

Teemu Mäki

Veden tunnistaminen hydraulikkaöljystä optoelektroniikan avulla

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Sähköautomaation tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatiotekniikka

Tekijä: Teemu Mäki

Työn nimi: Veden tunnistaminen hydraulikkaöljystä optoelektroniikan avulla

Ohjaaja: Yliopettaja Heikki Palomäki

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 29

Liitteiden lukumäärä:3

Tämä työ on tehty yhteistyössä Mäki-Reini Oy kanssa. Mäki-Reini Oy valmistaa ja markkinoi Reini-tuotteita. Reini-tavaramerkki sisältää laitteita maatalouteen ja maanrakennukseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää anturi, joka havaitsee vikatilanteissa mahdollisesti hydraulioöljyn sekaan päässeeseen veteen. Anturia käytettäisiin pääsääntöisesti yhdessä Reini-oppopumppujen kanssa. Tavoitteena oli löytää sähköinen menetelmä veden havaitsemiseksi hydraulioöljystä. Työssä hyödynnetään optoelektroniikkaa sekä turbidometriaa ja nefelometriaa. Tunnistusmenetelmän tuli olla mahdollisimman halpa ja yksinkertainen, jotta se voidaan mahdollisesti tuotteistaa myöhemmin.

Avainsanat: hydraulikka, hydraulioöljy, vesi, tunnistus, optoelektroniikka, turbidometria, nefelometria

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Teemu Mäki

Title of thesis: Sensor for detecting water in the hydraulic oil of Reini submersible pumps.

Supervisor: Heikki Palomäki

Year: 2017

Number of pages: 29

Number of appendices: 3

This thesis was made in co-operation with Mäki-Reini Oy. Mäki-Reini Oy produces and markets Reini-products. The Reini trademark includes equipment for agriculture and earth moving work.

The goal of this thesis was to develop a sensor which could detect water in the hydraulic oil of Reini submersible pumps in fault situations. The aim was to find an electrical method for detecting water from hydraulic oil. The methods used in this thesis were Optoelectrical measuring methods, such as turbidimetry measuring and nephelometry measuring. It was considered important that the detection equipment would be so inexpensive and simple that it could be turned into a product later on.

Keywords: hydraulics, hydraulic oil, water, detection, optoelectronics, turbidimetry, nephelometry

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvaluettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Käytännön ongelma	8
1.2 Opinnäytetyön tavoite	8
1.3 Opinnäytetyön rakenne	8
1.4 Mäki-Reini Oy.....	9
1.5 Kaupalliset ratkaisut ongelmaan	9
2 TEORIAA	11
2.1 Hydraulikka	11
2.2 Reini-uppopumppu.....	11
2.3 Hydraulineeste	11
2.4 Nesteen sameuden mittaus	13
3 TYÖN KUVAUS	14
3.1 Tunnistuskomponenttien arviointi.....	14
3.2 Mittauksessa käytettävän valon aallonpituus	15
3.3 Mittaus ja veden tunnistus.....	15
3.4 Mittaustietokone	16
3.5 Mittauksissa käytettävät optokomponentit.....	17
3.6 Mittauslaitteiston rakentaminen.....	17
3.7 Mittaustapahtuma.....	20
4 TULOKSET	21
4.1 Mittauksista saatu tieto.....	21
4.2 Mittaustietojen suodatus	22
4.3 Johtopäätökset.....	23
4.4 Ajatuksia tuotekehitykseen.....	24
5 POHDINTA	25

LÄHTEET	26
LIITTEET	29

Kuvaluettelo

Kuva 1. Hydraulikkaöljy samenee ja muuttuu maitomaiseksi, kun siihen sekoittuu vettä.	13
Kuva 2. Mittausputken 3D-mallinnus.....	18
Kuva 3. Poikkileikkauskuva mittausputkesta turbidometrisessä mittauksessa, jossa mitataan nesteen läpi kulkevaa valonmäärää.	18
Kuva 4. Poikkileikkauskuva mittausputkesta nefelometrisessä mittauksessa, jossa vastaanotin havaitseen nesteestä heijastuvaa valoa.	19
Kuva 5. Mittauksissa käytettävä hydraulikkajärjestelmä koostuu öljysäiliöstä, putkistosta, hammasrataspumpusta sekä pumppua pyörittävästä sähkömoottorista ja mittausputkesta.	20
Kuva 6. Puhdas hydraulikkaöljy on kirkasta mittauslaitteiston säiliössä ennen veden lisäämistä.	22
Kuva 7. Hydraulikkaöljyyn sekoittunut vesi tekee öljy-vesi-emulsiosta sameaa...	22

Käytetyt termit ja lyhenteet

Hydrauliikka	on tehonsiirtoa nesteen välityksellä. (Alarova & muut 1997,241).
Nefelometria	on mittausmenetelmä, jossa nesteessä olevat partikkelit ja epäpuhtaudet siroavat lähettimen valoa vastaanottimeen (Penttilä 2004: 70;Vilpo 1998: 55).
Turbidometria	on mittausmenetelmä, jossa nesteessä olevat partikkelit ja epäpuhtaudet absorboivat lähettimestä vastaanottimeen kulkeutuvaa valoa (Penttilä 2004: 72;Vilpo 1998: 55).
Raspberry Pi	on monipuolinen edullinen korttitietokone (Jääskeläinen 2016, 14).
GPIO	General Purpose I/O. Yleiskäyttöinen portti mikroprosessoreissa. Portin toimintoja voidaan käyttää sekä tuloina että lähtöinä. (Raspberry Pi Foundation 2017)
Linux	on käyttöjärjestelmä, Unix-klooni, jonka suomalainen Linus Torvalds on alun perin kehittänyt (The Linux Kernel Archives 2016).
AD-muunnos	on toimenpide, jolla analoginen signaali muutetaan digitaaliseen muotoon, jotta sitä voidaan käsitellä esimerkiksi tietokoneella (Koskinen 1998, 153).
LED/ledi	Light emitting diode. Elektroniikan puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen puolijohteen läpi kulkee virta. Ledistä käytetään myös termiä hohtodiodi. (Rantanen & Lindell 1980, 75.)
Fotodiodi	on elektroniikan puolijohdekomponentti, jonka resistanssi muuttuu siihen kohdistuvan valon voimakkuuden mukaan (Rantanen & Lindell 1980, 73).

- IR/Infrapuna** on aallonpituudeltaan näkyvää valoa pidempää sähkömagneettista säteilyä (Lehto & Luoma 1998, 95). Infrapunasäteilyä kutsutaan myös lämpösäteilyksi (Lehto & Luoma, 1998, 198).
- UV/ultravioletti** on aallonpituudeltaan näkyvää valoa lyhyempää sähkömagneettista säteilyä (Lehto & Luoma 1998, 95).
- CSV-tiedosto** Comma-separated values. Tiedostomuoto, jolla tallennetaan yksinkertaista taulukkomuotoista tietoa tekstitiedostoon. (Shafranovich 2005.)
- Gnuplot** on ilmainen tekstipohjainen kuvaajien piirtotyökalu, joka on alun perin kehitetty tutkijoille ja opiskelijoille visualisoimaan matemaattisiakaavoja (gnuplot 2016).

