



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ESISELKEYTYSALTAAN LIETEPATJAN HALLINTA METSÄ-BOARD KYROLLA

Jyri Isokivijärvi

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2016
Konetekniikan koulutus
Koneautomaation suuntautumispolku



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutus
Koneautomaation suuntautumispolku

ISOKIVIJÄRVI JYRI

Esiselkeytsaltaan lietepatjan hallinta Metsä-Board Kyrolla

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Maaliskuu 2016

Metsä-Board Kyron kartonkitehtaan jätevesilaitoksella oli tarve saada tietoa esiselkeytsaltaan pohjalla olevasta lietepatjasta. Tiedon avulla haluttiin optimoida lietteenkäsittelyn toimintaa, säästää raaka-ainekustannuksissa ja estää esiselkeytsaltaan kaavintasillan liiallisesta kuormituksesta aiheutuva pysähtyminen. Aikaisemmin Metsä-Board Kyrolla pyrittiin pitämään lietepatja mahdollisimman vähissä, joka on johtanut siihen, että käyttökelpoista kuitupitoista paperi/kartonkimassaa on jouduttu päästämään jätevesilaitokselle lietepuristimien toiminnan takaamiseksi. Lietteenkäsittelyn hallintaa haluttiin muuttaa siten, että esiselkeytsaltaan pohjalla voitaisiin pitää sopivien raja-arvojen välissä olevaa lietepatjaa. Patjan korkeuden perusteella säädeltäisiin lietepuristimien tuottoa. Lietteen ollessa vähissä altaan pohjalla, tuottoa pienennettäisiin ja vastaavasti korkean lietepitoisuuden aikana tuottoa kasvatettaisiin. Tämän opinnäytetyön tavoite on saada tieto lietepatjan korkeudesta, sekä tiedon avulla laatia käyttäjille ohjeet lietepuristimien ajotavoista.

Haasteita tähän opinnäytetyöhön aiheutti pyörivä kaavintasilta, joka ei mahdollista mitausdatan tuontia kaapeleita pitkin kenttäkoteloon. Luotettavan mittaussuureen, ja siihen sopivan anturin valitseminen oli ratkaistava, ennen kuin mitattujen arvojen perusteella voitiin laatia ajo-ohjeita. Lisäksi esiselkeytsaltaan pohjalla oleva lietepatja alkaa ajan mittaan tuottamaan rikkiyhdisteitä, jotka aiheuttavat hajuhaittoja ympäristöön. Tämän vuoksi työn aikana seurattiin altaan pohjan redox- ja pH-arvoja, joita verrattiin ympäristön rikkivetypitoisuuksiin ja lietepatjan korkeuteen.

Työstä saadut tulokset osoittavat, että momenttitukeen asennetun voima-anturin tuottaman mittauksen avulla saadaan riittävä tieto lietepatjan aiheuttamasta kuormasta sillan vetolaitteistolle. Mittauksen perusteella tuotiin lietepatjan korkeuden ilmoittava tieto käyttäjille, sekä hälytykset erilaisista huomiota vaativista tilanteista. Lietepatjan aiheuttamat hajuhaitat aiheuttavat kuitenkin ongelman. Melko lyhytkin lietteen varastointi altaan pohjalla näkyy ympäristössä hajuhaittoina, joten lietteen varastointiin perustuva ajotapa ei ole toimiva.

Lisätutkimusta vaadittaisiin hajunmuodostuksen minimointitavoista sekä lietteen käsittelyn tehostamisesta.

Asiasanat: jätevesien puhdistus, esiselkeytyminen, liete

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

Jyri Isokivijärvi:
Controlling the sludge blanket at the pre-sedimentation pool of Metsä Board Kyro

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 4 pages
May 2016

The purpose of this thesis was to gain knowledge about a sludge blanket that forms at the bottom of a pre-sedimentation pool at Metsä Board Kyros wastewater treatment plant. In the pre-sedimentation pool there is a rotating scraping bridge that is driven by an electric motor with a gear transmission. Measuring the force that the sludge blanket exerts on the machinery and comparing it to the thickness of the sludge blanket makes it possible to write instructions for users about how to operate two sludge presses in different situations. Measurement should also be alarmed to notify the situation when the load of the sludge blanket is getting too heavy for the system. Having the information of the thickness of a sludge blanket would help in preserving the sludge and ensure material cost savings as it would prevent salable pulp into the treatment plant. This is because the sludge presses will not work properly if there is no fiber included in the sludge.

The empirical part of this study consisted a selection of information about how to measure the load that sludge blanket carries and how to use measured values with the instructions. Quantitative research method was used in this study. When sludge blanket lingers for too long at the bottom of the pool it starts to form hydrogen sulfide that causes unpleasant smell in the environment. Therefore hydrogen sulfide levels was also monitored from the environment and pH/redox-values from the sludge during the measurement period.

The results of this thesis were twofold. Using a force sensor as an indicator of the sludge blanket was successful and instructions for users were made successfully. Nonetheless the odor problems were real and therefore preserving the sludge in the pre-sedimentation pool was not meaningful.

Further research is required to solve the problem that occurs during the processing of the sludge and to find methods to prevent formation of the hydrogen sulfide.

key words: wastewater treatment, pre-sedimentation, sludge

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	METSÄ BOARD KYRON KARTONKITEHDAS.....	7
2.1	Metsä Board Kyron jätevesilaitos.....	7
2.1.1	PH:n säätö, hiekanerotus ja välppäys.....	8
2.1.2	Esiselkeytyt.....	9
2.1.3	Biologinen puhdistus ja jälkiselkeytyt.....	9
2.1.4	Mikroflotaatio	10
2.1.5	Ravannesäädöt	10
2.1.6	Lietteenkäsittely	11
2.1.7	Hajunpoistolaitteisto	11
3	ESISSELKEYTYKSALTAAN TOIMINTA JA TIETO LIETEPATJASTA	12
3.1	Metsä Board Kyron esiselkeytyksaltaan rakenne ja laitteisto	12
3.1.1	Lietepatjan mittaaminen.....	13
3.1.2	Voima-anturi	15
3.1.3	Tehon käyttö patjan mittaamiseen	17
3.2	Muut mittaukset	18
3.2.1	Rikkivety.....	18
3.2.2	Redox, pH ja tuhka.....	18
4	TULOSTEN TARKASTELU	20
4.1	Käytetyt tutkimusmenetelmät	20
4.1.1	Voiman ja lietepatjan korkeuden korrelaatio	21
4.1.2	Tehon ja lietepatjan korkeuden korrelaatio.....	24
4.1.3	Hajuhaitat	25
4.2	Tulosten perusteella operaattoreille tuotava tieto	26
5	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Mittausdata.....	31

ERITYISSANASTO

CTMP	kemitermomekaaninen massa
flokki	lietteestä muodostuva rypäs, lietekimppu
hylkytorni	säiliö, johon koneiden rejektimassa pulppereilta johdetaan
kolloidi	nesteeseen liuennut kiinteä aines
primäärilietepumppu	esiselkeytysaltaan pohjalta lietettä poistava pumppu
pulpperi	paperimassan hajotin
päälystyspasta	kartongin/paperin pintaan siveltävä maalimainen kerros
Tasster	lietepuristin
Valmet DNA	Kyrolla käytössä oleva prosessinohjausjärjestelmä
tracer	Valmetin trendityökalu
tiivistysallas	allas, johon jälkiselkeytyksen pohjalta poistetaan lietettä
BM1	Metsä Board Kyron taivekartonkikone
PM3	Metsä Board Kyron tapetin pohjapaperikone

1 JOHDANTO

Helmikuussa 2014 Kyron kartonkitehtaalla oli ongelmia sekä BM1:llä että PM3:lla, jonka seurauksena jätevesilaitokselle pääsi runsaasti sakeata massaa. Tästä syystä esiselkeytysallasta kiertävä kaavintasilta pysähtyi, eivätkä sen pohjakaapimet tuoneet enää lietettä altaan pohjalta primäärilietepumppujen imuyhteeseen. Siten allasta oli tyhjennettävä kairinkoneilla sekä sekoitettava erilaisilla vesisuuttimilla Lassila & Tikanojan ja Kyröskosken vapaapalokunnan toimesta. Koko operaatio kesti puolitoista vuorokautta, jolloin tehtaan paperikoneilla ei saanut tulla niin pitkäaikaista ratakatkoa, joka olisi aiheuttanut hylkytornien ylivuodon. Muutoin kone olisi jouduttu ottamaan pois tuotannolta siksi aikaa, kunnes kaavintasilta jälleen saataisiin pyörimään. Saamalla validi tieto esiselkeytysaltaan kaavintasillan kuormituksesta, voitaisiin tulevaisuudessa estää vastaavanlaiset tapaukset.

Kaavintasillan kuormitustiedon avulla saataisiin operaattoreille tieto patjan korkeudesta. Sen avulla voitaisiin myös laatia ohjeet lietepatjan hallintaan, lietteenkäsittelyn tehostamiseksi, sekä kuitusäästöjen saavuttamiseksi. Tässä työssä tutkitaan voima-anturin ja vetomoottorin tehon toimintaa kuormituksen mittajana ja verrataan sitä lietepatjan korkeuteen. Lisäksi tutkitaan lietepatjan vaikutusta hajuhaittoihin.

Tämän opinnäytetyön tekijä työskentelee Metsä Board Kyron jätevesilaitoksen hoitajana.

