

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Lämpökameran käyttö hydrauliiikan kunnossapidossa

Kristian Tuokkola

Konetekniikan opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää Sandvik Mining Oy:tä opinnäytetyön tekemisestä heille. Erityisesti haluan kiittää esimiestäni Timo Moilasta sekä ohjaajaani Tero Ylitaloa mielenkiintoisen ja haastavan aiheen keksimisestä sekä kaikesta tuesta työn loppuun saattamiseksi. Haluan kiittää myös työnohjaajaani Timo Kauppia. Erityisesti haluan kiittää avovaimoani Paulaa sekä perhettä, kaikesta tuesta koulun loppuun saamiseksi.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala

Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tuokkola Kristian
Opinnäytetyön nimi	Lämpökameran käyttö hydraulii- kunnossapidossa
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	26.4.2013
sivumäärä	40+ 2 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	TkL Timo Kauppi
Yritys	Sandvik Mining Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Poramestari Tero Ylitalo

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten lämpökameraa voitaisiin hyödyntää hydraulii-
kunnossapidon apuna. Työssä tarkasteltiin oikein tapahtuvaa lämpökuvaamista ja kuvien tulkitsemista. Työn tavoitteena oli saada Sandvikin kunnossapitohenkilöstölle ohje lämpökameran käyttöön ja kuvien analysointiin.

Lämpökameran käyttökohteita on nykyään monia: sähkö- ja lämpöverkoston kunnossapito, kiinteistöt, elintarviketeollisuus, teollisuuden kunnossapito ja monia muita. Lämpökameran käytön etuna on se, että se on nopea, tarkka ja rakenteita rikkomaton tutkimustapa saada viat esille.

Lämpökamerakuvat, joita työssä käytettiin, kuvattiin Sandvikin asiakkaiden toimipisteistä ja kuvien tulkitsemiseen käytettiin apuna hydraulii-
kunnossapidon ammattilaista. Työhön löytyi runsaasti luotettavaa tietoa lämpökameran käytön perusteista, mutta hydraulii-
kunnossapidon lämpökuvaamisesta erittäin niukasti. Vertailukelpoista materiaalia ei ollut. Kuvista saadut tulokset vahvistivat, että lämpökameran käyttäminen hydraulii-
kunnossapidon apuna toi helposti tarkkoja ja luotettavia tuloksia kun kuvaaminen on tapahtunut oikein.

Asiasanat: lämpökamera, kunnossapito, hydraulii-
kunnossapito, infrapuna.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology

Degree Programme	Mechanical Engineering
Name	Kristian Tuokkola
Title	Use of Thermal Camera on Hydraulic Maintenance
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	26 April 2013
Pages	40+ 2 appendixes
Instructor	Timo Kauppi, LicSc (Tech.)
Company	Sandvik Maining Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Tero Ylitalo, Drill supervisor

The final project function was to study how the thermal camera could be benefited in hydraulic maintenance. The purpose was to make a practical guide to Sandvik's staff of maintenance, for correct imaging and how to analyze the thermal images.

The thermal camera is used nowadays for industrial maintenance, real estates, food industry, electrical networks, heating network systems and many others. The thermal camera is easy to use, fast and accurate way to search the faults without breaking the object.

There were many reliably sources about the basics of using the thermal camera but not many in the hydraulic thermal imaging. Comparable material was not found. Images on this final project are taken in Sandvik's customers' offices. The hydraulic specialist helped to analyze thermal images and the conclusion was that reading images shows that using thermal camera in hydraulic maintenance gives precise and reliable results easily when imaging is done correctly.

Keywords: thermal camera, maintenance, hydraulics, infrared.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
1. JOHDANTO	1
2. SANDVIK	2
2.1. Historia	2
2.2. Sandvik nykyään	2
2.3. Sandvik Mining	2
2.4. Sandvik Construction	3
2.5. Tuotetehtaat Suomessa	3
3. KUNNOSSAPITO	5
3.1. Kunnossapidon määritelmä	5
3.2. Vikaantuminen	6
3.3. Kunnossapitolajit	7
3.3.1. Huolto	8
3.3.2. Ehkäisevä kunnossapito	8
3.3.3. Korjaava kunnossapito	8
3.3.4. Parantava kunnossapito	9
3.3.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	9
3.4. Tehokas kunnossapito	10
4. LÄMPÖKAMERAKUVAAMISEN TEORIA	11
4.1. Lämpökameratekniikka	11
4.2. Infrapunasäteily	11
4.3. Emissio	12
5. OIKEANLAINEN KUVAAMINEN	14
5.1. Kalibrointi ja etäisyys	14
5.2. Heijastumat	15
5.3. Ympäristö	16
5.4. Emissiokertoimen määrittäminen	16
5.5. Lämpötila-alueen ja väripaletin valinta	17
5.6. Metallipintojen kuvaus	19
6. HYDRAULIIKAN LÄMPÖKAMERAKUVAT	20
6.1. Hydrauliiikkapumppu	20
6.2. Painesuodatin	23
6.3. Painerajoitusventtiili	24
6.4. Venttiililohkot	25
6.4.1. Ohjaavat venttiilit	28
6.5. Hydrauliikkasyylinteri	30
6.6. Hydrauliikkamoottori	32
6.7. Paineakut	34

7. LÄMPÖKAMERAVERTAILU	35
8. YHTEENVETO	36
9. LÄHDELUETTELO.....	38
LIITELUETTELO	40

1. JOHDANTO

Työni aihe on sovittu yhdessä Sandvik Mining Oy:n kanssa. Työn aiheen valinta tuli poramestari Tero Ylitalon esityksen johdosta, kun olin kesätöissä Sandvikilla ja korjasimme poralaitteita, joiden vikoja ei voitu tarkasti paikallistaa. Lämpökameratekniikkaa ja sen potentiaalia löytää vikoja helposti ei ole hyödynnetty hydrauliiikan kunnossapidossa juuri lainkaan. Sandvikin kunnossapitohenkilöstö tarvitsee hyvän ja nopean tavan vikojen paikallistamiseen hydrauliiikkajärjestelmästä.

Tavoitteena on selvittää lämpökamerakuvauksen soveltumista hydrauliiikan kunnonvalvontaan ja antaa hyvät perusteet lämpökameran hankkimiselle, sekä löytää keinot oikein tapahtuvaan kuvaamiseen ja kuvien tulkitsemiseen. Työn tavoitteena oli myös saada mahdollisimman hyviä ja näkyviä tuloksia lämpökuvuihin. Ongelmaksi vain muodostui, ettei tarpeeksi huonokuntoisia hydrauliiikan toimilaitteita ollut.

Käyttäjän tulee tuntea termodynamiikan perusteita sekä ymmärtää siihen liittyviä eri materiaaleilla olevia ominaisuuksia. Kuvaajan tulee lisäksi ottaa myös muita tekijöitä huomioon kuten etäisyys, valaistus, ilmanvaihto sekä muut lämpösäteilyä aiheuttavat ja siihen vaikuttavat tekijät.

Työ alkaa nopealla katsauksella Sandvikin historiaan, jonka jälkeen käsitellään yleisesti kunnossapitoa. Josta siirrytään lämpökamerakuvaamisen teoriaan ja läpikäydään oikeaoppista kuvaamista. Seuraavaksi käydään omat analysoidut lämpökuvat läpi ja lopuksi verrataan lyhyehkösti kahden kameran tarkkuutta toisiinsa.

2. SANDVIK

2.1. Historia

Göran Fredrik Göransson perusti Sandvikin vuonna 1862. Hän osti pienen rautaruukin nimeltään Högbo Bruk vuonna 1855 ja onnistui ensimmäisenä soveltamaan Bessemer-menetelmää korkealaatuisen teräksen tuotantoon. Myöhemmin hän osti oikeudet menetelmän käyttöön Sir Henry Bessemeriltä. Sandvikin hallitsevat tuotteet 1860-luvulla oli junien rattaat ja akselit höyrylaivoihin sekä porateräs kiven poraukseen.

Vähitellen Sandvik laajensi toimintaansa lopputuotteisiin kuten sahoihin ja muihin työkaluihin, teräsputkiin ja reiälliseen porateräkseen. /13/

2.2. Sandvik nykyään

Sandvik koostuu nykyään neljästä vahvasta liiketoiminta-alueesta: Sandvik Mining, Sandvik Construction, Sandvik Tooling ja Sandvik Material Technology. Vuonna 1997 Sandvik-konserni osti Tamrockin. Tamrock ja Sandvik Rock Tools muodostivat yhdessä Sandvik Mining and Construction -liiketoiminta-alueen. Vuoden 2012 alussa Sandvik Mining and Construction jaettiin kahteen liiketoiminta-alueeseen: Sandvik Mining ja Sandvik Construction. Vuonna 2011 konserni työllisti 50 000 henkilöä, ja sillä oli työntekijöitä ja toimintaa yli 130 maassa. Liikevaihto oli lähes 94 miljardia Ruotsin kruunua. /13/

2.3. Sandvik Mining

Sandvik-konserniin kuuluva Sandvik Miningin tuotteita ovat mm. poralaitteet, mekaanisen louhinnan laitteet, murskaimet, lastaus- ja kuljetuskoneet sekä materiaalinkäsittelyn laitteet. Sandvik Mining on johtava kaivosteollisuuden laitteiden ja työkalujen sekä huolto-

ja teknisten palveluiden tuottaja. Vuonna 2011 liikevaihto ylitti 32,2 miljardia Ruotsin kruunua. Yhtiössä työskenteli n. 13 200 henkilöä. /13/

2.4. Sandvik Construction

Sandvik-konserniin kuuluva Sandvik Constructionin Tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa porakalusto, poravaunut, iskuvasarat, kiinteät ja mobiilit murskaus- ja seulontaratkaisut sekä maanalaisen rakentamisen poralaitteet, mekaanisen louhinnan laitteet, lastaus- ja kuljetuslaitteet ja näihin liittyvät palvelut. Construction tuottaa laitteita ja niihin liittyviä palveluja ja kokonaisratkaisuja maarakennusteollisuuden eri aloille, kuten louhintaan, kalliorakentamiseen, yhdyskuntarakentamiseen, kiviainestuohtantoon, purkuun sekä kierrätykseen. Vuonna 2011 liikevaihto ylitti 9 miljardia Ruotsin kruunua. Liiketoiminta-alueella työskenteli noin 3 900 henkilöä. /13/