1 JOHDANTO

1.1 Käytännön ongelma

Mäki-Reini Oy valmistaa hydraulitoimisia oppopumppuja. Joidenkin pumppumallien kanssa on havaittu, että pumpattava aine, yleensä vesi, pääsee sekoittumaan vikatilanteissa hydraulikkaöljyyn. Mikäli vuotoa ei havaita ajoissa, saattaa hydraulikkaa tuottava kone vaurioitua. Pumppuja käytetään tyypillisesti traktoreilla ja kaivinkoneilla. Vaurioitten korjauskustannukset saattavat olla kymmeniä tuhansia euroja. Käytännössä on havaittu, että öljyyn sekoittunut vesi samentaa öljyn. Tätä ilmiötä voisi hyödyntää ennaltaehkäisemään vahinkoja.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa prototyyppi anturista, jolla havaitaan hydraulikkaöljyyn sekoittunut vesi ennen kuin se ehtii aiheuttaa vahinkoa järjestelmässä. Anturin ensisijainen käyttökohde tulisi olemaan Reini-oppopumppuja käyttävissä hydraulikkajärjestelmissä. Suunnittelussa on otettava huomioon laitteiston tuotantokustannukset mahdollista tuotteistusta ajatellen.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Luvussa yksi kerrotaan lyhyesti, miksi tätä työtä alettiin tekemään. Luvun loppuosassa esitellään yritys, jolle työ tehdään ja kerrotaan ongelman ratkaisuun löytyvistä kaupallisista ratkaisuista. Toisessa luvussa käsitellään havaittuun ongelmaan liittyvää teoriaan, ja miten öljyyn sekoittunut vesi voitaisiin tunnistaa optoelektronisesti. Kolmannessa luvussa kerrotaan, miten teoriaa aiotaan soveltaa käytäntöön. Luvussa on kerrottu laitteistosta, jonka tarkoituksena on havaita öljyyn sekoittunut vesi. Työn tuloksia esitellään ja niiden soveltuvuutta arvioidaan neljännessä luvussa. Työn viimeinen, viides luku, sisältää opinnäytetyön pohdintaa.

1.4 Mäki-Reini Oy

Mäki-Reini Oy valmistaa Reini-tuotenimellä hydraulisia uppopumppuja, viljanpeittauslaitteita, kylvökoneen täyttöruuveja ja muita maataloudessa käytettäviä laitteita. Isokyröläinen Jorma Mäki-Reini alkoi valmistaa apuvälineitä 1970-luvulla sen aikaisten maataloustöiden helpottamiseksi. Tunnettuja tuotteita olivat heinähissi ja moottorilapio. Heinähissi oli laite, jolla heinäkuormat saatiin siirrettyä vaivattomasti heinälatoon köydellä hinaten ja moottorilapio oli porakoneeseen kiinnitettävä viljansiirtoruuvi, jota käytettiin viljan sekoittamiseen ja siirtämiseen viljankuivaamoilla. Myöhemmin tuotevalikoimaan tulivat lietesekoitinpumput ja kylvökoneen täyttöruuvit. (Mäki-Reini & Mäki-Reini 2015.)

Mäki-Reini Oy:n tunnetuimmat ja myydyimmät tuotteet, Reini-uppopumput, syntyivät 1980-luvulla Mäki-Reinin tilalla. Tuolloin tarvittiin tehokkaita, helposti siirrettäviä pumppuja. Pumppuja rakennettiin ensin yksittäisiä kappaleita tutuille ja kylänmiehille. Uppopumppujen kysyntä kasvoi ja niitä valmistettiin maatalouden sivuelinkeinona. (Mäki-Reini & Mäki-Reini 2015.)

Hydraulisten uppopumppujen kokoonsa nähden suuri tuotto ja yksinkertainen ja kestävä rakenne ovat olleet suosion perusta. Hydraulisia uppopumppuja käytetään laajasti maanrakennuksessa ja maataloudessa. Nykyään Mäki-Reini Oy:n liikevaihdosta suurin osa muodostuu juuri uppopumpuista. (Mäki-Reini & Mäki-Reini 2015.)

1.5 Kaupalliset ratkaisut ongelmaan

Kohdassa 1 esitettyyn ongelmaan on etsitty kaupallista ratkaisua, jota voitaisiin tarjota uppopumpun lisävarusteena tai jopa lisätä vakiovarusteluun.

Öljynlaadunvalvontaan käytettävät anturit ja mittalaitteet pystyvät mittaamaan havaittua ilmiötä. Automaatioanturivalmistajilla on monenlaisia malleja kyseiseen tarkoitukseen. Esimerkiksi ZelenTech 2016, Hydac 2016, IFM 2016.

Edellä mainitus anturit eivät kuitenkaan ole soveltuneet tarpeeseen, joko korkean hintansa, liian monimutkaisen järjestelmän tai laitteiston suuren koon vuoksi.

Markkinoilla olevat öljynkosteutta mittaavat anturit vastaavat parhaiten tarvetta, mutta ne vaativat aina erillisen mittauslaitteiston kuten muutkin automaatiassa ja teollisuudessa käytettävät anturit. Mittauslaitteiston hankinta nostaa tunnistuskokonaisuuden hintaa huomattavasti. Tunnistuslaitteistojen hinta olemassa olevilla komponenteilla nousee korkeammaksi kuin myytävä perustuote, uppopumppu.

2 TEORIAA

2.1 Hydrauliiikka

Hydrauliiikka tarkoittaa tehon siirtoa nesteen välityksellä. Hydraulinen teho tuotetaan pumpulla, joka muuttaa mekaanisen energian nesteen paineeksi ja tilavuusvirraksi. Hydrauliiikkajärjestelmän toimilaitteet muuttavat hydraulisen tehon jälleen mekaaniseksi liikkeeksi. Hydrauliiikan avulla voidaan siirtää suuria tehoja ja tuottaa suuria voimia. (Linjama 2011, Tervonen 2014, Lahden ammattikorkeakoulu, 2014.)

2.2 Reini-uppopumppu

Suuren tehonsiirtokyvyn vuoksi Reini-uppopumpuissa käytetään hydraulisia moottoreita. Niiden teho/painosuhte on ylivoimainen verrattuna esimerkiksi sähkömoottoreihin. Uppopumpussa hydraulinen teho muutetaan hydraulimoottorilla pyörimisenergiaksi, ja juoksupyörän välityksellä edelleen veden paineeksi ja virtaukseksi. (Mäki-Reini & Mäki-Reini 2015.)

Tyypillisessä pumppauskoonpanossa hydrauliiikkaa tuotetaan traktorilla tai kaivinkoneella. Öljy siirtyy hydrauliiikkaletkulla Reini-uppopumpulle painelinjassa ja palaa työkoneen hydrauliohjaukseen paluulinjassa. Painelinjassa paine on noin 200 baaria ja paluulinjassa korkeintaan muutamia baareja. Tietyissä ongelmatilanteissa pumpattava vesi tai muu neste pääsee hydraulimoottorin kautta öljynkiertoon ja saattaa aiheuttaa vakaviakin rikkoutumisia työkoneen hydrauliikkajärjestelmään. (Mäki-Reini & Mäki-Reini 2015.)

2.3 Hydraulineste

Hydraulijärjestelmässä hydraulineste siirtää tehoa. Lisäksi se muun muassa voitelee järjestelmän osia, jäähdyttää järjestelmää ja estää korroosiota. (Lahden ammattikorkeakoulu, 2014, 12.)

”Hydraulinesteen mukana järjestelmässä kiertävä vesi aiheuttaa korroosiota ja heikentää nesteen voiteluominaisuuksia. Järjestelmissä on käytettävä nesteitä, jotka eivät helposti muodosta veden kanssa emulsiota. Jo pienet vesimäärät samentavat öljyn ja noin 2%:n vesimäärä tekee öljystä maitomaista.” (Lahden ammattikorkeakoulu, 2014.)

Hydrauliikkaöljyt sitovat itseensä pieniä määriä kosteutta. Veden määrä, jonka öljy pystyy sitomaan, riippuu öljyn ominaisuuksista ja lämpötilasta. Jos tämä vesimäärä ylittyy, öljyn seassa esiintyy vapaata vettä. (Vaisala 2009.)