2 METSÄ BOARD KYRON KARTONKITEHDAS

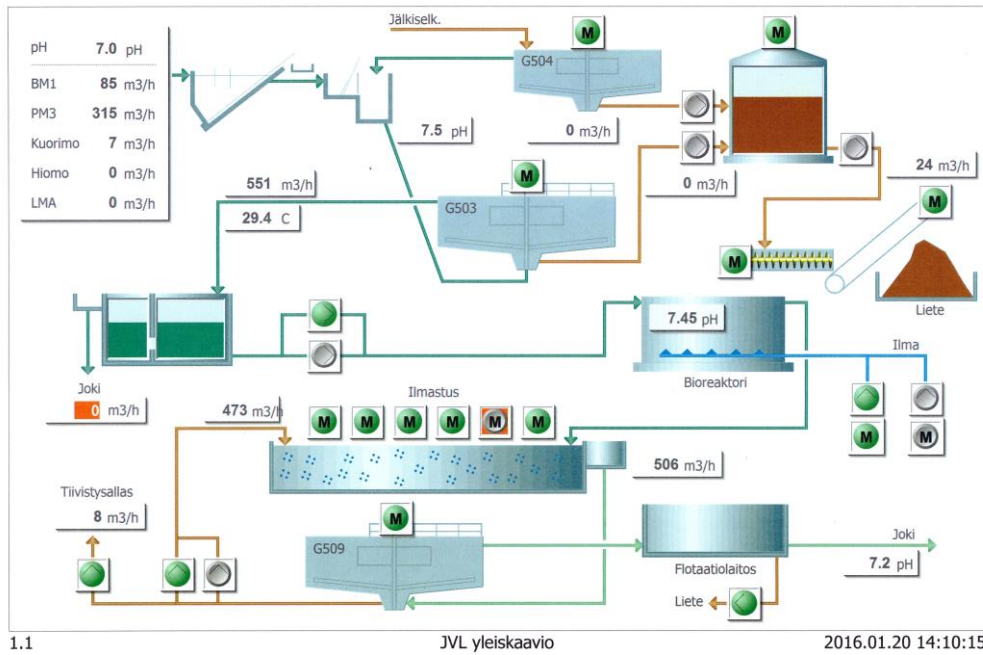
Metsä Board Kyro on Kyröskoskella sijaitseva tuotantolaitos, joka kuuluu Metsä Board osakeyhtiöön. Metsä Board on osa Metsä Group konsernia, jota hallinnoi Metsäliitto osuuskunta. Metsä Boardilla on tuotantolaitoksia Kyröskosken lisäksi Husumissa (Ruotsi), Kemissä, Simpeleellä ja Äänekoskella sekä CTMP-tehtaat Joutsenossa ja Kaskisissa. Metsä Boardin henkilöstömäärä on 3100 (Metsä Group 2016).

Metsä Board Kyrolla on kaksi konelinjaa, jotka tuottavat taivekartonkia ja tapetin pohjapaperia sekä joitakin erikoispapereita. Kartonkikone BM1:n mitoituskapasiteetti on 190000 tonnia ja tapettikone PM3:n 90000 tonnia. Konelinjojen lisäksi tehtaalla toimii kuorimo, kuitupuuhiomo, lisämassa-asema, kemikalio, sellun hajotus, lähetys, laboratorio, hallinto ja voimalaitos. Voimalaitos käyttää polttoaineenaan haketta ja turvetta. Kyron kartonkitehdas on perustettu jo vuonna 1870, kun ensimmäinen puuhiomo perustettiin Kyröskosken partaalle. Tällä hetkellä Kyrolla työskentelee 250 henkilöä.

Kyron valmistaman kartongin yleisimmät loppukäyttökohteet ovat tukkureille menevän osuuden lisäksi lääkepakkaukset, kosmetiikka ja graafinen kartonki. PM3:n paperia käytetään tapetin pohjapaperin lisäksi aaltopahvipakkausten pintakerroksena ns. lainerina.

2.1 Metsä Board Kyron jätevesilaitos

Metsä Board Kyron jätevedet puhdistetaan aktiivilietelaitoksella. Termi aktiivilietelaitos perustuu ilmastusaltaan ja jälkiselkeytysaltaan välillä tapahtuvaan palautuslietekierto, jonka aikana bakteerikanta käyttää ravintonaan vesistöä kuormittavia ainesosia. Ilmastusaltaassa bakteerit toimivat aerobisissa ja jälkiselkeytysaltaan pohjalla anaerobisissa oloissa. Näiden yhteisvaikutuksena vedestä poistuu erilaisia ympäristöä kuormittavia ainesosia ja jälkiselkeytysaltaan ylijuuksutuksesta saadaan puhdasta vettä, bakteerilietteen laskeutuessa altaan pohjalle. Kuvassa 1 on nähtävillä yleiskaavio Kyron jätevesilaitoksesta. Tässä luvussa käydään läpi Kyron jätevesilaitoksen osaprosessit.



KUVA 1. Jätevesilaitoksen yleiskaavio Kyrön Valmet DNA-käyttöjärjestelmässä

2.1.1 PH:n säätö, hiekanerotus ja välppäys

Ensimmäinen jätevesien puhdistamiseksi tehtävä operaatio on pH:n säätö. Käytännössä tämä tapahtuu jo ennen jätevesilaitosta tehtaan jätevesikanaalissa. PH:n ollessa asetusarvoa pienempi lisätään jäteveteen natriumhydroksidia (NaOH) ja vastaavasti pH-arvon ollessa liian korkea rikkihappoa (H_2SO_4). PH säädetään lähelle neutraalia aluetta, jolla varmistetaan biologisten prosessien toiminta.

Mekaaniselle jätevesilaitokselle tulevasta jätevedestä poistetaan ensin raskaat partikkelit hiekanerotuslaitteistolla. Hiekanerotus perustuu pyöreäseinäiseen kartionmalliseen kuoppaan, jossa on kolakuljetin, joka kaappii laskeutuneen aineksen pohjalta pois. Seuraavaksi vesi tulee välppälle, jolla poistetaan veden mukana tulevia suuria kappaleita. Välppässä on metalliliuskoista koostuva säleikkö, joka porrasmaisesti poistaa karkeat epäpuhtaudet veden seasta. Välppältä vesi putoaa esiselkeytysaltaalle johtavaan putkeen.

2.1.2 Esiselkeytys

Esiselkeytysaltaan tarkoituksena on gravitaatioon perustuen laskeuttaa painavaa ainesta altaan pohjalle, josta se ohjataan pyörivässä sillassa olevien pohjakaapimien avulla primääri-lietepumpuille lietteenkäsittelyyn. Allas on kaltevapohjainen, tilavuudeltaan 3800m², reunasyvyyden ollessa 4,0m. Esiselkeytetty vesi poistetaan altaasta ylivuotona säteittäiskouruja pitkin. Altaan on toimittanut Tampella Oy vuonna 1972. Kuvassa 2 on nähtävissä altaassa pyörivä kaavintasilta sekä säteittäiskourut, joita pitkin esiselkeytetty vesi kulkeutuu pumppauksen kautta biologiseen puhdistukseen.



KUVA 2. Esiselkeytysaltaan silta

Esiselkeytysaltaan toimintaan ja laitteistoon syvennyttään paremmin luvussa 3.

2.1.3 Biologinen puhdistus ja jälkiselkeytys

Esiselkeytetty jätevesi pumpataan biologiseen puhdistukseen. Osa vedestä ohjataan bio-reaktorille, joka on vesitilavuudeltaan 1500m³:n avosäiliö, halkaisijan ollessa 16,8m, korkeuden 8,2m ja vesikorkeuden 7m. Säiliön pohjalla on ilmastuspatruunoita, joihin syötetään kahdella kompressorilla ilmaa. Lisäksi reaktorissa pyörii 500m³:in tilavuudelta kantainekappaleita, joiden pintaan syntyvä bakteerikerros käyttää vedessä olevia epäpuh-
tauksia ravintonaan. Bioreaktorilta lähtevä vesi yhtyy esiselkeytyksestä pumpattavaan ve-
teen ja siirtyy ilmastusaltaaseen. Ilmastusallas on renkaanmuotoinen, syvyydeltään 3,8m

ja tilavuudeltaan 9200m³:n kokoinen allas. Altaan tehtävänä on muodostaa bakteerikasvustolle otolliset olosuhteet hapettamalla vettä pintailmastimien ja pohjalla olevien happimattojen avulla.

Ilmastusaltaan takana olevasta lietekourusta aktiiviliete ohjataan jälkiselkeytykseen, jossa liete laskeutetaan altaan pohjalle ja kaavitaan sieltä lappomenetelmällä palautussekä ylijäämälietepumpulle. Jälkiselkeytyksaltaan ylijuoosu ohjataan mikroflotaatiolaitokselle.

2.1.4 Mikroflotaatio

Mikroflotaatiolaitoksella jälkiselkeytettyyn veteen annostellaan polyalumiinikloridia, jolloin vedessä olevat kolloidit epäpuhtaudet muodostavat ns. mikroflokkeja eli kooltaan mikrotason flokkeja. Sekoituksen jälkeen veteen pumpataan pitkäketjuista polymeeriä (polyakryyliamidi), joka kerää mikrotason flokit suuremmiksi kimpuiksi. Flotaatioaltaan alussa altaan pohjalle pumpataan dispersioveettä, joka on veden ja ilman kovassa paineessa valmistettua liuosta. Vapautuessaan ilma erkautuu vedestä ja tarttuu flokkeihin nostaen ne altaan pintaan. Pinnalta kerääntynyt liete kaavitaan lieterullilla kaukaloon, josta se pumpataan lietteenkäsittelyyn. Altaan takaosasta puhdistettu vesi johdetaan vesistöön, Kyron tapauksessa Kyrös- ja Kirkkojärven väliseen Pappilanjokeen.