2.5. Tuotetehtaat Suomessa

Sandvikin tuotetehtaita Suomessa sijaitsee viidellä paikkakunnalla:

- **Turun** tehtaalla valmistetaan kuljetus- ja lastauskoneita
- **Tampereen** tehtaalla valmistetaan avolouhintalaitteita, tunnelinporauslaitteita, kaivos- ja tuotantoporauslaitteita sekä pultituslaitteita. (Kuvat 1 & 2)
- **Lahden** tehtaalla valmistetaan hydraulisia iskuvasaroita ja leikkurimurskaimia.
- **Hollolassa** suunnitellaan massatavarankäsittelyyn liittyviä projekteja maailmanlaajuisesti.
- **Vantaan** myyntikonttorin tuotevalikoimaan kuuluvat: ruostumattomat putket, tankoteräksset, nauhat, langat, hitsauslisäaineet ja sähkövastusmateriaalit sekä kovametallityökalut sorvaukseen, jyrsintään ja poraukseen. /13/



Kuva 1. Päättä iskevä porauslaite DP800i /13/



Kuva 2. Maanalainen porauslaite: Jumbo DD531 /13/

3. KUNNOSSAPITO

Puhuttaessa kunnossapidosta tulee yleensä ensimmäisenä mielikuva erilaisista laitteista ja niiden korjaamisesta. Nämä ovat hyvinkin paikkaansa pitäviä kunnossapitoa ajatellessa, mutta se on paljon muutakin. Kunnossapitoa tapahtuu paljon ympärillämme; työpaikalla, liikenteessä, kotona ja monessa muussa paikassa. Kunnossapidon työntekijöillä on usein selkeä käsitys, mitä he työssään tekevät ja miksi. Kunnossapidon parissa työskentelevillä on historiansa ja kokemuspohjansa kautta ymmärrys, mitä kunnossapidolla tarkoitetaan ja kuinka moniulotteista kunnossapito on. Käsitteet vaihtelevat paljon sen mukaan, millaisessa yrityksessä he työskentelevät ja mikä on heidän asema organisaatiossa. /8/

Kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää laitteet, koneet ja tilat käyttökunnossa. Tämä on hyvin yleinen ajattelutapa niille, jotka eivät työskentele kunnossapidossa. Ensimmäinen mielikuva kunnossapidosta korjauspalveluna pitää edelleen paikkaansa, mutta korjaustoiminto ei ole kunnossapidon ainoa eikä tärkein tarkoitus. Monilla on vielä nykyään varsin vanhanaikainen käsitys kunnossapidosta. Vuosien varrella kunnossapitoa on ryhdytty pitämään pakollisena, välttämättömänä kuluna toiminnan takaamiseksi. Onneksi nykyaikana on opittu arvostamaan kunnossapitoa yhtenä tärkeänä tuotannontekijänä. Kunnossapito-organisaatio joka on hyvin hoidettu ja ohjattu takaa kilpailukyvyn. /8/

3.1. Kunnossapidon määritelmä

Standardin mukaan kunnossapito on teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus. Tarkoitus on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan toiminnon sen koko niin sanottuna elin aikana. Tavoitteen saavuttamiseksi on suoritettava kunnonvalvontaa, huoltoja sekä erilaisten koneiden ja laitteiden korjausta ja modifiointia. /11/

Tekniikan tohtori Jorma Järviö muotoilee kunnossapidon olevan käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä ja säilyttämistä. Tämän mukaan kunnossapitoon sisältää seuraavat asiat:

- koneen modernisointi
- laitteen toimintakunnon ylläpitäminen
- palauttaminen alkuperäiseen kuntoon
- suunnitteluheikkouksien korjaaminen
- laitteen käytön turvallisuus
- laitteen laaduntuottokyky
- laitteen elinjakson hallinta
- oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen
- käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen. /8/

3.2. Vikaantuminen

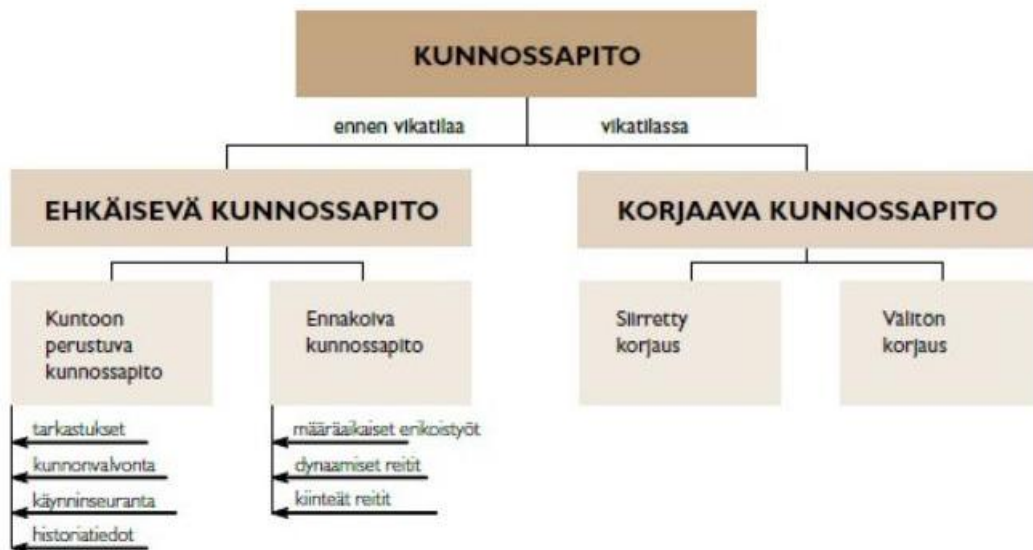
Vikaantuminen on tapahtuma, jossa toimilaitteen toiminta päättyy tai toimintamahdollisuus estyy, jolloin se ei voi suorittaa vaadittua toimintaansa oikein. Se siis aiheuttaa esimerkiksi koneeseen vikatilaa. /5/

Vian kohde voi olla mikä tahansa komponentti, osajärjestelmä, toiminnallinen yksikkö, välineistö tai järjestelmä, ohjelmisto tai useampi kerrallaan. Kohteen vikaantuessa vaadittu toiminto puuttuu tai se ei ole kriteerien mukainen joko määrällisesti tai laadullisesti. /5/

Vika voi aiheuttaa häiriöitä tai vaurioita. Häiriön korjaaminen onnistuu pienemmillä toimenpiteillä, esimerkiksi säätämällä tai puhdistuksella. Häiriöt aiheuttavat tuotannon menetyksiä, vaikka häiriö ei varsinaisesti rikkoisi kohdetta. Häiriöt pitää korjata välittömästi, jotta tuotanto saadaan palautettua normaaliin tilaansa. Vauriot ovat samantyyliä kuin häiriöt, mutta kohteen vaurioituessa kohde on rikki. Toisin kuin häiriökorjauksessa, vaurion tapahtuessa joudutaan käyttämään korjaavaa kunnossapitoa, jolloin tuotannon palauttaminen normaaliin kestää kauemmin. /5/

3.3. Kunnossapitolajit

Moni jakaa kunnossapidon toimintoja lajeihin. Standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapitolajit kuvan 3 mukaisesti kahteen osaan; ennen vikaantumista ja vikaantumisen jälkeen suoritettavaan. Ennen vian havaitsemista tapahtuvassa kunnossapidossa on kyse ehkäisevästä kunnossapidosta, joka jakaantuu kuntoon perustuvaan ja jaksotettuun kunnossapitoon. Havaitessa vika jälkeinpäin on se korjaavaa kunnossapitoa joka on siirrettyä tai välitöntä. /12/



Kuva 3. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13360) /11/

Muiden standardien määritelmät ovat karkeita yksinkertaistuksia kunnossapidosta eivätkä ne sisällä esimerkiksi viime vuosina yhä menestyksellisemmäksi todettua toimintaa vikojen ja vikaantumisen selvittämiseksi. /11/

Jokapäiväisestä kunnossapidosta voidaan tunnistaa viisi päälajia:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen /11/

3.3.1. Huolto

Huoltamalla pidetään käyttöominaisuuksia yllä, palautetaan heikentynyt toiminta ennen kuin vika syntyy tai estetään vaurion syntyminen. Jaksotettu huolto tehdään määräytyvin välein käyttöajan tai määrän mukaan. Jaksotetussa huolla kohteille tehdään puhdistukset, voitelut, kalibroinnit ja kuluvien osien vaihdot. Ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä huollon kanssa. /12/

3.3.2. Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla kone pidetään toimintakunnossa etukäteen suunnitelluin ja määräajoin suoritetuin toimenpitein. Määräaika voi perustua kokemukseen, kuinka kauan laite keskimäärin kestää. Ennakkohuollon apukeinoja ovat kunnonmittaukset ja -tarkastukset. Mittauksia ja tarkastuksia suoritetaan aistihavainnoin, mutta nykyaikaisia menetelmiä ovat muun muassa ultraäänimittaukset, värinämittaukset ja öljy-analyysit. Mittausten ja tarkastusten lisäksi ehkäisevä kunnossapito sisältää laitteiden määräysten mukaisuuden ja toimintakunnon toteamisen, käynninvalvonnan sekä vikaantumistietojen analysoinnin. Ehkäisevä kunnossapito on jatkuvaa, aikataulutettua tai sitä tehdään tarpeen mukaan. /11/, /12/

3.3.3. Korjaava kunnossapito

Korjaavaa kunnossapitoa pyritään vähentämään ennakkohuollolla. Kuitenkin tulee tilanteita, jolloin kone rikkoutuu ja se pitää heti vaihtaa. Korjaavaa kunnossapitoa ovat henkilöstön ilmoittamat korjaustyöt, hälytyskorjaukset, sekä ilmoitusten perusteella tehtävät korjaukset ja toimintakunnon palauttamiset. Korjaavassa kunnossapidossa vikaantunut komponentti tai osa korjataan. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy vian tunnistaminen, määrittäminen, paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus sekä toimintakuntoon palauttaminen. /11/, /12/

