

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Rosa Kritz

Opinnäytetyö

Veden jakaantuminen ilmastusaltaille

Työn ohjaaja
Työn tilaaja

Tampere 4/2011

Lehtori Anne Ojala, TAMK
Akaan kaupunki, tekninen toimi/vesihuolto,
Jukka Sandelin

Tekijä	Rosa Kritz
Työn nimi	Veden jakaantuminen ilmastusaltaille
Sivumäärä	95
Valmistumisaika	4/2011
Työn ohjaaja	Lehtori Anne Ojala, TAMK
Työn tilaaja	Akaan kaupunki, tekninen toimi/vesihuolto, Jukka Sandelin

Tiivistelmä

Opinnäytetyö tehtiin Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle. Työn tarkoituksena oli tutkia jäteveden jakaantumista nelilinjaisella aktiivilietelaitoksella. Puhdistamo on rakennettu vuonna 1977, ja sitä on laajennettu vuonna 1993.

Esiselkeytyksen jälkeen jätevesi johdetaan kanavaan, josta se jaetaan uudella ja vanhalla puolella kahteen yhtä suureen ilmastusaltaaseen. Jakaantumiskohtana toimii kanavaan asennettu jakoseinä ja sen suulla oleva luukku ja levy. Luukun ja kanavan seinän väliin jäävän raon suuruutta säädelään manuaalisesti luukun reunalle asetettua levyä nostamalla tai laskemalla.

Ongelmana laitoksella on veden jakaantumisen säädön hankaluus ja epätasaisesti jakaantuvan veden aiheuttamat ongelmat koko prosessin säätämisessä. Osaksi tämän vuoksi typenpoistossa ei ole saavutettu lupavaateita nitrifioinnin osalta. Työn tarkoituksena oli tutkia vesimääriä kanavissa eri tulovirtaamilla ja levyn asennoilla sekä veden jakaantumista myös allaskohtaisesti. Ilmastusaltaiden happitilannetta ja palautuslietteen hydraulikkaa tutkittiin myös, koska ne osaltansa vaikuttavat kokonaistypenpoistoon. Tavoitteena oli löytää ongelmakohdat ja esittää niille parannusehdotuksia.

Veden jakaantumisen tutkimusmenetelminä käytettiin palloa ja sekuntikelloa, Tampereen ammattikorkeakoululta lainattua FlowTracker -virtaamamittalaitetta ja teoreettista Manningin kaavaa. Veden syvyyksiä mitattiin sauvalla. Happea mitattiin hapettomasta osasta happimittarilla, ja kiintoainemääryksiä tehtiin oppilaitoksella kosteusanalysointitorilla.

Työn tuloksena saatiin muun muassa kuvaaja, josta nähdään, mikä levyn asento on paras tietylle tulovirtaamalle, jotta vesi jakaantuisi tasan uudelle ja vanhalle puolelle. Saatiin myös selville, että vanhalla puolella ensimmäiseen ilmastusaltaaseen menee enemmän vettä ja palautuslietettä kuin toiseen. Tämä selittää korkeammat hapettoman osan happipitoisuudet. Tehtiin myös havainto, että veden nopeus hidastuu uudella puolella. Työssä oli monta muuttujaa, joiden vuoksi työn virhemarginaali oli suurehko.

Writer	Rosa Kritz
Thesis	Water Distribution to Aeration Tanks
Pages	95
Graduation time	4/2011
Thesis Supervisor	Anne Ojala, TAMK
Co-operating Company	The city of Akaa, Technical Department/Water Services, Jukka Sandelin

Abstract

This thesis was made for the water treatment plant of the City of Akaa. The aim was to investigate how water divides at the four-line activated sludge plant. The plant was built in 1977 and extended in 1993.

After the process of pre-sedimentation, water is led to a canal. From this canal water is divided to the old and to the new side of the plant to four equal size aeration tanks. The distribution mechanism is a gate and a plate. The gap that is between the gate and the wall of the canal is blocked with a plate that is manually moved to desired position.

The problem at the plant is that adjusting the distribution of water is difficult and the unstable incoming discharge causes difficulties in adjusting the whole process. Partly because of this, nitrification hasn't reached the requirements. The aim was to investigate water amounts in different parts of the canals with different incoming discharges and plate positions. Water distribution between the four aeration tanks was also investigated. Because oxygen levels in the aeration process and hydraulics of the return sludge are both affecting factors in the reduction of nitrogen, they were also investigated as part of the wholeness. The aim was to find the black spots and present proposals for improvements.

A table tennis ball, FlowTracker discharge meter and the Manning's Equation were used as research methods in investigating the water distribution. The depth of the water was measured with a stick. A handheld oxygen meter was used to measure oxygen levels from the anaerobic zone and suspended solids were defined with a moisture analyser.

As the result of the study a graph was drawn, from which one can see which plate position is the best for certain incoming discharge so that water distribution between the two sides would be even. It was also found out that more water and return sludge goes to the first aeration tank than to the other tank at the old side. This could be the reason for high oxygen levels in the anaerobic zone. It was also found out that water velocity reduces at the new side. There were many variables in the work which caused a relatively big error.

Keywords waste water, canal, aeration, distribution, oxygen level, return sludge, nitrogen removal

Alkusanat

Työ tehtiin Akaan kaupungin teknisen toimen pyynnöstä Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle veden jakaantumisen ja sen vaikutusten tutkimiseksi. Haluan erityisesti kiittää Akaan kaupungin vesihuollon käyttöinsinööri Juhani Hakalaa hänen panostuksestaan opinnäytetyöni avustamisessa.

Tampereella huhtikuussa 2011

Rosa Kritz

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	10
2	JÄTEVESIEN PUHDISTAMINEN SUOMESSA	11
2.1	MEKAANISET KÄSITTELYMENETELMÄT	11
2.1.1	<i>Välppäys</i>	11
2.1.2	<i>Hiekanerotus</i>	12
2.1.3	<i>Vettä kevyempien aineiden erotus</i>	12
2.1.4	<i>Selkeytysmenetelmät</i>	12
2.1.5	<i>Sekoitus</i>	13
2.2	KEMIAALLISET KÄSITTELYMENETELMÄT	13
2.2.1	<i>Saostus</i>	14
2.2.2	<i>Neutralointi</i>	14
2.2.3	<i>Koagulaatio ja flokkulaatio</i>	14
2.3	BIOLOGISET KÄSITTELYMENETELMÄT	15
2.3.1	<i>Aerobiset käsittelymenetelmät</i>	16
2.3.2	<i>Biologinen ravinteiden poisto</i>	17
2.4	LIETTEEN KÄSITTELY.....	19
3	AKAAN KAUPUNGIN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	21
3.1	LAITOS JA SEN MITOITUS.....	21
3.2	PROSESSI	22
3.2.1	<i>Välppäys</i>	22
3.2.2	<i>Hiekanerotus</i>	22
3.2.3	<i>Esiselkeytyt</i>	23
3.2.4	<i>Ilmastus</i>	23
3.2.5	<i>Jälkiselkeytyt</i>	23
3.2.6	<i>Sakeutus ja linkous</i>	24
3.2.7	<i>Prosessissa käytettävät kemikaalit</i>	24
3.3	KUORMITUS	24
3.4	LUPAEHDOT JA YMPÄRISTÖ	26
4	HYDRAULIIKKA	28
4.1	NESTEIDEN OMINAISUUKSIA	28
5	ESISELKEYTETYN VEDEN JAKAANTUMINEN ILMASTUSALTAILLE	29
5.1	TAUSTA JA TAVOITTEET	29
5.2	KANAVIEN JA JAKAANTUMISALUEEN MITAT	30

5.3 VIRTAUSNOPEUDEN MÄÄRITYS PÖYTÄTENNISPALLOLLA	32
5.3.1 Tavoitteet ja mittausjärjestelyt.....	32
5.3.2 Tilavuusvirtaaman määrittäminen	33
5.3.3 Tulokset.....	33
5.3.4 Tulosten yhteenveto	40
5.4 VIRTAUSNOPEUDEN MÄÄRITYS FLOWTRACKER – MITTALAITTEELLA.....	41
5.4.1 FlowTracker -virtaamamittalaite	41
5.4.2 Tavoitteet ja mittausjärjestelyt.....	43
5.4.3 Tulokset.....	44
5.4.4 Tulosten yhteenveto	51
5.5 KESKINOPEUDEN LASKEMINEN TEOREETTISELLA MALLILLA	52
5.5.1 Manningin kaava.....	52
5.5.2 Manningin kaavalla laskettu keskinopeus.....	53
5.6 VEDEN JAKAANTUMINEN ALTAIDEN KESKEN.....	55
5.7 ERI MENETELMILLÄ SAATUJEN TULOSTEN VERTAILU	57
5.8 VIRHEARVIOINTI	58
6 PALAUTUSLIETTEEN HYDRAULIIKKA JA JAKAANTUMINEN ILMASTUSALTAILE	60
6.1 KIINTOAINEPITOISUUKSIEN MÄÄRITYS.....	61
6.1.1 Näytteenotto.....	61
6.1.2 Määrittämenetelmä	62
6.1.3 Tulokset.....	62
7 HAPPIOLOSUHTEET ILMASTUSALTAISSA.....	64
7.1 TAUSTA JA TAVOITTEET	64
7.2 HAPPIMITTAUKSET	67
7.2.1 Hapettoman osan happitilanne	67
7.2.2 Hapellisen osan happitilanne.....	69
7.3 ILMANTUOTTO	71
7.4 SISÄINEN LIETTEENKIERTO.....	72
8 PARANNUS- JA MUUTOSEHDOTUKSIA.....	76
8.1 VEDEN JAKAANTUMINEN	76
8.2 ALLASKOHTAINEN JAKAANTUMINEN	76
8.3 PALAUTUSLIETE.....	77
8.4 LAITEHANKINTASUOSITUKSET.....	77
9 YHTEENVETO.....	78
LÄHTEET	80

LIITTEET	82
LIITE 1: VALVOMON PÄÄKUVA PUHDISTAMON PROSESSISTA	82
LIITE 2: VIEMÄRIVERKOSTO JA PUMPPAAMOT	83
LIITE 3: ALLASKARTTA	84
LIITE 4: JAKAANTUMISALUE	85
LIITE 5: JAKAANTUMISALUEEN LUUKUN ASENNOT	86
LIITE 6: JAKAANTUMISALUEEN LEVYN ASENNOT	87
LIITE 7: ILMASTUSALTAILLE JOHTAVAT AUKOT JA JAKAANTUMINEN ALTAIDEN KESKEN.....	88
LIITE 8: PÖYTÄTENNISPALLOTTESTIN JA KANAVAMITTAUSTEN MITTAUSPISTEET	89
LIITE 9: ESIMERKKI TULOVIRTAAMAN TRENDISTÄ	90
LIITE 10: FLOWTRACKER MITTAUSPISTEET.....	91
LIITE 11: MANNINGIN KARKEUSKERROINTAULUKKO	92
LIITE 12: AKAAN KAUPUNGIN JÄTEVEDENPUHDISTAMON AJO-OHJEET (TRITONET OY)	93
LIITE 13: KIINTOAINEMÄÄRITYKSEN MITTAUSPISTEET (KUVA UUDELTALTA PUOLELTA, VANHALLA PUOLELLA PEILIKUVANA).....	94
LIITE 14: HAPETTOMAN HAPPIPITOISUUDET	95

Lyhenteiden ja termien luettelo

1. puoli	vanha puoli (70-luvulla rakennettu)
2. puoli	uusi puoli (90-luvulla rakennettu)
Aerobinen	hapellinen
Aktiivilieteprosessi	prosessi, jossa pieneliötoiminnalla ja hapettamalla puhdistetaan jätevettä
Alkaliniteetti	kuvaa veden kykyä neutraloida happoja
Alkalointi	pH:n laskun estäminen
Anoksinen	hapeton
AVL	asukasvasteluku
Avouomavirtaus	virtaus, joka on painovoiman vaikutuksella aikaansaatu
Biologis-kemiallinen prosessi	jäteveden puhdistusprosessi, jossa kemiallinen saostuminen tapahtuu samassa altaassa kuin biologinen prosessi
BOD ₇	biologinen hapenkulutus seitsemän vuorokauden ajan, kuvaa biologisesti hapettavien aineiden määrää
BOD ₇ -ATU	menetelmä, jossa käytetään allyylitioureaa estämään ammoniumin hapettumisesta johtuvan hapen kulumisen
COD	kemiallinen hapenkulutus, kuvaa kemiallisesti hapettavien aineiden määrää
Flokki	pienhiukkasten muodostama ryhmittymä
Flokkulaatio	flokkien muodostuminen

Flotaatio	selkeytysmenetelmä, jossa kiintoaine erotetaan ilmakuplien avulla nesteestä
Koagulaatio	kemiallinen prosessi, jossa kemikaali sitoo epäpuhtauksia sakaksi
Kokonaistyyppi	ammoniumtyypen ja nitraattityypen pitoisuuksien summa
Nitrifikaatio	aerobinen prosessi, jossa nitrifioijabakteerit muuttavat ammoniumtyyppiä ensin nitriitiksi ja sitten nitraatiksi
Q, q	tilavuusvirta, m ³ /h
Sakokaivoliete	raskaampi aines, joka jää lietteeksi haja-asutusalueella käytettävään jätevesien sijoituspaikkaan, eli sakokaivoon
Sekaviemärointi	viemärointitapa, jossa yhdistyvät sekä kotitalousvedet että sadevedet
Tekninen vesi	puhdistettu jätevesi

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehtiin Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle. Työn aiheena oli tutkia veden ja palautuslietteen jakaantumista ilmastusaltaisiin uudelle ja vanhalle puolelle sekä ilmastusaltaiden happitilannetta. Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamo on 1977 rakennettu biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Sitä laajennettiin vuonna 1993, jolloin aktiivilieteprosessi saatiin nelilinjaiseksi. Puhdistamon asukasvasteluku on 70 000 ja liittyjien määrä noin 12 000. Puhdistamolla on tällä hetkellä yksi työntekijä, joka tekee päivävuoroa.

Jätevesi tulee puhdistamolle verkostopumppauksena viideltä eri pumppaamolalta. Tämä tarkoittaa, että puhdistamolle tulee vettä epätasaisesti, pulseittain. Kun vuorokausivirtaama kasvaa lähelle 7000 m³, alkaa tulovirtaama vasta tasoittua. Epätasaisesta tulovirtaamasta johtuen veden jakaantuminen uudelle ja vanhalle puolelle on epätasaista. Myös palautuslietteen ja tulevan jäteveden suhde vaihtelee. Happipitoisuudet nousevat korkealle silloin, kun kuormitus laskee, erityisesti yöllä. Happipitoisuutta on vaikea hallita, jos lika-ainekuorma ei ole jokaisessa altaassa sama. Edellä mainituista syistä kokonaistypenpoisto on jäänyt alle tavoitearvon nitrifioinnin osalta joinakin kuukausina.

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa ongelmakohdat ja pyrkiä perustelemaan eri tilanteiden syitä. Tavoitteena ei ollut löytää tilanteille yhtä lopullista ratkaisua, joka toteutettaisiin, vaan koota sellainen tiedosto, josta on hyvä lähteä kehittämään tutkimusta eteenpäin.

Tässä työssä on aluksi perehdytty jäteveden puhdistamiseen teoreettiselta pohjalta, sillä tutkimuksen lähtökohdat olivat sellaisia, jotka vaativat hyvän ymmärryksen kyseisestä prosessista. Tämän jälkeen tutkimusta käsitellään kolmessa osassa: veden jakaantuminen ilmastusaltaille, palautuslietteen hydraulikka sekä happitilanne. Lopuksi esitetään muutosehdotuksia ja kootaan työ yhteen loppupäätelmillä. Työssä puhutaan vanhasta puolesta myös 1. puolena ja uudesta puolesta 2. puolena.

2 Jätevesien puhdistaminen Suomessa

Yhdyskuntajätevedet koostuvat pääasiassa kunnallisista kotitalousjätevesistä. Jäteveden määrää lisäävät myös teollisuuden jätevedet, sekä hule- ja vuotovedet (Karttunen 1999, 138). Vuonna 2007 Suomesta löytyi 540 jätevedenpuhdistamo, jotka käsittelivät vähintään 50 asukkaan jätevedet. Yleisin puhdistusmenetelmä on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostusmenetelmä. Kaikkien Suomen jätevedenpuhdistamoiden keskimääräinen puhdistustulos orgaanisen aineksen osalta oli 97 %, fosforin osalta 96 % ja typen osalta 56 %. (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166903>)

Jätevesien puhdistaminen on erityisen tärkeää ympäristönsuojelullisessa merkityksessä. Jätevesissä on paljon kiinteitä ja liuenneita epäpuhtauksia, jotka puhdistamattomina rehevöittäisivät vesistöjä ja vääristäisivät ravintoverkkoa. Näihin epäpuhtauksiin lukeutuvat pääasiassa orgaaniset aineet ja kasviraivinteet, kuten typpi ja fosfori, sekä myrkyt, raskasmetallit ja taudinaiheuttajat. Jätevesien lisäksi vesistöä kuormittavat erilaiset hajakuormituksen lähteet, kuten maatalous. (Seppänen 1994, 186)

2.1 Mekaaniset käsittelymenetelmät

Mekaanisia menetelmiä ovat välppäys, hiekanerotus, selkeytys ja sekoitus. Nämä käsittelyt ovat yleensä vain esikäsittelyvaiheita, koska mekaanisilla menetelmillä saadaan poistettua vain noin 1/3 happea kuluttavista aineista. (Vedenkäsittelyn käsikirja 1989, 9)

2.1.1 Välppäys

Välppäys on puhdistusprosessin ensimmäinen vaihe, jossa karkea lika-aine pyritään poistamaan jätevedestä. Tällaisia lika-aineita ovat mm. paperit ja muut suuret partikkelit, jotka saattaisivat vaikeuttaa tai haitata prosessia myöhemmässä vaiheessa. (Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980, 29; http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/Yhd-12.1020/Luento11a_2008.pdf)

Välppiä on erilaisia eri sälevälillä tai rei'ityksillä. Toimintaperiaatteena on se, että säleväliä suuremmat partikkelit jäävät säleikön eteen, jonka jälkeen säleikkö kaavitaan puhtaaksi. Välpe siirretään kuljetusruuvilla tai vastaavalla säilöön odottamaan jatkokäsitte-

lyä. Suuremmissa laitoksissa välppiä on yleensä kaksi, jotta mahdollinen huolto ei keskeyttäisi välppäystä. (Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980, 30–32; http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/Yhd-12.1020/Luento11a_2008.pdf)

2.1.2 Hiekanerotus

Hiekanerotuksen tarkoituksena on erottaa jätevedestä mukana tullut hiekka. Hiekkaa joutuu viemäriin hulevesien mukana erityisesti kun on kyse sekaviemäröinnistä. Myös sakokaivolietteen mukana tulee usein paljon hiekkaa. Hiekanerottimeen jää hiekan lisäksi myös paljon orgaanista ainetta. Hiekanerotuksen tarkoituksena on suojella myöhemmässä prosessin vaiheessa mm. pumppuja kulumiselta ja toimintahäiriöiltä. Yleisin hiekanerotustyyppi on ilmastettu hiekanerotin, jossa erotus perustuu gravitaatioon. Veden viipymä altaassa järjestetään sopivaksi, jotta hiekka ehtii laskeutua altaan pohjalle. Ilmastuksen tarkoituksena on nostaa rasvat pinnalle. Pohjalle laskeutunut hiekka kaavietaan poteroon, josta se nostetaan pumpulla ylös hiekkaruuviin. Hiekkaliete vietään yleensä kaatopaikalle. (Pleym 1991, 220; Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980, 32–36; http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/Yhd-12.1020/Luento11a_2008.pdf)

2.1.3 Vettä kevyempien aineiden erotus

Väljän läpi päässyt kevyt pintaroska ja hiekanerotuksessa pinnalle nousseet mahdolliset rasva- ja öljyesiintymät, eli pintaliete, voidaan kerätä esimerkiksi moottori tai käsikäyttöisillä ryyppyruihilla. Ryyppyruihet sijoitetaan yleensä esiselkeytyksen yhteyteen. Uudempaa menetelmää edustaa esimerkiksi veden pinnan tasoeroja hyödyksi käyttävä pintalietteen keräysjärjestelmä (http://www.finnchain.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=42&lang=fi).

2.1.4 Selkeytysmenetelmät

Laskeutukseksi kutsutaan sellaista tapahtumaa, jossa jäteveden vettä tiheämmät kiinteät hiukkaset laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta altaan pohjalle. Hyvään laskeutumistulokseen päästään hitaalla veden virtausnopeudella, eli pitkällä viipymällä altaassa.

