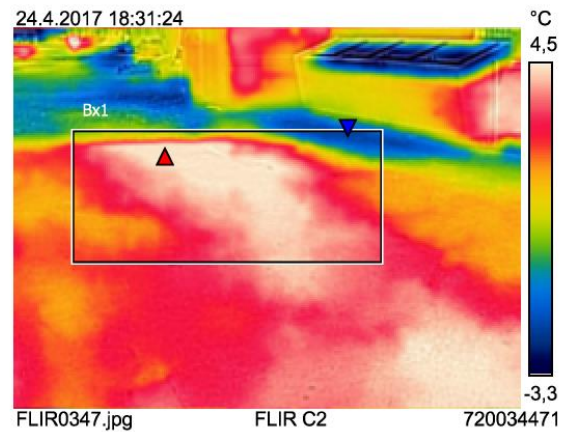


24.4.2017 18:23:23



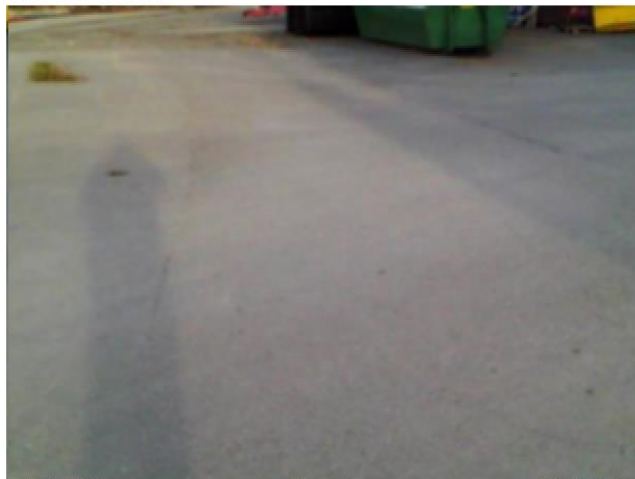


Mittaukset		°C
Sp1	2,9	
Hälytys (yli)		°C
Raja:	2.2	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	



Mittaukset			°C
Bx1	Max	4,8	
	Min	-0,9	
	Average	3,7	
Parametrit			
Emissiivisyys	0.95		
Heij. näenn.lämp.	20 °C		

24.4.2017 18:30:36



FLIR0343.jpg FLIR C2 720034471

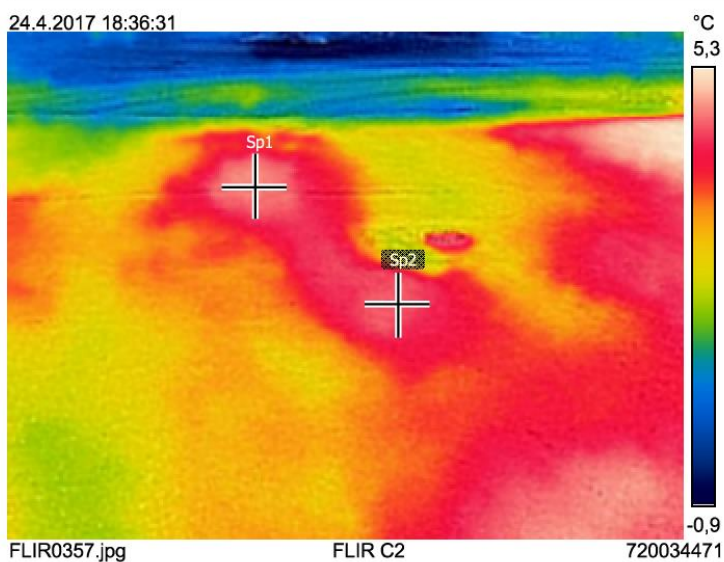
Keski-Pohjanmaan ammattiopiston piha.

Uuden konehallin lähellä.

Roskalavan vieressä kaukolämpölinjan kohdalla lämmin alue.

4,8 C

Mittaukset		°C
Sp1	4,3	
Sp2	4,1	
Parametrit		
Emissiivisyys	0.95	
Heij. näenn.lämp.	20 °C	



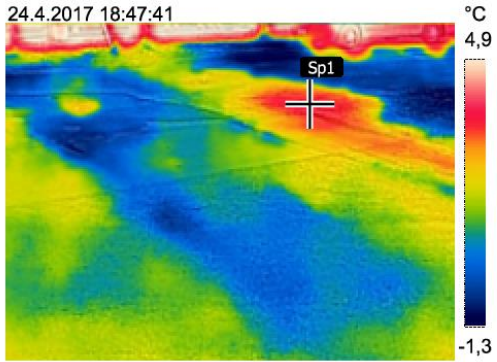
Keski-Pohjanmaan ammattiopiston
piha.

Vanhan navetan pääty.

Kaivon vieressä lämpöä.