3.3.4. Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito tarkoittaa asioita, jotka parantaa koneen toimintoja tai helpottaa kunnossapitotoimintoja. Muutokset voivat johtua esimerkiksi kehityksen vaatimuksesta tuotantoon tai työsuojelun tarpeista. Parantavan kunnossapidon tarkoitus on parantaa koneiden luotettavuutta ja käytettävyyttä sekä muuttaa niiden epäkohtia paremmiksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä laitteeseen vaihdetaan uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset, suorituskykyä ei näin varsinaisesti muuteta. Toisessa pääryhmässä koneen toimintaa ja sen luotettavuutta parannetaan korjauksilla ja uudelleen suunnitteluilla, jotka eivät vaikuta suorituskykyyn. Kolmannen pääryhmän muodostavat modernisoinnit, näissä kohteen suorituskykyä parannetaan. Usein modernisoinnilla uudistetaan myös valmistusprosessia koneen ohella. Esimerkiksi vanhentuneella paperikoneella ei pystytä enää valmistamaan uutta paperilajia kilpailukykyisesti, koneella olisi vielä elinaikaa jäljellä, niin on järkevämpää uudistaa vanha kone kuin ostaa uusi tilalle. /11/ , /12/

3.3.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä selvitetään vian perussyö ja vikaantumisprosessi. Kun perussyö ja vikaantumisprosessi ovat selvillä, voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vahingon uusiutuminen. Analyysit vaativat erikoisosaamista jonka takia jokaista rikkoontumista ei kannata analysoida. Tavanomaisimmat menetelmät ovat: vika-analyysi, mallintaminen, vikaantumisen selvittäminen, perussyöyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analyysit sekä vikaantumispotentiaalnin kartoitukset / riskinhallinta. /12/

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä paikannetaan tekijät jotka vaikuttavat epäsuotuisasti tuotantoprosessiin. Epäsuotuisa tekijä voi olla esimerkiksi väärä käyttötapa tai huonosti suunniteltu komponentti tai yleisesti teollisuudessa ilmenevä väärä mitoitus. Esimerkiksi väärin mitoitettu pumppu, tämä vaikuttaa laitteen elinikään epäsuotuisasti. /12/

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei mielletä kunnossapitoon kuuluvaksi tehtäväksi. Tärkeys ymmärretään, mutta harva yritys selvittää vikoja ja vikaantumisia systemaattisesti.

Asiantuntijat pitävät vikahistorioiden ja riski analyysien käyttöä yhtenä tärkeimpänä kunnossapitoa ohjaavana voimana. /12/

3.4. Tehokas kunnossapito

Kunnossapitäjien pitää osata laatia koneelle mahdollisimman järkevä kunnossapitostrategia, jotta kunnossapito olisi tehokasta. Heidän on osattava myös toteuttaa ne niin, että koneen suorituskyky säilyy mahdollisimman hyvänä. Kunnossapidon tärkeimpänä tavoitteena voidaan pitää valmistusprosessin tehokkuuden optimointia. /12/

4. LÄMPÖKAMERAKUVAAMISEN TEORIA

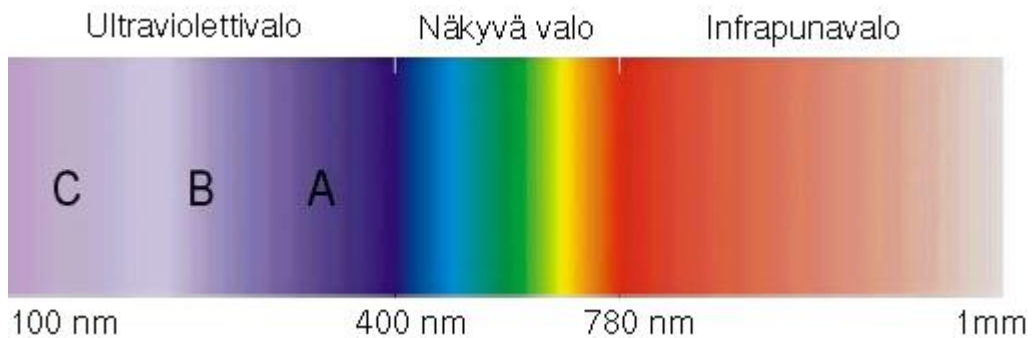
Lämpökamerakuvaus perustuu infrapunasäteilyyn eli lämpösäteilyyn. Lämpökuvaus on rakenteita rikkomaton menetelmä, jossa mitataan kohteen pintalämpötilaa. Kuvien ja muiden mittaustulosten avulla saadaan vauriot, viat tai puutteet paikannettua nopeasti. Lämpökuvaus on edullinen, tarkka ja nopea tutkimusmenetelmä.

4.1. Lämpökameratekniikka

Lämpökamera mittaa kuvattavan kohteen pinnasta luonnostaan lähtevää lämpösäteilyä. Jokainen kappale säteilee infrapunasäteilyä, jonka lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$). Lämpökamera muuntaa lämpösäteilyn näkyvään muotoon, eri värit kuvaavat eri lämpötiloja. Kohteen lähettämä infrapunasäteily kulkeutuu kameran linssin, muun optiikan ja suodattimien kautta infrapunaherkälle sensorille joka muuttaa infrapunasäteilyn sähköiseksi signaaliksi. Kameran elektroniikka digitalisoi signaalin ja se muokataan kalibrointikäyrien avulla. Lopulta signaalista muodostuu kappaleen lämpötilatieto, joka näkyy kuvaruudulla tai etsimessä. Tämänhetkisillä lämpökameroilla voidaan havaita jopa $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilaero ja kuvaa voidaan tallettaa kameran muistin lisäksi myös videolle tai erillisille muistikorteille. /10/

4.2. Infrapunasäteily

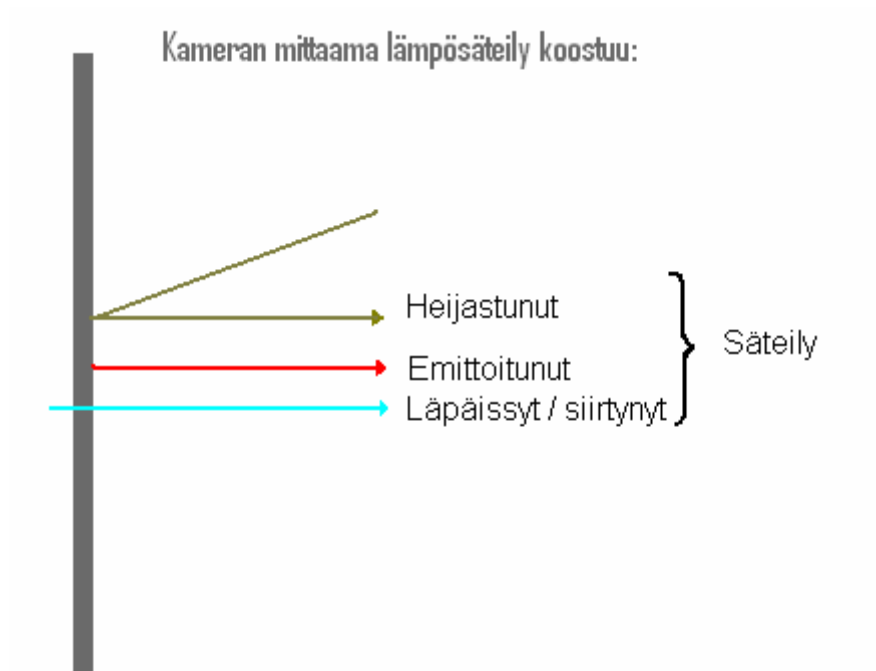
Infrapuna on pitkäaaltoisempaa sähkömagneettista säteilyä kuin näkyvä valo. Lähinnä valon aluetta ilmenevää infrapunaa kutsutaan lähi-infrapunaksi. Infrapunasäteily eli lämpösäteily on pitkäaaltoisempaa kuin lähi-infrapuna. Jokainen kappale jonka lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen lähettää infrapunasäteilyä. Tämä johtuu kappaleen tarpeesta päästä energiastaan eroon. Infrapunasäteilyn aallonpituus on ihmiselle näkyvän valon ($0,35\text{-}0,7\text{ }\mu\text{m}$) aallonpituuden yläpuolella ($0,7\text{-}1000\text{ }\mu\text{m}$) (kuva 2) /6/ , /14/



Kuva 4. Sähkömagneettinen spektri. /7/

4.3. Emissio

Jokaisella kappaleella on taipumus emittoida lämpösäteilyä. Tätä kutsutaan emissiokertoimeksi josta käytetään symbolia ϵ (epsilon). Emissiivisyys tarkoittaa tietyssä lämpötilassa kappaleen kykyä luovuttaa säteilyä suhteessa samassa lämpötilassa olevaan mustaan kappaleeseen. Kuvassa 5 esitetään lämpötilan muodostumista kappaleen pinnasta mitattaessa. Kappaleen täytyy emittoida ja absorboida yhtä paljon energiaa jotta se olisi ympäristönsä kanssa termisessä tasapainossa. Kappale alkaa jäähtyä tai lämmetä jos tämä emission ja absorption suhde muuttuu. Kappale siis emittoi ja absorboi yhtä paljon säteilyenergiaa samassa ajassa. Kappaleeseen tulevasta säteilystä osa heijastuu käytännössä aina. Lämpökameroissa tätä emission ja absorption suhdetta pyritään korjaamaan emissiokertoimen avulla niin, että mitataan vain kuvattavan kappaleen lämpötilaa eikä heijastunutta komponenttia. Tärkeimpiä emissiivisyyskertoimia löytyy liitteessä 1. /14/