2.1.5 Ravinnesäädöt

Biologinen toiminta bioreaktorilla ja aktiivilietelaitoksella tarvitsee toimiakseen hapen lisäksi ravinteita, käytännössä typpeä ja fosforia. Metsä Board Kyrolla esiselkeytettyyn jätevedeen lisätään fosforihappoa (H₃PO₄) ja teknistä ureaa. Tarvittava ravinnelisäyksen määrä mitataan jälkiselkeytyksessä vedessä olevista jäännösravinnepitoisuuksista. Mitaukset tehdään joka arkipäivä tehtaan laboratoriossa.

2.1.6 Lietteenkäsittely

Kuivattavaa lietettä syntyy esiselkeytysaltaan ja jälkiselkeytysaltaan pohjilta sekä mikroflotaatiolaitoksen pinnalta. Lietteet pumpataan sekalietesäiliöön, josta edelleen kahdelle Tasster-tyyppiselle ruuvipuristimelle, joiden toiminta perustuu sihtirummun sisällä pyörivään kairaan, joka pyörii vasten paineilmakuormitteista säätölevyä, puristaen veden sihtirummun läpi. Kuivattu liete putoaa purkupäästä säätölevyn välistä kuljetinruuville, josta edelleen välivarastoinnin kautta polttoon tehtaan biovoimalaitokselle.

Tasster lietepuristimet vaativat toimiakseen kuitupitoista lietettä, mikä on ongelmallista, koska kuituraaka-ainetta pyritään kaikin tavoin säästämään. Tilanne, jossa sekalietteessä on liian vähän kuitua verrattuna biolietteen ja flotaatioletteen määrään, aiheuttaa puristeen liian pienen kuiva-ainepitoisuuden. Monesti Tasster ei kuivaa lietettä riittävästi tässä tilanteessa.

2.1.7 Hajunpoistolaitteisto

Kyron jätevesilaitokselle hankittiin vuonna 2012 vanhan turvemallisen hajunpoistolaitteiston tilalle OdorOff-laitteisto. Samalla myös tiivistinallas katettiin ja sieltä vedettiin putkilinja hajujen poistoon. Lisäksi hajuja johdetaan pois lietepuristimilta, esiselkeytetyn veden kanaalista ja sekalietesäiliöstä. Hajunpoistolaitteiston toimintaperiaatteena on puhaltimella imetyn ilman johtaminen kahden metallisilppua sisältävän ja yhden aktiivihii-
linappuloilla ladatun säiliön läpi. Hajun poisto perustuu imeytymiseen ja aktiivihii-
let onkin tästä syystä vaihdettava kahden vuoden välein, ennen kuin ne ehtivät kyllästyä.

3 ESISELKEYTYSALTAAN TOIMINTA JA TIETO LIETEPATJASTA

Esiselkeytys on olennainen osa jätevedenpuhdistusta. Jäteveden kuormittavuutta kuvaava biologinen hapenkulutus vähenee esiselkeytyksessä keskimäärin 25–40 %:ia ja kiintoaineen määrä 50–70 %:ia (Kinnunen 2013, 10).

Yllä esitetyt prosenttiluvut kuvaavat kohtuullisesti myös Metsä Board Kyron esiselkeytyksen puhdistustuloksia. Kyrolla hyvänä kiintoaineen poistumana pidetään 80 %:ia.

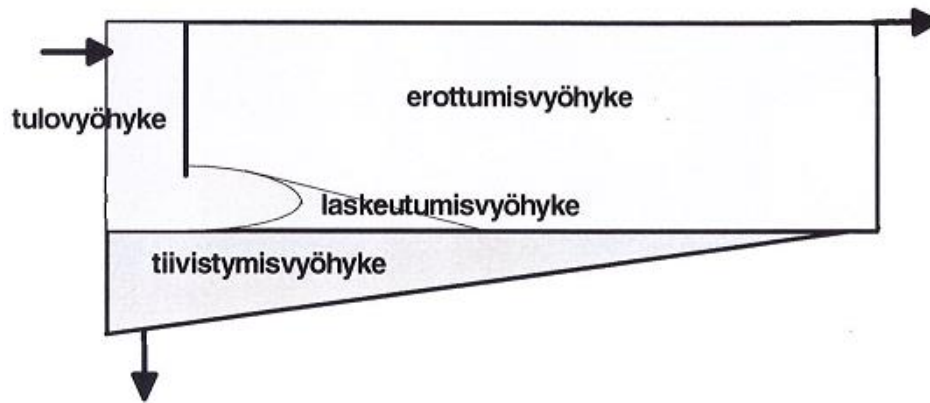
3.1 Metsä Board Kyron esiselkeytysaltaan rakenne ja laitteisto

Esiselkeytysaltaassa pyörivää kaavintasiltaa vetää ABB:n vaihdemoottori. Taulukossa 1 on esitetty moottorin kilpiarvot.

TAULUKKO 1. ABB-vaihdemoottorin kilpiarvot

Nimellis-jännite	Taajuus	Kierrosnopeus	Nimellisteho	Nimellisvirta	Tehokerroin
380 – 400V	50Hz	2925 1/min	4,4kW	9,3A	0,86
380 – 400V	50Hz	1450 1/min	2,2kW	5,9A	0,73

Silta pyörii useimmiten nopeammalla vaihteella, hitaampi vaihde otetaan käyttöön vain, kun altaan lietepatja on korkealla tasolla yli 1,5m:iä. Vetomoottori pyörittää vaihteen välityksellä altaan reunaa pitkin kulkevaa vetopyörää. Altaan halkaisija on 35m, piirin ollessa 109,96m. Kumera-merkkinen vaihde on välityssuhteeltaan 800/1 ja vetopyörän halkaisija on 435mm. Siten se saavuttaa kehänopeuden 0,833m/s, jolla sillan yhteen kierrokseen kuluttama aika on 22min. Altaan keskeltä silta on laakeroitu tukipalkkiin. Keskellä allasta sijaitsee myös hellävarainen turbiinisekoitin, joka pitää lietteen liikkeessä altaan keskellä sijaitsevassa jäteveden tulopisteessä. Altaan keskusta on erotettu muusta altaasta sillan mukana pyörivällä seinämällä, joka ulottuu noin metrin korkeuteen pohjasta. Kuvassa 3 on kuvattu esiselkeyttimen toimintaperiaate.



KUVA 3. Esiselkeyttimen toimintaperiaate (Kaasalainen, 2002, 12)

3.1.1 Lietepatjan mittaaminen

Tähän mennessä esiselkeytysaltaan lietepatjan korkeudesta on saatu tietoa putkien avulla, jotka sijaitsevat eri syvyyksillä altaassa. Menetelmä on varsin karkea ja putkien syvyydet 10cm, 40 cm, 80 cm, 130cm, 195cm ja 225cm ovat varsinkin korkeammilla lietteen määrillä liian kaukana toisistaan. Esimerkiksi 130cm:n putkesta tuleva kiinteä liete saattaa tarkoittaa, että lietepatjan korkeus voi olla 130cm tai 190cm. Lietepatjan korkeus mitataan joka aamuksella näytekierroksella. Mittauspiste sijaitsee mekaanisella jätevedenpuhdistamolla noin 300 metrin päässä valvomosta, jossa operaattorit työskentelevät. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että varsinaista lietepatjan korkeutta ei voi tarkastella, kuin aamukierroksen aikana. Koneiden päänvientiongelmien pitkittyessä, jolloin hylkytornit alkavat vuotamaan yli, käydään patjaa mittaamassa, mutta kriittisen korkeuden sanominen, jolloin silta pysähtyy, on ollut mahdotonta. Kuvassa 4 on venttiilit, joilla lietepatjan korkeus mitataan.



KUVA 4. Esiselkeytsaltaan patjanmittausputkisto

Kaavintasiltaa seuraa kaksi induktiivista lähestymiskytkintä, jotka on ohjelmoitu seuraamaan sillan pyörintäaikaa. Sillan viipyessä liian pitkään matkalla anturilta toiselle tulee valvomoon hälytys ”esiselkeytsaltaan silta pysähtynyt”. Sillan pysähtyessä liian korkean kuormituksen takia on kuitenkin jo liian myöhäistä tehdä oikeita toimenpiteitä. Lähestymiskytkinten avulla päästäänkin kiinni lähinnä talvisen luiston aiheuttamiin sillan pysähtymisiin.

Aikaisemmin sillan pyörintävoimaa on mitattu mekaanisella voima-anturilla, joka on sytyttänyt valoja palamaan sillan keskellä sijaitsevaan majakkaan. Kuormituksen kasvaessa liian suureksi punainen valo on syttynyt majakassa ja sen mukaan on vähennetty sakean jäteveden määrän tuloa jätevesilaitokselle. Mittauksen ongelma oli, että silta sijaitsee kaukana operaattoreista, eikä sillalle ole suoraa näköyhteyttä. Lisäksi rikkivetypitoisuuksista johtuen olosuhteet olivat haastavat sekä voima-anturille, että majakan sähkökytkennöille.