24.4.2017 18:47:41



FLIR0365.jpg

FLIR C2

720034471

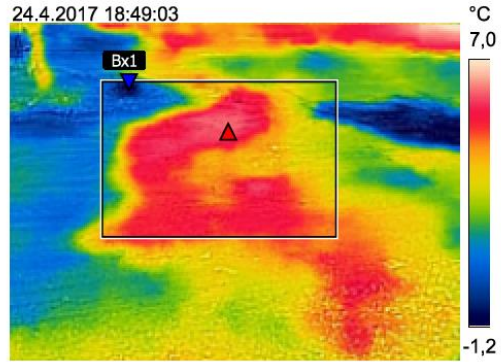
Mittaukset

	°C
Sp1	2,5

Parametrit

Emissiivisyys	0,95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

24.4.2017 18:49:03



FLIR0373.jpg

FLIR C2

720034471

Mittaukset

	°C
Bx1	Max 4,8
	Min -0,8
	Average 3,4

Parametrit

Emissiivisyys	0,95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

24.4.2017 18:47:41



FLIR0365.jpg

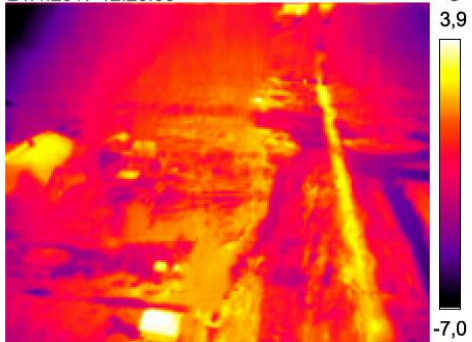
FLIR C2

720034471

 Vanhan Siwan takana sulkukaivon
 vieressä lämmin kohta.

4,8 C

24.4.2017 12:20:00



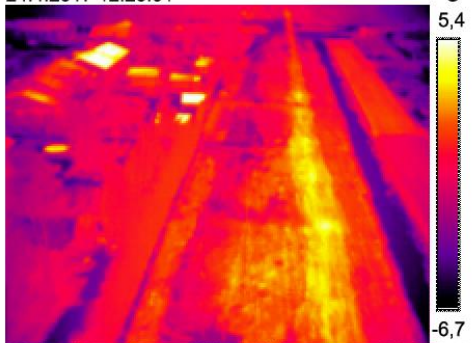
16_45_37_radio... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:19:59



16_45_37_mode...

24.4.2017 12:20:01



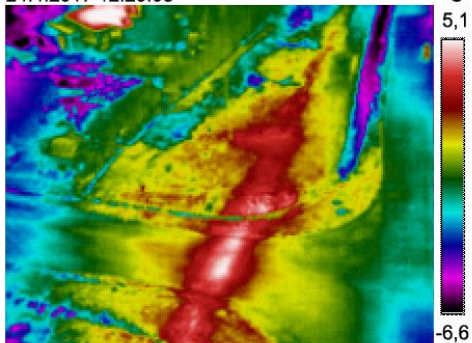
16_45_46_radi... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:20:01



16_45_46_mode...

24.4.2017 12:20:03



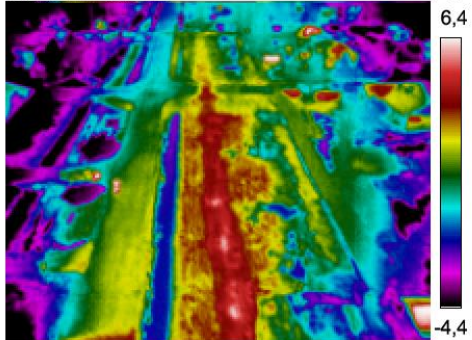
16_46_02_radio... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:20:03



16_46_02_mode_...

24.4.2017 12:20:11



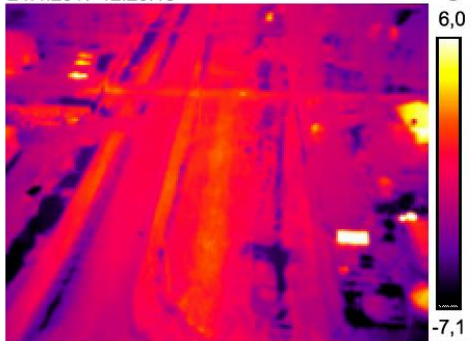
16_46_53_radio... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:20:11



16_46_53_mode...

24.4.2017 12:20:13



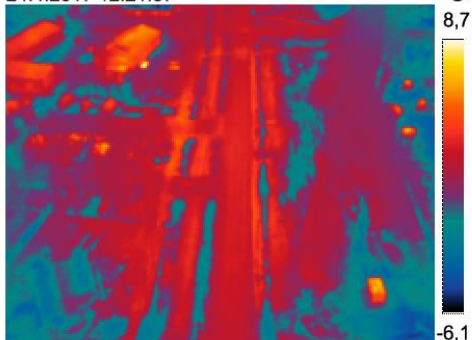
16_47_18_radi... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:20:13



16_47_18_mod...

24.4.2017 12:21:37



16_47_42_radio... FLIR TAU2 01538259

24.4.2017 12:21:36



16_47_42_mod...



Lämpökuvaus kauko-ohjattavan ilma-aluksen avulla
Ylivieskan alueella
24.4.2017