Kuva 5. Lämpötilan muodostuminen pinnasta mitattaessa /14/

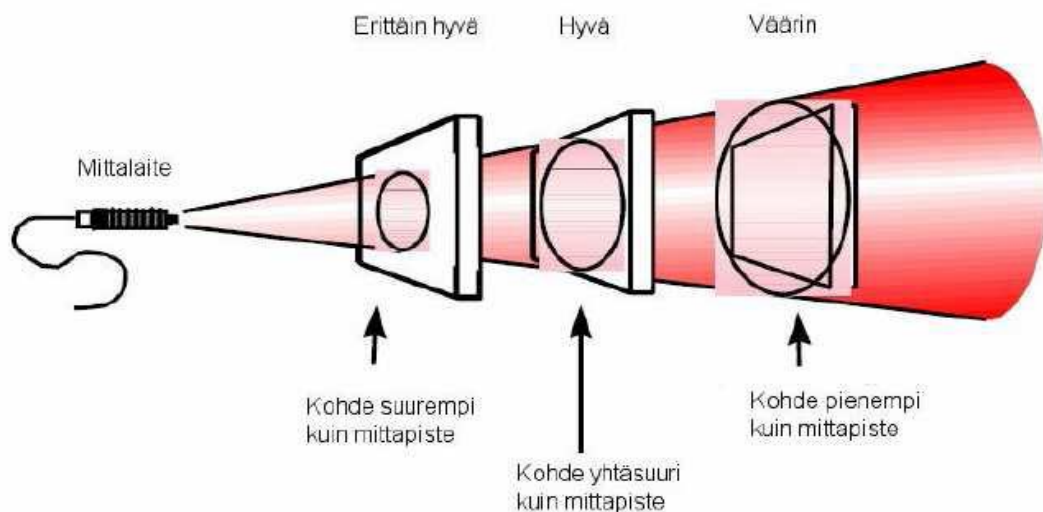
Kappaleesta mitattu arvo on hankala erottaa onko se kappaleen oma lämpötila, vai onko osittain kysymyksessä ulkopuolisesta säteilystä johtuva heijastus. Mittaustilanteessa tätä suhdetta pyritään korjaamaan muuttamalla kappaleen emissiokertoimeksi annettua arvoa. Kun kappaleen emissiokerroin pystytään määrittämään, voidaan eliminoida lämpötilatuloksista vääristäviä tekijöitä. Emissiokertoimen arvo voi vaihdella välillä 0 ->1. Kappaleen emissiokertoimen ollessa lähellä yhtä (1) kutsutaan sitä mustaksi kappaleeksi. Tällainen kappale ei heijasta säteilyä lainkaan. /14/

5. OIKEANLAINEN KUVAAMINEN

5.1. Kalibrointi ja etäisyys

Lähtökohta onnistuneeseen kuvaamiseen on, että kamera on ympäristönsä kanssa termisessä tasapainossa. Kuvausympäristön lämpötilan muuttuessa ennen kuvaamisen aloittamista tulee kameran lämpötilan antaa tasoittua 10 minuuttia. Jos tilojen lämpötilaero pieni, vain joitakin asteita, riittää kalibrointi kamerassa olevalla kalibrointipainikkeella. /10/

Lämpökamera vastaanottaa ympyränmuotoiselta alueelta kappaleen lähettämää infrapunasäteilyä. Kuva 6 esittää kuvausetäisyyttä, jotta kuvattava kohde on suurempi kuin ympyränmuotoinen alue. Tämä on tarpeen siksi, että taustalta tuleva infrapunasäteily aiheuttaa mittausvirhettä, jos alue ei ole kappaletta suurempi. Kuvausetäisyyden pitää olla oikea, jotta saataisiin paras mahdollinen mittaustulos. Jos löydetään jokin vika, on kuvattava lämpökameralla mahdollisimman läheltä niin, että kuvassa näkyy vain vikakohta tarkkana. /4/



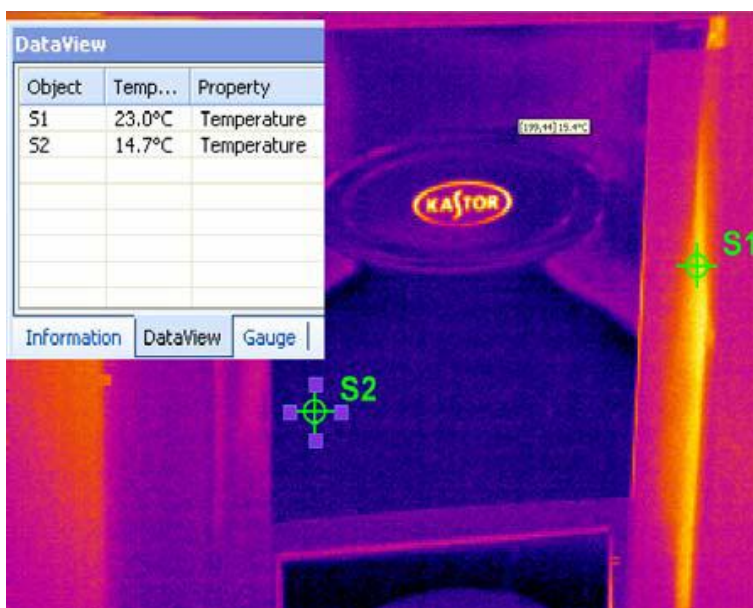
Kuva 6. Kuvaus etäisyys /4/

5.2. Heijastumat

Heijastumisella tarkoitetaan tilannetta, jossa kuvasta voidaan lukea lämpötila-arvo mikä ei ole kappaleen itsensä emittoima, vaan on peräisin ympäristössä olevasta säteilijästä. Kuvassa 7 on esitetty kuinka heijastuma helposti johtaa harhaan. Kiukaan kiiltävään metallipintaan heijastuu vieressä olevan patterin lämpö joka vääristää lämpökuvaa. Säteilyn aiheuttaja tulisi poistaa, mutta jollei tämä ole mahdollista on kohde suojattava eristämällä tai vaihtamalla kuvaus kulmaa kuten kuvassa 8. /14/



Kuva 7. Kiuas heijastaa patterin lämpöä /14/



Kuva 8. Kuvaus kulman muuttaminen heijastuman ehkäisemiseksi /14/

5.3. Ympäristö

Vesihöyry ja hiilidioksidi vaimentavat osan infrapunasäteilystä tietyillä aallonpituusalueilla. Jos vaimennuksen vaikutusta ei oteta huomioon, vaikuttaa se mittaustuloksen tarkkuuteen. Kun kuvataan kylmää kappaletta kuuman kappaleen vieressä, aiheuttaa kuuma kappale lämpösäteilyä lämpökameran ja kylmän kappaleen väliin. Ympäristön lämpötilaa mittaamalla ja oikein asetetulla emissiokertoimella saadaan luotettavia mittaustuloksia. Mittausvirhettä aiheuttavat myös lämpökameran linssille tarttuvat pöly, lika ja savu. /4/

5.4. Emissiokertoimen määrittäminen

Emissiokertoimen voi etsiä emissiokerrointaulukosta mitattavan materiaalin perusteella. Kun mitattavan materiaalin pinta on ruostunut, likainen kiiltävä tai hapettunut muuttuu emissiokerroin paljon. Jos jostain syystä itse materiaalia on vaikea määrittää ja/tai emissiokerrointaulukkoa ei ole käytettävissä, voidaan emissiokerroin määrittää esimerkiksi seuraavien keinoin:

1. Kappaleeseen kiinnitetään suuren emissiivisuuden omaavaa teippiä jonka lämpötila annetaan tasaantua mitattavan kappaleen mukaiseksi. Lämpökameralla mitataan ensimmäisenä teipin pinnasta jonka emissiivisyys kerroin tunnetaan. Seuraavaksi kuvataan kappaleen pintaa ja samalla muutetaan kamerasta emissiivisyys kerrointa kunnes lämpötila-arvo on sama kuin teipatulla pinnalla. Kappaleen emissiivisyys on se arvo millä kamera antaa saman lämpötilan molemmista pinnoista. /14/
2. Kuvattavan kohteen emissiivisyys voidaan myös määrittää, kun kohteen pintalämpötila mitataan kosketuslämpömittarilla. Lämpökameralla otetaan kuva kohteesta jonka jälkeen kamerasta muutetaan kuvan emissiivisyys kerrointa kunnes lämpötila vastaa kosketuslämpömittarilla mitattua lämpötilaa. /14/
3. Kuvattavasta kohteesta osa maalataan mattamustalla maalilla jonka emissiivisyys arvo on 0,95. Tämä arvo asetetaan kameraan, jonka jälkeen kuvataan maalatun

pinnan lämpötilaa. Seuraavaksi kuvataan maalaamatonta osaa kappaleesta, jonka jälkeen kameran emissiivisyys kerrointa säädetään kunnes lämpötilat vastaavat toisiaan. /4/

5.5. Lämpötila-alueen ja väripaletin valinta

Lämpökameralla kuvattaessa tulee kuviin suhtautua melko kriittisesti, kun kohteen lämpötila eroaa vain vähän ympäristönsä lämpötilasta, koska kappaleen emittoimaa säteilyä on vaikea erottaa ympäristöstä aiheutuvasta säteilystä. Saadakseen lämpökameran koko väripaletti käyttöön pienillä lämpötilaeroilla, tulisi lämpötila-alueen laajuus arvioida mahdollisimman tarkasti. Kuvasta 9 käy hyvin ilmi että lämpötila-alue on oikein säädetty, kun taas kuvassa 10 lämpötila-alue on liian laaja. /14/