Kun kiintoainepitoisuus on niin suuri, että flokit törmäilevät toisiinsa, laskeutumisnopeus hidastuu. Tällaista laskeutumista kutsutaan estetyksi laskeutumiseksi. Tällöin hiukkaset muodostavat yhtenäisen patjan, joka laskeutuu pohjalle. Tällaista estettyä laskeutumista esiintyy aktiivilietemenetelmän jälkiselkeytysvaiheessa ja lietteen tiivistyksessä. Jos partikkelit tai partikkelien muodostamat flokit pääsevät putoamaan vapaasti, kutsutaan tätä vapaaksi laskeutukseksi. Vapaata laskeutusta esiintyy mm. hiekan erotuksessa ja esiselkeytyksessä. (Kettunen 2008, fysikaaliset yksikköprosessit, 4)

Flotaatio on menetelmä, jossa nesteessä olevat hiukkaset erotetaan hyvin pienten (hal-kaisija $< 0,1$ mm) ilmakuplien avulla. Kun mikrokuplista muodostunut patjamainen kuplamassa nousee hitaasti ylöspäin vedessä, hiukkaset tarttuvat siihen ja nousevat kuplamassan mukana veden pinnalle lietematoksi. Flotaatiota ilmenee myös luonnollisesti, jos vedessä olevien partikkelien tiheys on pienempi kuin veden tiheys. Tällöin partikkeli nousee luonnollisesti pinnalle. Flotaatio sopii hyvin aktiivilieteprosessin jälkiselkeytykseen tai rinnakkaissaostuksen lietteen erottamiseen. (Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980, 47; Karttunen 1999, 57)

2.1.5 Sekoitus

Sekoitus on toimenpide, jolla pyritään sekoittamaan vedessä olevia aineita ja saavuttamaan tasainen pitoisuus ja lämpötila prosessissa. Sekoitusta käytetään puhdistamalla esimerkiksi kemikaalien sekoittamiseen tai biologisessa prosessissa jäteveden ja bakteerien kosketuksiin saattamiseen. (Karttunen 1999, 52–53)

2.2 Kemialliset käsittelymenetelmät

Kemiallisilla prosesseilla tarkoitetaan veden laadun muuttamista kemikaalia lisäämällä tai aikaansaamalla kemiallisia reaktioita. Kemiallisella käsittelyllä pyritään yleensä poistamaan veteen liuennutta orgaanista ainetta saostamalla sitä, muodostamaan kolloidisesta aineesta flokkeja koagulaatiolla tai vaikuttamaan veden pH -arvoon neutraloimalla sitä. Kemiallisella käsittelyllä pyritään siis pääasiassa poistamaan fosforia, hienojakoisia hiukkasia ja orgaanista ainetta. (Karttunen 1999, 60)

2.2.1 Saostus

Yleisimmät jätevedenkäsittelyssä saostamalla poistettavat epäpuhtaudet ovat liukoiset epäorgaaniset yhdisteet, kuten fosfori. Lisäämällä saostuskemikaalia, fosforin fosfaatti – ionit (PO^{4-}) muodostavat metallisuolan avulla uuden vaikeasti liukenevan metallifosfaatin, joka ilmenee sakkana. Sakka poistetaan yleensä laskeuttamalla. Suomessa saostuskemikaalina käytetään yleensä ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$). Muita käytössä olevia saostuskemikaaleja ovat esimerkiksi ferri- ja alumiinisulfaatti. Ferrosulfaatti lisätään prosessiin kaksiarvoisena, mutta se hapettuu kolmiarvoiseksi ilmastusaltaassa, jolloin sen teho on parhaimmillaan. Usein puhdistusprosessiin lisätään kalkkia veden neutraloimiseksi. Kalkki edesauttaa myös fosforin saostumista. (Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980, 66–68; Pleym 1991, 221; Vedenkäsittelyn käsikirja, 21; Kettunen 2008, kemialliset yksikköprosessit 4)

Suurin osa Suomen jätevedenpuhdistamoista on rinnakkaissaostuslaitoksia. Rinnakkaisaostuksella tarkoitetaan prosessia, jossa biologinen ja kemiallinen puhdistus tapahtuu samanaikaisesti. Kemikaalit lisätään rinnakkaissaostusprosessissa yleensä aktiiviliete-prosessin alkupäähän tai ennen sitä. ([http://www.ymparisto.fi /default.asp? node=6569&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6569&lan=fi))

2.2.2 Neutralointi

Neutralointi tarkoittaa puhdistamolle tulevan veden pH:n säätämistä tai ylläpitämistä neutraalilla alueella, eli pH-arvon 7 lähetyville. Koska tuleva jätevesi on yleensä happanta, käytetään neutralointiin emästä. pH:n laskun estämistä kutsutaan alkaloinniksi. Alkalointiin voidaan käyttää mm. sammutettua kalkkia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalkkifilleriä (CaCO_3), lipeää (NaOH) tai soodaa (NaHCO_3). Jos pH:ta täytyy laskea, voidaan käyttää rikki-, fosfori- tai suolahappoa. (Kettunen 2008, kemialliset yksikköprosessit, 8)

2.2.3 Koagulaatio ja flokkulaatio

Kolloidit saadaan muodostamaan mikroflokkeja väliaineessa lisäämällä siihen koagulanttikemikaalia. Kemikaali purkaa kolloidien välisen pintavarauksen, jolloin ne muodostavat mikroflokkeja. Kun flokit kasvavat tarpeeksi suuriksi, ne laskeutuvat selkey-

tyksessä painovoiman avulla. Koagulanttikemikaaleina käytetään alumiinisuoloja (esim. alumiinisulfaatti), rautasuoloja (esim. ferrosulfaatti) ja harvemmin kalkkia. (Kettunen 2008, kemialliset yksikköprosessit, 3)

Jätevedenpuhdistuksessa voidaan käyttää polymeeriä koagulanttikemikaalina. Pintava-
rausmuutosten lisäksi polymeerin erikoisominaisuus on sen muodostamat sillat kol-
loidien välille. Tällöin flokista tulee paremmin laskeutuva. (Kettunen 2008, kemialliset
yksikköprosessit, 4)

2.3 Biologiset käsittelymenetelmät

Biologisissa käsittelymenetelmissä jäteveden sisältämät epäpuhtaudet poistetaan mikro-
organismien, kuten bakteereiden avulla. Mikro-organismit saavat aikaan jätevedessä
biokemiallisia reaktioita, joiden johdosta alkaa monimutkainen epäpuhtauksien ha-
joamisprosessi. Hajoamisprosessin tuloksena epäpuhtaudet muuttuvat biomassaksi, joka
erotetaan jätevedestä selkeyttämällä. Biologisen prosessin toimivuuteen, eli hajoamis-
nopeuteen vaikuttavat monet eri tekijät, mm. happipitoisuus, pH, lämpötila, epäpuhta-
uksien koostumus, mahdolliset vierasaineet kuten myrkyt sekä valittu puhdistusmene-
telmä. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 1; Vedenkäsittelyn käsikirja, 1989
9)

Biologisen käsittelyn tavoitteena on poistaa jätevedestä liuenneita tai kiinteässä muo-
dossa esiintyviä orgaanisia ja epäorgaanisia aineita, kuten COD- ja BOD-kuormitusta
sekä ravinteita. Mikro-organismit kuluttavat näitä aineita kasvaakseen suuremmiksi ja
tuottaakseen uutta solumateriaalia, eli biomassaa. Mikro-organismien energiantarve
tulee tyydytetyksi hapetus-pelkistysreaktioiden kautta. Biomassan lisäksi mikro-
organismit tuottavat aineenvaihduntansa vuoksi myös kaasumaisia lopputuotteita, kuten
hiilidioksidia. Kaasut yleensä poistuvat prosessista ilmakuplina veden pinnalle, ja lopul-
ta ilmaan. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 1)

Biologiset käsittelymenetelmät voidaan jakaa suspensioprosesseihin, biofilmiprosessei-
hin ja yhdistelmäprosesseihin. Suspensioprosesseissa mikro-organismit ja jätevesi muo-
dostavat yhdessä suspension. Tällaisesta prosessista on esimerkkinä aktiivilieteprosessi.
Biofilmiprosessi tarkoittaa prosessia, jossa mikro-organismit kiinnittyvät biokalvoksi eli

-filmiksi esimerkiksi muovin pinnalle, kuten biosuotimissa. Yhdistelmäprosessi on kummankin edellä mainitun prosessin yhdistelmä. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 2)

2.3.1 Aerobiset käsittelymenetelmät

Aerobiset käsittelymenetelmät ovat hapellisia prosesseja, joissa käytetään hyväksi jäteveden runsasta ja monipuolista mikrobipopulaatioita.

Aktiivilieteprosessi

Aktiivilieteprosessi on Suomen puhdistamoilla yleisimmin käytetty biologinen käsittelymenetelmä. Kyseinen käsittelymenetelmä koostuu ilmastusaltaasta, selkeytsaltaasta ja palautuslietekierrosta. Ilmastusaltaassa mikro-organismit pidetään lietesuspensio- muodossa ilmastimien avulla. Selkeytsaltaassa kiintoaine erotetaan ja osa siitä palaute- taan ilmastusaltaalle palautuskierrossa. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 4)

Ilmastusaltaassa tapahtuva aktiivilietteen flokkuloituminen tapahtuu mikro-organismien erittämien polymeerien avulla. Polymeerin erittäminen alentaa solun pintajännitystä, jolloin solujen sähköinen varauskin laskee. Kun sähköinen varaus ei ole enää toisiaan vastustava, solut takertuvat toisiinsa muodostaen ryhmiä eli flokkeja. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 5)

Aktiivilieteprosessin toimivuuteen vaikuttaa useita eri tekijöitä:

- ravinto/biomassa -suhde määrittää, onko prosessi korkea-, normaali- tai matalakuormitteinen
- ravinnonlaatuun vaikuttavat hajoamisnopeus ja allasviipymä
- optimilämpötila on 20–30 °C, toimii kuitenkin vielä 2–5 °C
- optimi-pH on 6,5–7,5, ei saisi olla alle 4 tai yli 9
- optimihappipitoisuus on 2–3 mg/l
- ei suuria määriä inhiboivia aineita
- sopiva hiili:typpi:fosfori -suhde on 100:5:1
- tehokas sekoitus

- kuormituksen ja olosuhteiden vaihtelut

(Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 5)

Aktiivilieteprosessia suunniteltaessa tai seurattaessa on otettava huomioon lietekuorma, lieteikä, tilavuuskuorma, hydraulinen viipymä, palautuslietteen kierrätysuhde, hapen-tarve ja hapetuskapasiteetti. (Kettunen, biologiset yksikköprosessit, 5–6)

Biofilmiprosessit

Biofilmiprosessissa biofilmi, eli eräänlainen mikrobikasvustosta koostuva kalvo kasvaa suuripinta-alaisella väliaineella. Mitä suuremmalla alalla jätevesi on kosketuksissa kalvon kanssa, sitä tehokkaampi prosessi. Prosessi vaatii happea kuten aktiivilieteprosessi. (Pleym 1991, 223)

Biofilmiprosessi tapahtuu joko biosuodattimella tai bioroottorilla. Näistä yleisempi on biosuodatin. Biosuodatin on esimerkiksi muovilla täytetty lieriö, joka omaa suuren pinta-alan. Jätevesi johdetaan suodattimen yläpinnalle, josta se valuu suodattimen läpi. Suodattimen pinnalle kasvaa ajan myötä mikrobien muodostama kalvo. Biofilmissä kasvavien mikrobien on havaittu olevan aktiivisempia kuin suspensiossa elävät bakteerit. (Pleym 1991, 223; Karttunen 1999, 70)

2.3.2 Biologinen ravinteiden poisto

Biologinen ravinteiden poisto tarkoittaa fosforin ja kokonaistypen poistamista biologisessa prosessissa. Biologinen fosforin poisto tapahtuu kerryttämällä fosforia biomassaan, ja biologinen kokonaistypen poisto käsittää nitrifikaation ja denitrifikaation. Koska typpiyhdisteet eivät muodosta saostuvia suoloja, ne poistetaan yleensä nitrifikaatiolla tai nitrifikaatio/denitrifikaatio -prosessilla. (Kettunen 2008, Biologinen ravinteiden poisto, 1)

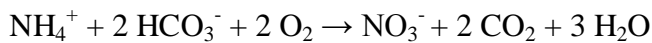
Nitrifikaatio

Nitrifikaatio on biologinen prosessi, jossa ammoniumtyppi hapettuu ensin nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi:



Tietyt mikro-organismit hyödyntävät nitrifikaation avulla tuottamansa energian tarpeisiinsa.

Reaktio kokonaisuudessaan (pois lukien biomassan tuotto):



Koska ammoniumtyypen hapettaminen kuluttaa alkaliniteettiä, prosessin pH laskisi, jos sitä ei ylläpidettäisi halutussa arvossa kemikaalin lisäyksellä (esimerkiksi sammutettu kalkki $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Paras pH -alue nitrifikaatiolle on 7,0–8,0. (Kettunen 2008, Biologinen ravinteiden..., 2)

Nitrifioijabakteereja kutsutaan omavaraisiksi eli autotrofisiksi bakteereiksi, koska ne käyttävät hiililähteenä epäorgaanista hiiltä (CO_2). Ne eivät tarvitse orgaanista ainetta lainkaan, vaan käyttävät esimerkiksi ammoniumtyypen ja nitriitin hapettamisesta saamaansa energiaa energianlähteenä. Koska nitrifioijabakteerit ovat hitaita kasvamaan ja riippuvaisia prosessin lämpötilasta, on lieteikää kasvatettava prosessin lämpötilan laskiessa. (Kettunen 2008, biologinen ravinteiden..., 1-2)

Denitrifikaatio

Denitrifikaatio on biologinen prosessi, jossa nitraatti NO_3^- pelkistyy hapettomissa olosuhteissa typpikaasuksi ja muiksi kaasumaisiksi lopputuotteiksi. Kaasut siirtyvät prosessin jälkeen ilmakehään. Yksinkertaistettu denitrifikaatioreaktio on seuraavanlainen:



Denitrifikaatioprosessi lisää veden alkaliniteettiä, joten kokonaistyyppipoistoprosessi tarvitsee vähemmän alkalointikemikaalia denitrifikaation tasatessa nitrifikaation kuluttamaa alkaliniteettiä. (Kettunen 2008, biologinen ravinteiden..., 3)

Denitrifikaatiobakteerit ovat heterotrofisia, eli toisenvaraisia bakteereita. Ne tarvitsevat uusien solujen muodostamiseen hiilenlähteen, jonka ne saavat jäteveden orgaanisesta aineesta. Denitrifikaatiossa lämpötilalla ei ole niin suurta merkitystä kuin nitrifikaatiossa. Myöskään pH:n muutoksille se ei ole yhtä herkkä. Koska denitrifikaatio tapahtuu hapettomissa tai vähähappisissa olosuhteissa, täytyy happipitoisuuden pysytellä alle 0,1–0,2 mg/l. Jos happipitoisuus nousee yli 0,5 mg/l, bakteerit alkavat käyttää happea soluhengitykseensä nitraatin sijaan. Koska hapettomassa osassa ilmastimet eivät sekoita vettä, käytetään tähän tarkoitukseen sekoittimia. Jos prosessissa käytetään sisäistä nitraattikiertoa, jossa ilmastusaltaan nitrifikaatio-osasta pumpataan nitraattipitoista lietettä takaisin denitrifikaatio-osioon, on huomioitava, että mukana tulee myös happea. (Kettunen, biologinen ravinteiden..., 3; Pley 1991, 222–223)

Nitrifikaatio/denitrifikaatio -prosessin toteutus

Yleensä puhdistamalla toteutetaan molemmat sekä nitrifikaatio- että denitrifikaatio-prosessit. Pelkästään nitrifikaatio voidaan myös toteuttaa, mutta kokonaistypenpoiston kannalta paras ratkaisu on nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessi. Prosessi voidaan toteuttaa monella tavalla ja osaprosessit eri järjestyksissä. Esimerkkinä voidaan pitää denitrifikaatio/nitrifikaatio-prosessia, jossa hapeton eli anoksinen vyöhyke edeltää hapellista eli aerobista vyöhykettä. Vyöhykkeet voidaan sijoittaa samaan altaaseen ja erottaa väliseinällä. (Kettunen 2008, biologinen ravinteiden..., 4)

2.4 Lietteen käsittely

Liete on edellä mainituissa puhdistusprosesseissa poistunutta lika-ainetta. Liette sisältää siis runsaasti orgaanista ainetta, kasviravinteita, raskasmetalleja, tautia-aiheuttavia mikrobeja ja prosessissa käytettyjä käsittelykemikaaleja. (Karttunen 1999, 175)

Ennen käsittelyä, vesipitoisuus on yleensä 95–97 %, joten lietettä voidaan siirtää lähes kuten vettä. Liette voidaan jaotella sen synty- ja erottamistapojen mukaan. Mekaanista lietettä kutsutaan primääri- tai raakalietteeksi, ja biologisen käsittelyn ylijäämaliettä sanotaan sekundäärilietteeksi. Kemiallista lietettä kutsutaan jälkisaostuslaitoksessa terti-

äärilietteeksi. Sekalietteeseen on yhdistetty primääri- ja sekundääriliete. (Vedenkäsittelyn käsikirja 1989; Pley 1991, 225)

Lietteenkäsittely voidaan jakaa mekaaniseen käsittelyyn ja biologiseen käsittelyyn. Mekaaniseen käsittelyyn luetaan lietteen sakeuttaminen ja sen kuivaus. Kuivattu liete sopii maanparannusaineeksi tai siitä voidaan jatkokäsitellä bioenergiaa ja lannoitustuotteita siihen tarkoitettulla laitoksella (esimerkiksi Vambio Oy). Biologisella käsittelyllä lietteen orgaaninen aines hajotetaan ja patogeenisten bakteerien määrää vähennetään. Prosessissa syntynyt metaani voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi laitoksen omaan energian tarpeeseen. (Pley 1991, 225; Karttunen 1999, 180–183; [http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Kuva t/Kuvat/prosessikaavio 2010.jpg](http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Kuva_t/Kuvat/prosessikaavio_2010.jpg))

3 Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamo

3.1 Laitos ja sen mitoitus

Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamo sijaitsee Akaassa, Toijalan kaupunginosassa, Lentilän alueella. Se on biologinen rinnakkaissaostuspuhdistamo, eli biologis-kemiallinen aktiivilietelaitos. Puhdistamolla virtaus kulkee painovoimaisesti avouomavirtauksena. Altaat ovat suorakaidealtaita, pyöreitä tiivistäjäitä lukuun ottamatta. Laitosta alettiin rakentaa vuonna 1976 ja se saatiin valmiiksi vuonna 1977. Myöhemmin laitoksen huomattiin olevan liian pieni vastaamaan myös Viialasta johdettavien ja elintarviketeollisuuden jätevesien tarvetta, joten laitosta laajennettiin vuonna 1993. Laajennusosan johdosta ilmastuksesta ja jälkiselkeytyksestä saatiin nelilinjainen. Prosessiin lisättiin myös kaksilinjainen esiselkeytys. Laitos on kokonaan katettu. (Ympäristölupahakemuskansio 2010)

Puhdistamolle johdetaan Viialan ja Toijalan lisäksi myös Akaaseen vuonna 2011 liittyneen Kylmäkosken viemäröintialueen jätevedet. Liittymämäärä on nykyisellään noin 12 000 asukasta, mutta sen ennustetaan kasvavan noin 1200 liittyjällä neljän vuoden jaksossa. Sako- ja umpikaivolietettä käsitellään jätevesien lisäksi keskimäärin 2200 m³ vuodessa. (Ympäristölupahakemuskansio 2010)

Puhdistamon mitoitus on seuraava:

AVL	= 70 000
q_{mit}	= 750 m ³ /h, jolloin pintakuorma selkeytyksessä 0,91 m/h
Q_{keskim}	= 13 000 m ³ /d
BOD ₇	= 5 130 kg/d
Hiekanerotus	= 209 m ³
Esiselkeytys	= 2·204 m ²
Ilmastus	= 4·510 = 2 040 m ³
Jälkiselkeytys	= 4·204 = 816 m ²
Tiivistämö	= 550 m ³ ja 1000 m ³ = 1550 m ³

(Oksjoki 2010, ympäristölupahakemuskansio)

Puhdistamolla on tehty mittavia saneeraustöitä vuodesta 2005 lähtien. Puhdistamon toimintaa on varmennettu hankkimalla varaosia ja -laitteita sekä tehostamalla käyttötarkkailua. Puhdistamolla on tehty mm. ilmastusaltaisiin kattava saneeraus, ja automaatiota on lisätty mm. virtaamamittauksiin ja pumppujen ohjauksiin. Uusia laitehankintoja on tehty esimerkiksi lingon, välpän ja polymeeriaseman osalta. Keväällä 2011 alkaa vanhan puolen ensimmäisen jälkiselkeytsaltaan laahasaneeraus. (Ympäristölupahakemuskansio 2010)

3.2 Prosessi

Puhdistamon prosessista on valvomokuva liitteenä 1.