Tässä työssä on päätetty käyttää esiselkeytyksen lietepatjan aiheuttaman kuormituksen mittaamiseen voima-anturia kytkettynä vanhan mekaanisen anturin (tarvittavat muutokset tehden) paikalle vaihdelaatikon momenttitukeen. Mittausajalta kerätään myös tieto sillan keskeltä sijaitsevasta analogisesta virtamittauksesta ja muutetaan se moottorin ottamaksi tehoksi. Lisäksi lietepatja mitataan yhä päivittäin putkistolta ja tarkoitukseen valmistetulla optisella anturilla, joka mittaa veden värin muutosta.

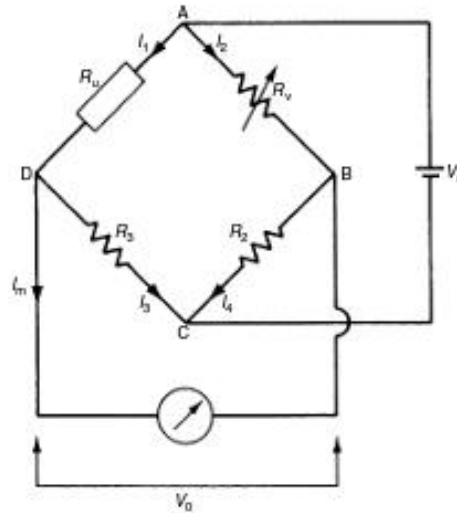
Anturilta saadun datan perusteella täytyi kehittää operaattoreille selvä tieto esiselkeytyksiltään tilasta. Käytännössä mittaustiedon täytyi olla havainnollinen ja eri hälytyksiin liitettävät ohjeet selkeät. Esimerkiksi sillan vetovoiman noustessa nopeasti täytyy laittaa toinen lietepuristimista käyntiin tai oltaessa kriittisellä voima-alueella, saada vuoromes-tarin sekä konelinjojen tietoon, että katkotilanteessa ei saa päästää yhtään sakeaa jätevettä jätevesilaitokselle. Lietepatjan ollessa alhaisella tasolla täytyy toinen lietepuristin pysäyttää mutta hajuhaittojen minimoimiseksi ei lietepatjaa saa säilöä liian kauaa altaan pohjalla.

3.1.2 Voima-anturi

Sillan vetovoiman mittauksessa käytettiin Elkome Systems Oy:n toimittamaa Futekvoima-anturia malliltaan LCB450. Anturi on konfiguroitu laitetoimittajan toimesta. Voima-anturin mittausta perustuu venymäliuskoihin, jotka venyessään tai puristuessaan muuttavat resistanssiaan. Alla on esitetty resistanssin kaava, (Tekniikan Kaavasto, 2012, 120)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (1)$$

jossa ρ on ainekohtainen resistiivisyys, l aineen pituus ja A poikkileikkauksen pinta-ala. Kaavasta nähdään, että aineen venyessä eli pituuden kasvaessa ja poikkileikkauksen pinta-alan pienentyessä resistanssi kasvaa. Venymäliuskan pintaan on ki-dottu erittäin ohutta johtavaa lankaa, jolloin pienikin venymän tai puristuman muutos aiheuttaa mitattavan resistanssin muutoksen. Tämä langan resistanssin muutos on mitattavissa esimerkiksi Wheatstonen siltakytkennän avulla (kuva 5).



KUVA 5. Wheatstonen siltakytkentä (Morris 2001, 120)

Wheatstonen kytkennässä yksi tai useampi vastuksista (R) korvataan vastuslangoilla. Syötettäessä tasaista jännitettä piiriin ja mitattaessa ulostulojännitteen muutosta saadaan selville vastuslankojen resistanssin muutos. Tämä jännitteen muutos on voima-anturissa verrannollinen voiman muutokseen. (Morris 2001, 120–121.)

Aikaisemman mekaanisen voima-anturin tiedoista saatiin selville vaadittava minimitaso voiman mittaukselle, joka oli 17200N:ia. Uusi anturi on kuitenkin skaalattu mittaamaan sekä venymää että puristusta siten, että asteikko ulottuu -88960N:sta +88960N:iin, mikä riittää hyvin mittaukseen. Vetoa ja puristusta mitattiin, koska momenttituen liike on hie-man nykivää. Anturilta tieto siirtyy mV-viestinä langattomalle lähettimelle, josta edelleen radiosignaalina vastaanottimelle sähkötilan läheisyyteen. Vastaanottimessa millivoltti-viesti muutetaan mittamuuntajalla milliampeeriviestiksi siten, että 4mA vastaa alarajaa ja 20mA ylärajaa, nollatason eli lepotilan ollessa 12mA. Viesti kulkee vastaanottimelta kenttäkotelon ja ristikytkentätilan kautta Valmetin DNA järjestelmään, joka on Kyrolla käytettävä prosessinohjausjärjestelmä eli käyttöliittymä. Kuvassa 6 on voima-anturi asennettuna paikoilleen momenttitukeen.



KUVA 6. Futek-voima-anturin asennuspiste

Anturin välittämä voimatieto ei aluksi kerro mitään lietepatjan tilasta vaan anturin dataa täytyy mittausjakson ajan verrata lietepatjan korkeuden manuaalisiin mittauksiin ja sitä kautta saada selville miten anturin data korreloi lietteen määrän kanssa.

3.1.3 Tehon käyttö patjan mittaamiseen

Voima-anturin ja lietepatjan manuaalisen mittauksen lisäksi seurattiin sillan vetomoottorin analogista virtamittausta, joka muutettiin tehoksi kolmivaihemoottorin pätötehokaa- valla, (Tekniikan Kaavasto 2012, 128)

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad (2)$$

jossa U on pääjännite 400V (mitattu arvo), I on mittarin osoittama virtalukema ja $\cos\varphi$ koneen kilpiarvoista saatu tehokerroin 0,86. Tämä mittaus tehtiin lisätiedon saamiseksi lietepatjan, voiman ja tehon yhteydestä. Olosuhteet ovat myös kosteuden ja rikkivedyn muodostumisen takia erittäin haasteelliset ja voima-anturin vikaantumisen näistä syistä voi olla mahdollista. Jos lietepatjan korkeuden ja tehon yhteydestä löytyy selvä korrelaatio, voidaan tulevaisuudessa harkita vetomoottorin tehon käyttöä lietepatjan korkeuden ilmaisemisessa. Kuvassa 7 on analogisen virtamittarin näyttö. Kuvasta käy hyvin ilmi, että mittarilta luettava virta-arvo on hyvin karkea, tarkkuudeltaan 0,1 - 0,2A:n luokkaa.



KUVA 7. Sillan vetomoottorin virtamittari

3.2 Muut mittaukset

Työssä seurattiin hajuhaittojen ja lietepatjan tilan seuraamista varten muitakin suureita, kuin pelkästään lietepatjan korkeutta ja sen aiheuttamaa kuormitusta.

3.2.1 Rikkivety

Hyvin pieninä pitoisuuksina voimakkaan epämiellyttävän hajun aiheuttava rikkivety eli vetysulfidi on jätevesilaitosten ja viemärijärjestelmien yleinen ongelma. Esiselkeytysaltaalla rikkivetyä muodostuu sen pohjalla hapettomien olosuhteiden takia. (Aakula 2007, 12.)

Mekaaniselle jätevesilaitokselle on sijoitettu neljä Honeywell-rikkivetypitoisuusmittaria. Työn aikana seurattiin ulkoilmassa ja mekaanisen puhdistamon yläkerrassa olevan rikkipölyn määrää ja verrattiin sitä lietepatjan muutoksiin. Ulkona oleva rikkivetymittaus on parhaimmillaankin suuntaa-antava, koska mm. tuulen suunta vaikuttaa siihen.

3.2.2 Redox, pH ja tuhka

Jo ennen voima-anturin asennusta sekä sen jälkeen seurattiin esiselkeytysaltaan pohjalla olevan lietteen pH- ja redox arvoja. Mittaukset tehtiin tehtaassa laboratorioissa. PH-arvosta,

joka mitattiin Orion Star A 111 pH-mittarilla, seurattiin lietteen happamuutta altaan pohjalla. Alhainen pH edesauttaa rikkiyhdisteiden syntyä, mutta koska sulfidiyhdisteitä syntyy jo pH-arvon ollessa alle kahdeksan, mitattiin lietteestä myös redox-potentiaali, joka kertoo enemmän jäteveden tilasta. Redox-potentiaali (reduction-oxidation), joka mitattiin Orion 3 Star redox-mittarilla, kuvaa liuoksen ominaisuutta hapettaa tai pelkistää yhdisteitä. Redox-potentiaalin yksikkö on millivolti ja potentiaalin ollessa +50 - +300mV ei synny vielä rikkiyhdisteitä. Alle +50mV:n alkaa rikkiyhdisteitä muodostua, alle -100mV:n muodostuminen kiihtyy ja voimakkaasti yhdisteitä kehittyy potentiaalin ollessa alle -200mV. (Radojevic & Bashkin 1999, 166–170; Aakula 2007, 16.)