Öljyn liuennut vesi heikentää öljyn metallipinnoille muodostamaan kalvoa ja voi aiheuttaa korroosiota. Vapaa vesi järjestelmässä aiheuttaa vaurioita. Liuenneen veden tunnistaminen ja siitä varoittaminen saattaa ennalta ehkäistä järjestelmän rikkoontumisen. (Toroi, 2013.)

Käytännössä on havaittu, että hydrauliikkaöljy samenee ja muuttuu jopa maitomaiseksi, kun siihen sekoittuu vettä. (Kuva 1). Tämän ilmiön havaitsemiseen tarvitaan menetelmä, jotta kalliilta konerikoilta vältyttäisiin. Menetelmän tulisi olla niin yksinkertainen ja edullinen, että sen voisi lisätä jopa joidenkin pumppumallien vakiovarusteeksi. (Mäki-Reini, 2013)



Kuva 1. Hydraulikkaöljy samenee ja muuttuu maitomaiseksi, kun siihen sekoituu vettä.

2.4 Nesteen sameuden mittaus

Sameus on nesteen läpinäkyvyyttä tai kirkkautta kuvaava suure. Sameuden mittaamiseen fysikaalisesti on useita menetelmiä, joista nämä kaksi seuraavaa on opinnäytetyön kannalta mielenkiintoisia; (Opetushallitus)

Nefelometria-mittaus perustuu nesteessä olevien hiukkasten, epäpuhtauksien ja partikkelien heijastamaan eli siroamaan valoon. Mittauksessa mitattavaan nesteeseen suunnataan valonlähde ja siroavaa valoa mitataan valoherkällä anturilla. (Opetushallitus; Penttilä 2004, 70; Vilpo 1998, 55.)

Turbidometria-mittauksessa nesteen läpi lähetetään valoa, joka absorboituu epäpuhtauksien, hiukkasten ja partikkelien vaikutuksesta. Valoherkkä anturi sijoitetaan valolähteen vastakkaiselle puolelle. (Penttilä 2004, 72; Vilpo 1998, 55.)

3 TYÖN KUVAUS

Tarkoituksena on rakentaa mittauslaitteisto, jolla voidaan kokeilla käytännössä nefelometristä ja turbidometristä mittausta hydrauliikkaöljyn ja veden emulsiolla. Laitteistossa tulee olla mahdollista hallinta veden määrää öljyssä. Mittausjärjestelyn tulee olla sellainen, että näiden kahden menetelmän vertailu on mahdollista keskenään. Mittausten perusteella selvitetään soveltuvatko ne veden tunnistamiseen öljystä.

3.1 Tunnistuskomponenttien arviointi

Mittauksissa tarvitaan mittauslaitteet, valonlähde ja valoherkkä komponentti, jonka avulla voidaan mitata riittävän herkästi muutokset valon määrässä.

Elektroniikan osa-aluetta, jossa sähkö tuottaa valoilmion tai valo tuottaa sähköilmion, kutsutaan optoelektronikaksi. Hohtodiodi eli LED on puolijohdekomponentti, joka hohtaa valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Ledejä löytyy erilaisille aallonpituuksille, esimerkiksi infrapunaa lähettäviä IR-ledejä ja monia eri sävyjä näkyvän valon spektriltä. (Peltonen, Perkiö & Vierinen 2000, 207,314-315.)

Valoon reagoivia komponentteja ovat muun muassa LDR-vastukset eli valoherkät vastukset, fotodiodit ja erilaiset kamerakennot. Kamerakennot jätetään tässä vaiheessa jo pois käsittelystä, koska etsitään mahdollisimman yksinkertaista menetelmää ilmiön tunnistamiseen. Tarkastellaan siis LDR-vastusten ja fotodiodien ominaisuuksia.

LDR eli valovastuksen resistanssi pienenee, kun siihen osuu valoa. Komponentin herkkyys eri aallonpituuksilla vaihtelee käytetyistä materiaaleista riippuen. (Rantanen & Lindell 1980, 167.)

Fotodiodi on puolijohde, jonka estoresistanssi on verrannollinen rajapintaan osuvan fotonivuon voimakkuuteen eli kansanomaisesti valonmäärään. Fotodiodia

käytetään valaistusmittareissa. (Rantanen & Lindell 1980, 73.) Fotodiodeita löytyy ledien tapaan erilaisille aallonpituuksille (Aaltonen, Kousa & Stor-Pellinen 1999, 68).

3.2 Mittauksessa käytettävän valon aallonpituus

Tutkittaessa ledejä ja fotodiodeja huomattiin, että valon aallonpituudella saattaa olla jonkinlaista merkitystä mittaustulosten rakentamisessa. Valonlähteiden ja valoon reagoivan komponentin tulee olla samalla aallonpituudella. Samalla tavalla kuin radiolähettimen ja vastaanottimen tulee olla samalla taajuudella, jotta yhteys toimisi.

Kaikki aineet heijastavat tai absorboivat valoa. Erilaiset aineet ja materiaalit heijastavat tai imevät valon eri aallonpituuksia. Veden molekyylit absorboivat infrapunaa aallonpituuksia sekä näkyvän valon punaisia sävyjä. Tästä syystä vesi näyttää siniseltä. (Peltonen, Perkiö & Vierinen 2000, 266-267.)

Fysiikassa infrapunasäteilyä kutsutaan myös lämpösäteilyksi. (Lehto & Luoma, 1998, 198).

Palofysiikassa on havaittu, että vesi imee itseensä 90 % lämpösäteilyä ja päästää lävitse 10 % säteilyä (Hyttinen 2003, 83).

Vesi siis absorboi tehokkaasti pitkiä aallonpituuksia, joille sijoittuu infrapunasäteily. Tästä tunnetusta fysikaalisesta seikasta on luultavasti hyötyä, jos tunnustetaan vettä öljystä turbidometrisesti. Vesi vaimentaa tehokkaasti infrapunasäteilyä, kun mitataan suoraan nesteen läpi menevää säteilyä. Tästä syystä turbidometrisen mittaus suoritetaan infrapunavalolla. Olettaen, että pienikin määrä vettä öljyssä vaimentaa tehokkaasti mitattavaa infrapunavaloa. Vastaavasti nefelometrisessä, jossa mitataan epäpuhtauksista heijastuvaa säteilyä, mittauksessa on syytä käyttää lyhyempää aallonpituutta, jotta öljyssä oleva vesi heijastaa mahdollisimman paljon valoa takaisin imemättä sitä itseensä.

3.3 Mittaus ja veden tunnistus

Mittaustulokset tulisi saada tallennettua automaattisesti riittävän suurella taajuudella, jotta mittaustuloksista voidaan päätellä mahdolliset muutokset

valonmäärässä. Mittauslaitteiston valinnassa tulee huomioida myös tunnistuslaitteiston mahdollinen tuotteistus. Mittaukset on tehtävä mahdollisimman edullisella tavalla ja mittaustulosten perusteella pitää pystyä antamaan tarvittaessa jokin hälytysignaali käyttäjälle. Koska laitteiston tulee tehdä tietynlaisia päätöksiä mittaustulosten perusteella,ärkevin vaihtoehto mittauslaitteistoksi on mikroprosessori. Mikroprosessorin yksi eduista on mittaus- ja tunnistusohjelman päivitysmahdollisuus jälkikäteen. Tämä mahdollistaa laitteiston ominaisuuksien parantamisen ja laajentamisen myöhemmin. Mittausmenetelmän kehitysvaiheessa eli tässä opinnäytetyössä mittaukset voidaan suorittaa tietokoneella ja analogiatulokortilla. Ohjelmallinen tunnistus on helppo siirtää tuotteistusvaiheessa varsinaiseen mikroprosessoriin itsenäisesti toimivaksi.