3.2.1 Välppäys

Puhdistamolle sekaviemäröidyt jätevedet tulevat verkostopumppauksena viideltä pääpumppaamolta tulokanavaan, mikä nähdään liitteestä 2. Myös sakokaivolietteen tuodaan samaan kanavaan. Tulokanavasta vedet johdetaan porrsvälppien läpi hiekanerotusaltaaseen. Välppiä on kaksi, ja ne on uusittu vuonna 2007 ja 2010. Ruuvikuljetin siirtää välppeen lavalle, joka tyhjennetään sen täytyessä Kiimassuon jäteasemalle Forssaan. Välpät toimivat automaatio-ohjauksella tulovirtaaman pinnan korkeuden mukaan. Tulovirtaama ei ole tasaista vaan virtaama on kytköksissä siihen, milloin jätevettä pumpataan pumppaamoilta puhdistamolle. Näytteenotin tulevalle jätevedelle sijaitsee välppien jälkeen ennen hiekanerotusta.

3.2.2 Hiekanerotus

Vesi kulkee välppäyksen jälkeen hiekanerotusaltaaseen. Automaatio-ohjauksella liikkuva kaavinvaunu siirtää pohjalle laskeutuneen hiekan altaan alkupäässä sijaitsevaan poteroon, mistä hiekkaliete nostetaan mammut -pumpulla hiekkapesuriin. Vesi johdetaan tulokanavaan ja hiekka johdetaan kuljetinruuvien avulla jätelavalle. Hiekanerotusaltan ja esiselkeytsaltaiden välillä on ferrosulfaatin syöttöpiste (ei käytössä), virtaamamittaus ja kalkin syöttöpiste. (Kangas 2004, 138)

3.2.3 Esiselkeytys

Kaksilinjaisessa esiselkeytyksessä pintaliete kaavitaan pois ryyppyruuhella, ja laahat kaapivat laskeutunutta lietettä poteroon, josta se pumpataan tiivistämöön. Esiselkeytetty vesi johdetaan yhteen kanavaan, josta vesi jakaantuu vanhan ja uuden puolen ilmas-
tusaltaille. Käytössä oleva ferrosulfaatin syöttöpiste sijaitsee tämän kanavan puolivälis-
sä, ennen jakaantumista. Samassa kohdassa sijaitsee myös esiselkeytetyn veden näyt-
teenotin. (Kangas 2004, 138)

3.2.4 Ilmastus

Ilmastus on nelilinjainen, kaksi linjaa sijaitsee vanhalla puolella ja kaksi uudella. Ilmas-
tusaltaiden alkupäähän on rakennettu vuosina 2005 ja 2006 väliseinät hapettoman eli
anoksisen vyöhykkeen aikaansaamiseksi. Myös anoksiselle vyöhykkeelle on mahdolis-
ta saada ilmastimet käyttöön. Altaissa on käytössä ABS Noxon PRK 300 lautasilmasti-
met, jotka on vaihdettu kaikkiin altaisiin vuonna 2009. Ilmansyöttö perustuu jatkuva-
toimiseen happimittaukseen (automaatio otettu käyttöön marraskuussa 2010). Palautus-
lietettä kierrätetään laskeuman (30 min.) perusteella. Aktiivilieteprosessin jälkeen liet-
teeseen lisätään polymeeriä. (Kangas 2004, 138)

3.2.5 Jälkiselkeytys

Nelilinjaiseen jälkiselkeytykseen tuleva aktiiviliete laskeutuu altaiden pohjalle. Laahat
kaapivat lietettä pohjalta poteroihin, josta liete nostetaan mammut -pumpuilla ylös.
Mahdolliset pintaroskat kerätään haavilla käsin. Osa lietteestä pumpataan mittauksen
kautta ylijäämälietteenä tiivistämöön ja osa palaa ilmastukseen palautuslietteenä. Puh-
distettu vesi valuu altaan pinnantasolla oleviin kouruihin, joista vesi johdetaan putkessa
Lontilanjokeen. Näytteenotin sijaitsee putkessa, johon yhdistyy uuden ja vanhan puolen
lähtevä vesi. Vanhalta puolelta lähtevä vesi kulkee vanhan kloorikontaktialtaan kautta.
Klooraus ei ole enää käytössä, mutta allas toimii teknisen veden pumppaamona. (Kan-
gas 2004, 138)

3.2.6 Sakeutus ja linkous

Tiivistäjäitä on kaksi, vanha tiivistäjä sekä uusi suurempi tiivistäjä. Tiivistäjäistä uudempi on otettu huollon jälkeen käyttöön vuonna 2010, ja toistaiseksi tiivistäjäitä käytetään rinnakkain vanhemman tyhjentämiseksi. Linkoja on kaksi, uusi Noxon on käytössä ja vanhempi Humbolt on varalla. Lingottavaan lietteeseen lisätään polymeeriä. Rejektivesi lingolta ja tiivistäjältä johdetaan takaisin tulokanavaan. Lingottu liete puutoa kahteen siiloon. Siiloista se kuljetetaan ruuvikuljettimen avulla kuorma-auton lavalle kaksi kertaa viikossa. Liete kuljetetaan Vambio Oy:lle Vampulaan jatkokäsittelyä varten. (Kangas 2004, 138; Ympäristölupahakemus 2010)

3.2.7 Prosessissa käytettävät kemikaalit

Prosessissa käytetään kolmea eri kemikaalia. Polymeerinä käytetään PRAESTOL 835 BS merkkistä kationista polyakryyliamidia. Polymeeriä kuluu keskimäärin 2,6 tonnia vuodessa. Ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) kuluu noin 222 tonnia vuodessa ja sitä syötetään yhdestä pisteestä prosessiin. Kalkkina ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) käytetään Nordkalk SL 90 T merkkistä kalkkia jauhemuodossa, ja sitä kuluu noin 166 tonnia vuodessa. (Ympäristölupahakemus 2010)

3.3 Kuormitus

Puhdistamolla tapahtuu näytteenotto joka kuukausi Kokemäen vesistönsuojeluyhdistyksen toimesta. Näytteiden ja käyttötarkkailun perusteella tulokuorma on kehittynyt seuraavanlaisesti:

Taulukko 1: Puhdistamon tulokuormitus (Oksjoki 2010, ympäristölupahakemus)

Aika	Q m ³ /d	BOD ₇		Fosfori		Typpi	
	tarkk./koko vuosi	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
2000	6339/6000	88	530	3,7	22,0	25,0	150,0
2001	4408/4950	140	680	4,8	24,0	32,0	160,0
2002	4926/4620	150	690	5,4	25,0	37,0	170,0
2003	4100/4140	180	760	6,3	26,0	43,0	180,0
2004	5602/5990	140	850	5,2	31,0	33,0	200,0
2005	5186/5690	150	840	6,7	38,0	37,0	210,0
2006	5781/5760	120	690	5,5	32,0	32,0	190,0
2007	5982/5830	120	720	6,0	35,0	32,0	190,0
2008	6659/6460	130	820	5,7	37,0	29,0	190,0
2009	4318/4520	200	900	8,8	40,0	44,0	200,0
2015*	6000	170	1000	7,2	43,0	38,0	220,0

*sisältää uudet liittyjät

Suurin osa kuormituksesta on peräisin asumajätevesistä. Alueella elintarviketeollisuutta edustaa Kymppi-Maukkaat Oy:n valmisruokatehdas, jonka jätevedet johdetaan myös laitokselle. Koska vuonna 2009 vain toinen tiivistämö (pienempi) oli käytössä, vaikuttivat sisäiset rejektit kyseisen vuoden kuormitukseen. Tämä ja muut puhdistamolla tehdyt saneeraukset ovat vaikuttaneet osaltansa nitrifointiin heikentävästi. Myös ennusteesta ilmenevä tulokuormituksen kasvu heikentää nitrifointimahdollisuuksia, mutta tehokkaalla esisaostuksella ja käyttötarkkailulla nitrifointi ja typenpoisto on hallittavissa. (Oksjoki 2010, ympäristölupahakemus)

Vesistön kuormitusta kuvaa seuraava taulukko, jossa esitetään vuosikeskiarvoja 2000 luvulta:

Taulukko 2: Vesistön kuormitus puhdistamolta (Oksjoki 2010, ympäristölupahakemus)

Aika	BOD ₇ - ATU			Fosfori			Typpi			NH ₄ -N
	mg/l	kg/d	%	mg/l	kg/d	%	mg/l	kg/d	%	mg/l
2000	5,0	30	95	0,18	1,1	95	17	100	30	
2001	4,0	20	97	0,20	0,98	96	24	120	24	6,1
2002	5,0	23	97	0,24	1,1	96	21	97	41	3,2
2003	5,3	22	97	0,24	1,0	96	24	100	43	10,0
2004	2,8	17	97	0,22	1,3	96	17	100	47	6,0
2005	6,0	34	98	0,37	2,1	94	25	140	34	14,0
2006	9,4	55	96	0,72	4,2	87	24	140	28	19,0
2007	7,2	42	93	0,46	2,7	92	17	100	47	12,0
2008	7,6	49	94	0,46	3,0	92	17	110	41	12,0
2009	9,5	43	95	0,62	2,8	94	22	100	49	11,0
2015	8,0	50	95	0,30	1,8	96	18	110	50	

Vesistökuormituksen kehitys ei näyttäisi muuttuvan paljon, vaikka tulokuormitus kasvaakin. Typpiyhdisteiden poisto ei ole onnistunut varsinkaan nitraatin osalta, mutta saaneeraustöiden jälkeen (syksy 2009) on saatu ympärivuotinen nitrifiointi onnistumaan lupavaateiden mukaisesti (kts. luku 3.4). (Oksjoki 2010, ympäristölupahakemus)

3.4 Lupaehdot ja ympäristö

Suomessa kaikilla yli 100 AVL:n puhdistamoilla on oltava ympäristölupa, jossa annetaan käsittelyvaatimukset. Ympäristöluvan uusimisväli on 5-10 vuotta. (<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113564&lan=fi>)

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto on antanut Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle ympäristöluvan 2.5.2003. Siinä määrättyt lupaehdot veden laadulle ovat seuraavat:

- BOD₇-ATU alle 10 mg/l, reduktio vähintään 93 % (laskentajaksoja 4 vuodessa)
- Fosfori alle 0,5 mg/l, reduktio vähintään 93 % (laskentajaksoja 4 vuodessa)
- COD_{Cr} alle 125 mg/l, reduktio vähintään 75 % (laskentajaksoja 4 vuodessa)
- Kiintoaine alle 15 mg/l, reduktio vähintään 90 % (laskentajaksoja 4 vuodessa)
- Nitrifiointiaste 85 % (laskentajaksoja 1 vuodessa)

- Typpipitoisuus alle 20 mg/l (vain kun prosessilämpötila on yli +12 °C), reduktio 50 % (vuosikeskiarvo)

Uutta lupaa, jota ei ole vielä myönnetty, on haettu vuonna 2010. Luvassa on ehdotettu haettavaksi BOD₇-ATU enimmäispitoisuudeksi 10 mg/l ja vähimmäistehoksi 93 %, fosforin osalta raja-arvoiksi 0,4 mg/l ja 90 %, COD_{Cr}:n osalta 125 mg/l ja 75 %, kiintoaineen osalta 35 mg/l ja 90 % sekä typenpoiston osalta 85 %:n nitrifiointiaistetta ja 50 % typenpoistoa. Uusi ympäristölupa ei siis tule eroamaan merkittävästi nykyisestä. (Ympäristölupahakemus 2010)

Tarkkailukertoja on vuodessa kaksitoista, ja ne suoritetaan Kokemäen vesistön vesien- suojeleuyhdistys ry:n toimesta. Näytteenotto tapahtuu automaattinäytteenottimilla vuoro- kausinäytteinä tulevasta ja lähtevästä vedestä. (Ympäristölupahakemus 2010) Lisäksi laitoksella seurataan Hach Langen kyvettitesteillä typenpoistoa (ammonium- ja nitraattityppi) 2-3 kertaa viikossa, ja fosforin määrää arvioidaan päivittäin fosfaattijauhetestillä silmämääräisesti. Lietteen laskeutumista (30 min.) seurataan aktiivilietteestä ja palautus- lietteestä.

Jätevedet puretaan Nahkialanjokeen, joka kuuluu Lontilanjoen vesistöalueeseen. Kysei- nen vesistöalue kuuluu Kokemäenjoen päävesistöalueeseen. Lontilanjokeen puretut jä- tevedet kulkeutuvat lopulta Porissa Selkämereen, jonne Kokemäenjoki laskee. Jäteve- den vaikutuksia joen vedenlaatuun ja kalastoon seurataan päästö- ja vaikutusalue- tark- kailuna. (Ympäristölupahakemus 2010)

Jätevesien johtaminen jokeen on heikentänyt veden laatua 3,4 kilometrin matkalla, mut- ta Vanajavedellä puhdistamolta johdettavien jätevesien vaikutuksia ei voida yksilöidä. Purkuvesistöissä on todettu tapahtuvan 20 % typpivähennys ennen Selkämerta, joten 50 % typenpoisto puhdistamolla on todettu olevan riittävä. (Ympäristölupahakemus 2010)

4 Hydrauliiikka

Hydrauliiikka on mekaniikan yksi osa-alue, joka tutkii nesteiden ominaisuuksia, tasapainotiloja ja virtauksia. Erityisesti vesihuollossa hydrauliiikan opit ovat tärkeitä, kun suunnitellaan tai tutkitaan prosesseja. Hydrauliiikka voidaan jakaa hydrostatiikkaan ja hydrodynamiikkaan. Näistä ensimmäinen tutkii levossa olevaa nestettä ja jälkimmäinen virtaavaa nestettä. Tässä kappaleessa keskitytään vain hydrodynamiikkaan. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 121)

4.1 Nesteiden ominaisuuksia

Nesteellä on kolme tärkeää fyysistä ominaisuutta: se on käytännössä kokoonpuristamaton, sillä on sisäinen kitka eli viskositeetti ja ilmaan rajoituessaan sillä on pintajännitys. Viskositeettiset nesteet voidaan jakaa laminaariseen virtaukseen tai turbulenttiseen virtaukseen. Näistä virtaustyypeistä kumpaakin esiintyy täysissä putkissa tai kanava- ja avouomavirtauksissa. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 121, 127)

Virtaus voidaan jaotella myös stationääriiseen (pysyvään) virtaukseen, epästationääriiseen (muuttuvaan) virtaukseen, tasaiseen virtaukseen ja epätasaiseen virtaukseen. Pysyvä virtaus ei muutu ajan mukaan, vaan se on lähes vakio. Muuttuva virtaus muuttuu ajan mukaan. Tasaisessa virtauksessa virtaus ei muutu paikan mukaan kun taas epätasaisessa virtauksessa virtaus muuttuu paikan mukaan. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 136)

Keskimääräinen virtausnopeus v lasketaan kaavalla:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

jossa

Q = virtaama, m^3/s

A = poikkileikkauksen pinta-ala, m^2

(Karttunen & Tuhkanen 2003, 139–140)

5 Esiselkeytetyn veden jakaantuminen ilmastusaltaille

5.1 Tausta ja tavoitteet

Puhdistamoa laajennettiin vuonna 1993, jossa sijaitsevat ilmastusaltaat 3 ja 4 sekä jälkiselkeytysaltaat 3 ja 4 (Liite 3). Kun vesi tulee puhdistamolle, se kulkee välppien ja hiekanerotuksen kautta kahteen esiselkeytysaltaaseen, jotka sijaitsevat vanhalla puolella. Veden jakaantuminen uudelle ja vanhalle puolelle tapahtuu vasta näiden vaiheiden jälkeen, juuri ennen vanhan puolen ilmastusaltaita.

Jakaantuminen tapahtuu kanavan jakavalla väliseinällä ja käsipyörällä varustetulla luukulla (kork. 0,87 m ja lev. 0,42 m) (Liite 4). Koska luukulla ei ole mahdollista sulkea kanavaa täysin, on luukun reunaan asetettu lisäksi levy, jota voi nostaa ja laskea tarpeen mukaan. Luukku on lähes poikkeuksetta kiinni -asennossa (Liite 5) ja varsinainen säätö tapahtuu käsin levyllä, johon on eri asentoja kirjattu ylös (Liite 6).

Nykyinen vedenjakotapa on hankala, sillä tulovirtaamaa täytyy tarkkailla säännöllisesti, jos halutaan veden jakaantuvan tasaisesti uudelle ja vanhalle puolelle. Koska laitoksen nykyinen miehitys on yksi työntekijä, jonka työaika on 7.00–15.30, vettä ei saada jakaantumaan tasaisesti esimerkiksi yöaikaan. Lisäksi ei tiedetä tarkalleen virtaamia uudelle ja vanhalle puolelle, vaan levyn asentoa nostetaan ja lasketaan kokemuksen perusteella. Silmämääräisesti näyttäisi siltä, että uudelle puolelle vettä virtaa enemmän.

Työn tavoite oli saada veden nopeudesta ja syvyydestä kanavassa sellainen mittaustiedosto, että sen avulla saataisiin selville levyn ja luukun eri asennoilla tilavuusvirta (m^3/h) ennen jakaantumista ja virtaamat jakaantumisen jälkeen uudelle ja vanhalle puolelle. Koska jakaantumisessa on useimmiten käytössä levyjen asennot 4-6, haluttiin selvittää, jakaantuuko vesi tasan uudelle ja vanhalle puolelle näillä asennoilla. Tarkoituksena oli saada aikaan graafinen kuvaaja, jonka avulla voitaisiin selvittää tulovirtaaman mukaan sopiva levyn/luukun asento, jotta vesi jakaantuisi molemmille puolille tasaisesti. Tavoitteena oli tutkia myös veden jakaantumista ilmastusaltaiden 1 ja 2 kesken, sekä ilmastusaltaiden 3 ja 4 kesken.

5.2 Kanavien ja jakaantumisalueen mitat

Vesi kulkee vanhan ja uuden puolen rakennusten välin putkea pitkin maan alla. Ilmeisesti putken sisääntuloaukkoa varten (uudelle puolelle) on tehty syvennys, jotta kallistus säilyisi. Syvennyksen mitat ovat seuraavat: syvyys 1,52 m, pituus 0,7 m ja leveys 0,8 m. Yhdysputken halkaisija on 0,5 m ja se on 6 metriä pitkä.

Luukun asennot on esitetty liitteessä 5 ja mitat seuraavassa taulukossa:

Taulukko 3: Luukun aukeama

Luukun asento	Kanavan seinän ja luukun väli (m)
Kiinni	0,10
Puoliväli	0,41
Auki	0,74

Levyn asentojen vaikutus uudelle puolelle vettä päästävän aukon kokoon on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 4: Levyn aukeama

Levyn asento (+luukku kiinni)	Aukeama pohjan ja levyn välissä (m)	Aukeama pohjan ja levyn välissä (m ²)
1	0,1	0,01
2	0,15	0,015
3	0,195	0,0195
4	0,24	0,024
5	0,29	0,029
6	0,33	0,033
7	0,385	0,0385
8	0,43	0,043
9	0,48	0,048

Kanava, josta vesi valuu ilmastusaltaille, jatkuu aukkojen ohi lähes koko altaan pituudelle. Tämä kanava on rakennettu esiselkeytyksen ohitusmahdollisuuden vuoksi, mutta toimii nykyisellään vettä varastoivana käytävänä tulovirtaamavaihteluiden mukaan.

Kanavan mitat on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 5: Ilmastusaltaiden välinen kanava

	1. puoli	2. puoli
Kanavan pituus (m)	24,0	25,8
Kanavan leveys (m)	1,0	1,0
Alku ja loppupään korkeusero (m)	0,3	0,5
Vesitilavuus (m³)	3,9	6,1

Taulukosta nähdään, että uuden puolen (2. puoli) veden varastointikapasiteetti on suurempi.

Ilmastusaltaille johtavien aukkojen (Liite 7) mitat on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 6: Ilmastusaltaille johtavien aukkojen mitat

	Korkeus (cm)	Leveys (cm)	Kynnys (cm)
Allas 1	40	49	34
Allas 2	40	49,5	34
Allas 3	50	50	34
Allas 4	49	50	34

Kanavien mittoja eri mittauspisteissä (Liite 8):

Taulukko 7: Kanavan mittoja

Mittauspiste	Syvyys (cm)	Leveys (cm)
1	114	80
2	118	80
3a	118	41,5
3b	118	41
4	118	100
5	80	100
6b	115	80
7	152	80
8	125	80
9	125	80
10	125	80
11	118	100
12	85	100

5.3 Virtausnopeuden määrittäminen pöytätennisballolla

5.3.1 Tavoitteet ja mittausjärjestelyt

Pöytätennisballolla haluttiin saada selville kanavassa virtaavan veden nopeus tulovirtaaman funktiona kuvaajaan. Veden syvyyksiä mittaamalla oli tarkoitus saada toinen kuvaaja, josta voi katsoa veden syvyyden millä tahansa tulovirtaamalla ja levyn asennolla. Näiden kahden kuvaajan avulla oli tarkoitus määrittää tilavuusvirtoja kanavan eri osille ja eri luukun asennoilla.