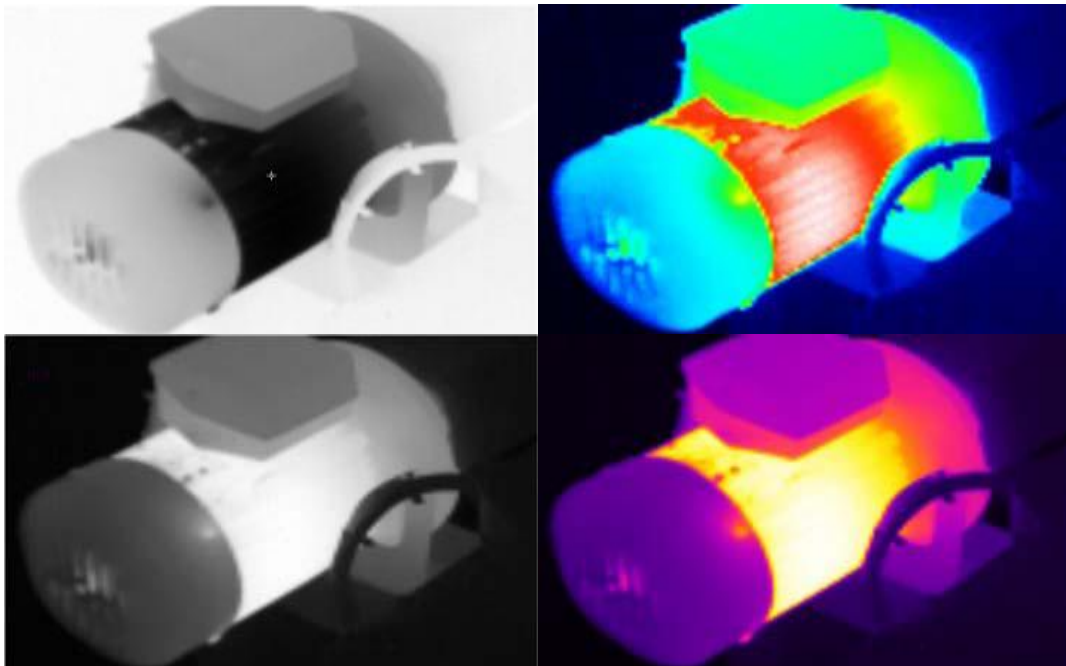
Kuva 9. Oikein säädetty lämpötila-alue /14/



Kuva 10. Liian laaja lämpötila-alue /14/

Väripaletti joka on oikein valittu auttaa huomattavasti vika-alueen paikantamisessa.

Kuva 11 esittää Fluke Ti20-kameran erilaisia väripaletteja. Nykyaikaisissa kameroissa väripaletteja voidaan muuttaa myös jälkikäteen.



Kuva 11. Fluke Ti20 kameran eri väripaletit. Vasemmalla ylhäällä: Grey reverse, oikealla ylhäällä: Rainbow, vasemmalla alhaalla: Gray ja oikealla alhaalla: Ironbow /14/

5.6. Metallipintojen kuvaus

Metallipinnan ollessa kiiltävä on emissiokerroin hyvin pieni, jos pinta on likainen, hapettunut, ruostunut tai maalattu on arvo suurempi. Kuvauksessa on huomioitava, mitä materiaalia metalli on. Metallin paksuus tulee huomioida, koska paksussa metallissa lämmön johtuminen kestää kauemmin.. Metallien kuvauksessa on aallonpituudella ja metallin lämpötilalla suuri merkitys emissiivisyyteen. Tämän vuoksi on tärkeää valita mittalaite, jonka aallonpituus ja lämpötila-alue ovat sellaiset, että metallin emissiokerroin on mahdollisimman suuri. Mittausvirhe kasvaa suurimmalla osalla metalleista aallonpituuden kasvaessa. /4/

6. HYDRAULIIKAN LÄMPÖKAMERAKUVAT

6.1. Hydrauliiikkapumppu

Hydrauliikkapumppuja on monia erilaisia. Esimerkkinä mainittakoon hammasratas-, mäntä-, siipipumput. Hydrauliikkapumput voivat olla joko säätötilavuus-, tai vakiotilavuuspumppuja. Säätötilavuuspumppujen tuottoa voidaan muuttaa toiminta nopeuden pysyessä vakiona. Vakiotilavuuspumppu tuottaa aina saman tilavuusvirran tietyllä toimintanopeudella.

Säätötilavuuspumppujen kuntoa voidaan tarkkailla lämpökameran avulla koska tällaisissa pumppuissa on vuotoliitäntä. Vuotoliitäntä kytketään aina vapaaseen tankkitilaan (ei vastapainetta) jos tässä huomataan lämpöä, on se merkki ohivuodosta eli viasta pumpussa. Vakiotilavuuspumppujen kunnan määrittäminen lämpökameralla on hankalampaa, koska niissä ei ole vuotoliitäntää ja jos pumpussa on ohivuotoa sen aiheuttama lämpö lämmittää koko pumppua.

Työssä on lämpökuvattu säätötilavuuspumppuja. Taulukossa 1 olevasta hydrauliikkapumpussa huomataan vuotoliitännän (Sp4) olevan vain muutamia asteita viileämpi kuin pumpun kuori muuten. Vuotoliitännässä ilmenee lämpöä joten pumpussa on todennäköisesti ohivuotoa.

Taulukon 2 hydrauliikkapumpussa on myös ohivuotoa. Taulukoiden pumppujen välinen lämpötilaero johtuu todennäköisesti eri painesäädöistä. Korkeampi paine → suurempi ohivirtaus → korkeampi lämpötila. Emissiivisyys arvoksi on valittu 0,94 taulukoiden 1 & 2 lämpökuvissa.

Taulukko 1. Ohivuotoliitin hydraulikkapumpussa



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 16.2.2013

Yritys

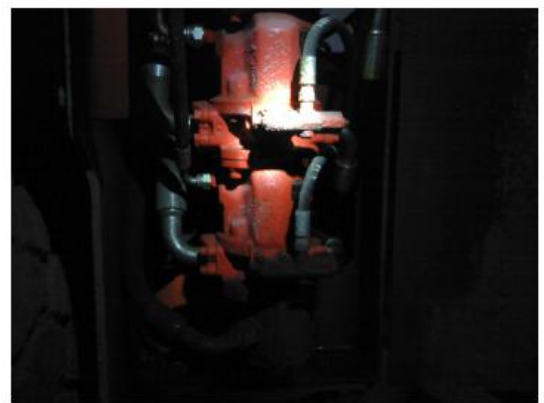
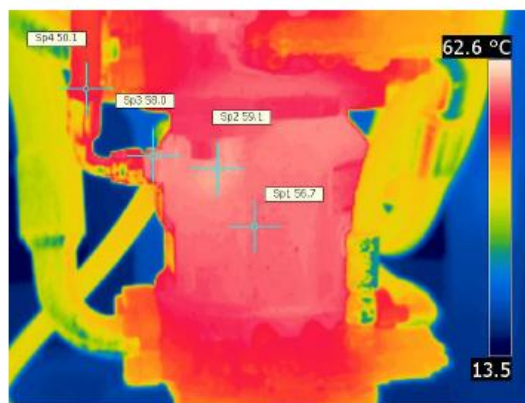
Osoite

Lämpökuvajaaja Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	6.2.2013 14:00:17
Kuvan nimi	Lämpökuvat Kemin Solo DL420 008.jpg
Emissiivisyys	0,94
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	2,0 m

Tekstikommentit

Sp1	56,7
Sp2	59,1
Sp3	58,0
Sp4	50,1

Kuvaus

Hydrauliikkapumpulta ohivuotoliitin Sp3-Sp4

Taulukko 2. Hydrauliiikkapumpun lämpötila.



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 16.2.2013

Yritys

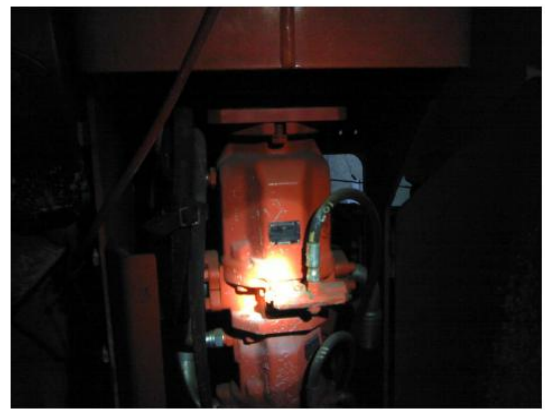
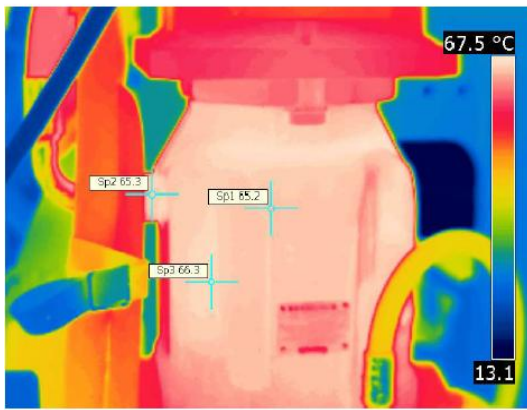
Osoite

Lämpökuvaaja Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	6.2.2013 14:01:43
Kuvan nimi	Lämpökuvat Kemin Solo DL420 011.jpg
Emissiivisyys	0,94
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	2,0 m

Tekstikommentit

Sp1	65,2
Sp2	65,3
Sp3	66,3

Kuvaus

Nitriilikumi tiivisteet alkavat kovettumaan yli 60 asteen lämpötilassa. Mahdollista ohivuotoa koska lämpötila kohonnut normaalista

6.2. Painesuodatin

Painesuodattimen kunnan tarkastaminen onnistuu lämpökameran avulla.

Suodattimen tukkeutuessa ohivuotoventtiili avautuu (öljy ei kierrä suodattimen läpi), mikä aiheuttaa virtauksen lisääntymistä ja sen seurauksena lämpötilan nousua. Taulukossa 3 on normaalisti toimiva painesuodatin, lämpötila ei ole kohonnut normaalista. Suodatinrunko (Sp3) ja suodatinkuppi (Sp2) ovat saman lämpöisiä n.45 °C eli öljy kiertää suodattimen kautta.