3.4 Mittaustietokone

Mittaustietokoneeksi valittiin Raspberry Pi 3 -tietokone, joka on yhden piirilevyn edullinen sulautettu tietokone. Raspberryn käyttöjärjestelmänä on Linux-pohjainen Raspian. Raspberrissä on 40-nastainen GPIO-liitäntä, johon on helppo kytkeä ulkoista elektroniikkaa. Analogiset signaalit mitataan 16-bittisellä analogia-digitaallimuuntimella, jolla voidaan lukea ja erotella 65535 eri jännitetasoa. (Koskinen 1998, 153.)

Työhön valittiin valmis AD-muunninmoduulin, jossa on Texas Instrumentin valmistama ADS1115-piiri. Valmistaja suosittelee piiriä muun muassa kuluttajasovelluksiin, tehdasautomaatioon ja prosessisäätimiin (Texas Instrument 2009).

Kyseiselle moduulille löytyy valmiita ohjelmaesimerkkejä, miten sillä tehdään AD-muunnoksia Raspberrissä Piissä. Mittaukset luetaan 50 millisekunnin välein ja tallennetaan tiedostoon C-kielellä ohjelmoidun ohjelman avulla.

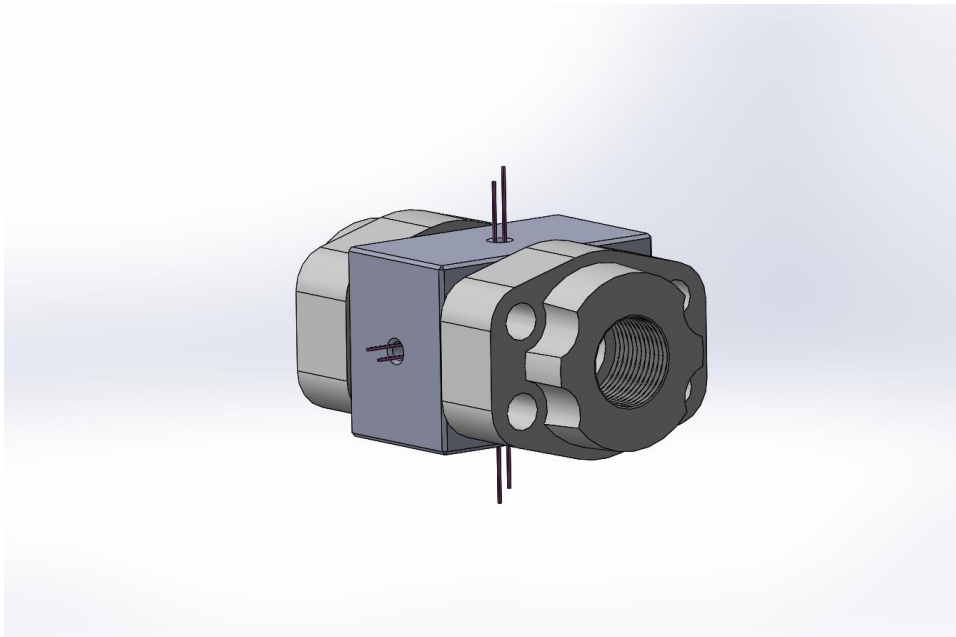
3.5 Mittauksissa käytettävät optokomponentit

Tunnistinkomponentiksi valittiin Osramin valmistama SFH203P-infrapunavastaanotin, joka reagoi 400 nm:n – 1100 nm:n aallonpituuksiin. Tällä komponentilla pystytään tunnistamaan pitkäaaltoista infrapunavaloa sekä lyhyempiaaltoisia näkyvän valon aallonpituuksia. Komponentti sopinee sekä nefelometrisen että turbidometrisen mittauksen tunnistimeksi. (Osram 2015.)

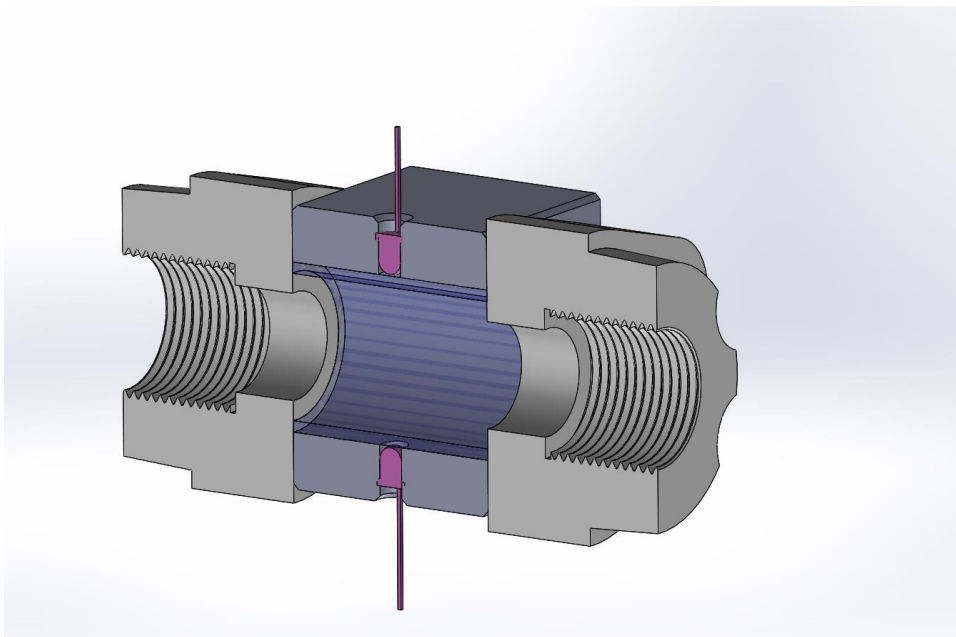
Aiemmin päätettiin, että turbidometrisessä mittauksessa käytetään infrapunalähetintä. Lähettimeksi valittiin Osram SFH4855 -infrapunadiodi. Tämä diodi lähettää valoa 860 nm:n aallonpituudella (Osram 2016). Nefelometrisen mittauksen valolähteenä käytetään tavanomaista sinistä valoa lähettävää lediä. Sovellukseen valitun ledin valon aallonpituus on 466 nm (StartElec Oy 2016).

3.6 Mittauslaitteiston rakentaminen

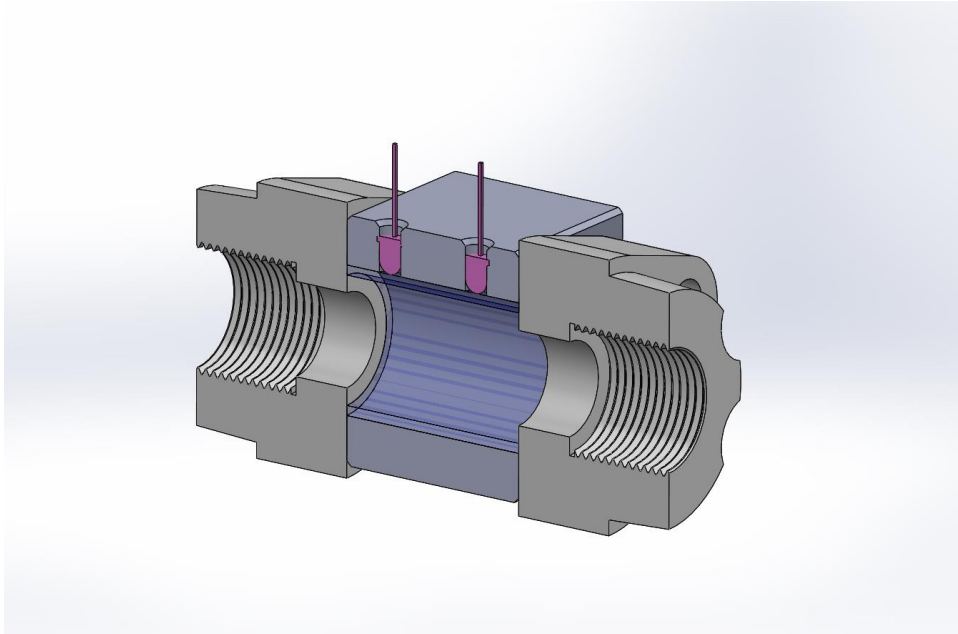
Mittaukset suoritetaan putkessa virtaavalle öljylle. Mittauksia varten rakennettiin putkiosa, joka voidaan kiertää hydraulikkajärjestelmään kiinni. Mittausputkeksi nimetyssä osassa on metallinen ulkokuori ja sisäputkena kirkas akryyliputki, jonka läpi mittauksessa valo lähetetään ja mitataan (kuva 2). Kuvassa 3 näkyy turbidometrisessä mittauksessa käytettävien komponenttien asento toisiinsa nähden. Nefelometrisen mittauksen komponenttien asennot toisiinsa nähden on esitetty kuvassa 4.