Kanavassa liikkuvan veden nopeuden määrittämiseksi käytettiin sekuntikelloa ja pöytätennisballia, kun ensin oli määritetty haluttu matka. Työssä käytettiin liitteestä 8 nähtäviä mittauspisteitä, mutta mittauspisteiden välimatkat eivät olleet joka kerta samat. Kukin koe toistettiin vähintään kolme kertaa. Jokaisen kokeen aloitusajankohta merkittiin ylös mittauspöytäkirjaan, jotta vastaava tulovirtaama sillä ajanhetkellä saataisiin selville valvomosta tulostettavasta tulovirtaaman trendistä (Liite 9).

Veden pinnan nopeus on eri kuin veden todellinen nopeus, koska kourun pohja ja seinämät aiheuttavat vastusta. Näin ollen todellisen nopeuden oletetaan olevan 60 % pinnanopeudesta.

Todellinen nopeus v lasketaan kaavalla:

$$v = \frac{s}{t} \cdot 0,60 \quad (2)$$

jossa s on matka ja t on aika.

Saaduista nopeuksista tietyillä tulovirtaamilla saatiin kuvaaja. Nopeutta tarvitaan tilavuusvirtaamien laskemiselle.

5.3.2 Tilavuusvirtaaman määrittäminen

Tilavuusvirtaaman laskemiseksi halutuille kanavan osille tarvittiin kanavan mittojen määrittäminen ja veden syvyyden määrittäminen sauvalla. Sauva asetettiin veteen kanavan pohjaan asti, ja kastunut osa mitattiin mittanauhalla. Kellonaika otettiin ylös kokeen alussa. Mittauspisteet, joita käytettiin veden syvyyden määrittämiseksi, voi nähdä liitteestä 8. Tilavuusvirta saadaan käyttämällä kaavaa 1 ja kertomalla se 3600 sekunnilla. Näin yksiköksi saadaan m^3/h :

$$Q = A \cdot v \cdot 3600s = [m^3/h] \quad (3)$$

(Karttunen & Tuhkanen 2003, 139)

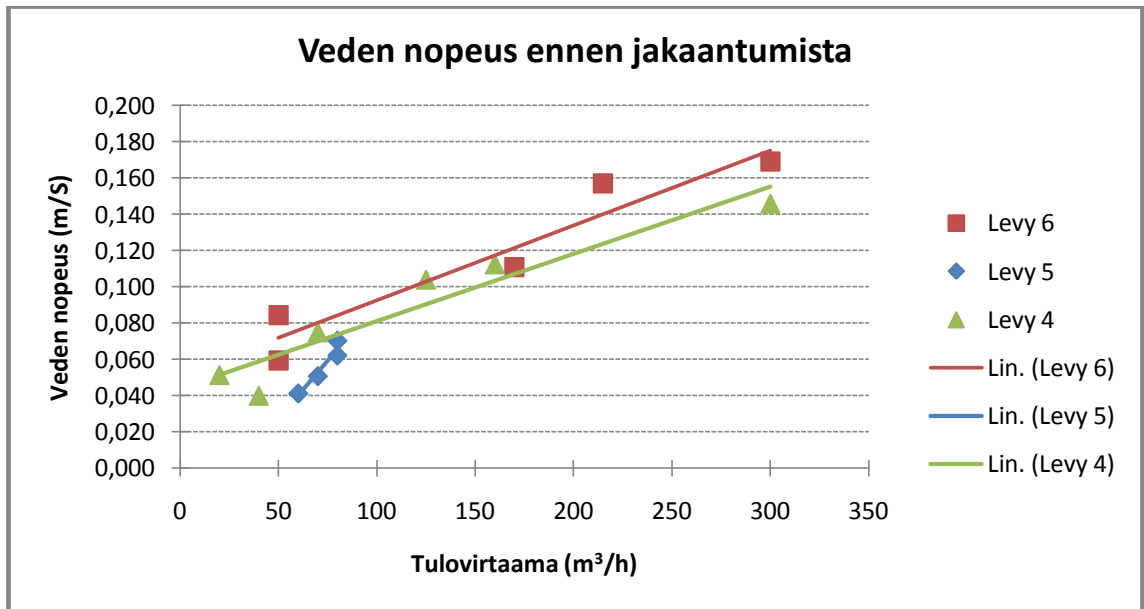
Veden syvyyksiä eri levyn ja luukun asennoilla mitattiin liian vähän, jotta niistä olisi saatu tarpeeksi laaja mittaustiedosto kattamaan vaihtelevaa tulovirtausta. Parempi vaihtoehto erillisen vedensyvyyskaavion tekemiselle olisi ollut välittömät veden syvyysmittaukset ennen ja jälkeen pöytätennispallon laskemisen veteen. Näin olisi nopeusmittauksia voitu hyödyntää tilavuusvirran laskemiseksi, ja esittää ne kuvaajassa nopeusmittauksissa esiintyneiden tulovirtaamien funktiona. Tilavuusvirtaa ei siis ole laskettu tämän kokeen yhteydessä, pelkästään veden nopeus on esitetty kuvaajassa.

5.3.3 Tulokset

Mittauspisteet valittiin niin, että mittauspiste 1 → 2 edusti tilannetta ”ennen jakaantumista”, mittauspisteet 1 → 3a ja 1 → 3 edustivat tilannetta ”jakaantumisen jälkeen vanhalle puolelle”, mittauspiste 6a → 6b edusti tilannetta ”jakaantumisen jälkeen uudelle puolelle (vanhalla puolella)” ja mittauspisteet 8 → 9 ja 8 → 10 edustivat tilannetta ”jakaantumisen jälkeen uudelle puolelle (uudella puolella)” (Liite 8).

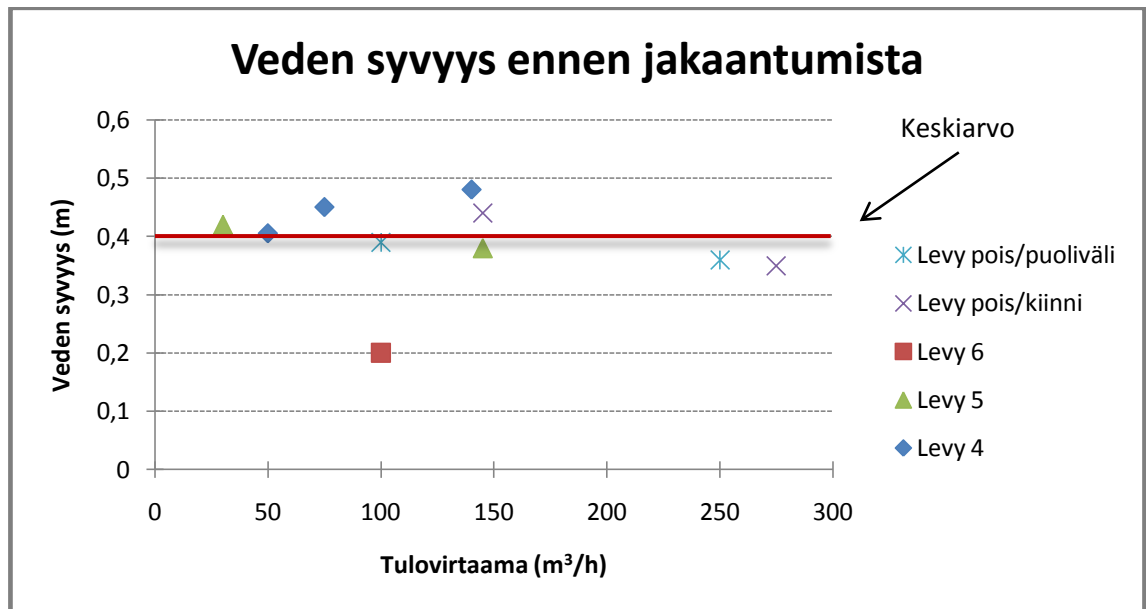
Veden nopeus ennen jakaantumista

Veden nopeutta mitattiin ennen jakaantumista, jotta laskennallista virtaamaa ja valvomosta tulostettavasta trendistä saatavaa todellista tulovirtaamaa olisi voitu vertailla keskenään ja todeta mittausten luotettavuus. Koska virtaamia ei laskettu liian vähäisten mittausten vuoksi, saatiin kuvaaja vain veden nopeudesta eri tulovirtaamilla (kuvio 1).



Kuvio 1: Veden nopeus ennen jakaantumista

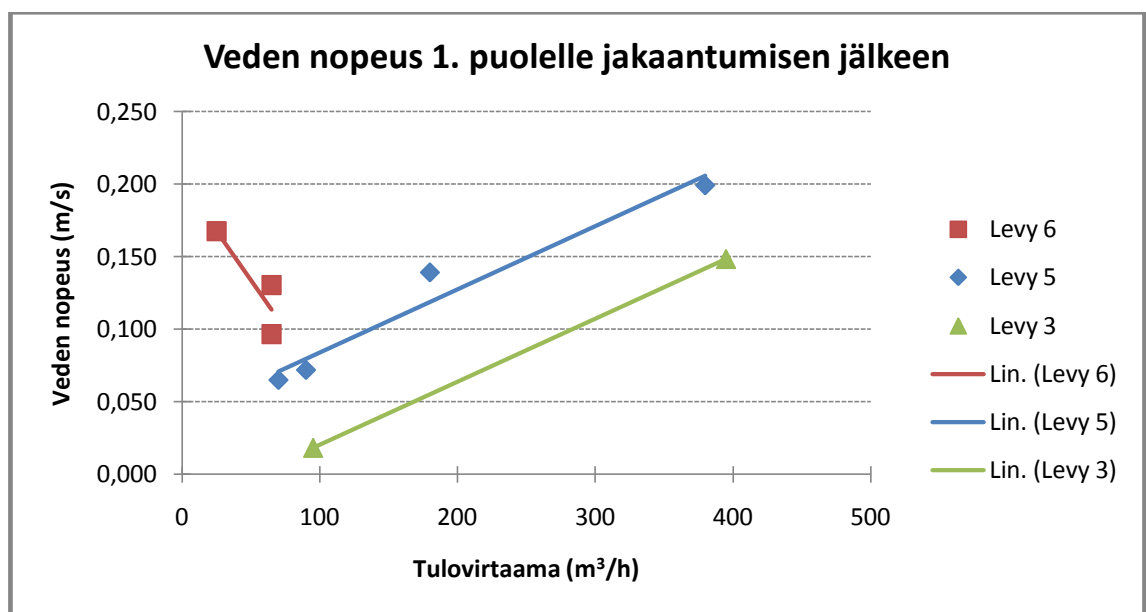
Kuviosta 1 nähdään, että tulovirtaaman kasvaessa myös veden nopeus kasvaa loogisesti. Levyn asennolla ei ole kovin suurta vaikutusta nopeuteen. Veden nopeus vaihteli noin 0,04–0,17 m/s välillä ja keskinopeus tällä välillä oli 0,087 m/s (luukun asennoilla 4,5 ja 6). Tulovirtaaman vaikutusta veden syvyyteen havainnollistetaan kuviossa 2. Silmämääräisesti havaittiin koetta tehdessä, että kun veden nopeus kasvoi, eli tulovirtaama kasvoi, nousi myös veden pinta kourussa. Tämä ei kuitenkaan ilmene kuviosta 2 niin selvästi. Keskiarvoksi kaikista veden syvyysmittauksista ennen jakaantumista saatiin 0,4 m.



Kuvio 2: Veden syvyys ennen jakaantumista

Veden nopeus jakaantumisen jälkeen vanhan puolen ilmastusaltaille

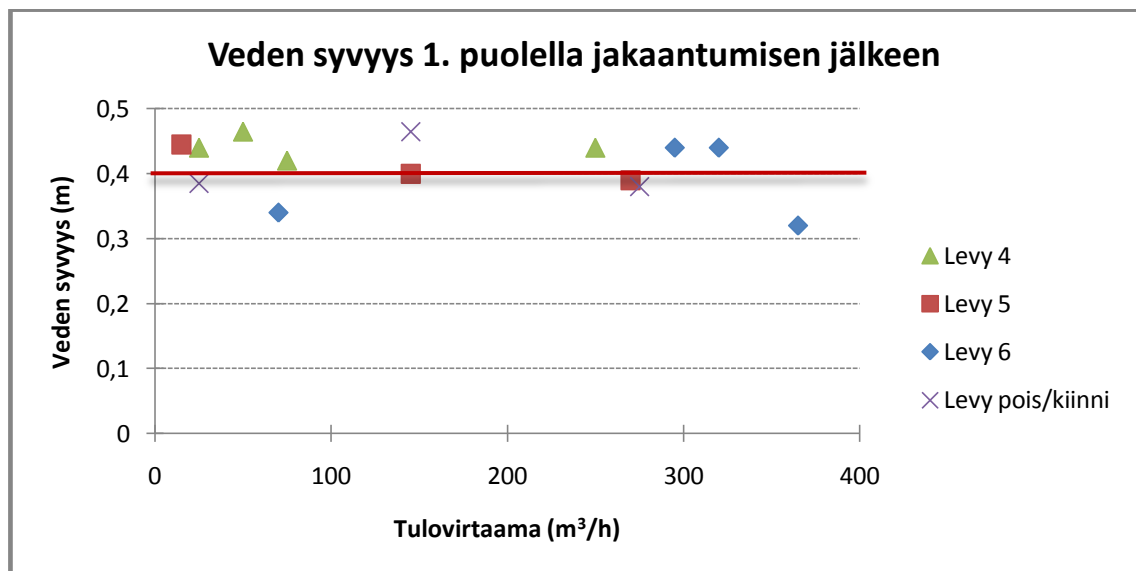
Veden nopeus jakaantumisen jälkeen vanhalle puolelle (1. puolelle) nähdään kuviosta 3:



Kuvio 3: Veden nopeus vanhalle puolelle jakaantumisen jälkeen

Mittaustuloksia veden nopeudesta vanhalle puolelle saatiin vähän, koska pöytätennis-pallon kulkuun vaikutti lähellä olevan jakaantumiskohdan vuoksi pyörteitä ja virtauksia, jolloin mittaus oli vaikea saada onnistumaan. Näin ollen kuvion 3 luotettavuus kärsii. Jos esimerkiksi levyn asennolla 6 olisi saatu useampia mittaustuloksia suuremmalla tulovirtaamavälillä, lineaarinen trendiviiva ei todennäköisesti olisi laskeva. Myös levyn asennolla 3 tehdyistä kahdesta mittauksesta ei voida päätellä, että trendi olisi noin yksiselitteinen. Veden nopeus vaihteli noin 0,02–0,2 m/s välillä ja keskinopeus tällä välillä oli 0,115 m/s.

Veden syvyyden keskiarvoksi jakaantumisen jälkeen vanhalla puolella (mittauspisteessä 3a ja 3, liite 8) saatiin 0,41 m. Veden syvyyden vaihtelut tulovirtaaman mukaan nähdään kuviosta 4. Kuten aikaisemmissa kokeissa, levyn asennolla ei näyttäisi olevan merkitystä. Myöskään tulovirtaaman vaihteluiden vaikutusta veden syvyyteen ei voida kuitenkaan kuvaajasta luotettavasti todeta.

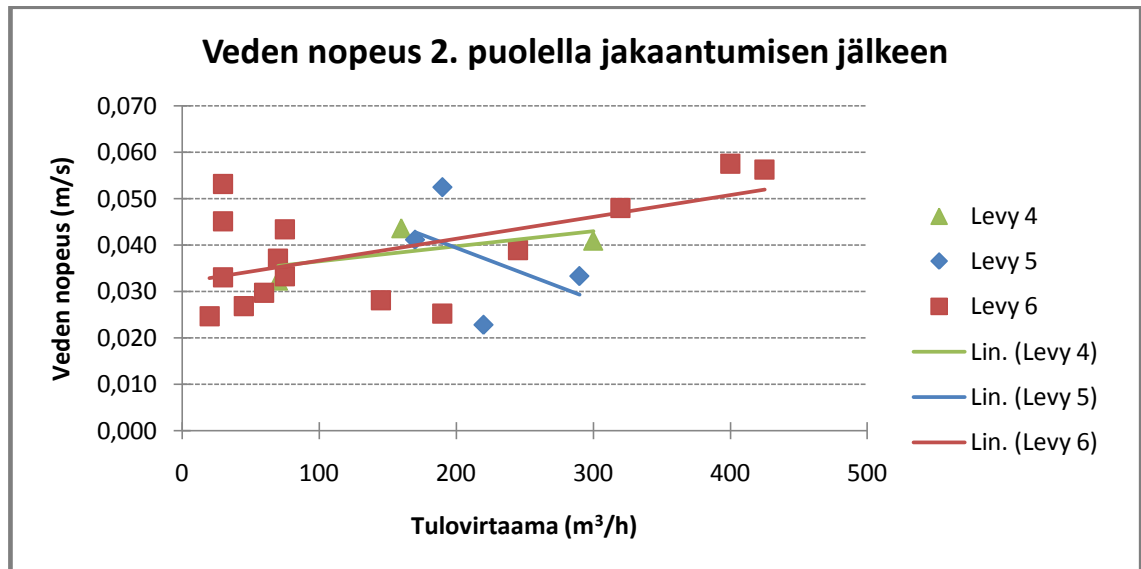


Kuvio 4: Veden syvyys vanhalla puolella jakaantumisen jälkeen

Veden nopeus jakaantumisen jälkeen uuden puolen ilmastusaltaille

Uudelle puolelle johtava kanava kulkee osittain vanhalla puolella ja yhdysputken jälkeen uudella puolella. Nopeus on määritetty uudella puolella ja uuden ja vanhan puolen

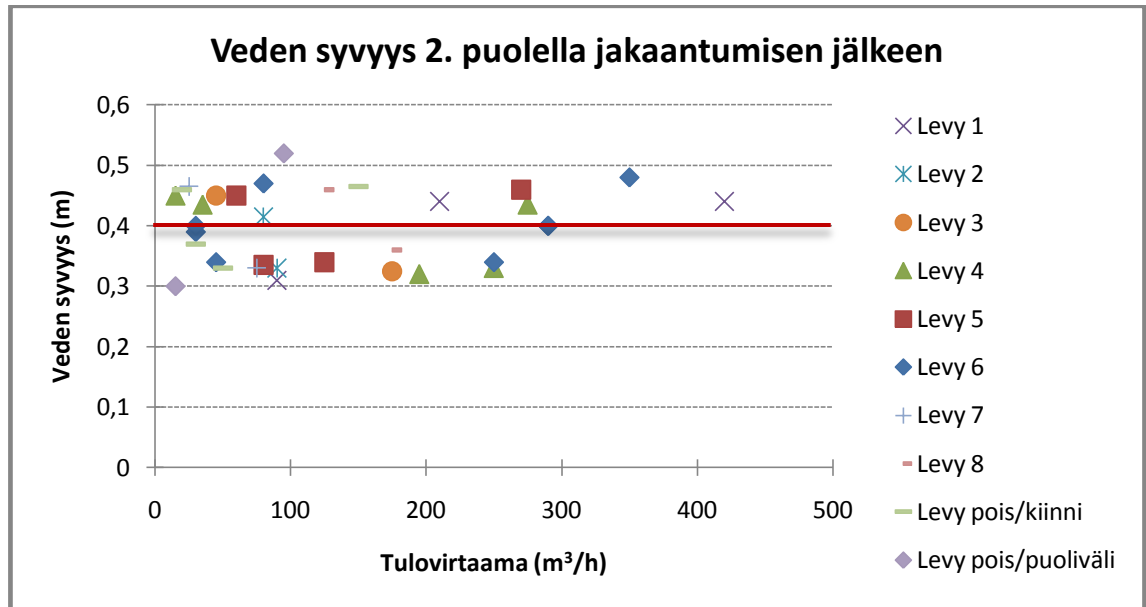
nopeuksien eroa on tutkittu eri kokeella, jonka tuloksia esitellään myöhemmin samassa luvussa. Nopeudet uudella puolella on esitetty kuviossa 5:



Kuvio 5: Veden nopeus uudella puolella jakaantumisen jälkeen

Nopeudet uudella puolella vaihtelivat 0,02–0,06 m/s välillä ja keskinopeus tällä välillä oli 0,064 m/s (levyn asennoilla 4,5 ja 6). Levyn asennolla neljä ja kuusi on nähtävissä tulovirtaaman looginen vaikutus veden nopeuteen. Levyn asennolla viisi mittauksia on tehty liian kapealla virtaamavaihteluvälillä, jotta vastaavaa nousevaa trendiä olisi nähtävissä. Levyn asennolla neljä ja kuusi ei ole kovin suurta eroa veden nopeuteen.