Altaan pohjalla olevan lietteen tuhkapitoisuus kertoo lietteen seassa olevan epäorgaanisen aineen määrän, joka paperitehtaan tapauksessa tarkoittaa käytännössä päällystyspastoja ja erilaisia täyteaineita, jotka usein ovat raskaita ja savimaisia. Suuri tuhkapitoisuus merkitsee, että lietepatja on raskaampi kuin pelkästä orgaanisesta aineesta koostuva patja ja aiheuttaa siten suuremman vastuksen kaavintasillalle.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Työn tulosten tarkastelu perustui kvantitatiiviseen aineistoon. Sen lisäksi käytettiin aistinvaraista menetelmää hajuhaittojen osalta ja kokemusperäistä tietoa. Tulosten muuttaminen järjestelmään sopivaksi tiedoksi tehtiin yhteistyössä Botnia Mill Servicen henkilökunnan kanssa.

4.1 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Voima-anturin asentamisen jälkeen kerättiin viiden viikon ajan aineistoa voima-anturin lukemasta, sillan virtamittauksesta ja lietepatjan korkeudesta. Lietepatja mitattiin ja virtamittauksen lukema merkittiin ylös joka päivä aamunäytekerroksen aikaan. Harvahko mittaustiheys selittyy hitailla muutoksilla 3800m³:n esiselkeytysaltaassa. Valmetin kehittämän Tracer-ohjelman avulla kirjattiin vastaavan ajankohdan data voima-anturilta. Tracer työkalulla voidaan seurata minkä tahansa ajanjakson mittausdataa tarkasti. Lietteen redox- ja pH-arvoja mitattiin yhteensä neljä kuukautta, ennen ja jälkeen anturin asentamisen. Arvot mitattiin maanantaisin, keskiviikkoisin ja perjantaisin tehtaan laboratoriossa. Rikkivetypitoisuuden Tracer-lukema kirjattiin lietteen näytteenottohetkiltä. Tuhkapitoisuus mitattiin kerran viikossa (keskiviikkoisin) laboratoriossa.

Saatujen tulosten perusteella suoritettiin vertailevaa tutkimusta korrelaation ja regressioanalyysin avulla. Lietepatjan korkeutta verrattiin voima-anturin ja virtamittauksen mitausarvoihin ja näiden regressiosuora laskettiin Excel taulukko-ohjelmalla, joka antoi suoralle yhtälön muotoa,

$$y = ax - b \quad (3)$$

jossa y kuvaa voimaa, x lietepatjan korkeutta, a on suoran kulmakerroin ja b suoran y -akselin leikkauspiste, eli se piste millä voimalla lietepatjan korkeus on 0cm.

Regressiosuoran r^2 -arvon ollessa 1 on suoran selitysaste 100 %:ia. Välillä 0,50–1,00 suoran selityskyky on hyvä ja arvoilla 0,25–0,50 selityskyky on kohtalainen. Lietepatjan kor-

keuden ja viipymän vaikutusta hajuhaittoihin selvitettiin redox-, pH- ja rikkivetypitoisuusarvojen avulla. Lisäksi tutkittiin lietepatjan tuhkapitoisuuden vaikutusta patjan korkeuden ja vetovoiman suhteeseen. (Kananen 2011, 108–113.)

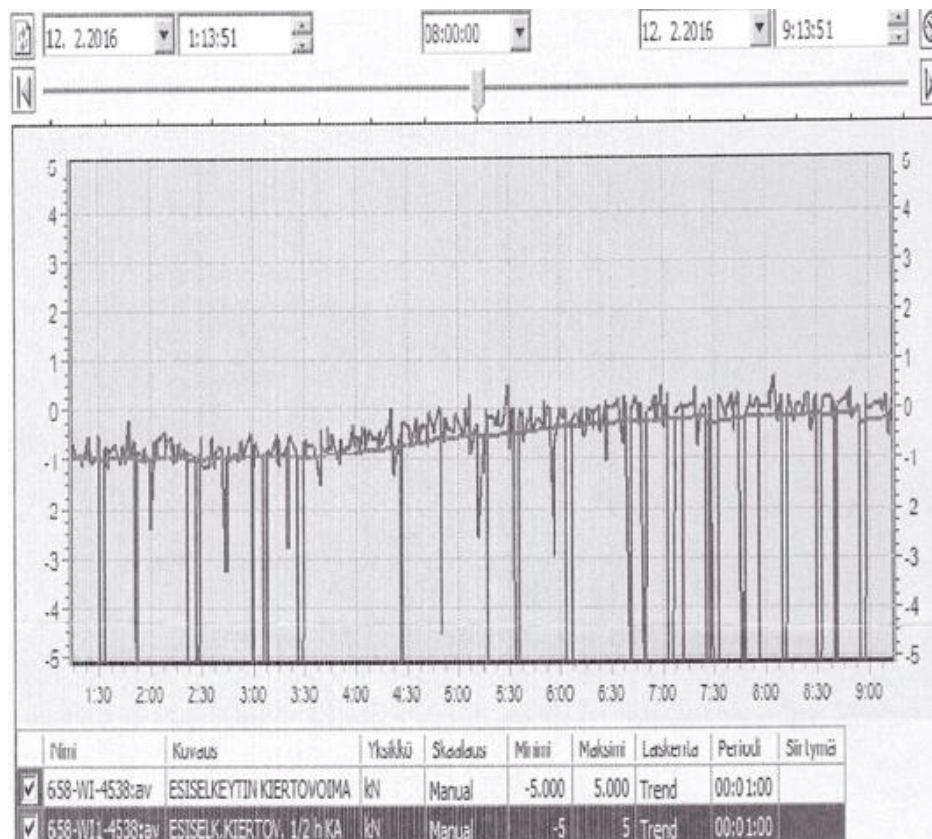
Jos tiedossa oli, että mittausjakson aikana jätevesilaitokselle oli päässyt esimerkiksi koneiden hylkytornien ylivuodon kautta runsaasti massaa, tutkittiin miten tämä päästö vaikutti voima-mittaukseen. Näin pyrittiin saamaan selville sellainen voiman muutosnopeus, josta on hälytettävä käyttäjiä.

4.1.1 Voiman ja lietepatjan korkeuden korrelaatio

Voima-anturi asennettiin 25.1.2016. Kahden ensimmäisen päivän mittausdata oli vertailukelvotonta, koska skaalaus oli väärin asetettu. Mittausdata on kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteenä. Mittausajanjaksolla mitattu voima liikkui välillä $-1,5 - +0,8\text{kN}$:ia, anturin mittausalueen ollessa $-90 - +90\text{kN}$:ia, eli mittausalueesta oli käytössä vain pieni osa. Lietepatjan korkeus vaihteli välillä $0-100\text{cm}$:iä. Valmet-Traceria seuratessa mittausdatasta kävi kuitenkin ilmi, että voimalukema teki nopeita piikkejä alaspäin, jopa -55kN :iin asti, mikä olisi rikkonut pienemmän anturin. Syitä näille piikeille ei kattavasti osattu selittää. Esiselkeytysaltaan reunus jolla vetopyörä kulkee, on paikoittain epätasainen, koska puristuspiikit tulivat kuitenkin epäsäännöllisesti, ei syy voinut aiheutua siitä. Seuratessa sillan liikettä on selvästi havaittavissa nykimistä, mikä selittää puristuspiikit, mutta nykimisen syy ei ole tiedossa. Puristuspiikit täytyi eliminoida mittauksesta, koska ne aiheuttavat turhia hälytyksiä ja operointipäätteelle tulevan tuloksen turhaa heilahtelua.

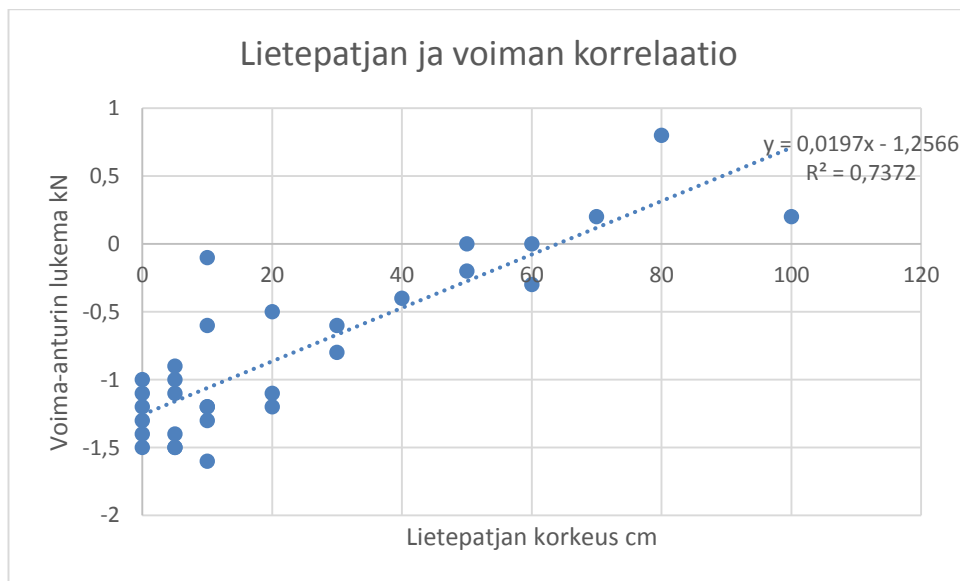
Puristuspiikkien takia tehtiin 9.2.2016 voimamittaukseen puolen tunnin, kahden tunnin ja 24 tunnin liukuva keskiarvolaskenta. Puolen tunnin liukuvaan keskiarvoon sidottiin lopuksi käyttäjille tuleva tieto lietepatjasta ja hälytyksistä. Keskiarvo lasketaan siten, että ylä- ja alaraja on $-10\text{kN} - +10\text{kN}$. Piikit vaikuttavat keskiarvoon vielä alentavasti, mutta se on helppo ottaa huomioon lopullisessa laskennassa. Syy siihen, että mittausdata oli enemmän puristuksen, kuin vedon puolella selittyy voima-anturin vastapainona olevasta vetomoottorista. Lietepatjan ollessa alhainen, vetomoottorin aiheuttama puristus voittaa vedosta aiheutuvan voiman. Vasta lietepatjan korkeuden ylittäessä 60cm siirtyi anturi mittaamaan vetoa.