Kuva 2. Mittausputken 3D-mallinnus



Kuva 3. Poikkileikkauskuva mittausputkesta turbidometrisessä mittauksessa, jossa mitataan nesteen läpi kulkevaa valonmäärää.



Kuva 4. Poikkileikkauskuva mittausputkesta nefelometrisessä mittauksessa, jossa vastaanotin havaitseen nesteestä heijastuvaa valoa.

Mittausputken valmistamisen jälkeen rakennettiin pieni hydraulikkajärjestelmä, jossa öljymäärä on noin 1,5 litraa. Sähkömoottorin pyörittämä hammasrataspumppu kierrättää öljyä säiliöstä mittausputken läpi takaisin säiliöön. Öljysäiliö on avoin, jotta öljyn sekaan voidaan lisätä mittauksessa vettä ja samalla havainnoida silmämääräisesti öljynlaatua. (Kuva 5).



Kuva 5. Mittauksissa käytettävä hydraulikkajärjestelmä koostuu öljysäiliöstä, putkistosta, hammasrataspumpusta sekä pumppua pyörittävästä sähkömoottorista ja mittausputkesta.

3.7 Mittaustapahtuma

Ensimmäisenä tehtiin turbidometrinen mittaus. Aluksi mittattiin puhtaan kiertävän öljyn läpi menevää infrapunavalon määrää. Tämän jälkeen järjestelmässä kiertävän öljyn sekaan lisättiin 5 tippaa vettä ja tehtiin uusi mittaus. Vettä lisättiin aina 5 tippaa kerrallaan ja tehtiin uusi mittaus, kunnes vettä oli lisätty yhteensä 30 tippaa. Öljy kiersi koko mittauksen ajan sekoittaen öljy-vesi-emulsiota. Nefelometrinen mittaus suoritettiin samalla tavalla uudella öljyllä vettä lisäten. Mittauksissa öljyn lämpötila oli noin 20..30 astetta celsiusta.

Raspberry Pi -tietokoneella tallennettiin CSV-tiedostoon noin 1000 mittausta jokaisesta vaiheesta. Näytteitä otettiin automaattisesti 50 ms:n välein eli jokainen 1000 mittauksen mittaustapahtuma kesti noin 50 sekuntia.

4 TULOKSET

4.1 Mittauksista saatu tieto

Saaduista mittaustuloksista piirrettiin Gnuplot-sovelluksella kuvaajat. Ensimmäisessä kuvaajassa (Liite 1) on raakadata turbidometrisen mittauksen tuloksista. Kuvaajasta nähdään, että näytteillä on suuret vaihteluvälit, mutta mittausten väliset erot ovat kuitenkin havaittavissa.

Liitteen 2 kuvaajasta nähdään, että myös nefelometrisen mittauksen näytteissä on suuren vaihteluvälit. Nefelometrisen mittauksen tuloksista ei pystytä silmämääräisesti havaitsemaan eri mittausten välisiä eroja.

Koska erot olivat läpimittaavan ja heijastavan menetelmän välillä huomattavat. Keskitytään läpimittaavan eli turbidometrisen menetelmän tuloksiin tarkemmin. Työssä palataan myöhemmin vielä mittaustuloksiin ja menetelmien soveltuvuuteen tähän kyseiseen sovellukseen.

Silmämääräisesti veden lisäys havaittiin öljyn samentumisena. Pieniä muutoksia ei voinut silmällä havaita, mutta kuva ennen (kuva 6) ja jälkeen (kuva 7) veden lisäyksen tukevat havaintoa öljyn muuttumisesta maitomaiseksi.



Kuva 6. Puhdas hydraulikkaöljy on kirkasta mittauslaitteiston säiliössä ennen veden lisäämistä.



Kuva 7. Hydraulikkaöljyyn sekoittunut vesi tekee öljy-vesi-emulsiosta sameaa.

4.2 Mittaustietojen suodatus

Kuten edellä todettiin, mittauksen näytteiden välillä on suuria vaihteluja. Vaihtelut johtuvan osittain ainakin öljyn seassa olevista ilmakuplista ja pienistä vesipisaroista. On myös mahdollista, että mittauksiin on summutunut sähköhäiriöitä ympäristöstä.

Mittaukset suoritettiin lähellä oikosulkumoottoria, jota ohjattiin taajuusmuuttajalla. Lisäksi työpisteessä oli useita muitakin sähkölaitteita, jotka olivat potentiaalisia häiriölähteitä. Jotta näistä mittaustiedoista voitiin tehdä päätelmiä, niistä tuli suodattaa näytteiden välistä vaihtelua pienemmiksi.

Mittaustulosten suodatukseen sovellettiin menetelmää, jossa edellisellä mittausravolla on painoarvo 9 ja uudella mittauksella 1. Näiden kahden mittauksen keskiarvosta laskettiin aina uusi mittausravo. Gnuplotilla muodostettiin uusi kuvaaja turbidometrisen mittauksen arvoista ja sen päälle lisättiin edellä kerrotulla tavalla muodostetut suodatetut kuvaajat. Liitteessä 3 olevasta kuvaajasta nähdään, että suodatus toimii riittävästi poistaen suurimmat vaihtelut ja tekee mittaustuloksista helpommin tulkittavia.

4.3 Johtopäätökset

Suodatetuista kuvaajista (Liite 3) voidaan todeta, että kirkkaan öljyn ja öljy-vesi-emulsion kuvaajat erottuvat toisistaan turbidometrisessä mittauksessa. Nefelometrinen mittaus ei tuottanut sellaisia tuloksia, joista olisi voinut havaita muutoksia öljyssä. Joko tämä mittausmenetelmä ei havaitse mitattua ilmiötä tai valitut komponentit olivat vääränlaisia tähän mittausmenetelmään.

Tulokset riippuvat monesta eri muuttujasta, kuten öljyn ominaisuuksista, esimerkiksi sen kyvystä sitoa kosteutta, sekä öljyn lämpötilasta. Tulokset kuitenkin osoittavat jo näiden kahden kokeillun menetelmän erot ja soveltuvuuden ongelman ratkaisuun.

Mittauslaitteistossa käytetyt komponentit eivät välttämättä olleet parhaat mahdolliset tähän tarkoitukseen, mutta ne olisivat tuoteistuksen kannalta riittävän edullisia ja pystyvät erottelemaan mitattavaa ilmiötä riittävästi. Mittausmenetelmä on riittävän yksinkertainen toteuttaa ilman kalliita mittalaitteita.

Emulsio, johon on lisätty 10 tippaa vettä, (Liitteen 3 kuvaajassa keltainen viiva), eroaa kirkkaasta öljystä jo niin paljon, että ohjelmallisestikin pystyttäisiin toteamaan, että öljy on samentunut. Tulosten perusteella voidaan todeta, että turbidometrinen mittaus infrapunavalolla on menetelmänä toimiva liuenneen veden tunnistamiseen

hydrauliikkaöljystä ennen vapaan veden ilmaantumista. Tämän tiedon pohjalta voidaan jatkaa tuotekehitystä tunnistusanturin osalta.