Veden syvyyden ja tulovirtaaman riippuvuus uudella puolella on esitetty kuviossa 6:

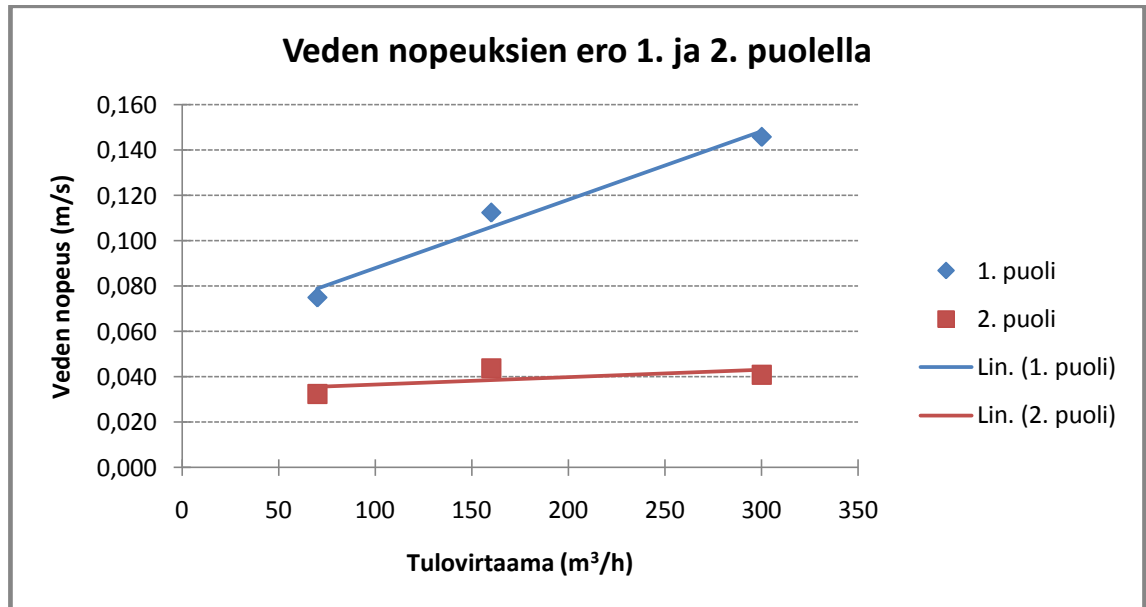


Kuvio 6: Veden syvyys uudella puolella jakaantumisen jälkeen

Kuvion 6 tiedot on valittu vain 0,8 m leveän kanavan mittauspisteistä (Liite 8). Veden syvyys vaihteli noin 0,3–0,55 m välillä ja syvyyden keskiarvoksi saatiin 0,4 m. Tulovirtaamalla eikä levyn/luukun asennolla näyttäsi kuvaajan mukaan olevan vaikutusta veden syvyyden vaihteluihin.

Samanaikaiset nopeusmittaukset

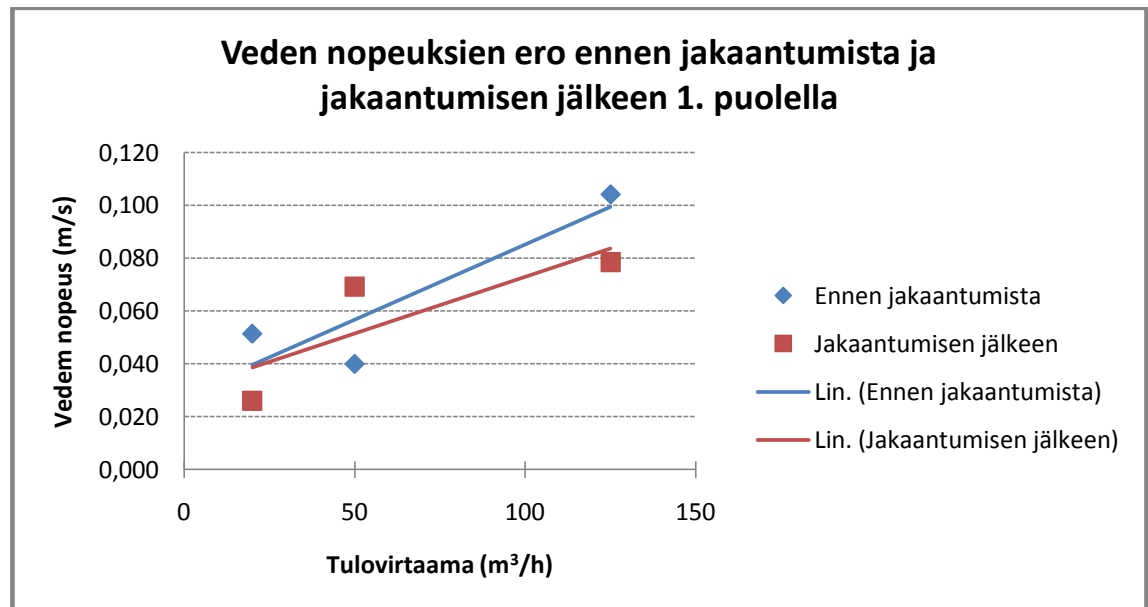
Jotta tulovirtaamapohjaisen tarkastelun virhe saataisiin poistettua kanavan eri osien nopeuksien vertailussa, tehtiin kaksi koetta, jossa nopeutta mitattiin samanaikaisesti kahdella eri pallolla. Ensimmäinen koe suoritettiin kahdella samanaikaisella nopeudenmäärittäskokeella uudella ja vanhalla puolella. Uuden puolen mittauspisteinä käytettiin pisteitä 1 → 2 ja vanhalla puolella mittauspisteinä käytettiin 8 → 9 (Liite 8). Tulokset on esitetty kuviossa 7:



Kuvio 7: Veden nopeuksien ero vanhalla ja uudella puolella

Mittaukset tehtiin levyn asennolla 4 ja luukun ollessa kiinni. Kuvioista 7 nähdään selvästi, että veden nopeus on pienempi uudella puolella kuin vanhalla. Keskinopeus uudella puolella oli 0,1 m/s ja vanhalla puolella 0,04 m/s, tulovirtaaman ollessa välillä 70–300 m³/h. Nopeuden hidastumiseen vaikuttaa jonkin verran muun muassa jakaantumiskohdan ja vanhalla puolella vastaan tulevan seinän ja yhdysputken aiheuttamat vastukset. Uudella puolella oleva syvennys kanavassa saattaa myös tasoittaa nopeutta. Lisäksi uudella puolella on suurempi vesitilavuus ohituskäytävässä, jolla saattaa olla vaikutusta nopeuden hidastamiseen.

Toinen vastaava koe tehtiin vanhalla puolella ennen jakaantumista (mittauspiste 1 → 2) ja jakaantumisen jälkeen uudelle puolelle menevällä kanavalla (mittauspiste 6a → 6b). Tämän kokeen tulokset on esitetty kuviossa 8:



Kuvio 8: Veden nopeuksien ero ennen jakaantumista ja jakaantumisen jälkeen vanhalla puolella

Kuviosta 8 nähdään, että vesi kulkee uudelle puolelle menevässä kanavassa tässäkin tapauksessa hitaammin jakaantumisen jälkeen. Tähän ilmiöön vaikuttavat samat syyt kuin edellisessä kokeessa: vastaan tuleva seinä ja putki aiheuttavat vastusta ja näin ollen hidastavat nopeutta.

5.3.4 Tulosten yhteenveto

Mittauksia tehtiin liian vähän, jotta koe olisi ollut täysin onnistunut ja vastannut työn tavoitteita. Nopeuksia saatiin selville joillakin eri levyn asennoilla, ja huomattiin, että levyn asennoilla 4, 5 ja 6 ei ole kovin suurta vaikutusta veden nopeuden vaihteluihin. Havaittiin myös, että veden nopeus pienenee jakaantumisen jälkeen uudelle puolelle menevässä kanavassa.

Veden syvyyden mittauksista saatiin tieto, että veden syvyys vaihtelee 0,4 metrin molemmin puolin kaikissa kanavan osissa. Tulovirtaaman vaikutusta veden syvyyteen ei kuvaajista näe, vaikka koetta tehdessä oli silmämääräisesti havaittavissa, että nopeuden kasvaessa tai pienentyessä veden syvyys kasvaa tai laskee.

5.4 Virtausnopeuden määrittäminen FlowTracker – mittalaitteella

5.4.1 FlowTracker -virtaamamittalaite

FlowTracker on virtaamamittalaite, jonka toimintaperiaate perustuu doppler -ilmiöön. Mittauskohtaan ei kohdistu laitteesta mitään vastusta, vaan vesi virtaa mittalaitteen ohi vapaasti. Tämä antaa mahdollisuuden erittäin tarkkoihin tuloksiin. Laite on tarkoitettu esimerkiksi avokanavavirtaamamittauksiin vedenpuhdistuslaitoksille tai vesistömittauksiin. Laitteen arvo on noin 20 000 €.

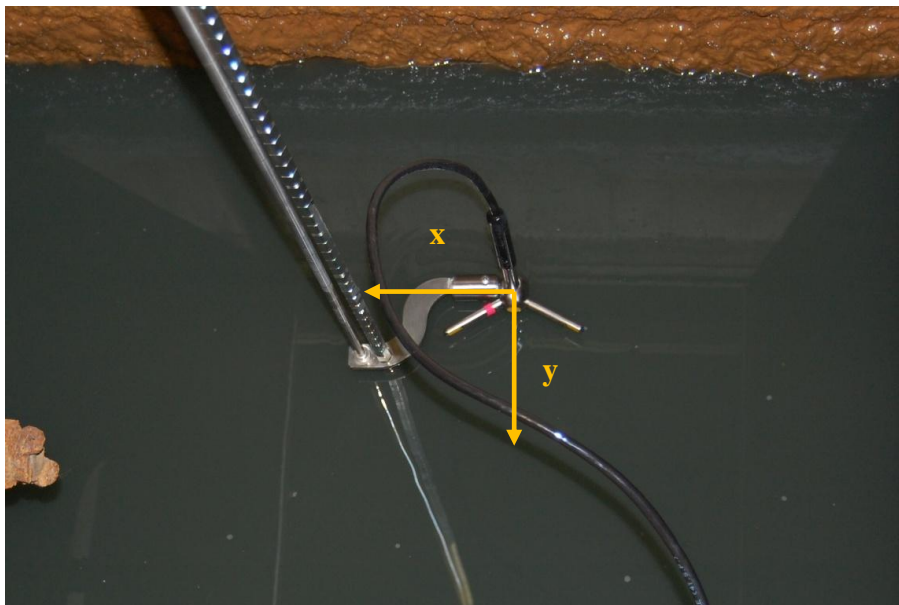
Laitteen valmistaja on yhdysvaltalainen SonTek/YSI incorporated ja käytössä olleen laitteen tarkka nimi on FlowTracker Handheld ADV (Acoustic Doppler Velocimeter). Mittalaitteisto koostuu käyttöyksiköstä, kaapelista, mittayksiköstä ja tukitangosta:



Kuvio 9: FlowTrackerin käyttöyksikkö ja tukitanko (Kuva: Rosa Kritz)

Käyttöyksikön LCD -näytöltä pystyy lukemaan mittaustuloksia, ja sinne pystyy myös tallentamaan tuloksia, jotka voi myöhemmin purkaa tietokoneelle. Mittayksikkö on yhdistetty kaapelilla mittayksikköön. Mittayksikön voi kiinnittää tukitankoon niin, että se pysyy virtauksessa paikoillaan. Tukitangossa on myös mitta-asteikko, jotta mittayksikön sijaintia veden syvyyteen nähden voidaan muuttaa helposti. (Sontec/YSI inc. 2007, 1)

Laitteella voidaan mitata tarkkoja virtaamia siirtymällä mittalaitteen kanssa virtauksen poikkisuunnassa eri asemissa, eli mittauspisteissä. Laitteeseen syötetään ensin veden syvyys asemassa, minkä jälkeen laite laskee virtausnopeuden (m/s). Laite laskee sitten kaikkien asemien nopeuksien ja vedensyvyyksien perusteella virtaaman (m^3/h). Mitatesa mittayksikön x-suunnan täytyy olla kohtisuorassa virtauksen poikkileikkausta (y-akselia) kohden:



Kuvio 10: FlowTracker mittayksikkö x/y -akselistossa (Kuva: Rosa Kritz)

Mittauksen yhteydessä laite ilmoittaa tulokselle SNR-lukeman (SNR), standardivirheen (σ), virtauspiikkien lukumäärän (Spikes) ja mittauskulman (Ang). SNR (Signal-to-noise ratio) kertoo akustisen signaalin voimakkuuden desibeleinä (dB) suhteessa FlowTrackeria ympäröivän äänen tasoon. SNR on tärkein mittauksen laadusta kertova

arvo, jonka olisi hyvä olla suurempi kuin 10 dB taatakseen hyvät mittaolosuhteet. Laite laskee myös saadulle nopeudelle standardivirheen eli mittaustarkkuuden. Tarkkuuden määrittäminen perustuu sekunnin välein otettujen näytteiden lukumäärän neliöön, joka jaetaan näytteiden hajonnalla. Tarkkuuteen vaikuttaa mittausympäristöstä aiheutuvat tekijät. FlowTracker suodattaa mittauksesta myös nopeuteen vaikuttavat piikit, joita voivat aiheuttaa esimerkiksi suuret partikkelit, pyörteet tai ilmakuplat nesteessä. Jos piikkien lukumäärä kasvaa liian suureksi, laite antaa varoituksen ja mittaus on uusittava. Piikkejä syntyy aina, kun mitataan Doppler ilmiöön perustuvalla mittalaitteella. (Sontec/YSI inc. 2007, 7–9)

Kun FlowTracker -laitetta käytetään virtaamamittauksissa, nopeuden kulma määritellään virtauksen ja x -suunnan suhteella. Ideaalivirtauksessa virtauksen pitäisi olla koh-tisuorassa virtaaman poikkileikkaukseen. Kun nopeuden kulma on 0° , mittayksikkö on ihanteellisessa asennossa virtaukseen nähden. Mittaustulos on kuitenkin vielä hyvä alle $20\text{--}30^\circ$ kulmissa. (Sontec/YSI inc. 2007, 10–11)

5.4.2 Tavoitteet ja mittausjärjestelyt

Tavoitteena oli koota laaja mittaustiedosto veden nopeudesta ja syvyydestä eri tulovirtaamilla sekä eri levyn ja luukun asennoilla. Mittaustiedoston pohjalta oli tarkoitus koota graafisiin kuvaajiin kanavan eri osille laskettuja tilavuusvirtoja tulovirtaaman suhteen. Koska Tampereen ammattikorkeakoululta lainattu FlowTracker -laite oli uusi käyttäjälle, eikä sen käyttöön ollut mahdollisuutta saada yksityiskohtaista opastusta, käytettiin laitetta sen monimutkaisuuden takia vain virtausnopeuden (m/s) määrittämiseen yhdessä mittauskohdassa. Mittauspisteet ovat näkyvillä mittauspistekartassa (Liite 10).

Laitteeseen syötettiin korjauskertoimeksi 0,6-syvyys. Korjauskerrointa suositeltiin avokanavirtaukseen. Korjauskerroin on tarkoitettu skaalaamaan asemien keskinopeus (Sontec/YSI inc. 2007, 40). Koska mittaamisessa käytettiin vain yhtä asemaa, korjauskerroimen merkitys ei ole kovin suuri tässä tapauksessa.

Kun korjauskerroin ja veden syvyys syötettiin laitteelle, kertoi se myös mittayksikön sijainnin veden pinnasta mitattuna. Tätä toimintoa ei myöskään käytetty, koska pinnan

korkeus vaihteli jatkuvasti ja mittauksia tehtiin useita. Mittayksikkö asetettiin noin puoleen väliin veden syvyyteen nähden, eli noin 20 cm:iin kanavan pohjasta katsoen.

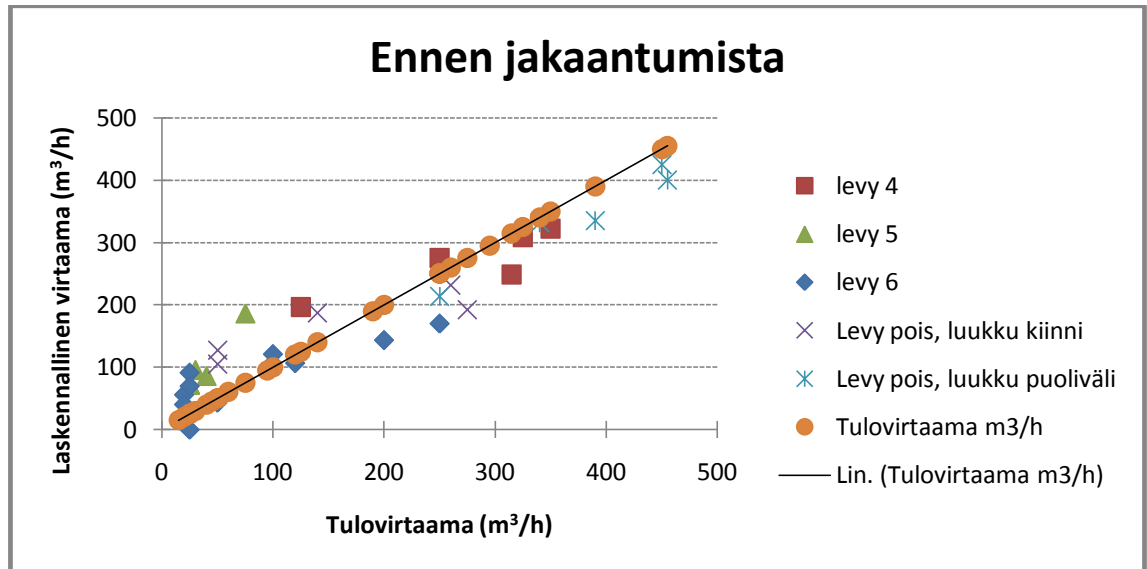
Mittaus asetettiin kestämään 40 s, ja mittaus toistettiin jokaisessa mittauspisteessä noin 5 kertaa, jotta tulovirtaamavaihteluiden vaikutukset nopeuteen saataisiin mahdollisimman monipuolisesti selville. Mittauspisteiksi valittiin kohdat ennen veden jakaantumiskohtaa, sekä jakaantumisen jälkeen uuden puolen ja vanhan puolen ilmastusaltaille johtavissa kanavissa.

Veden nopeutta kyseisissä mittauspisteissä mitattiin eri luukun ja levyn asennoilla. Mittausajankohta merkattiin ylös, jotta kellonaikaa vastaava tulovirtaama saatiin selville valvomosta tulostettavasta tulovirtaaman trendiviivasta. Mittauksia tehtiin yhteensä 316 kappaletta. Kun veden nopeus oli saatu selville ja sen syvyys oli tiedossa mittausajankohtana, laskettiin kaavaa 3 käyttäen veden tilavuusvirta (m^3/h) ja esitettiin tulokset kuvaajina. Kuvaajia luettaessa oletuksena on, että luukku on ”kiinni”-asennossa, jos toisin ei mainita (Liite 5).

5.4.3 Tulokset

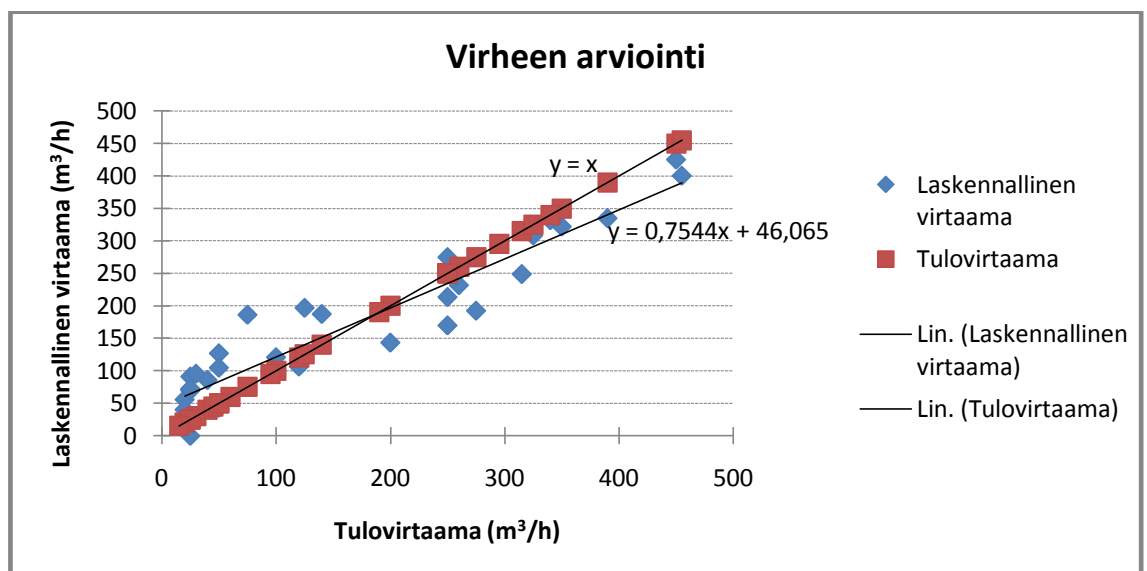
Ennen jakaantumista

Jotta voitiin vertailla laskennallista virtaamaa tulovirtaamaan mittausten luotettavuuden selvittämiseksi, tehtiin mittauksia ennen jakaantumiskohtaa. Jakaantumiskohdan mittaukset eri levyn ja luukun asennoilla on nähtävissä kuviosta 11:



Kuvio 11: Ennen jakaantumista

Kuviosta 11 ei ole havaittavissa, että levyn/luukun asennolla olisi vaikutusta veden tilavuusvirtaan ennen jakaantumista. Mittaukset osuvat melko hyvin tulovirtaaman mukaan lasketulle suoralle. Kuviossa 12 on levyn/luukun asento jätetty huomioimatta ja laskettu tulovirtaaman ja laskennallisen virtaaman lineaaristen trendiviivojen kulmakertoimien avulla työlle virhemarginaali.