Kuvassa 8 on Valmet-Tracer ohjelmasta otettu printti 12.2.2016 yön aikana tapahtuneesta voimamittauksesta. Kuvassa näkyy vetovoiman nousu aikavälillä 3.30–7.00. Syy tähän nousuun oli ongelmat PM3:lla. Paperirainan päänvientiongelmien takia koneen hylkytorni tuli yli tunnin ajan ja hylkytornin pohjaa jouduttiin pitämään auki neljä tuntia. Lietepatja nousi edellisen päivän 40cm:stä 60cm:iin, voiman noustessa -1kN:sta 0:kN:iin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että lietepatja kasvoi vain 20cm:iä vaan todennäköisesti lähtötaso oli alhaisempi, koska lietepuristimet kävivät täydellä teholla edellisen aamun mittauksesta yöhön asti. Kuvasta on myös hyvin nähtävissä puristuspiikit, sekä puolen tunnin liukuvan keskiarvon hieman alhaisempi lukema varsinaiseen mittaukseen verrattuna. Keskiarvon keskimääräinen erotus mittaukseen koko mittausdatan keräysajalta oli -0,217kN:ia. Tämä otettiin huomioon järjestelmään siirrettävässä lietepatjan korkeuden laskennassa.



KUVA 8. Voimamittaus 12.2.2016

Voima-anturin tuottaman datan ja manuaalisten lietepatjamittausten perusteella voitiin tehdä Excel-kaavio, josta käy ilmi mittaustulosten hajontakuviota ja regressiosuora, jonka r^2 -arvosta voitiin nähdä mittausten keskinäinen riippuvuus. Kuviossa 1 nähdään, että lietepatjan korkeuden ja voimamittauksen välille saatiin regressiosuoran r^2 -arvoksi 0,7372 mikä kertoo, että suoran selityskyky on hyvä.



KUVIO 1. Lietepatjan korkeuden ja voimamittauksen hajontakaavio

Kuviossa 1 näkyvän kaavan

$$y = 0,0197x - 1,2566 \quad (4)$$

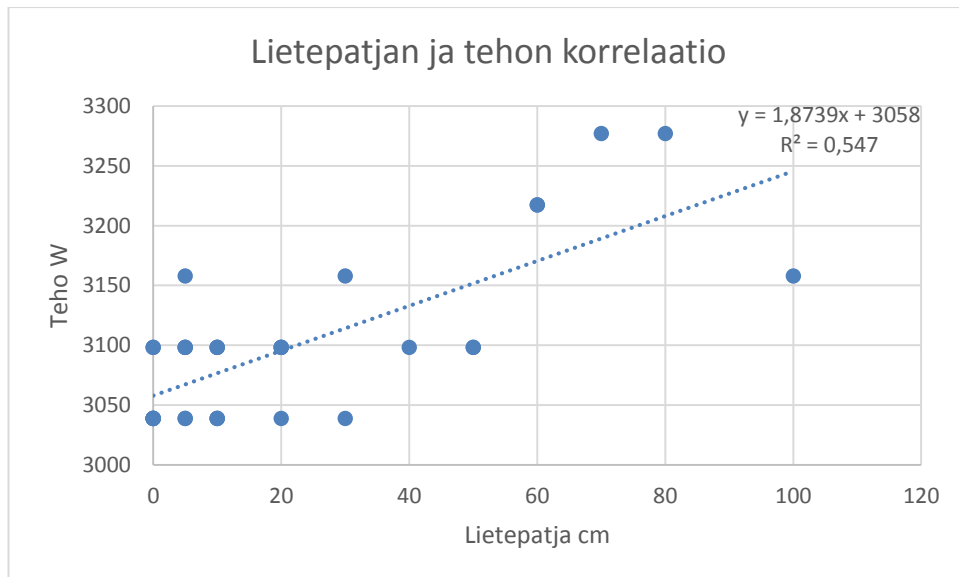
perusteella voitiin laatia ohjelma, joka muuttaa voima-anturin mittauksen lietepatjan korkeudeksi. Kaavasta piti ratkaista x , joka kuvaa lietepatjan korkeutta ja se saatiin johtamalla kaava muotoon,

$$x = \frac{1,2566+y}{0,0197} \quad (5)$$

jossa y on voima-anturin lukema, lopullisessa laskennassa puolen tunnin keskiarvo lisätynä 0,217kN:lla.

4.1.2 Tehon ja lietepatjan korkeuden korrelaatio

Mittausjakson aikana tehty vetomoottorin virtamittauksen seuranta tuotti kuvion 2 mukaisen hajontakaavion. Virtamittauksen ja sen kautta lasketun tehon sekä lietepatjan välinen r^2 -arvo oli 0,547. Tehon suoran selitysaste oli siis heikompi, kuin voima-anturin selitysaste, mutta kuitenkin yli kohtalaisen selitysasteen rajan 0,5. Voima-anturi antaa siis tarkemman kuvan lietepatjasta, kuin virtamittaus. Syitä virtamittauksen huonompaan korrelaatioon oli ainakin ulkoilman lämpötilan muutokset, joka vaikuttaa jäykistämällä laakereiden voiteluaineita, todella karkea virtamittarin asteikko ja näytteenottohetken vaihtelevuus sillan asennon takia.

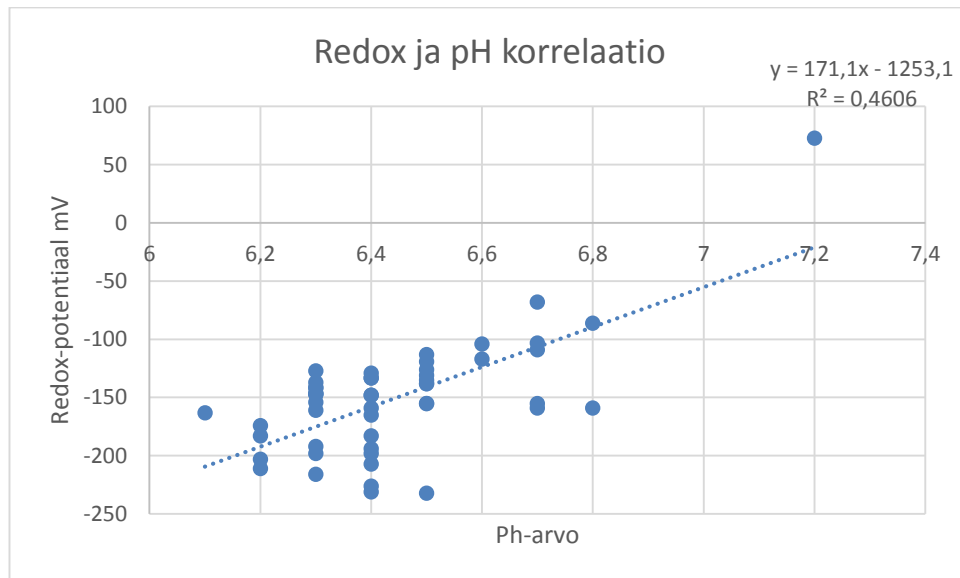


KUVIO 2. Tehon ja lietepatjan hajontakaavio

Tuhkapitoisuuden vaikutuksesta tehoon tai voimaan ei löytynyt mittausjakson ajalta korrelaatiota.

4.1.3 Hajuhaitat

PH-ja redox arvoja esiselkeytysaltaan pohjalla seurattiin 25.9.2015 alkaen. Kuviosta 3 nähdään, että pH- ja redox arvoilla on kohtalainen selityskyky r^2 -arvon ollessa 0,4606.



KUVIO 3. PH:n ja redoxin hajontakaavio

Verrattaessa pH-ja redox arvoja lietepatjan korkeuteen ja rikkivetytitoisuuksiin ei min-käänlaista korrelaatiota ollut havaittavissa.

Mittausajanjaksolla oli kuitenkin muutamia mielenkiintoisia tapahtumia. 26.10.2015 pH-arvo oli noussut yli seitsemän ja samalla redox-potentiaali mittausjakson ainoan kerran positiiviseksi, arvoon 73mV. Samalla lietepatja oli ajettu täysin tyhjiin esiselkeytysaltaasta ja rikkivetytitoisuudet pysyivät seuraavat kymmenen päivää nollan tuntumassa. Seuraavan kerran liete loppui altaasta 23.11 ja 25.11 välillä. Silloin on havaittavissa redox-potentiaalin lasku -103mV:iin ja rikkivetytitoisuuksien alhainen taso ympäristössä. Myös joulukuun puolestavälistä tammikuun alkuun lietepatja oli pitkään nollassa ja rikkivetytitoisuudet alhaalla. Mittausjakson viimeisenä päivänä 26.2.2016 redox-potentiaali oli tippunut - 109mV:iin ja ulkoilman rikkivetytitoisuus nolnaan.