4.4 Ajatuksia tuotekehitykseen

Öljyn vedensitomiskyky vaihtelee öljyn lämpötilan mukaan. (Vaisala 2009). Tuotekehityksessä ja seuraavissa mittauksissa tulee ottaa huomioon myös öljyn lämpötilan mittaaminen ja lämpötilan vaikutuksen veden tunnistamisessa öljystä. Myös öljyjen värisävyissä ja läpinäkyvyyksissä on eroja, jotka saattavat vaikuttaa mittaustuloksiin.

Luotettava mittausmenetelmä toimii perustana tuotteistettavalle anturille ja laitteistolle, jolla vesi voidaan tunnistaa öljystä. Ohjelmallisesti valmiissa tuotteessa tulee olla monia muitakin ominaisuuksia mittaustapahtuman lisäksi. Anturin tulee toimia erisävyisten öljyjen kanssa. Olettavasti anturissa tulee olla kalibroitamiskapasiteetti, jolla anturille opetetaan niin sanottu normaalitilanne, jossa öljy on puhdasta. Öljyn sameutumista tulee voida valvoa tarpeen vaatimalla tavalla. Esimerkiksi hälytyssignaali voitaneen antaa yhtäkkisestä muutoksesta öljyn laadussa, pitkällä aikavälillä havaituista muutoksista tai tietyn raja-arvon ylittymisestä. Hälytyssignaalin antamisessa saattaa riittää audiovisuaalinen merkki käyttäjälle. Voi myös olla, että valvontalaitteiston tulee osata sammuttaa hydrauliikkavirtaus automaattisesti. Edellä kuvattu automaattitoiminta vaatii integraation työkoneiden ohjauselektroniikkaan, mikä jo sinänsä olisi erillisen opinnäytetyön laajuinen tutkimus. Yksi tuotekehityssuunta voisi olla anturin langattoman toiminnan lisäys ja mobiililaitesovelluksen kehittäminen anturille. Ohjelmallinen vedentunnistus vaatii vielä paljon tuotekehitys- ja tutkimustyötä ennen tuotteen markkinoille saattamista.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja käytännönläheinen. Ennen opinnäytetyöhön ryhtymistä oli käytännön ongelman ratkaisemiseksi tämän työn tekijällä jo jonkinlainen ajatus ja idea. Opinnäytetyö antoi käytännön kokeiluille teoreettista taustaa ja syvensi ajatusta aiheeseen. Ilman teoreettista taustaa olisi todennäköisesti pöydällä hajanainen nippu erilaisia käytännön mittaus- ja kokeilutuloksia ilman järkeviä selityksiä. Opinnäytetyön tutkimusten ja kokeilujen perusteella on löydetty todennäköisesti menetelmä ongelman ratkaisuun. Jatkokehitystyössä riittää vielä monia haasteita ratkaistavaksi. Työn edetessä on noussut ajatuksiin monia tutkimusaiheita, joita voisi tutkia esimerkiksi uusina opinnäytetöinä tai oppilasprojekteina.

Opinnäytetyön kirjoittamisen oli tarkoitus tapahtua käytännön kehitystyön rinnalla. Valitettavasti jälleen suunnitelmat ja käytäntö elivät hieman erillään toisistaan. Opinnäytetyön laatiminen venyi suunnitellusta aikataulusta. Suurin yksittäinen syy tähän on ollut se, ettei tuotekehitysprojektilla ole ollut aikataulua. Tämä tuotekehitys- ja tutkimustyö on ollut osittain seisahtuneena. Kirjoittaminen ja lähdeaineiston tutkiminen siivitti tässäkin tapauksessa käytännön töitä ja tuki projektia.

LÄHTEET

- Aaltonen, J., Kousa, S. & Stor-Pellinen j. 1999. Elektroniikan perusteet. Limes ry
- Alarova, R., AutioA., Niemi P., Repo T. & Yli-Viikari P. 1997. Yleistekniikka aloitusjaksolle. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- Gnuplot. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. Gnuplot homepage. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavissa: <http://www.gnuplot.info/>
- Hydac. Ei päiväystä. AS3000. [www-dokumentti].Hydac International gmbH.[Viitattu 12.12.2016]. saatavissa: <http://www.hydac.com/de-en/products/sensors/contamination-sensors/as-3000.html>
- Hyttinen, V. 2003. Palofysiikka. Helsinki: Suomen pelastusalan keskusjärjestö.
- Ifm electronic Oy. Ei päiväystä. Öljyn laadunvalvonta järjestelmät. [www-dokumentti].[Viitattu 12.12.2016]. saatavissa: <https://www.ifm.com/ifmfin/web/pmain/070.html#040>
- Jääskeläinen, O. 2016. Mikrobitti 8/2016 Luottokortin kokoiset monitaiturit. Julkaisija: Talentum Media Oy Paino
- Koskinen, J. 1998. Mikrotietokonetekniikka Sulautetut järjestelmät. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava
- Lahden ammattikorkeakoulu. 2014. Hydrauliiikan luennot. [www-dokumentti]. Lahden ammattikorkeakoulu. Mekatroniikan koulutusohjelma. [Viitattu 19.11.2016]. Saatavissa: http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Hydrauliikka2014.pdf
- Lehto, H. & Luoma, T. 1998. Fysiikka 1 Fysiikka luonnontieteenä. 6. painos. Helsinki: Kirjayhtymä Oy
- Lehto, H. & Luoma, T. 1998. Fysiikka 3 Mekaniikka Lämpö ja Energia. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Linjama, M. 2011. DIGITAL FLUID POWER – STATE OF THE ART. [www-dokumentti]. Department of Intelligent Hydraulics and Automation, Tampere University of Technology. [Viitattu 7.5.2017]. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/a1a3/afd27352191866b5614af9abea93ff5a9cf7.pdf>

- Mäki-Reini T. 2013. Toimitusjohtaja. Mäki-Reini Oy, Keskustelu 15.5.2013
- Mäki-Reini, J & Mäki-Reini, T. 2015. Hallituksen puheenjohtaja ja toimitusjohtaja. Mäki-Reini Oy, Keskustelu 10.3.2015
- Opetushallitus. Ei päiväystä. Laboratorio analyysit - Veden sameuden nefelometrinen määrittäminen. [www-dokumentti]. Opetushallitus:
- Osram. 23.12.2015. SFH203P-datalehti. [www-dokumentti]. OSRAM Opto Semiconductors GmbH. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavissa: http://www.osram-os.com/Graphics/XPic1/00211421_0.pdf/SFH%20203%20P.pdf
- Osram 27.9.2016. SFH4855-datalehti [www-dokumentti]. OSRAM Opto Semiconductors GmbH. [Viitattu 4.12.2016] Saatavissa: http://www.osram-os.com/Graphics/XPic8/00239752_0.pdf/SFH%204855.pdf
- Peltonen, H., Perkiö, J., Vierinen, K. 2000. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa II. 4. Painos. Lahden Teho-Opetus Oy
- Penttilä, I. 2004. Kliiniset laboratoriotutkimukset. 1 painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Rantanen, U. & Lindell, B. 1980. Peruselektroniikka, puolijohteet ja elektroniputket. Toinen painos. Helsinki: WSOY
- Raspberry Pi Foundation. 2017. An introduction to GPIO and physical computing on the Raspberry Pi. [www-dokumentti]. Raspberry Pi Foundation. [Viitattu 3.5.2017]. Saatavissa: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>
- Shafranovich, Y. 2005. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. [www-dokumentti]. SolidMatrix Technologies, Inc. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavissa: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc4180.pdf>
- StarElec. Ei päiväystä. 5MMK2-SI Kirkas LED 5mm 50-150 mcd sininen tekniset tiedot. [www-dokumentti]. StarElec Oy. [Viitattu 4.12.2016] Saatavissa: http://www.vekoy.com/product_info.php?cPath=43_397_2167&products_id=9062
- Tervonen, J. 2014. Diplomityö: Pyöräkuormaajan energiakulutuksen tutkiminen. [www-dokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 7.5.2017]. saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22284/tervonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Texas Instrument. 2009. Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference. [www.dokumentti]. Texas Instruments Incorporated. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavissa: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf>