Kuvio 12: Virheen arviointi (ennen jakaantumista)

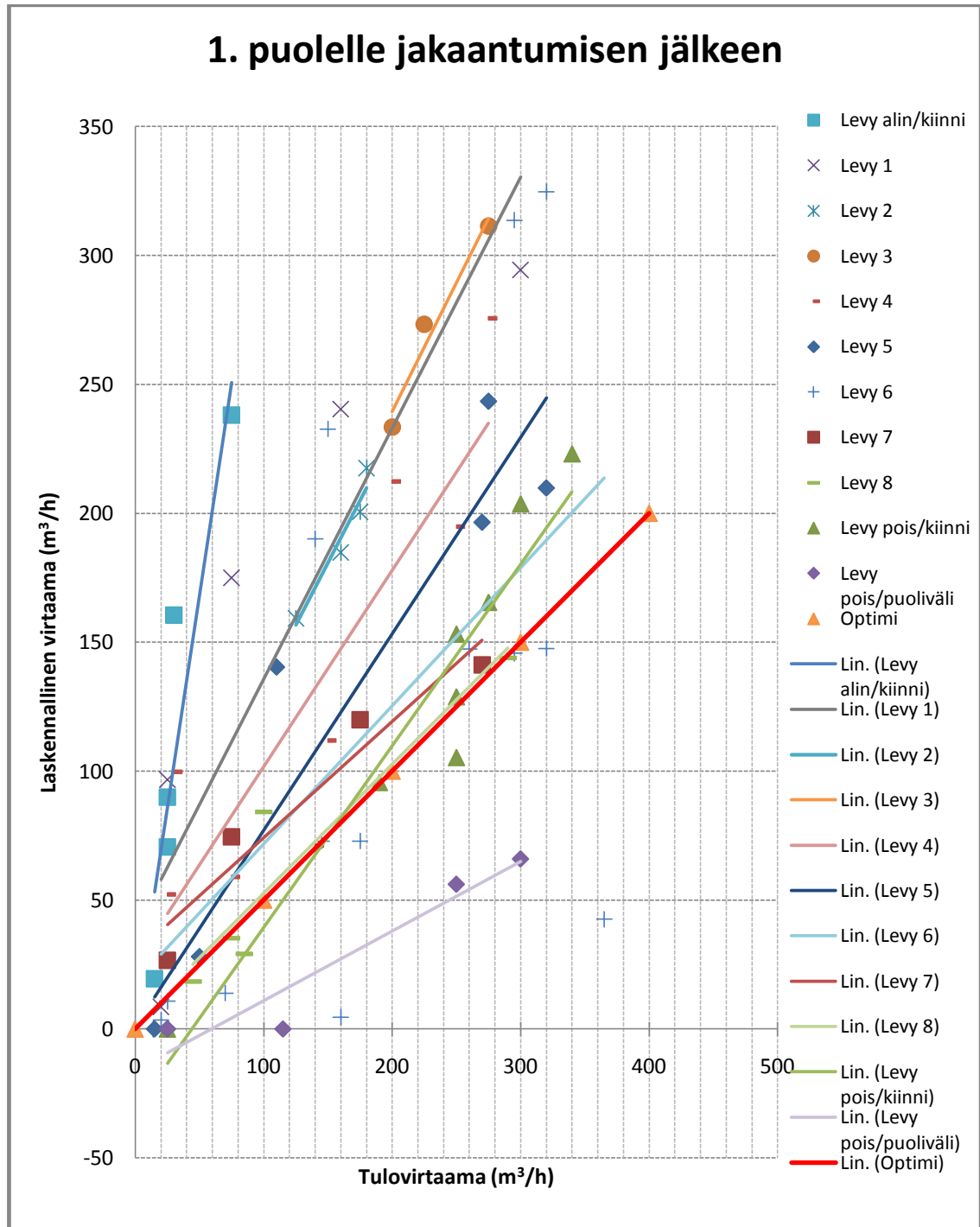
Kulmakertoimien suhde on:

$$\frac{1 - 0,8}{0,8} \cdot 100 \% = 25 \%$$

Virhemarginaali 25 % on suuri. Syitä tähän on pohdittu luvussa 5.8.

Veden jakaantuminen vanhalle puolelle

Jakaantumisen jälkeen saaduista nopeuksista laskettiin tilavuusvirtoja, jotka on esitetty kuviossa 13:



Kuvio 13: Tilavuusvirta vanhalla puolella jakaantumisen jälkeen

Kuviosta 13 nähdään levyn ja luukun asentojen vaikutus vanhalle puolelle suuntautuvaan virtaamaan. Kun levyn asento muuttuu levyn alimmasta asennosta ylöspäin, virtaama pienenee. Tämä oli havaittavissa myös silmämääräisesti mittauksia tehdessä. Levyn asento 3 on kuvaajassa epäloogisessa paikassa, sillä se on lähes samassa linjassa

kuin levyn asento 1. Myös ”levy pois ja luukku kiinni” nousee kuvaajassa liian jyrkästi. Siksi näitä levyn asentoja ei käytetä myöhemmissä tarkasteluissa.

Koska vanhan puolen ilmastusaltaille ei voi tulla mistään enemmän vettä, kuin mitä todellinen tulovirtaama on, täytyy kuvaajasta rajata tällaiset tilanteet pois. Kuvaajan tarkastelua varten levyn asennoille on määritetty tarkastelurajat, joissa tilanne on teoriassa mahdollinen:

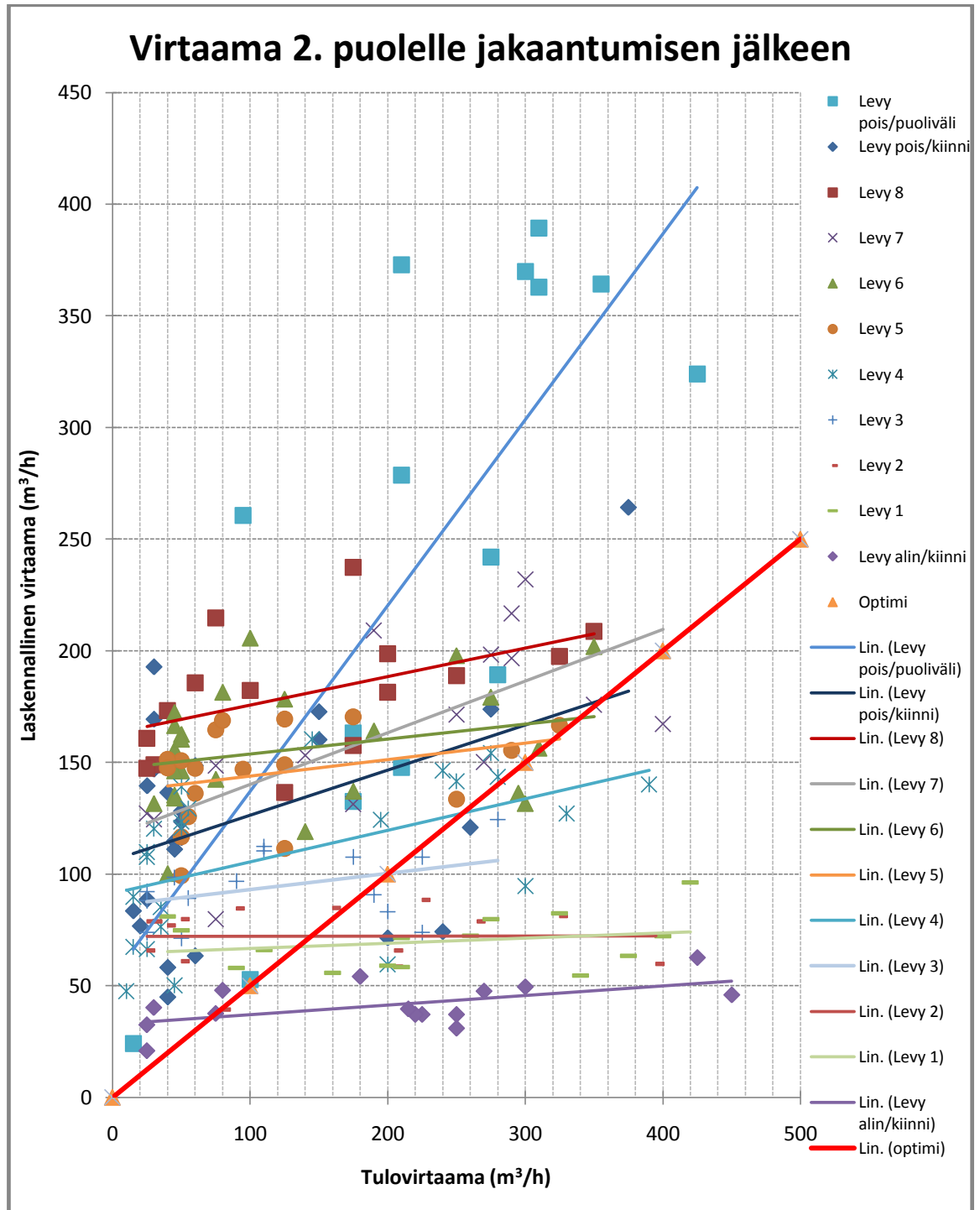
- levy alin/luukku kiinni ”ei mahdollinen”
- levy 1/luukku kiinni ”ei mahdollinen”
- levy 2/luukku kiinni ”ei mahdollinen”
- levy 4/luukku kiinni ”kun tulovirtaama < 280 m³/h”
- levy 5/luukku kiinni ”kun tulovirtaama < 320 m³/h”
- levy 6/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >120 m³/h ja < 320 m³/h”
- levy 7/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >120 m³/h ja <270 m³/h”
- levy 8/luukku kiinni ”kun tulovirtaama < 300 m³/h”
- levy pois/luukku puoliväli ”kun tulovirtaama >60 m³/h ja <300 m³/h”

Käytetyimmät levyn asennot ovat 4-6. Näillä levyn asennoilla veden pitäisi jakaantua suunnilleen puoliksi molemmille puolille. Kuvaajaan on lisätty optimitilanteen lineaarinen trendi, jossa tulovirtaamasta puolet menisi vanhan puolen ilmastusaltaille. Kun tarkastellaan kyseistä trendiä, vain levyn asento 8 on lähellä tätä. Tilanne ei kuitenkaan ole todellinen, sillä silmin on havaittu, että tällä levyn asennolla lähes kaikki vesi kulkee uudelle puolelle.

Koska kuvio 13 esittää mahdottomia ja epätodennäköisiä tilanteita, kaaviota ei voi käyttää myöhemmissä tarkasteluissa.

Veden jakaantumisen uudelle puolelle

Jakaantumisen jälkeen uudelle puolelle menevän veden tilavuusvirtoja eri levyn ja luukun asennoilla on esitetty kuviossa 14:



Kuvio 14: Tilavuusvirta uudella puolella jakaantumisen jälkeen

Kuviosta 14 voidaan havaita, että trendien nousu ei ole tulovirtaaman kasvaessa yhtä jyrkkä kuin vanhalla puolella (kuvio 13). Tämä selittyy osin sillä, että vesi joutuu jakaantumiskohdassa kulkemaan levyn alta, tietyn suuruisesta aukosta. Vaikka tulovir-

taama kasvaisi, hidastaa levy veden kulkeutumista uudelle puolelle. Myös vastassa oleva seinä ja yhdysputki hidastavat nopeutta ja näin ollen myös virtaamaa.

Kuviossa 14 levyn ja luukun asentojen muodostamat trendiviivat kulkevat loogisessa järjestyksessä lukuun ottamatta asentoa levy pois/luukku kiinni. Jostain syystä se sijoittuu levyn asentojen 5 ja 4 väliin. Tätä asentoa ei oteta huomioon myöhemmissä tarkasteluissa. Levyn asennoista ylimpänä on levy pois/puoliväli, jolloin vettä menee lähes esteettä uudelle puolelle kallistuksen vuoksi. Alimpana on asento ”levy alin/luukku kiinni”, jolloin vettä ei pitäisi mennä uudelle puolelle juuri ollenkaan.

Tässäkään tapauksessa vettä ei voi virrata uudelle puolelle enemmän kuin mitä tulovirtaama on. Siksi kuvaajan tarkasteluun on määritelty seuraavat rajat, joissa tilanne on teoriassa mahdollinen:

- levy alin/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >20 ja $<420 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 1/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >70 ja $<420 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 2/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >80 ja $<420 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 3/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >80 ja $<280 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 4/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >140 ja $>390 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 5/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >160 ja $<320 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 6/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >160 ja $<340 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 7/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >180 ja $<400 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy 8/luukku kiinni ”kun tulovirtaama >180 ja $<340 \text{ m}^3/\text{h}$ ”
- levy pois/luukku puoliväli ”kun tulovirtaama >260 ja $<430 \text{ m}^3/\text{h}$ ”

Näiden rajojen minimiarvoissa uudelle puolelle menevä vesi on suunnilleen yhtä suuri kuin tulovirtaama. Teoriassa tämä on mahdollista vain jos luukku on auki ja levy pois. Kun levyä lasketaan ja levyn ja pohjan väliin jäävä aukko pienenee, pitäisi myös vanhan puolen ilmastusaltaille mennä vettä, jolloin tilavuusvirta uudella puolella ei voi olla yhtä suuri kuin tulovirtaama.

Kuvioon 14 on lisätty optimialueen trendiviiva (kirkkaan punainen viiva). Tällä optimialueella tulovirtaamasta puolet menee aina uudelle puolelle. Optimiviiva auttaa kaavion lukemista. Jos halutaan tietää millä levyn asennolla menee tietystä tulovirtaamasta puolet uudelle puolelle (ja näin ollen puolet myös vanhalle puolelle), siirrytään y-akselin

suuntaisesti halutusta tulovirtaamasta optimiviivan kohdalle. Se trendiviiva, joka risteää lähimpänä tätä pistettä optimiviivalla osoittaa sopivimman levyn/luukun asennon kyseiselle tulovirtaamalle.

FlowTracker -mittaukset tehtiin ajalla 26.1.–8.2.2011. Tältä ajalta tulostettiin tulovirtaaman tuntikeskiarvot jokaiselta päivältä. Tuntikeskiarvoista laskettiin jokaiselle päivälle keskiarvo työpäivälle (klo 7.00–16.00) ja ilta/yö -ajalle (klo 17.00–6.00). Vastaaavat keskiarvot olivat mittausaikavälillä $136 \text{ m}^3/\text{h}$ ja $118 \text{ m}^3/\text{h}$. Tiedetään kokemuksen perusteella, että useimmin käytettyjen levyjen asennoilla 4–6 vettä menee suunnilleen yhtä paljon uudelle ja vanhalle puolelle. Kuvion 14 perusteella levyn asennolla 4 tulovirtaaman täytyy olla noin $260 \text{ m}^3/\text{h}$, jotta vettä menisi molemmille puolille tasan. Vastaaavat tulovirtaamat levyn asennolla 5 on noin $320 \text{ m}^3/\text{h}$ ja levyn asennolla 6 on noin $340 \text{ m}^3/\text{h}$. Tuntikeskiarvoista lasketut keskitulovirtaamat olivat yli puolet pienempiä ($136 \text{ m}^3/\text{h}$ ja $118 \text{ m}^3/\text{h}$). Tulovirtaamaa $136 \text{ m}^3/\text{h}$ vastaisi levyn asento 1.

Jos kuvion 14 tulovirtaamasta vähennetään 25 % (laskettu virhemarginaali), olisi tulovirtaamaa $100 \text{ m}^3/\text{h}$ vastaava tulovirtaama $75 \text{ m}^3/\text{h}$ jne. Jos virhemarginaali huomioidaan, niin päivätulovirtaaman ollessa noin $140 \text{ m}^3/\text{h}$ valittaisiin työpäivän ajaksi levyn asento 3, mikä olisi todellisempi tilanne.

5.4.4 Tulosten yhteenveto

FlowTracker -mittalaitteella tehdyistä mittauksista saatiin laaja tiedosto veden nopeuksista ja syvyyksistä eri tulovirtaamilla ja eri levyn ja luukun asennoilla. Näiden tulosten pohjalta saatiin laskettua tilavuusvirtaamia eri tilanteille.

Tilavuusvirtaamista saatiin graafiset kuvaajat kaikille kolmelle tilanteelle (ennen jakaantumista ja jakaantumisen jälkeen uudelle sekä vanhalle puolelle), jossa x-akselilla on laitokselle tuleva tilavuusvirta ja y-akselilla laskennallinen tilavuusvirta. Kuvaajaan lisättiin lineaariset trendiviivat vastaamaan jokaista levyn asentoa. Laskennallisen virtaaman kasvu tulovirtaaman suhteen ei välttämättä ole lineaarista, mutta tässä työssä sen on oletettu olevan lineaarista.

Koska aluksi virhemarginaaliksi laskettiin 25 %, ei kaavio anna kuitenkaan aivan todellisista kuvia vesimääristä puhdistamolla. Kuvio 14 antaa kuitenkin todellisemman ku-

van tilanteesta kuin kuvio 13, sillä kuvioon 13 ei saatu optimitrendiä leikkaavia trendiviivoja. Lisäksi osa tilanteista oli kuvion 13 mukaan mahdottomia. Työn tuloksena esitellään siis kuvio 14, joka on riittävä. Kun tiedetään laitokselle tulevan veden määrä, ja paljonko siitä lähtee uudelle puolelle, saadaan selville myös vanhalle puolelle virtaavan veden määrä samasta kaaviosta.

5.5 Keskinopeuden laskeminen teoreettisella mallilla

5.5.1 Manningin kaava

Manningin kaavaa voidaan käyttää viemäreiden, kanavien, kourujen ja avouomien mitoitukseen. Kaava perustuu Manningin karkeuskertoimen, hydraulisen säteen ja kaltevuuden tuloon. Manningin kaava virtauksen keskinopeudelle V on:

$$V = \frac{k}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

jossa

$k = 1$

n = Manningin karkeuskerroin (laaduton luku)

R = hydraulinen säde (m)

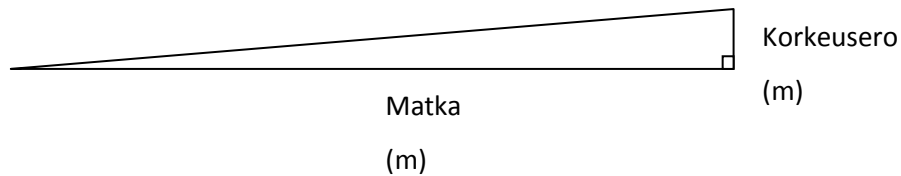
S = energiaviivan kaltevuus, (m/m)

(NRSC 1998, 18)

Manningin karkeuskerroin valitaan taulukosta, jossa kerroin riippuu avouoman pinnan laadusta. Hydraulinen säde on kanavan poikkileikkauksen pinta-ala jaettuna märkäpiirilä (kanavan osat, jotka koskettavat vettä). Energiaviivan kaltevuus saadaan avouomalle, kun tiedetään kanavan alku- ja loppupään korkeuserot määrättyllä matkalla.

5.5.2 Manningin kaavalla laskettu keskinopeus

Jotta Manningin kaavaa voitaisiin käyttää, tarvitaan tiedot kanavan korkeuseroista ja pinnan laadusta. Energiaviivan kaltevuus (kuvio 15) laskettiin puhdistamon pohjapiirustusten mittojen mukaan jakamalla korkeusero matkalla.