Taulukko 3. Painesuodatin



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 19.4.2013

Yritys

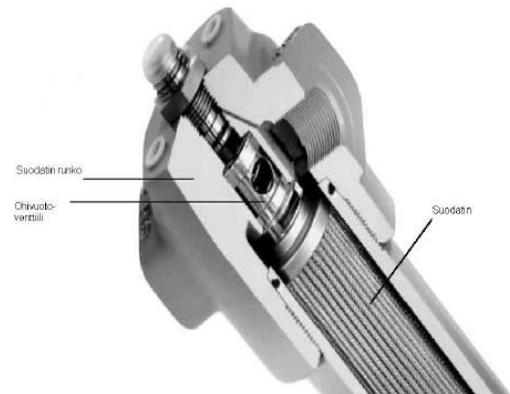
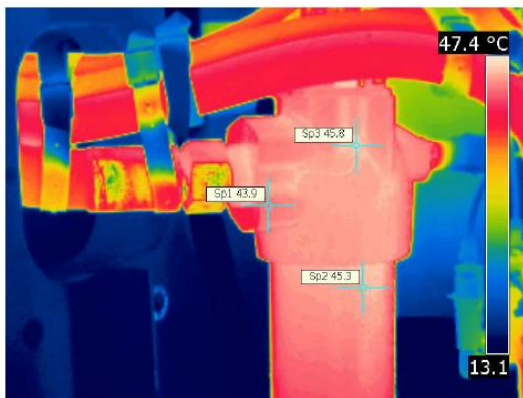
Osoite

Lämpökuvaaja Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	6.2.2013 13:57:15
Kuvan nimi	Lämpökuvat Kemins Solo DL420 007.jpg
Emissiivisyys	0,94
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	2,0 m

Tekstikommentit

Sp1	43,9
Sp2	45,3
Sp3	45,8

Kuvaus

Suodattimen tukkeutuessa öljy virtaa ohivuotoventtiilin läpi joka aiheuttaa virtausnopeuden kasvua ja sen myötä lämmön kohoamista

6.3. Painerajoitusventtiili

Hydrauliikkajärjestelmässä on pääpainerajoitusventtiili, jonka säätöarvo on +30 bar järjestelmäpainetta korkeampi. Esimerkiksi 260 bar-järjestelmässä pääpaineraja on säädetty 290 bariin. Paine-eron ollessa pienempi vuotaa järjestelmä pääpainerajan kautta öljyä tankkiin aiheuttaen lisääntyvän virtauksen myötä lämpöä, kuten taulukon 4 lämpökamerakuvasta ilmenee (Sp3). Paine-ero voi johtua jousen väsymisestä tai itse järjestelmän paineen kohoamisesta. Paineventtiilin materiaali on alumiini, joka on hapettunut. Emissiivisyyskertoimeksi valittu 0,85.

Taulukko 4. Lämpökuva painerajoitusventtiilistä



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 25.3.2013

Yritys

Osoite

Lämpökuvaaja

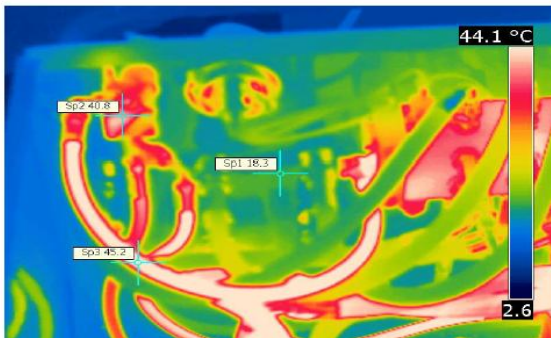
Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 13:35:02
Kuvan nimi	IR_0184.jpg
Emissiivisyys	0,85
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	1,5 m

Tekstikommentit

Sp2	40.8
Sp3	45.2

Kuvaus

Painerajoitusventtiilin ohivuoto

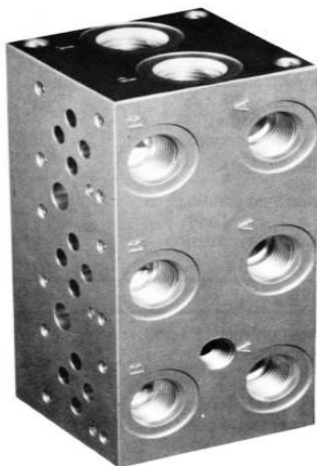
6.4. Venttiililohkot

Venttiililohkomalleja on monenlaisia, kuten moduuleja joissa on integroidut työlinjakohtaiset painerajat, kuormanlaskuventtiilit, suuntaventtiilit ym. (kuva 12). Sekä peruslohko, jota kutsutaan myös peruslaataksi, (kuva 13) johon kasataan tarvittavat venttiilit päällekkäin.

Moduulilohkoista on hankala paikantaa lämpökuvauksella vuotoa tarkasti, koska lämpö johtuu koko runkoon, kun taas peruslohkoissa venttiilit erottuvat muusta rungosta joka helpottaa vuodon havaitsemista.



Kuva 12. Moduulilohko /1/



Kuva 13. Peruslohko /2/

Taulukon 5 lämpökuvassa on moduulilohko. Lämpötilat ovat alhaiset, koska kone on vasta käynnistetty. Kuvasta kuitenkin huomataan kuinka hankalaa vikaa olisi paikallistaa jos esim. ohjausventtiili vuotaisi koska lämpötila johtuu ja tasoittuu koko lohkon runkoon. Emissiivisyys kerroin 0,94 on valittu maalin ja lian takia

Taulukko 5. Poralohko (moduulilohko)



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 14.4.2013

Yritys

Osoite

Lämpökuvajaaja

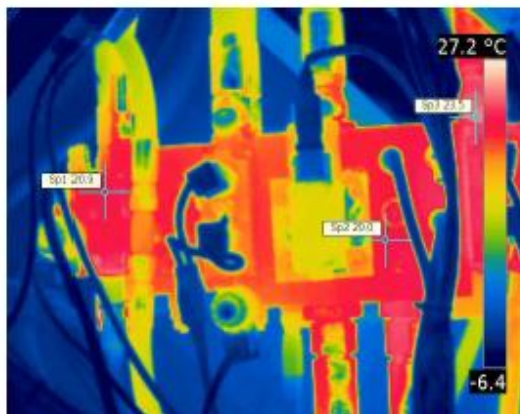
Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	13.2.2013 10:01:58
Kuvan nimi	IR_0227.jpg
Emissiivisyys	0.94
Heijastuva lämpötila	20.0 °C
Kohteen etäisyys	1.0 m

Tekstikommentit

Sp1	20.9
Sp2	20.0
Sp3	23.5

Kuvaus

Poralohko (moduulilohko) esilämmitysvaiheessa (pyöritys päällä)

Taulukon 6 lämpökuvassa lohkon lämpötila johtuu vuotavasta pääpaineventtiilistä sekä normaalista hydraulikkajärjestelmän ajamisesta. Kuvassa peruslohko, jonka materiaali on hardox teräs joka on maalattu. Valitsin emissiivisyys kertoimeksi 0.94 maalin takia.

Taulukko 6. Peruslohko



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 23.3.2013

Yritys

Osoite

Lämpökuvajaaja

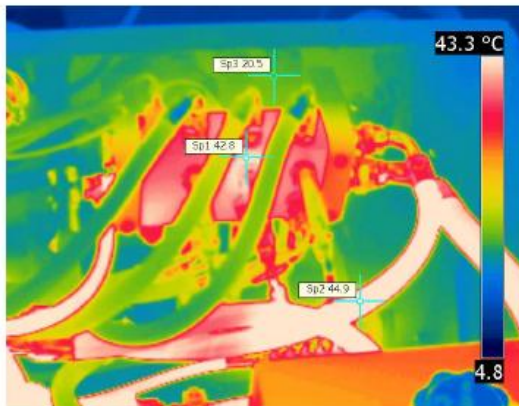
Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 13:35:40
Kuvan nimi	IR_0185.jpg
Emissiivisyys	0,94
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	1,5 m

Tekstikommentit

Sp1	42,8
Sp2	44,9

Kuvaus

Painerajoitusventtiililtä ohivirtaus lämmittää myös ohjaavaa venttiililohkoa

6.4.1. Ohjaavat venttiilit

Hydrauliikkajärjestelmän toimintaa ohjaavat monenlaiset venttiilit, esimerkiksi: suunta-, kuormanlasku-, paineenalennus-, paineenrajoitus-, paineenkohottaja-, virtauksensäätöventtiili ja monet muut. Työn lämpökuviin on otettu vain kaksi erilaista suuntaventtiiliä, koska kaikkien edellä mainittujen kunto voidaan lämpökuvauksen avulla todeta. Kohonnut lämpö venttiilissä viittaa kasvaneeseen virtausnopeuteen, sen myötä ohivuotoon ja mahdolliseen sisäiseen vaurioon. Esimerkiksi rikkoutunut tiiviste, kuoleentunut jousi tai mekaaninen kuluminen karan ja pesän välillä voivat olla mahdollisia vaurioita.

Taulukon 7 lämpökuvasta huomataan, että toinen suuntaventtiili on lämmennyt. Venttiilillä on ajettu sylinteriä, mutta sen lämpötila on pysynyt normaalina. Venttiili on hardox terästä joka on maalattu ja venttiilin päällä on alumiininen maalattu tunnistelaatta. Emissiivisyys kertoimeksi on valittu 0.94.

Taulukko 7. Käsiöjous suuntaventtiili



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 26.3.2013

Yritys

Osoite

Lämpökuvaja

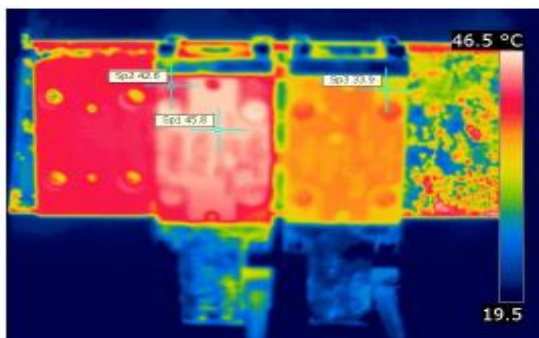
Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 13:38:12
Kuvan nimi	IR_0189.jpg
Emissiivisyys	0.94
Heijastuva lämpötila	20.0 °C
Kohteen etäisyys	1.0 m

Tekstikommentit

Sp1	45.8
Sp2	42.8

Kuvaus

Käsi käyttöiset suuntaventtiilit jossa vasemmanpuoleista venttiiliä "ajettu", lämpötila normaali noin 45 astetta

Lämpökuvassa (taulukko 8) pitoleukojen sähköinen suuntaventtiili lämpenee virtauksesta johtuen. Kuvasta ei selviä onko venttiilissä vikaa, koska hydraulikkaöljyn lämpötila on vielä alhainen normaaliin käyntilämpötilaan nähden.