The Linux Kernel Archives. Ei päiväystä. About Linux Kernel What is linux?. [www-dokumentti]. The Linux Foundation.[Viitattu 4.12.2016].Saataavissa:
<https://www.kernel.org/linux.html>

Toroi H. 2013. Veden monitorointi voiteluöljyistä. [www-dokumentti]. Promaint 3/2013. [Viitattu 7.12.2016]. Saataavissa: http://hantor.fi/wp-content/uploads/2013/05/Veden_monitorointi_%C3%B6ljyst%C3%A4_3_2013.pdf

Vaisala. 2009. Öljyn kosteus määritelty veden aktiivisuutena. [www-dokumentti]. Vaisala Oyj. [Viitattu 19.11.2016]. Saataavissa:
http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Application%20notes/OilMoistureExpressedasWaterActivity_B210806FI-A.pdf

Vilpo, J. 1998. Laboratoriolääketiede, Kliininen kemian ja hematologia. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Ympäristöanalyysit. [Viitattu 19.11.201]. Saataavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_samenuden_nefelometrinen_maaritys.html

ZelenTech. Ei päiväystä. Water in oil monitors. [www-dokumentti].ZelenTech Pte Ltd.[Viitattu 12.12.2016]. saataavissa:
<http://www.zelentech.co/products/waterinoil/>