Kuvio 15: Kanavan kaltevuus

Kaltevuudet eri kanavan osuuksille ovat seuraavat:

- ennen jakaantumista: $(+83,140-(+83,020)) \text{ m}/11,5 \text{ m} = 0,0104\dots\text{m/m}$
- jakaantumisen jälkeen 2. puolelle: $(+82,98-(+82,96)) \text{ m}/2,75 \text{ m} = 0,00727\dots\text{m/m}$
- yhdysputki: $(+83,00-(+82,98))\text{m}/6 \text{ m} = 0,00333\dots\text{m/m}$

Karkeuskerroin määritellään liitteessä 11 olevasta taulukosta. Puhdistamon kanavat ovat betonisia avouomakanavia vuosilta 1976 ja 1993. Kanavien pinta on eroosion vuoksi lohkeillut ja reikäinen vanhalla puolella. Uudella puolella kanavan kunto on melko hyvä. Karkeuskertoimeksi ennen jakaantumista valittiin näin ollen 0,017 ja uudelle puolelle 0,013.

Valitaan esimerkiksi FlowTracker -mittausten yhteydessä saatujen tietojen perusteella pinnan korkeudeksi 0,43 m ennen jakaantumista (tulovirtaama $315 \text{ m}^3/\text{h}$ ja levy asennossa 4).

Hydraulinen säde R on tällöin:

$$R = \frac{0,43 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}}{(0,43+0,43+0,8)\text{m}} = \frac{0,344 \text{ m}^2}{1,66 \text{ m}} = 0,2072 \dots \text{m}$$

Energiaviivan kaltevuus S:

$$S = 0,0104 \text{ m/m}$$

Karkeuskerroin n :

$$n = 0,017$$

Sijoitetaan arvot kaavaan 4:

$$V = \frac{k}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,017} \cdot 0,2072^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0104^{\frac{1}{2}} = 2,1 \text{ m/s}$$

Vastaava nopeus FlowTrackerilla oli 0,2 m/s.

Lasketaan kaavalla 4 keskinopeus jakaantumisen jälkeen uudella puolella, kun veden syvyys oli 0,45 m (tulovirtaama 200 m³/h ja levyn asento 4):

$$n = 0,013$$

$$S = 0,00727 \text{ m/m}$$

$$R = 0,212 \text{ m}$$

$$V = \frac{k}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,212^{\frac{2}{3}} \cdot 0,00727^{\frac{1}{2}} = 2,3 \text{ m/s}$$

Vastaava nopeus FlowTrackerilla oli 0,046 m/s.

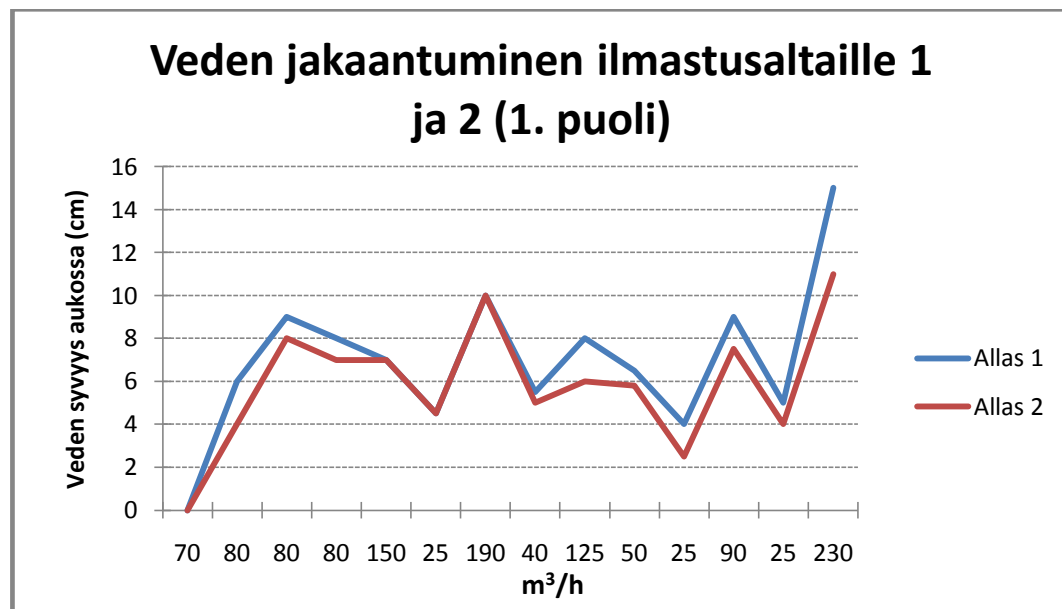
Manningin kaavalla saadut laskennalliset veden keskinopeudet kanavassa poikkeavat paljon pöytätennispallolla ja FlowTrackerilla saatuihin nopeuksiin. Manningin kaavalla laskettu keskinopeus on kuitenkin vain teoreettinen, eikä siinä oteta huomioon esimerkiksi lietepatjasta johtuvaa vastusta ja tulovirtaaman vaihteluita.

5.6 Veden jakaantuminen altaiden kesken

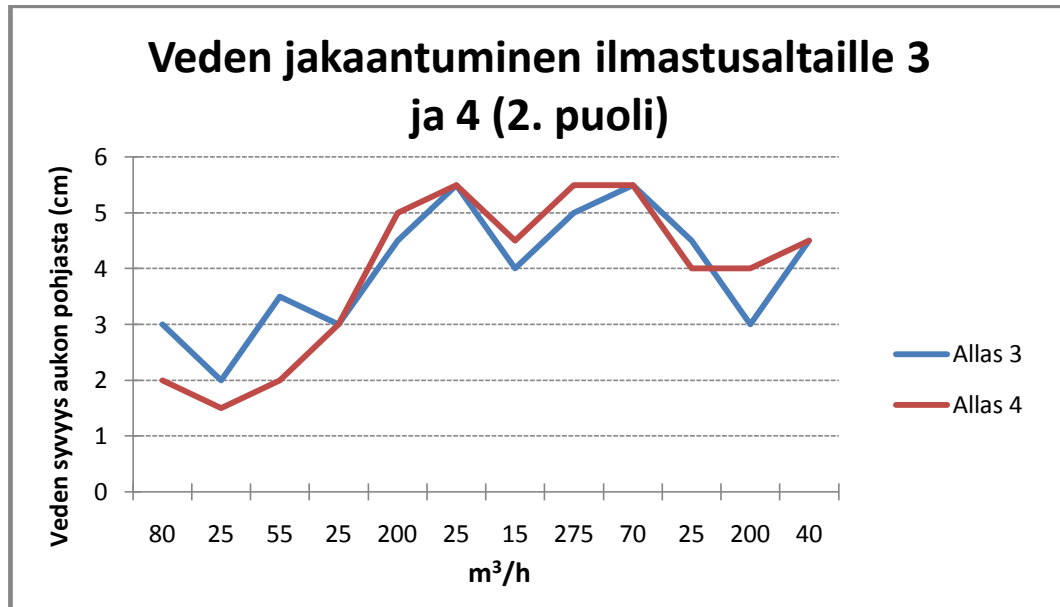
Veden jakaantumista tutkittiin puhdistamon eri puolien lisäksi myös allaskohtaisesti. Tutkimusmenetelmänä käytettiin veden syvyysmittauksia sauvan ja mittanauhan avulla.

Esiselkeytetty vesi kulkee ilmastusaltaiden välissä kanavassa uudella sekä vanhalla puolella. Kanavan seinässä on aukko kummallakin puolella, niin että vesi pääsee valumaan kanavasta ilmastusaltaan hapettomalle vyöhykkeelle. Kokeessa sauva upotettiin kyseisen aukon alareunaan asti, jotta aukosta valuvan veden syvyys saatiin selville. Mittaus tehtiin kahdella sauvalla eli samanaikaisesti ilmastusaltaiden 1 ja 2 aukoissa, ja samoin altaiden 3 ja 4 aukoissa. Näin kellon ajan perusteella katsottu tulovirtaama (valvomosta tulostettavasta tulovirtaaman trendistä) olisi mittauksilla sama vertailun helpottamiseksi.

Mittaustuloksista saatiin kuvaajat (kuvio 16 ja 17), joissa x-akselilla on tulovirtaama ja y-akselilla veden syvyys aukossa.



Kuvio 16: Veden jakaantuminen ilmastusaltaille 1 ja 2



Kuvio 17: Veden jakaantuminen ilmastusaltaille 3 ja 4

Kuviosta 16 näkee selvästi, että altaaseen 1 menee enemmän vettä lähes koko ajan. Veden syvyyksien keskiarvojen erotus on 19 %, eli tämän verran keskimäärin menee enemmän vettä altaaseen 1. Taulukosta 6 (s. 31) nähdään, että ilmastusaltalle 2 johtava aukko on puoli senttiä leveämpi kuin altaalle 1 johtava aukko. Tästä johtuen veden syvyys aukon päällä on hieman matalampi, joten todellinen ero näiden altaiden välillä ei ole 19 % vaan hieman vähemmän.

Mahdollisia syitä epätasaiselle jakaantumiselle on useita. Ensinnäkin vanha puoli on rakennettu 70-luvulla, jolloin jätevedenpuhdistukseen eivät päkeneet samat normit ja tarkkuus kuin nykyään. Myös rakennustekniikka on kehittynyt vuosien varrella. Vanhasta rakennuksesta saattaa siis löytyä rakenteellisia syitä veden epätasaiseen jakaantumiseen. Kanavassa saattaa olla lohkeamia ja epätasaisuuksia, jotka ohjaavat vettä enemmän ensimmäiseen altaaseen. Myös ohituskäytävän vettä varastoivalla ominaisuudella on vaikutus kanavan virtauksiin. Ohituskanavan pohjan epätasaisuudet ja kallistukset voivat osaltansa vaikuttaa siihen, että vesi virtaa nopeammin toista reunaan pitkin takaisin varaston perältä.

Kanavan pohjalle on lisäksi kerääntynyt lietepatja, jonka aiheuttama pohjan epätasaisuus voi vaikuttaa veden jakaantumiseen. Huomion arvoista on myös se, että kohta, jossa vesi jakaantuu uudelle ja vanhalle puolelle on lähellä kohtaa, jossa vesi valuu au-

koista ulos. Jakaantumiskohta voi aiheuttaa virtaukseen pyörteitä tai muuttaa jollakin tavalla veden kulkua altaan 1 aukkoa kohti. Kanavassa ei ilmennyt poikittaista kallistusta aukkojen kohdalla.

Kuviosta 17 ei nähdä samanlaista ilmiötä kuin kuviosta 16. Vesi ei jakaannu uudella puolella tasaisesti koko aikaa, mutta syvyyksien erot ovat pieniä. Syvyyksien keskiarvojen erotus oli vain 2 % altaan 3 puolelle. Voidaan siis todeta, että ilmastusaltaille 3 ja 4 menee keskimäärin yhtä paljon vettä. Uudella puolella veden tulo aukoista on muutenkin tasaisempaa, sillä vettä valuu aukoista lähes koko ajan. Vanhalla puolella vesi tulee pulseittain aukosta tulovirtaaman mukaan.

5.7 Eri menetelmillä saatujen tulosten vertailu

Nopeutta määritettiin kahdella tavalla, pöytätennispallolla sekä FlowTracker-virtaamamittalaitteella. Koska pöytätennispallokokeesta saatiin liian vähän mittatuloksia, vertaillaan tässä luvussa vain kokeesta saatuja nopeuksia. Nopeuden vertailua on esitetty taulukossa 8. Siihen on kerätty molemmilla menetelmillä saatuja niitä nopeuksia, joilla sattui olemaan mittaushetkellä sama tulovirtaus ja levyn asento. Taulukossa ”ennen jakaantumista” tarkoittaa FlowTracker -mittapisteitä 1 ja 2 ja pöytätennispallokokeen mittapistettä 1 → 2. ”Jakaantumisen jälkeen” käsittää FlowTracker -mittapisteen 5 ja pöytätennispallokokeen mittapistet 8 → 9 ja 8 → 10 (Liitteet 8 ja 10).

Taulukko 8: Pöytätennispallolla ja FlowTrackerilla saatujen nopeuksien vertailua

	Levy	Tulovirtaama (m ³ /h)	Nopeus (m/s)		
			Pöytätennispallo	FlowTracker	Ero
Ennen jakaantumista	4	300	0,15	0,20	0,06
	5	80	0,06	0,15	0,09
	6	50	0,08	0,09	0,00
Jakaantumisen jälkeen 2. puolella	4	300	0,04	0,07	0,03
	5	280	0,03	0,11	0,08
	6	80	0,03	0,13	0,10

Taulukosta 8 nähdään, että menetelmien erotus vaihtelee 0,0–0,1 m/s. Keskierotus on 0,06 m/s. Luku on melko suuri, sillä nopeudet kanavissa ovat suuruusluokkaa 0,0–0,41 m/s ja keskinopeus 0,1 m/s. Koska FlowTrackerin lasketut virtaamat vastasivat kuta-kuinkin tulovirtaamaa, oletetaan että FlowTrackerilla saadut nopeudet ovat luotettavampia kuin pöytätennispallolla. Pöytätennispallolla mitattuun nopeuteen liittyy myös huomattavasti enemmän virhetekijöitä kuin mittalaitteella mitattuun.

Huomataan myös, että tulovirtaaman vaikutus veden nopeuteen ei näy uudella puolella samalla tavalla kuin vanhalla puolella. Tähän vaikuttavat jo edellä mainitut seikat, eli suurempi varaston tilavuus uudella tuloksista puolella, jakaantumiskohdan ja yhdysputken sekä seinän aiheuttamat vaikutukset veden virtausnopeuteen.

5.8 Virhearviointi

Veden jakaantumisen tutkimisessa oli mukana paljon virhettä aiheuttavia tekijöitä. Ehdoittomasti suurin näistä oli epätasainen tulovirtaama laitokselle. Tulovirtaaman määrittäminen tapahtui kellonajan mukaan valvomosta tulostettavasta trendikuvaajasta (Liite 9). Kellonaika otettiin siitä hetkestä kun pöytätennispallo laskettiin veteen tai FlowTracker-mittaus aloitettiin. Kellonaika otettiin ylös vain minuutin tarkkuudella. Jos esimerkiksi minuutti oli juuri vaihtumassa, olisi todellinen aika ollut 10.15 eikä 10.14. Minuutin virhe kellonajassa saattoi muuttaa tulovirtaamaa jopa 200–300 m³/h todellisesta. Tästä syystä on aiheutunut esimerkiksi tuloksista nähty pinnan syvyyden epälooginen suhde tulovirtaamaan. Myös arvioitu 25 % virhemarginaali FlowTracker -mittauksille johtuu suurimmaksi osaksi tästä.

Koska tulovirtaamamittaus tapahtuu hiekanerotuksen jälkeen, ennen esiselkeytysaltaita, ei tulovirtaamassa näy esiselkeytysaltaiden raakalietepumppauksen aiheuttamaa virtaaman vaihtelua. Lietepumput käyvät aikaohjauksella, ja kun veden pinta hieman laskee pumpun käynnistyessä, kouruista ei välttämättä valu ilmastusaltaille vievään kanavaan vettä. Tämä aiheuttaa sen, että kanavassa ei välttämättä ole sillä hetkellä tulovirtaaman osoittamaa virtaamaa. Työn suorittaminen olisi mennyt liian monimutkaiseksi, jos pumppujen käyntiaikojen vaikutus kanavan virtaamaan ennen jakaantumista olisi otettu huomioon.

Pöytätennispallokokeessa virhettä aiheutti myös kevyen pöytätennispallon kulku virtauksen pinnalla. Jakaantumiskohta, pohjan epätasaisuudet ja pinnanmuodon vaihtelut, vastaan tuleva seinä, ohituskäytävän ”vesivarastosta” johtuvat liikkeet ja pinnankorkeuden muutokset aiheuttavat veden pintaan pyörteitä ja ristivirtauksia. Koetta tehdessä huomattiin, että pallo juuttui usein jakaantumiskohdan aiheuttamaan pyörteeseen, tai jakaantumiskohdan yli päästyään ajautui varastoon ja jäi ristivirtaukseen paikoilleen. Vaikka arvioitu todellinen nopeus onkin laskettu olevan 60 % mitatusta, todelliseen nopeuteen vaikuttaa kanavan pohjan ja seinämien aiheuttaman kitkan lisäksi myös edellä mainitut seikat.

Mittauskokeisiin liittyvät virheet, kuten matkan määrittämisessä, veden syvyyden mittaamisessa, ajanotossa ja pallon laskutavassa tapahtuneet virheet on otettava huomioon. Myös tulovirtaaman määrittämisessä ja laskuissa on voinut sattua inhimillinen erehdys, kun käsiteltävä tietokanta on suuri.

FlowTracker -mittauksissa laite laski virheen jokaiselle mittaukselle. Keskiarvo nopeuden virheelle σ_v oli 0,004. Nopeuteen vaikuttavia muita virhetekijöitä edellä mainittujen lisäksi voi mainita mittalaitteen käytöstä johtuvat tekijät. Koska laite oli uusi käyttäjälleen, on mahdollista, että sen toimintaperiaatetta ei ole täysin ymmärretty, tai että jokin tulokseen vaikuttava tekijä on jäänyt huomioimatta. Kokonaisvirheeksi FlowTrackerin tuloksille saatiin ± 25 % (kuvio 12).

6 Palautuslietteen hydrauliikka ja jakaantuminen ilmastusaltaille

Palautusliete pumpataan mammut -pumpuilla jälkiselkeytysaltaista avokanavaan ja siitä kahteen ilmastusaltaaseen sekä vanhalla että uudella puolella. Pumput pumppaavat koko ajan samalla teholla, eikä tehoa voi säätää taajuusmuuttajalla. Osa palautuslietteestä pumpataan aikaohjatulla pumpulla tiivistämölle. Pumppu lähtee käyntiin, kun laitokselle on tullut vähintään 50 m³/h jätevettä. Näin yritetään päästä mahdollisimman lähelle palautuslietteelle laskettua optimi-kierrätysuhdetta 100–160 % kylmänä kautena (lämpötila alle 12 °C) ja 150–200 % lämpimänä kautena (lämpötila yli 12 °C). Lämpimänä kautena palautuslietettä pumpataan pois enemmän kuin kylmänä kautena, niin että lieteikä pysyisi sopivana. (Liite 12)

Palautuslietekanavissa on suorita kulmia käännoksissä (kuvio 18). Myös virtausnopeus on suuri, jotta selkeytymistä ei tapahtuisi. Lisäksi jakaantuminen kahden altaan välillä ei ole tasainen. Nämä seikat vaikuttavat siihen, että kiintoainepitoisuus virtauksessa ei välttämättä pysy tasaisena sen päätyessä ilmastusaltaille.



Kuvio 18: Palautuslietekanava uudella puolella (identtinen vanhalla puolella) (Kuva: Rosa Kritz)

Altaaseen 3 ja altaaseen 1 tulee silmämääräisesti arvioiden enemmän palautuslietettä, koska vesimassa pyrkii jatkamaan suoraan Newtonin ensimmäisen lain mukaan (kuvio 19). Altaaseen 4 ja altaaseen 2 tulee näin ollen vähemmän palautuslietettä. Jotta selviäisi tuleeko kiintoainetta kaikkiin altaaseen yhtä paljon, tehtiin kiintoainemäärittäviä palautuslietteestä eri pisteistä ja aktiivilietteestä vertailun vuoksi.



Kuvio 19: Palautuslietteen jakaantuminen altaisiin 3 (oik.) ja 4 (vas.) uudella puolella
(Kuva: Rosa Kritz)

6.1 Kiintoainepitoisuuksien määrittäminen

6.1.1 Näytteenotto

Näytteitä otettiin kahtena peräkkäisenä päivänä, 9.2. ja 10.2. samoista pisteistä. Näyte kerättiin vanhalla ja uudella puolella palautuslietekanavan alkupäästä ja loppupäästä kumpaankin altaaseen vievän aukon kohdalta. Lisäksi otettiin näyte ilmastusaltaasta 1 ja ilmastusaltaasta 3. Mittauspisteistä on kartta liitteenä (Liite 13).

6.1.2 Määrittymenetelmä

Kiintoainemääritys MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids) tehtiin SFS-EN 872 standardia mukaillen. Uunin sijaan käytössä oli Precisa XM-60 merkinen kosteusanalysointilaite, jonka kuivausteho perustuu infrapunasäteilyyn. Laite ilmoittaa näytteen kosteusprosentin ja loppumassan, sillä se sisältää vaa'an itsessään.

Määrittäessä käytettiin standardin mukaan imupulloa, suppiloa ja lasikuitusuodatinpaperia (GF/A). Standardin mukaan lasikuitusuodatinpaperi olisi pitänyt ensin huuhdella tislattulla vedellä ja kuivata uunissa tunnin ajan. Tämä vaihe jätettiin pois, sillä määritettävät pitoisuudet olivat niin suuria, että suodatinpaperin mahdolliset epäpuhtaudet eivät olisi vaikuttaneet tulokseen merkittävästi.