Pitkälle vieviä johtopäätöksiä lietepatjan korkeudesta hajuhaittoihin ei mittausten perusteella voinut tehdä. Oli myös mittausajajaksoja jolloin lietepatjaa oli ollut pitkään, mutta hajuhaittoja ei syntynyt merkittävästi. Muutamia aistinvaraisia havaintoja mittausjaksolta

kuitenkin saatiin, joita myös mittaustulokset jossain määrin tukevat. Lietepatja ei ole loppussa vaikka mittaus näyttää nollaa. Tämä johtuu esiselkeytysaltaan kartionmuotoisesta pohjasta. Työn aikana se ilmeni siten, että hajuhaitat eivät aina loppuneet nollassoon vaan vasta sitten, kun liete oli oikeasti loppunut. Tämä oli havaittavissa lietepuristimien tuotosta. Lisäksi lietepatjan viipymällä altaan pohjassa on merkitystä hajuhaittojen syntyyn, joka huomattiin kahden ensimmäisen esimerkin mittauksista. Tämän vuoksi ei ole myöskään järkevää suosia ajotapaa, joka pyrkii säästämään lietettä altaan pohjalla. Hajuhaittoihin vaikuttaa myös tiivistinaltaassa muhiva bioliete, vaikkakin allas on katettu.

Hajuhaittojen ja tuhkapitoisuuden osalta ei myöskään löytynyt korrelaatiota. Mielenkiintoinen havainto, joka ei liittynyt tämän työn aihepiiriin oli se, että lietteen loppuminen kokonaan esiselkeytysaltaasta paransi biologisen puhdistuksen tilaa.

Mittausjakson lopulla 10.2. tehty rikkivetypitoisuusmittareiden kalibrointi paljasti, että mittarit olivat näyttäneet todellista alhaisempia lukemia, mikä selittää loppujakson korkeat lukemat. Eräs ongelma tutkimuksessa oli rikkivetypitoisuuksien suuret heilahtelut pienelläkin aikavälillä, mikä aiheutti mittaukseen suurta epävarmuutta. Ongelma pyrittiin ratkaisemaan ottamalla näyte joka päivä samaan kellonaikaan.

4.2 Tulosten perusteella operaattoreille tuotava tieto

Voima-anturin mittauksen esittämistä operaattoreille mietittiin työn edetessä. Vaihtoehtoina oli mm. tehdä mittauksesta 0-100 prosenttiasteikko tai muuttaa voima helpommin käsitettäväksi kilogrammoiksi. Parhaana vaihtoehtona pidettiin kuitenkin muuttaa tulos lietepatjan korkeudeksi, havainnollisuuden vuoksi. Lisäksi mittauksen oikeellisuus on helppo todeta vertaamalla sitä manuaaliseen patjan mittaamiseen.

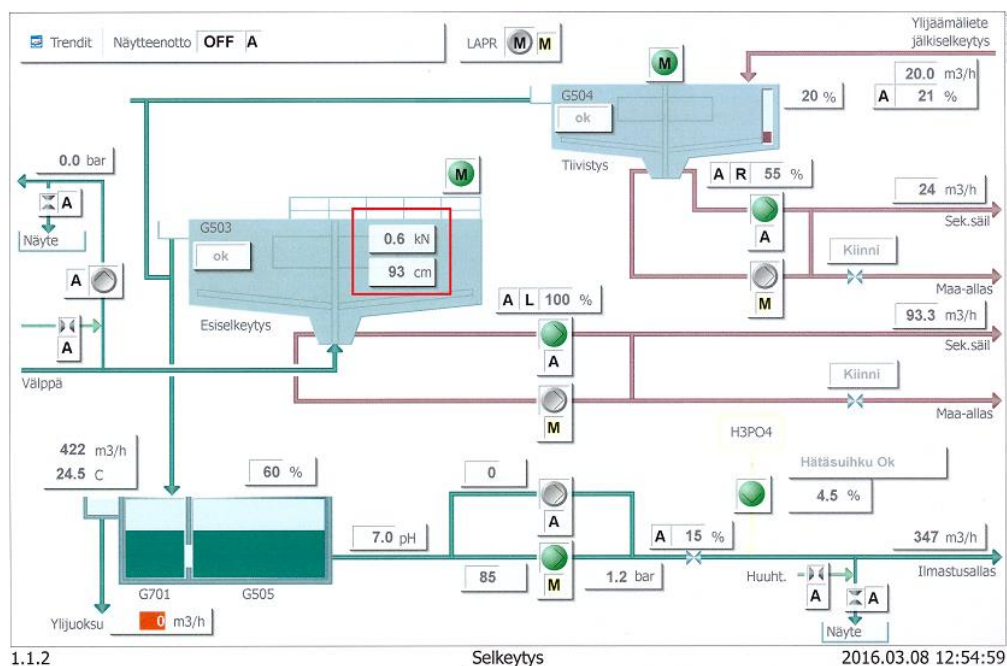
Taulukossa 2 on kappaleessa 4.1.1 esitetyn kaavan 5 mukaan laskettuna lietepatjan korkeus eri voima-anturin mittaamilla arvoilla.

TAULUKKO 2. Voima-anturin lukema muutettuna lietepatjan korkeudeksi

Voima kN	Lietepatjan korkeus
-1,25	0
-0,75	26
-0,25	51
0,25	76
0,75	102
1,25	127
1,75	153
2,25	178
2,75	203

Kokemuksesta tiedetään, että lietepatjan ollessa kaksi metriä, on tilanne jo vaikea. Sen takia ohjelmaan laadittiin hälytykset yhden, 1,5:n ja kahden metrin korkeuksille. Lisäksi lietepatjan korkeuden ylittäessä kaksi metriä ohjeistettiin käyttäjät vaihtamaan sillan vetomoottorin nopeus hitaalle. Huojunnan välttämiseksi laskennassa käytettiin puolen tunnin liukuvaa keskiarvoa lisättynä 0,217kN:illa, joka oli keskiarvolaskennan ja todellisen mittauksen keskimääräinen erotus. Liian nopean lietepatjan nousun aiheuttaman hälytyksen pohjana käytettiin lietepatjan korkeuden nousua yli 20 senttiä tunnissa.

Kuvassa 9 on nähtävissä Valmet DNA järjestelmään tuotu lietepatjan korkeustieto. Myös voima-anturin lukema haluttiin jättää näkyviin mm. vikatilanteiden varalle. Operaattorit ohjeistettiin ilmoittamaan vuoromestarille 1,5 ja kahden metrin raja-arvojen ylitykset.



KUVA 9. Mittaus Valmet DNA järjestelmässä

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoite oli saada tieto operaattoreille esiselkeytysaltaan pohjalla olevasta lietepatjasta ja sen perusteella laatia ajo-ohjeet lietepuristimille. Lietepatjan korkeuden mittaaminen onnistui voima-anturilla ja operaattoreille saatiin tehtyä selkeä näyttö mittauksesta hälytysrajoineen ohjausjärjestelmään. Tieto patjan korkeudesta poistaa epävarmuutta ongelmatilanteissa ja helpottaa päätöstä lietepuristimien käynnistämisestä ja pysäyttämisestä. Tämän työn valmistumisen jälkeen on kuitenkin vielä seurattava vaatiiko muunnoskaava tarkennuksia.

Lietteen säilöntä esiselkeytysaltaan pohjalla ei sen sijaan ollut järkevää hajuhaittojen takia. Perusongelma Kyron jätevesilaitoksella on lietteen kuivatukseen käytettävät Tassterlietepuristimet, jotka vaativat toimiakseen kuitupitoista lietettä vähintään 75 prosentin verran koko lietteen määrästä. Kuitupitoista lietettä ei kuitenkaan ole saatavilla, kuin esiselkeytysaltaasta ja, jos se loppuu, loppuu myös lietteen kuivaus, jolloin ongelmaksi muodostuu flotaatio- ja bioliete. Näitä lietteitä on poistettava jatkuvasti järjestelmästä. Ajatuksena lietteen varastointi esiselkeytysaltaan pohjalla on siis ymmärrettävä, mutta työn edetessä kävi ilmi, että hajuhaittojen kannalta se ei ole mahdollista. Ongelma täytyy ratkaista muilla keinoin, joista yksi on investoida sellaiseen lietteenkuivaimeen, joka pystyy kuivaamaan bio- ja flotaatiolietettä, ainakin huomattavasti pienemmällä primäärilietevaatimuksella. Metsä Boardin toisilla yksiköillä on käytössään linko- ja suotonauha tyyppisiä ratkaisuja lietteenkuivatukseen ja selvitys tämän tyyppisten kuivaimien käytöstä Kyrolla, onkin jo menossa.

Hajuhaitat ympäristöön ovat ongelma jätevesilaitoksella ja lietteenkuivatus siten, että esiselkeytyksen liete voitaisiin poistaa välittömästi sen synnyttyä, estäisi hajuhaittojen syntyä. Samanaikaisesti täytyy kuitenkin huolehtia bio- ja flotaatiolietteen poistosta, koska tiivistysaltaassa liian kauan viipyvää bioliete tuottaa myös rikkivetyä ja kiertoan tiivistysaltaalta ylivuotona palautuva bioliete ylikuormittaa aktiivilietelaitosta nopeasti.