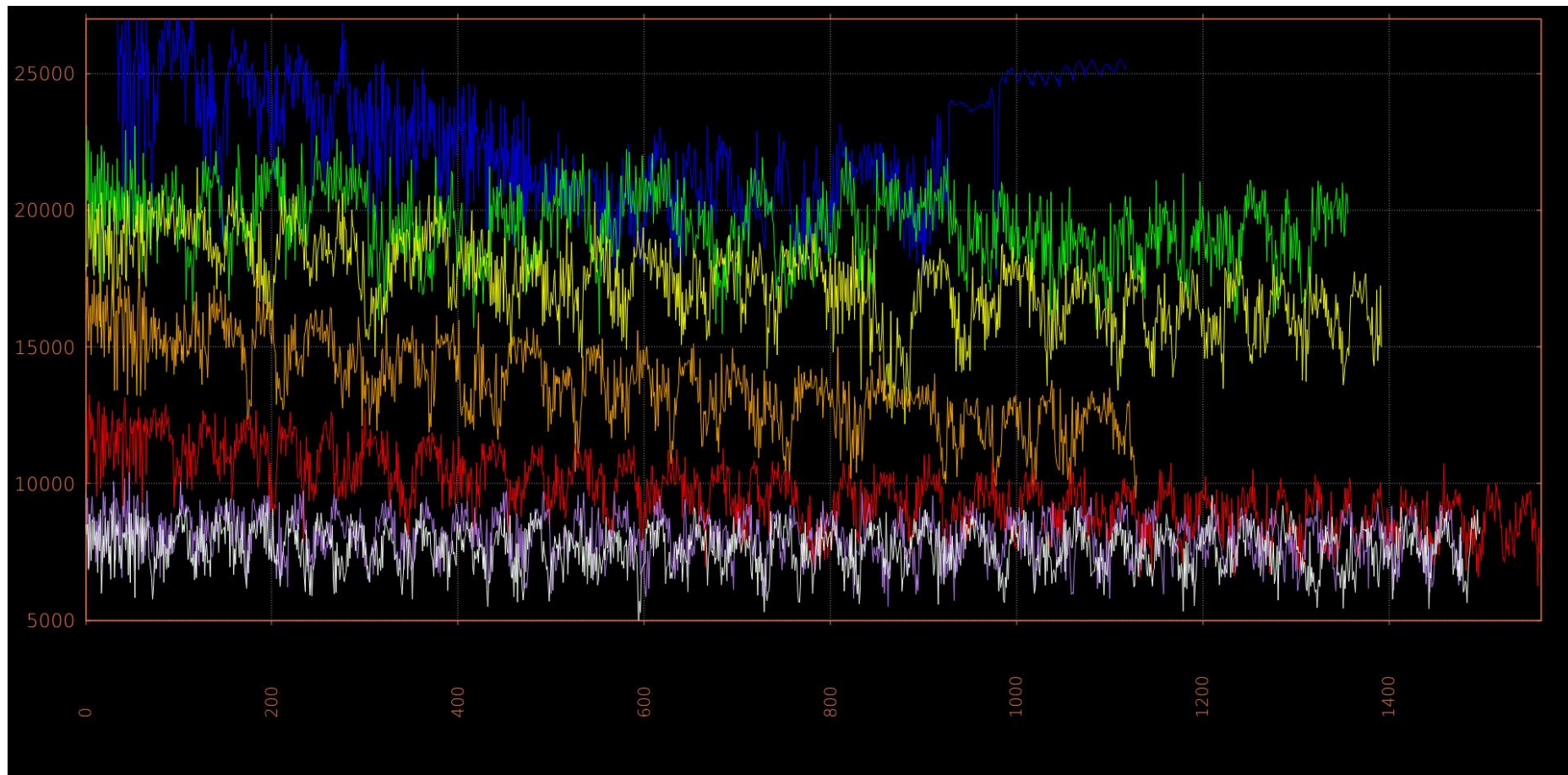
LIITTEET

Liite 1: Turbidometrinen mittaus infrapunalla

Liite 2: Nefelometrinen mittaus sinisellä valolla

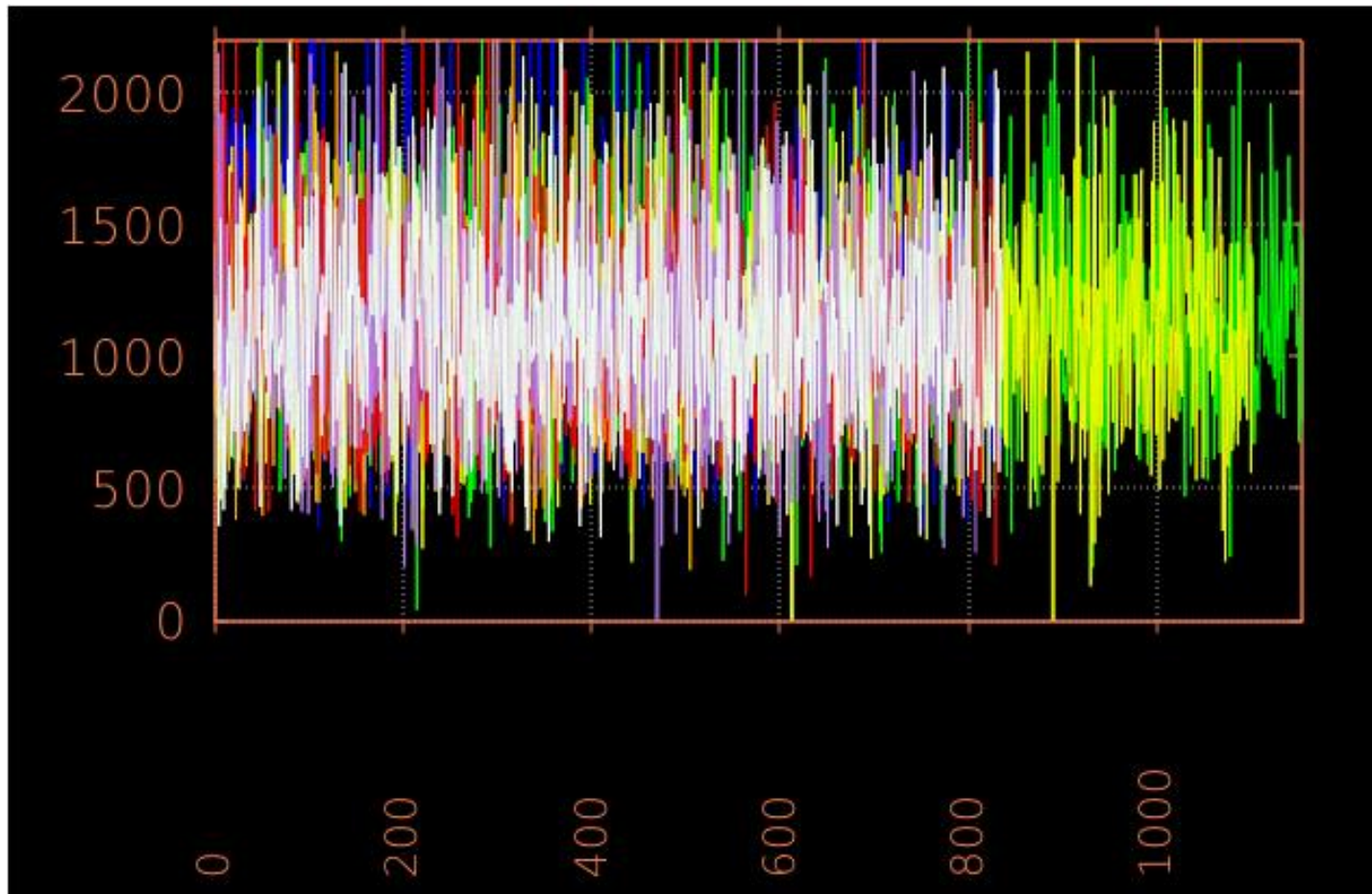
Liite 3: Turbidometrinen mittaus infrapunalla, suodatetulla kuvaaja

LIITE 1 Turbidometrinen mittaus infrapunalla



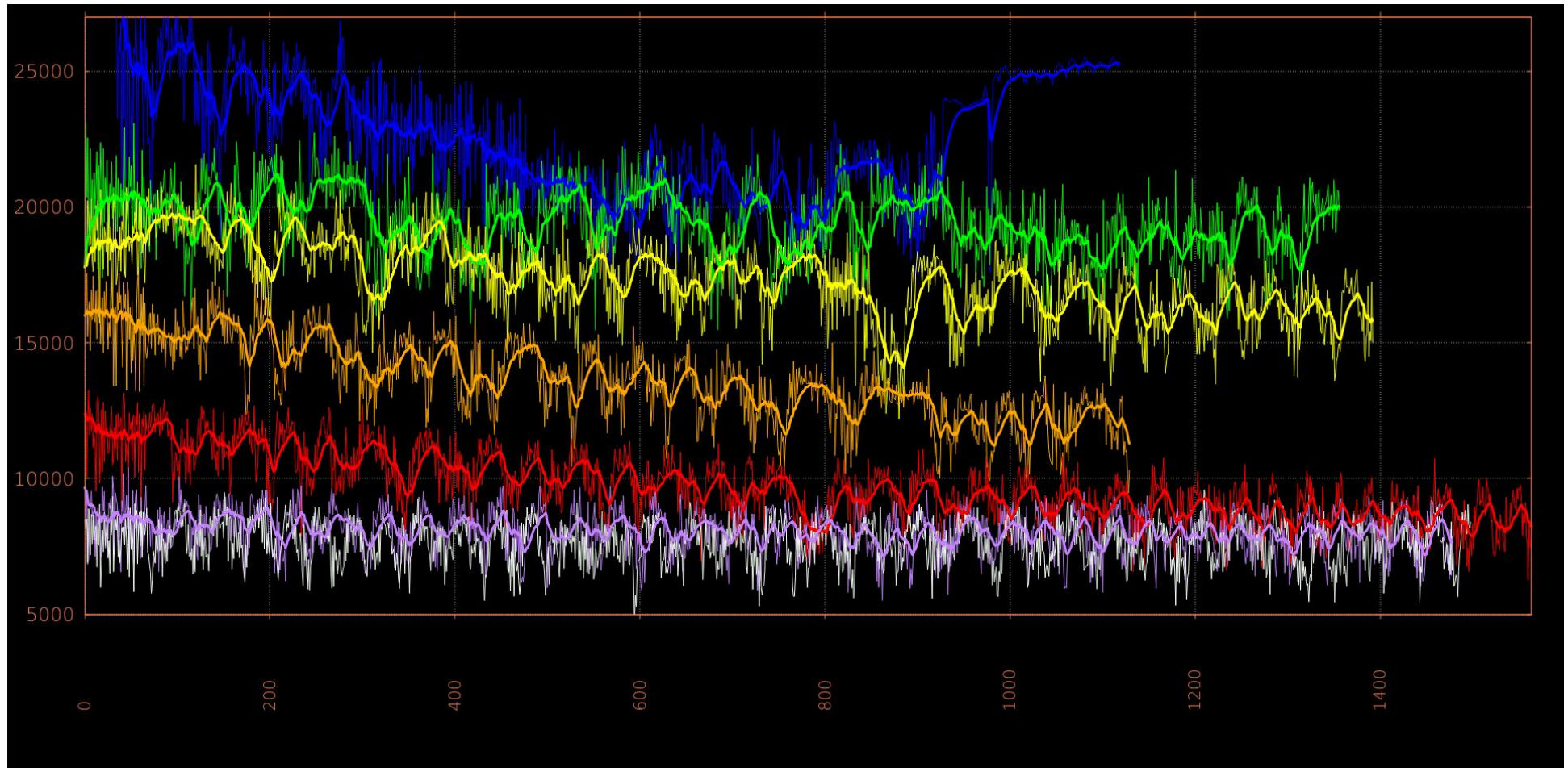
Kuvaajassa on merkitty sinisellä kirkas öljy, vihreällä 5 tippaa vettä öljyssä, keltaisella 10 tippaa vettä öljyssä, oranssilla 15 tippaa vettä öljyssä, punaisella 20 tippaa vettä öljyssä, violetilla 25 tippaa vettä öljyssä ja valkoisella 30 tippaa vettä öljyssä. X-akselilla on mittauskerta ja Y-akselilla AD-muuntimen lukema.

LIITE 2 Nefelometrine mittaus sinisellä valolla



Kuvaajassa on merkitty sinisellä kirkas öljy, vihreällä 5 tippaa vettä öljyssä, keltaisella 10 tippaa vettä öljyssä, oranssilla 15 tippaa vettä öljyssä, punaisella 20 tippaa vettä öljyssä, violetilla 25 tippaa vettä öljyssä ja valkoisella 30 tippaa vettä öljyssä. X-akselilla on mittauskerrat ja Y-akselilla AD-muuntimen lukema.

Liite 3 Turbidometrinen mittaus infrapunalla, suodatettu kuvaaja



Kuvaajassa sinisellä kirkas öljy, vihreällä 5 tippaa vettä öljyssä, keltaisella 10 tippaa vettä öljyssä, oranssilla 15 tippaa vettä öljyssä, punaisella 20 tippaa vettä öljyssä, violetilla 25 tippaa vettä öljyssä, valkoisella 30 tippaa vettä öljyssä. X-akselilla mittauskerrat, Y-akselilla AD-muuntimen lukema. Yhtenäinen viiva on mittaustuloksista suodatettu kuvaaja.