Emissiivisyyskertoimeksi on valittu 0,94 venttiilin ollessa maalattua hardox terästä ja siinä on paljon mustaa likaa päällä.

Taulukko 8. Sähköinen suuntaventtiili



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 5.4.2013

Yritys

Asiakas

Osoite

Paikan osoite

Lämpökuvaaja

Kristian Tuokkola

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	13.2.2013 10:04:05
Kuvan nimi	IR_0231.jpg
Emissiivisyys	0.94
Heijastuva lämpötila	20.0 °C
Kohteen etäisyys	1.0 m

Tekstikommentit

Sp1	18.7
Sp2	16.5
Sp3	13.3

Kuvaus

Kasetin ohjauslohkon esilämmitys pitoleukojen liikkeellä. Ohjaava venttiili lämpenee

6.5. Hydraulikkasyylinteri

Hydraulikkasyylinterissä männäntiivisteiden vaurio näkyy selvästi. Varsi on ulkona sylinteristä, eli paine männän puolella, mutta varren puoleinen hydraulikka kanava lämpenee lisääntyneen virtauksen takia (taulukot 9 ja 10). Lämpökamerakuvasta huomataan myös varrentiivisteiden kuluminen (taulukko 10 alempi kuva), huomattavan paljon öljyä valuu varressa.

Taulukko 9. Hydraulikkasyylinteri



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 15.4.2013

Yritys

Osoite

Lämpökuvaaja

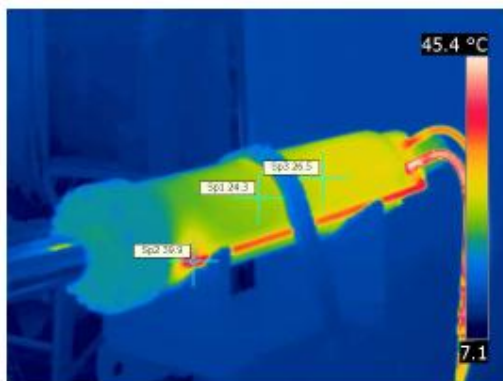
Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö

Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 13:46:20
Kuvan nimi	IR_0198.jpg
Emissiivisyys	0.92
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	1,5 m

Tekstikommentit

Kuvaus

Kuva vaurioituneesta sylinteristä, Paine männänpuolella (varsi ulkona) jolloin männäntiivisteeltä ohivirtaava öljy lämpenee voimakkaasti ja lämmittää varrenpuoleiset virtauskanavat (Sp2

Taulukko 10. Männäntiiviste vaurio sekä vuotava varrentiiviste

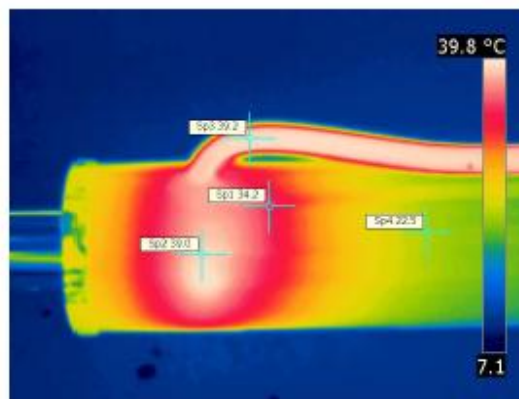


Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 14.4.2013

Yritys
Osoite
Lämpökuvaaja Kristian Tuokkola

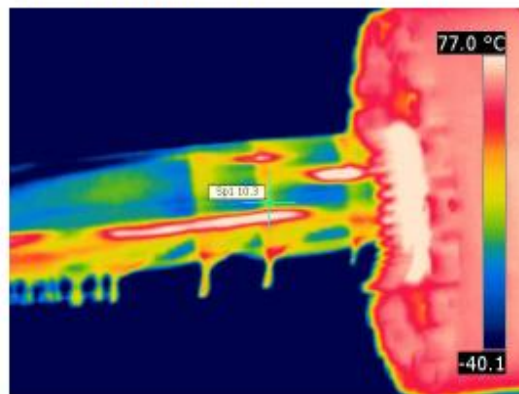
Asiakas
Paikan osoite
Yhteyshenkilö Kristian Tuokkola



Kameramalli	FLIR FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 14:44:07
Kuvan nimi	IR_0204.jpg
Emissiivisyys	0,92
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	1,0 m

Kuvaus

Männäntiiviste vaurio sylinterissä lämpökameralla kuvattuna. Varsi ulkona, paine männänpuolella, ohivirtaava öljy lämmitteää varrenpuoleisen virtauskanavan.



Kameramalli	FLIR FLIR T425
Kuvan päivämäärä	12.2.2013 14:01:28
Kuvan nimi	IR_0203.jpg
Emissiivisyys	0,10
Heijastuva lämpötila	20,0 °C
Kohteen etäisyys	2,0 m

Kuvaus

Varrentiivisteen vuoto lämpökameralla kuvattuna (öljyä valuu varressa)

6.6. Hydraulikkamoottori

Hydraulikkamoottoreita on rakenteeltaan kolmenlaisia: hammaspyörä-, mäntä- ja siipimoottorit. Joissakin moottoreissa on kotelovuotoliitin, jotta kasvanut paine kotelon sisällä ei työnnä akselintivistettä ulos. Yleisesti ottaen mäntämoottoreissa tällainen on (kuva 14). Siipi- ja hammaspyörämoottoreiden kunnan tarkistaminen lämpö kuvaamalla on hankalaa, koska niissä ei yleensä ole vuotoliitintä ja lämpö johtuu koko moottorin runkoon. Mäntämoottoreiden kunto, joissa on vuotoliitintä, voidaan tarkastaa samalla tavalla kuin hydraulikkapumppujen. Lämpö vuotoliitännässä on merkki moottorissa olevasta viasta.



Kuva 14. Mäntämoottorin ohivuotoliitin /3/

Pyöritysmoottorilla esilämmitetään hydraulista porakonetta (taulukko 11) Pyöritysmoottorin lämpötila on vielä normaaliin nähden alhainen. Lämpökuvasta kuitenkin huomataan, ettei ohivuotoletku (kuvassa: Sp3) ole lämmennyt joten moottorissa ei ole vikaa.

Taulukko 11. Hydraulimoottori



Tutkimusraportti

Raportin päivämäärä 21.4.2013

Yritys

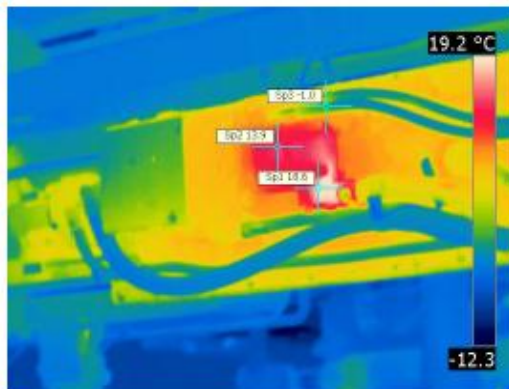
Osoite

Lämpökuvaaja Kristian Tuokkola

Asiakas

Paikan osoite

Yhteyshenkilö Kristian Tuokkola



Kuva- ja mittausparametrit

Kameramalli	FLIR T425
Kuvan päivämäärä	13.2.2013 10:12:29
Kuvan nimi	IR_0236.jpg
Emissiivisyys	0.94
Heijastuva lämpötila	20.0 °C
Kohteen etäisyys	1.0 m

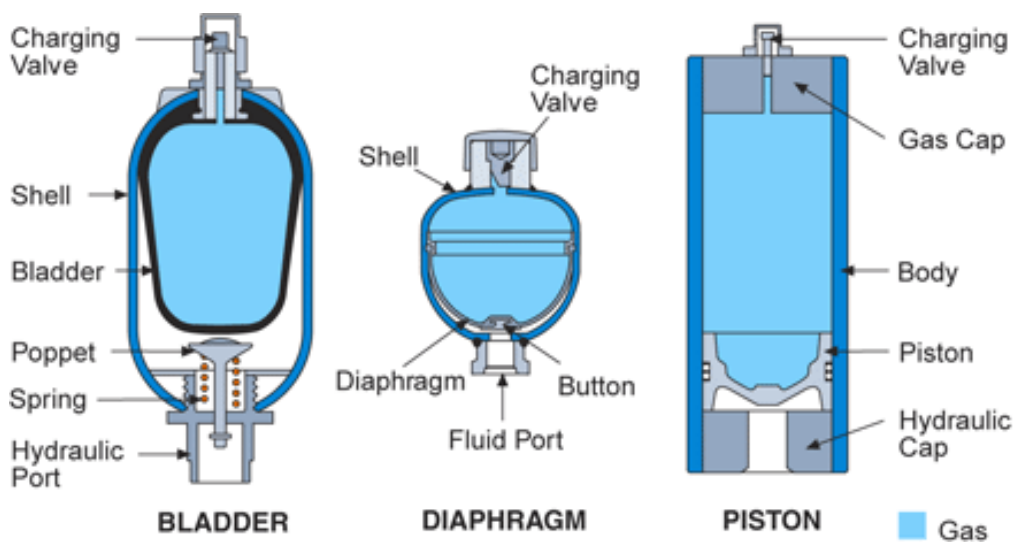
Tekstikommentit

Kuvaus

Hydraulisen porakoneen esilämmitys pyöritysmoottorin avulla.

6.7. Paineakut

Paineakkuja on kolme erilaista rakko-, kalvo- ja mäntäakku (kuva 15). Kaikkien näiden toiminta voidaan todentaa lämpökameran avulla. Paineakut ovat kaksiosaisia, toisella puolella hydraulioöljy ja toisella typpikaasu, eli akussa öljyn puoli on aina lämpimämpi. Jos akun rakko, kalvo tai männäntiiviste rikkoutuu, pääsee öljy virtaamaan koko säiliöön ja lämmittää sen.