Hajuhaittojen synnyn tarkempi tutkimus olisi tarpeen. Tiheämpi näytteenottoväli, rikkivedyn käsimitaukset lietteistä ja ympäristöstä sekä hajunpoistolaitokselle johdettavista putkilinjoista, auttaisivat saamaan paremman kokonaiskuvan hajunmuodostuksesta. Meillä on jo putkimuutosprojekti, jossa esiselkeytetyn veden pumppauskaivosta hajunpoistolaitteistolle imettävää ilmamäärää kasvatetaan. Lisäksi on aloitettu ferrisulfaatin

jatkuva annostelu sekalietteeseen. Ferrisulfaatti pelkistää rikkiyhdisteitä ja edesauttaa veden poistumista lietteestä Tasstereilla, jolloin niiden suodosvesi pysyy puhtaampana eikä kiintoaines palaudu uudelleen kiertoon. Rikkivetymittareiden kalibrointi mittausjakson loppupuolella ja sen myötä suuri muutos pitoisuuksissa, toi esiin kysymyksen, onko mittareiden kalibrointiväli riittävän tiheä.

LÄHTEET

Aakula, L. 2007. Viemärihajujen synty ja hallintamenetelmät. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Futek. 2015. Yrityksen internet sivusto. Luettu 29.12.2015. <http://www.futek.com/product.aspx?stock=FSH00712>

Kaasalainen, S. DI. 2002. Tehtaan aktiivilietelaitoksen toiminta. Luento. Luentomateriaali 4/2002.

Kananen, J. 2011. Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja.

Kinnunen, J. 2013. Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuslaitoksella – esimerkkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamo. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Metsä Group. 2016. Yhtiön internet sivusto. Luettu 29.2.2016. <http://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Morris, A. 2001. Measurement & Instrumentation Principles. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2012. Tekniikan kaavasto. 10. painos. Tampere: AMK-kustannus Oy, Tammertekniikka.

Radojevic, M. & Bashkin, V. 1999. Practical environmental chemistry. Cambridge: Royal society of chemistry.

LIITTEET

Liite 1. Mittausdata.

Päivämäärä	Lietepatja	pH	Redox mV	Rikkivety ulkona ppm	Rikkivety sisällä ppm	1/2 h liukuva	Voima kN	Virta A	Tuhka %
25.9.2015	30	6,2	-203	7	21				
26.9.2015	20			25	50				
27.9.2015	20			16	1				
28.9.2015	20	6,2	-211	4	0				
29.9.2015	30			4	0				
30.9.2015	60	6,4	-198	17	1				37,5
1.10.2015	110			1	3				
2.10.2015	120	6,4	-183	3	7				
3.10.2015	100			7	6				
4.10.2015	110			30	7				
5.10.2015	80	6,4	-194	5	2				
6.10.2015	70			44	5				
7.10.2015	70	6,3	-198	16	7				27
8.10.2015	30			17	13				
9.10.2015	50	6,3	-127	12	8				
10.10.2015	50			4	4				
11.10.2015	30			16	12				
12.10.2015	30	6,3	-147	14	17				
13.10.2015	20			7	25				
14.10.2015	20	6,2	-183	18	12				31,9
15.10.2015	20			25	28				
16.10.2015	20			6	11				
17.10.2015	30			9	8				
18.10.2015	40			6	15				
19.10.2015	60	6,4	-159	12	14				
20.10.2015	30			12	50				
21.10.2015	20	6,1	-163	27	50				33,9
22.10.2015	20			41	50				
23.10.2015	10	6,3	-161	14	42				
24.10.2015	10			27	37				
25.10.2015	10			16	19				
26.10.2015	0	7,2	73	0	0				
27.10.2015	0			0	0				
28.10.2015	10	6,5	-155	0	2				29,2
29.10.2015	30			3	0				
30.10.2015	30			4	2				
31.10.2015	30			0	7				
1.11.2015	20			0	3				
2.11.2015	30	6,3	-192	0	0				
3.11.2015	20			5	4				

4.11.2015	30	6,4	-165	0	2	32,2
5.11.2015	40			19	30	
6.11.2015	30	6,2	-174	8	15	
7.11.2015	30			5	10	
8.11.2015	20			7	7	
9.11.2015	20	6,4	-207	2	9	
10.11.2015	10			1	4	
11.11.2015	30	6,5	-232	2	5	51,6
12.11.2015	30			1	10	
13.11.2015	20			5	5	
14.11.2015	30			10	5	
15.11.2015	50			6	10	
16.11.2015	20	6,4	-231	7	8	
17.11.2015	20			0	11	
18.11.2015	20			24	14	
19.11.2015	20			10	10	
20.11.2015	10	6,4	-226	6	12	
21.11.2015	0			0	6	
22.11.2015	0			0	0	
23.11.2015	0	6,7	-159	0	0	
24.11.2015	0			0	0	
25.11.2015	0	6,7	-103	0	0	23,1
26.11.2015	0			0	0	
27.11.2015	0			0	0	
28.11.2015	0			0	0	
29.11.2015	0			0	0	
30.11.2015	30			2	2	
1.12.2015	30			0	12	
2.12.2015	40			4	23	
3.12.2015	30			6	31	
4.12.2015	70			5	20	
5.12.2015	90			7	24	
6.12.2015	90			0	26	
7.12.2015	100	6,4	-148	0	8	
8.12.2015	90			0	5	
9.12.2015	90	6,5	-138	0	13	37
10.12.2015	90			0	6	
11.12.2015	100	6,5	-138	0	3	
12.12.2015	100			0	2	
13.12.2015	30			3	2	
14.12.2015	10	6,6	-104	0	3	
15.12.2015	10			0	0	
16.12.2015	20	6,5	-113	0	3	30,4
17.12.2015	10			0	4	
18.12.2015	20			9	2	
19.12.2015	20			0	2	
20.12.2015	30			0	11	
21.12.2015	30	6,8	-159	0	4	

22.12.2015	40			11	5		
23.12.2015	20			0	23		
24.12.2015	15			0	32		
25.12.2015	0			0	15		
26.12.2015	0			0	12		
27.12.2015	0			0	9		
28.12.2015	0			0	12		
29.12.2015	0			0	8		
30.12.2015	0			0	10		
31.12.2015	0			0	16		
1.1.2016	0			0	12		
2.1.2016	0			0	6		
3.1.2016	0			0	3		
4.1.2016	0			0	0		
5.1.2016	20			0	0		
6.1.2016	20			0	3		
7.1.2016	10			0	1		
8.1.2016	20	6,3	-142	1	18		
9.1.2016	20			10	0		
10.1.2016	40			7	1		
11.1.2016	80	6,4	-129	7	0		
12.1.2016	70			23	22		
13.1.2016	60	6,6	-117	8	11		26,4
14.1.2016	30			2	0		
15.1.2016	20	6,3	-216	2	0		
16.1.2016	40			5	0		
17.1.2016	40			2	0		
18.1.2016	40	6,4	-133	0	0		
19.1.2016	60			10	4		
20.1.2016	50			7	1		
21.1.2016	40			2	11		
22.1.2016	20	6,3	-154	0	5		
23.1.2016	20			7	5		
24.1.2016	20			3	3		
25.1.2016	0	6,8	-86	0	2	0,1	5,1
26.1.2016	20			0	0	0	5,2
27.1.2016	10	6,5	-126	0	0	-0,1	5,2
28.1.2016	0			0	0	-1,3	5,2
29.1.2016	10	6,5	-131	0	0	-0,6	5,2
30.1.2016	80			0	0	0,8	5,5
31.1.2016	70			0	0	0,2	5,5
1.2.2016	50	6,7	-155	4	13	0	5,2
2.2.2016	100			13	1	0,2	5,3
3.2.2016	60	6,5	-155	25	24	-0,3	5,4
4.2.2016	20			11	12	-1,2	5,2
5.2.2016	5	6,7	-68	8	0	-1,5	5,2
6.2.2016	5			10	3	-1	5,2
7.2.2016	5			7	0	-0,9	5,2

32,8

26,3

8.2.2016	10	6,3	-137	11	0		-1,2	5,2	
9.2.2016	30			9	8		-0,8	5,3	
10.2.2016	50	6,3	-141	10	9	-0,76	-0,2	5,2	24,2
11.2.2016	40			28	23	-0,88	-0,4	5,2	
12.2.2016	60	6,4	-148	9	14	-0,27	0	5,4	
13.2.2016	30			23	31	-0,65	-0,6	5,1	
14.2.2016	20			2	2	-0,72	-0,5	5,2	
15.2.2016	0	6,5	-135	50	21	-1,36	-1	5,2	
16.2.2016	0			5	27	-1,27	-1,1	5,1	
17.2.2016	0	6,4	-133	50	28	-1,17	-1,2	5,1	43,8
18.2.2016	5			48	36	-1,19	-1,1	5,1	
19.2.2016	0	6,3	-147	50	21	-1,4	-1,4	5,1	
20.2.2016	20			50	50	-1,51	-1,1	5,1	
21.2.2016	10			15	16	-1,52	-1,3	5,1	
22.2.2016	10			50	11	-1,69	-1,6	5,1	
23.2.2016	5	6,3	-146	2	41	-1,6	-1,5	5,1	
24.2.2016	10	6,5	-119	50	30	-1,5	-1,2	5,1	48,5
25.2.2016	5			3	44	-1,54	-1,4	5,3	
26.2.2016	0	6,7	-109	0	23	-1,77	-1,5	5,1	