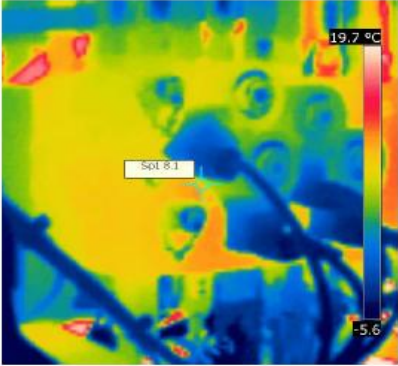
Kuva 15. Rakko-, kalvo- ja mäntäakku /9/

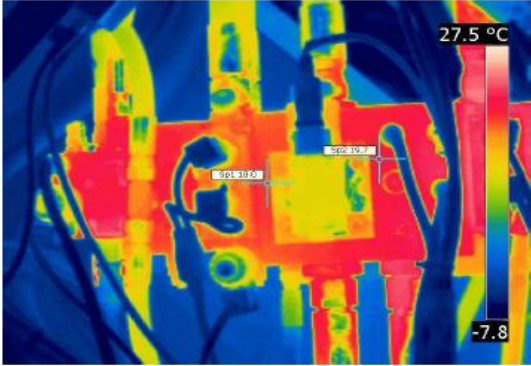
7. LÄMPÖKAMERAVERTAILU

Taulukon 12 kuvista havaitaan hyvin kahden kameran tarkkuuserot. Tarkkuusvaatimus hydraulikan lämpökuvauksessa korostuu kun mitattavia komponentteja on paljon, esimerkiksi venttiiliryhmät sekä moduulit joissa on monia eri toimilaitteita kuten hydraulinen vasara.

Taulukko 12. FLIR i7:n ja FLIR T425:n tarkkuus erot

Yritys	Asiakas
Osoite	Paikan osoite
Lämpökuvajaaja	Yhteyshenkilö
Kristian Tuokkola	Kristian Tuokkola





Kuva- ja mittausparametrit		Tekstikommentit
Kameramalli	FLIR_i7	
Kuvan päivämäärä	7.2.2013 13:40:33	
Kuvan nimi	IR_0045.jpg	
Emissiivisyys	0,95	
Heijastuva lämpötila	20,0 °C	
Kohteen etäisyys	1,0 m	

Kuvaus	
FLIR i7 kameralla otettu lämpökuvauk poralohkosta	FLIR T425 kameralla otettu lämpökuvauk poralohkosta

8. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty lämpökamerakuvaamisen perusasiat, jotka on tärkeää ottaa huomioon jotta kuvaaminen onnistuisi ja kuvista saisi kaiken tiedon hyödynnettyä. Aloittaessani työn ja etsiessä tietoa lämpökamerasta huomasin siitä olevan useampia lähteitä saatavilla. Löysin kaksi opinnäytetyötä jotka liittyivät myös lämpökameraan ja sen käyttöön, näitä myös käytin informaation lähteenä. Näissä kahdessa opinnäytetyössä käytettyjä luotettavia lähteitä ei enää saanut, materiaali oli hyvin pitkälti poistettu firmojen sivuilta. Työn edetessä omaan tutkimus osuuteen työ muuttuikin haastavaksi. Lämpökameran käytöstä hydrauliiikan kunnossapidon apuvälineenä ei löytynyt aikaisempia tutkimuksia joihin olisin voinut verrata omia tuloksia ja kuvia. Tavoitteenihan oli saada kuvattua paljon konkreettisia vikoja hydrauliiikan toimilaitteista ja analysoida kuvat oikein. Onnekseni hydrauliiikan ammattilaisen avulla analysointi onnistui ja työn tavoitteet saavutettiin.

Hydrauliikkajärjestelmän normaali lämpötila on n.45 °C ja pumppujen normaali käyntilämpö on n. 60 °C. Lämpötilan noustessa yli 60 °C:n alkaa järjestelmässä olevat nitrilikumi tiivisteet kovettumaan ja näin aiheuttamaan ohivuotoja. Hydraulijärjestelmässä käytetään myös vitonisia tiivisteitä jotka kestävät n. 80 °C.

Hydraulijärjestelmän lämpötilaa siis nostaa rikkoontuneet toimilaitteet kuten pumput, tukkeutuneet suodattimet, venttiilit, sylinterit ja moottorit. Järjestelmän lämpötilaa voivat myös nostaa vähäinen hydrauliiöljy tankissa, öljyn seassa oleva ilma (öljy alkaa vaahdota, liian korkea järjestelmäpaine suhteessa painerajoitusventtiiliin, öljyn viskositeetti olosuhteisiin nähden (liian notkea öljy), riittämätön lauhdutus ja lauhduttimen termostaatin epäkunto sekä järjestelmän mitoitus suhteessa käytettävään kuormaan.

Hydrauliikkajärjestelmän vikaantuessa alkaa se pitää esimerkiksi ääntä, tärisemään, lämpenemään ja jopa vuotamaan öljyä. Lämpökameralla etsittäessä vikaa hydrauliiikkajärjestelmästä, tulisi kuvata koko toimilaitteiden ketjua, näin saadaan selville lämmönaiheuttaja järjestelmään. Liitteenä 2 oleva yksinkertainen hydraulikaavio esittää tätä ketjua. Hydrauliikkapumppu tuottaa öljyn venttiileille ja sitä kautta toimilaitteille

kuten esimerkiksi sylintereille, moottoreille ja porakoneelle ja paluukierto tapahtuu suodattimen kautta tankkiin. Vian etsintää helpottaa, jos toimilaitteita on monta vierekkäin esimerkiksi: pumppurivit, moottorit, venttiiliryhmät ja sylinterit. Esimerkiksi kuvaamalla useaa sylinteriä ja vertaamalla niitä toisiinsa, voidaan paikallistaa rikkoontunut sylinteri heti.

Analysoidessani kuvia tuli mieleen kehityskohde koskien kuvien analysointiohjelmaa. Kuten FLIR- kameroiden mukana tuleva FLIR QuickReport-ohjelma. Ohjelmassa voisi olla mahdollisuus lisätä samaan kuvaan tuleville komponenteille, jotka ovat eri materiaalia esim. alumiini ja kumi, omat emissiivisyyskertoimet.

Yhteenveto taulukko lämpökuvaamisen soveltuvuudesta komponenteittain

Toimilaite	
Hydrauliikkapumppu	3
Painesuodatin	2
Moduulilohko	1
Peruslohko (pelkkä lohko)	1
Peruslohkon venttiilit	3
Sylinteri	3
Hydrauliikkamoottori, jos ohivuotoliitin	2 3
Paineakut	3

Asteikko: 1= huono, 2 = hyvä, 3= erinomainen

9. LÄHDELUETTELO

- /1/ Boschrexroth, moduulilohko. Luettu: 3.3.2013
<http://www.boschrexroth.com/mobile-hydraulics-catalog/>
- /2/ Compressed air international, peruslohko. Luettu: 3.3.2013
<http://www.ca-intl.com/hydraulics.htm>
- /3/ Directindustry, hydraulimoottori. Luettu: 4.3.2013
<http://www.directindustry.com>
- /4/ Hietapakka Pasi 2009. Teollisuuden lämpökuvausmenetelmien kehittäminen. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikan koulutusohjelma, automaatiotekniikka, opinnäytetyö. [WWW-dokumentti]. Luettu 6.10.2012. Saatavissa:
http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6381/Pasi_Hietapakka.pdf?sequence=1
- 5/ Hypen Kaija 2010. Kunnossapitosuunnittelu. Kajaanin Ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tekniikka ja liikenne, opinnäytetyö. [WWW-dokumentti] Luettu 23.4.2013. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16655/Hypen_Kaija.pdf?sequence=1
- /6/ Infradex Oy [WWW-dokumentti] Luettu 10.9.2012 saatavissa:
<http://www.infradex.com/teoria.html>
- /7/ Ilmatieteenlaitos, Valo ja Spektri. Luettu: 4.10.2012
<http://www.geo.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>
- /8/ Martimo Heta- Jemina 2012. Jaloterässulaton kustannustarkastelu. Kemi- Tornion Ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous, opinnäytetyö. [WWW-dokumentti] Luettu 23.4.2013. Saatavissa:

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39094/Martimo_Heta-Jemina.pdf?sequence=1

/9/ Mobilehydraulictips, paineakut. Luettu 4.3.2013
www.mobilehydraulictips.com

/10/ Nurma Tomi, Sintrol Oy 2004. Lämpökamera kunnossapidossa. Kunnossapitolehti 1/2004. Luettu 18.9.2012

/11/ Ovaska Maijaelina 2010. Ennakkohuollon muutos ja sen hyödyt. Saimaan Ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka ja kunnossapito, opinnäytetyö. [WWW-dokumentti] Luettu 24.4.2013 Saatavissa: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17381/Ovaska_Maijaelina.pdf?sequence=1

/12/ Pätäri Ville-Veikko 2010. Kunnossapitomittariston määrittäminen ja kunnossapidon kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, puutekniikan laboratorio, mekaaninen puujalostustalous, diplomityö. [WWW-dokumentti] Luettu 23.4.2013 Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/66310/nbnfife201011253034.pdf?sequence=3>

/13/ Sandvik Oy [WWW-sivut] Luettu 16.11.2012 saatavissa: <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

/14/ Uusitupa Tero 2006. Lämpökamerakuvaaminen ja kuvien analysointi. Tampereen ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma, talotekniikka, tutkintotyö. [WWW-dokumentti]. Luettu 2.10.2012. Saatavissa: <http://theseus17-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/9832/Uusitupa.Tero.pdf?sequence=2>

LIITELUETTELO

LIITE 1 Emissiivisyyskerrointaulukko

LIITE 2 Hydraulikkakaavio

LIITE 1

Emissiivisyysskerrointaulukko (Lähde: FLIR)

MATERIAALI	EMISSIIVISYYS
ALUMIINI:	
Hapettunut	0,83
Levy, karkea	0,96
RAUTA:	
Valurauta	0,64
RST:	
Kiillotettu	0,16
hapettunut	0,85
TERÄS:	
Kiillotettu	0,07
Hapettunut	0,79
MUUT:	
Maali:	0,94
Kumi (musta)	0,95

Hydrauliikkakaavio