Ensin suodatinpaperi asetettiin kosteusanalysointilaitteen vaa'alle ja taarattiin. Imusuodatuslaitteet asetettiin paikoilleen ja imu käynnistettiin. Suodatinpaperi asetettiin suodattimen päälle ja 5 ml hyvin ravisteltua näytettä kaadettiin paperille. Imusuodatuksen jälkeen suodatinpaperi ja siihen jäänyt kiintoaine siirrettiin takaisin kosteusanalysointilaiteeseen, ja kuivaus käynnistettiin. Kuivaus tapahtui standardin mukaisesti 105°C:ssa. Kun kosteus oli poistettu näytteestä, laite ilmoitti tähän kuluneen ajan, näytteen kosteusprosentin ja loppupainon.

Kiintoainepitoisuus MLSS laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$\text{MLSS} = \frac{a}{b} \quad (5)$$

jossa

a = näytteen loppupaino, mg

b = näytteen tilavuus, l

6.1.3 Tulokset

Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 9: Kiintoainemäärityksen tulokset

	Mittaus- piste	9.2.2011			10.2.2011		
		Loppupai- no (mg)	Näytetila- vuus (l)	MLSS (mg/l)	Loppupai- no (mg)	Näytetila- vuus (l)	MLSS (mg/l)
1. puoli	1	10	0,005	2000	18	0,005	3600
	2	74	0,005	14800	30	0,005	6000
	3	23	0,005	4600	13	0,005	2600
	Ilmas- tusallas 1	23	0,005	4600	12	0,005	2400
2. puoli	1	37	0,005	7400	29	0,005	5800
	2	1156	0,005	231200	36	0,005	7200
	3	39	0,005	7800	40	0,005	8000
	Ilmas- tusallas 3	124	0,005	24800	24	0,005	4800

Tulosten luotettavuus kärsi, kun muutamasta näytteestä saatiin ensimmäisellä määrittyskerralla mahdoton negatiivinen massa, vaikka kiintoainetta selvästi oli paperilla. Epätodennäköiset tulokset ovat lihavoituna taulukossa 9.

Vaikka kiintoainemäärityksen tuloksissa on epätarkkuutta, voidaan kuitenkin nähdä, että kiintoainepitoisuus on kaikissa tapauksissa suurempi näytteenottopisteessä 2 kuin pisteessä 3 (poikkeuksena on 10.2. otetut näytteet vanhalta puolelta). Tämä tukee silmämääräistä havaintoa, jonka mukaan palautuslietettä näyttäisi virtaavan enemmän kohti näytteenottopistettä 2, eli ilmastusaltaille 1 ja 3 (kuvio 19).

Kiintoainemäärityksessä saatujen epäloogisten tulosten syiksi voidaan epäillä kosteusanalyysointilaitteen vaa'asta aiheutuvia tekijöitä. Ensinnäkin, kun määritetään pieniä pitoisuuksia (alle gramman) on vaa'an oltava hyvin tarkka ja ulkoiset häiriötekijät poistettava. Koska laite oli tavallisen työpöydän päällä, on herkkään vaakaa voinut vaikuttaa kaikki pöydän lähellä tapahtunut liike. Parempia tuloksia olisi luultavasti saatu, jos laite olisi sijainnut kunnollisella kivipöydällä ja suljetussa tilassa. Laite oli käyttäjälleen uusi. Uuden laitteen käyttöön voi liittyä väärinymmärryksen tai tietämättömyyden riski.

7 Happiolosuhteet ilmastusaltaissa

7.1 Tausta ja tavoitteet

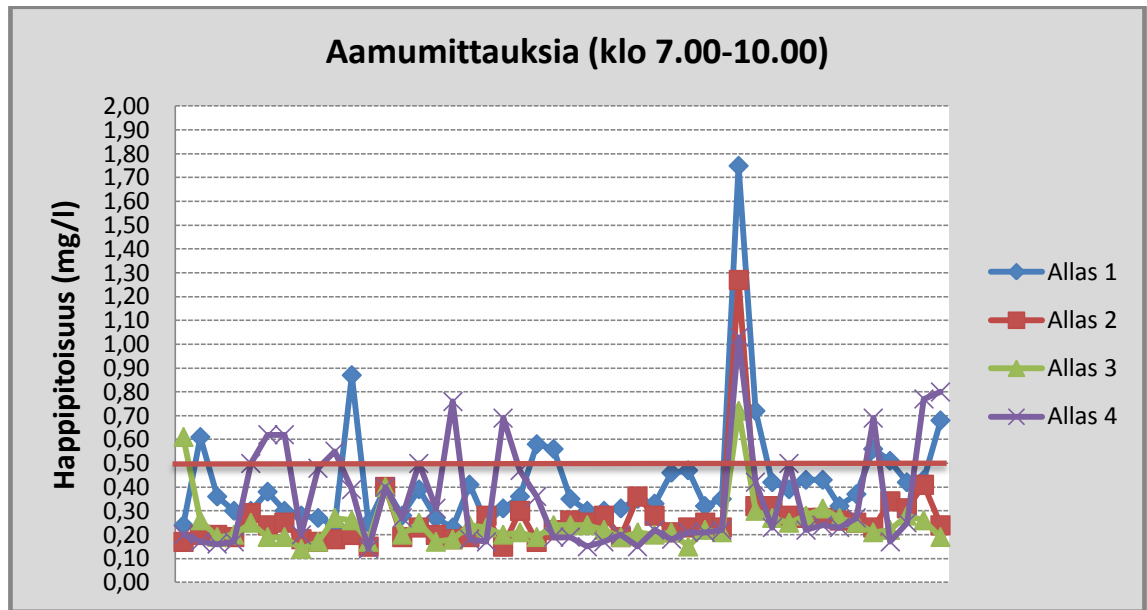
Aktiivilieteprosessissa happea tarvitaan orgaanisen aineen hapettamiseen ja näin ollen uuden solumassan tuottamiseen. Happea kuluu myös, kun vanha biomassa hajoaa ja kun ammoniumtyppi hajoaa nitraatti-muotoon. Kun prosessin lämpötila on suurimmillaan kesäaikana, ilmaa tarvitaan eniten, koska happi liukenee huonoiten lämpimään veteen. Lämpimään aikaan nitrifikaatio toimii parhaiten. Tämä lisää myös hapentarvetta. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 10)

Puhdistamolla on käytössä lautasilmastimet, jotka ovat tyypiltään pohjailmastimia. Niiden toimintaperiaatteena on altaan pohjalla sijaitsevien lautasten läpi johdettu ilma, joka tulee lautasissa olevista pienistä rei'istä kuplina pohjalta ylöspäin. Pienissä kuplissa oleva happi liukenee veteen matkallaan ylös. (Kettunen 2008, biologiset yksikköprosessit, 10)

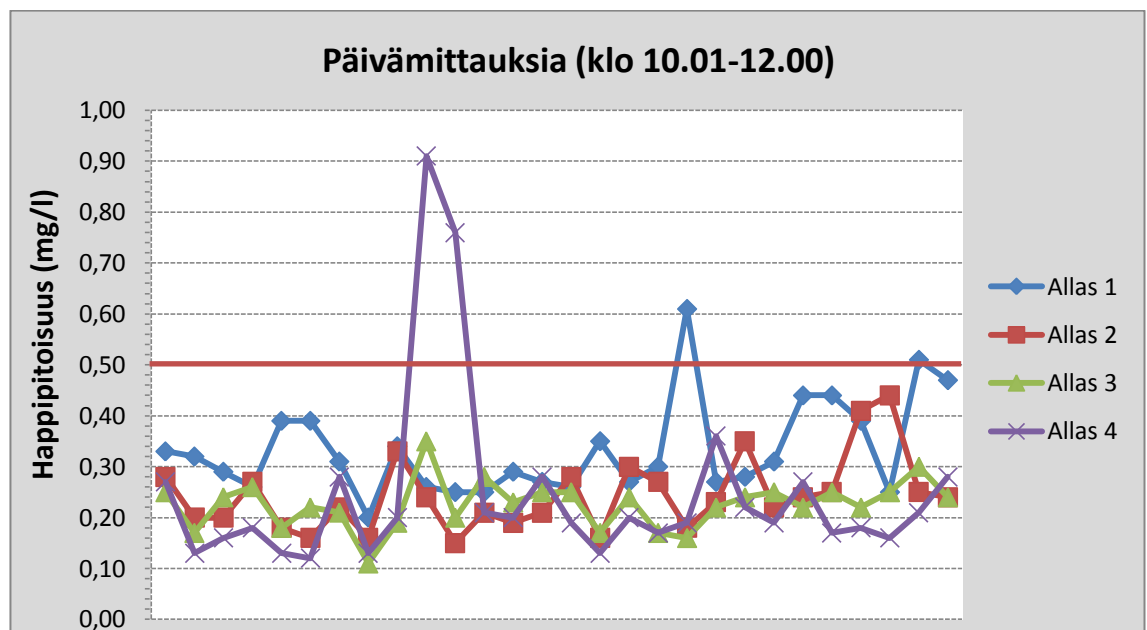
Neljään ilmastusaltaaseen ilma on tuotettu 17.11.2010 alkaen yhdellä kompressorilla (30KO010), jonka maksimituotto on 2376 m³/h. Tätä ennen ilmansyöttö ilmastimille oli eriytetty uudella ja vanhalla puolella, jolloin vanhalla puolella oli käynnissä kompressori 30KO011 (maksimituotto 1860 m³/h) ja uudella puolella kompressori 30KO217 (maksimituotto 2000 m³/h). Ilmastuksen säätö tapahtuu altaiden loppupäässä (kauimpana hapettomasta vyöhykkeestä) sijaitsevien happimittareiden perusteella. Happipitoisuus on säädetty vanhalla puolella 3,5 mg/l ja uudella puolella 4,0 mg/l. Paine putkistoon on asetettu 0,38 bar:iin. Automaation logiikka säättää ilmastusputkien venttiilejä kiinni ja auki ilmastustarpeen mukaan. Ilmastuksen säädön automatisointi otettiin käyttöön 28.10.2010. Tätä ennen kompressorien tehoa säädettiin vain taajuusmuuttajilla tarpeen mukaan.

Ongelmana ilmastuksen säädössä on se, että happitilanne ei pysy tasaisena kaikissa altaissa vuorokauden ympäri eikä varsinkaan erikoistilanteissa, kuten rankkasateilla ja keväällä sulamisvesien aikaan. Myös vuorokaudenvaihtelut näkyvät happitilanteessa myös. Yöllä ja vielä aikaisin aamulla tulokuorma ja näin ollen myös happea kuluttavien aineiden määrä on pienimmillään. Silloin happipitoisuus altaissa kasvaa (kuvio 20). Kun

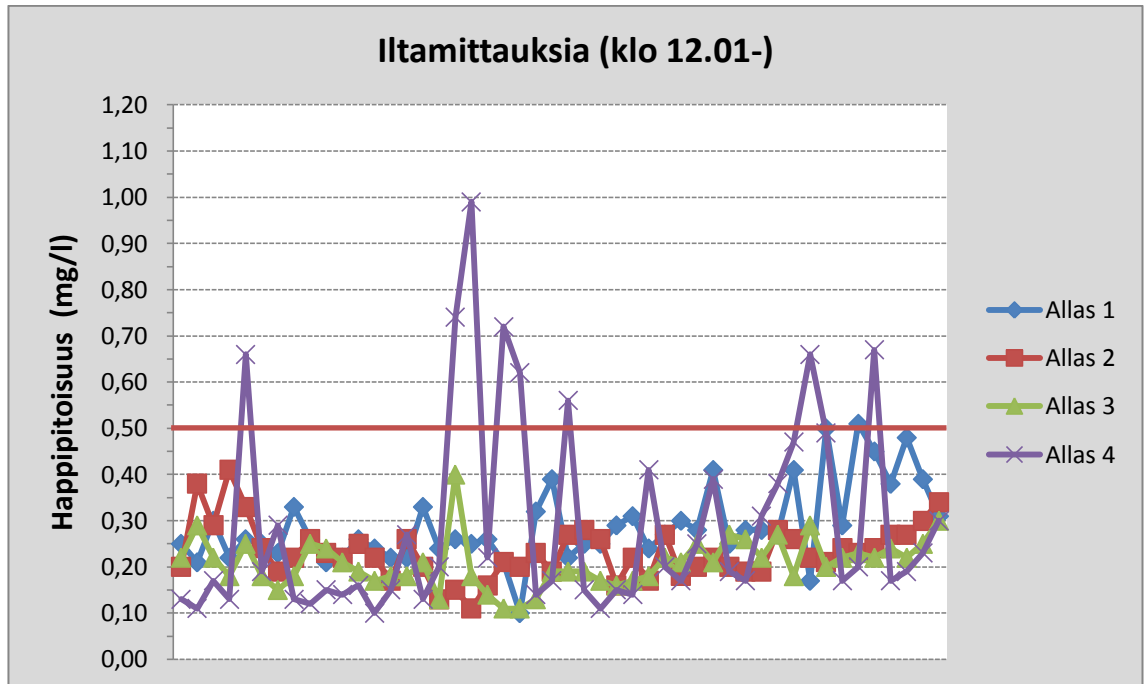
tulokuorma lisääntyy päivän mittaan, happitilanne tasoittuu. Hapettoman osan vuorokaudenvaihtelut on esitetty kuviossa 20, 21 ja 22.



Kuvio 20: Hapettoman vyöhykkeen happimittauksia aamulla



Kuvio 21: Hapettoman vyöhykkeen happimittauksia päivällä



Kuvio 22: Hapettoman vyöhykkeen happimittauksia illalla

Happitilanteen epätasaisuus johtuu osaksi venttiilien minimiaukeamien rajoituksista. Esimerkiksi yöllä, kun ilmansyötön tarve on pienimmillään, venttiilin pitäisi olla lähes kiinni. Koska venttiilin minimiaukeama on esimerkiksi vanhalla puolella 24,5 %, pääsee ilmaa prosessiin enemmän kuin tarve vaatii. Minimiaukeama on turvallisuussyistä asetettu lähelle 20 %. Myös ilmastusaltaiden 1 ja 2 sekä ilmastusaltaiden 3 ja 4 keskinäisten happitilanteiden tasapainottaminen on vaikeaa, kun allaspari käyttää samaa ilmaputkea. Kun toisessa altaassa venttiili on minimiasennossaan, tulee ilmaa viereiselle altaalle enemmän kuin mitä venttiili asento määrää, koska putken paine pysyy kuitenkin samana.

Työn tavoitteena oli kartoittaa ilmastusaltaiden happitilannetta happimittauksin ja kompressorien tuottoa tutkien. Tavoitteena oli myös eritellä tilanne, jossa happitilanne on huono ja etsiä syitä tälle.

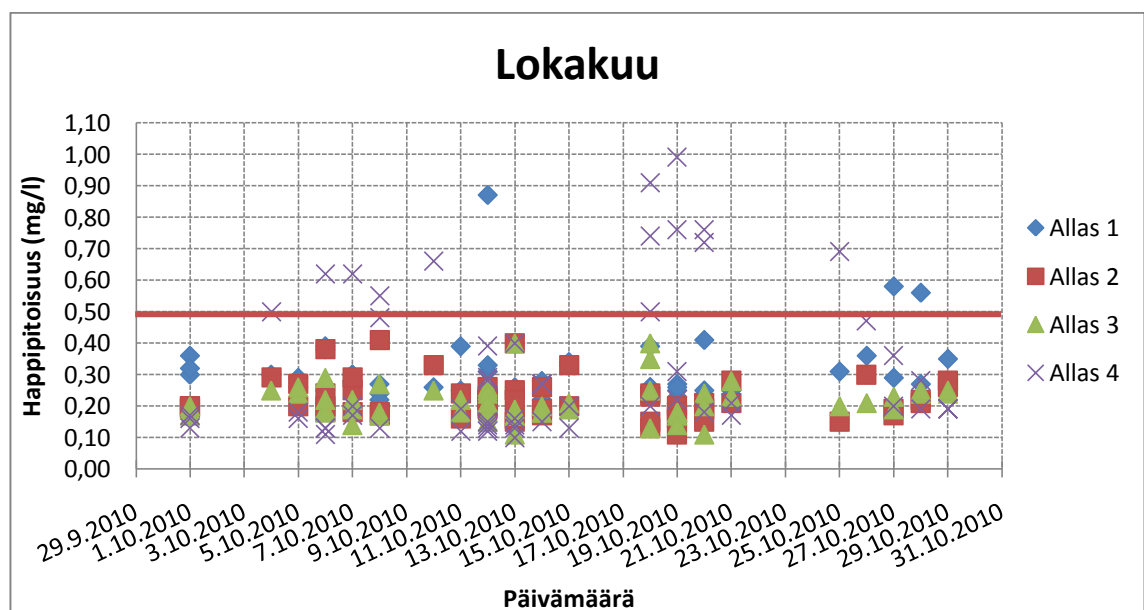
7.2 Happimittaukset

Anoksiselta vyöhykkeeltä ei saada happitilannetietoja muuten kuin käsimittarilla mittaamalla. Happimittalaitteena oli käytössä HQ 30d flexi L00101. Se on perinteinen kenttämittari, jossa elektrodi lasketaan nesteeseen ja näytölle ilmestyy nesteeseen liuenneen hapen pitoisuus milligrammaa litrassa.

Aerobisen vyöhykkeen happimittaus tapahtuu kahdella liuenneen hapen mittarilla per allas. Happimittauslaitteisto koostuu tukivarresta ja kellukepallosta, jonka sisällä on lähetin ja mittasolu. Mittasolu lähettää tuloksen lähettimelle, joka muuttaa sen milliampeeriviestiksi.

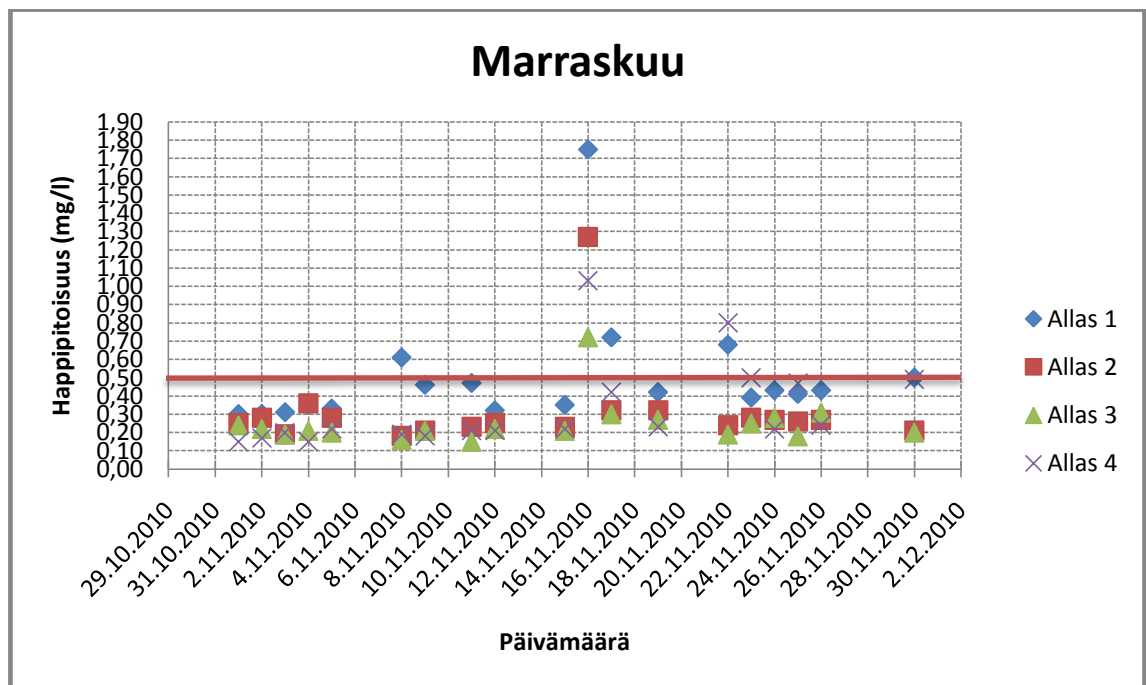
7.2.1 Hapettoman osan happitilanne

Kuten aiemmin todettu, hapettoman osan happipitoisuus pitäisi pysytellä alle 0,50 mg/l, jotta denitrifikaatio toimisi kunnolla. Hapettoman osan happitilanteen kartoittamiseksi tehtiin mittauksia aamuisin, päivisin ja iltapäivisin syyskuun 2010 lopusta alkaen. Mukaan saatiin myös erikoistilanteita, sekä siirtyminen lämpimästä kaudesta kylmään kauteen. Liitteessä 14 on esitetty pistekaaviona kaikki mittaukset ajalla 28.9.2010–16.11.2010. Kuvioissa 23–25 on eritelty happimittaukset kuukausittain.



Kuvio 23: Lokakuun happimittaukset hapettomalta vyöhykkeeltä

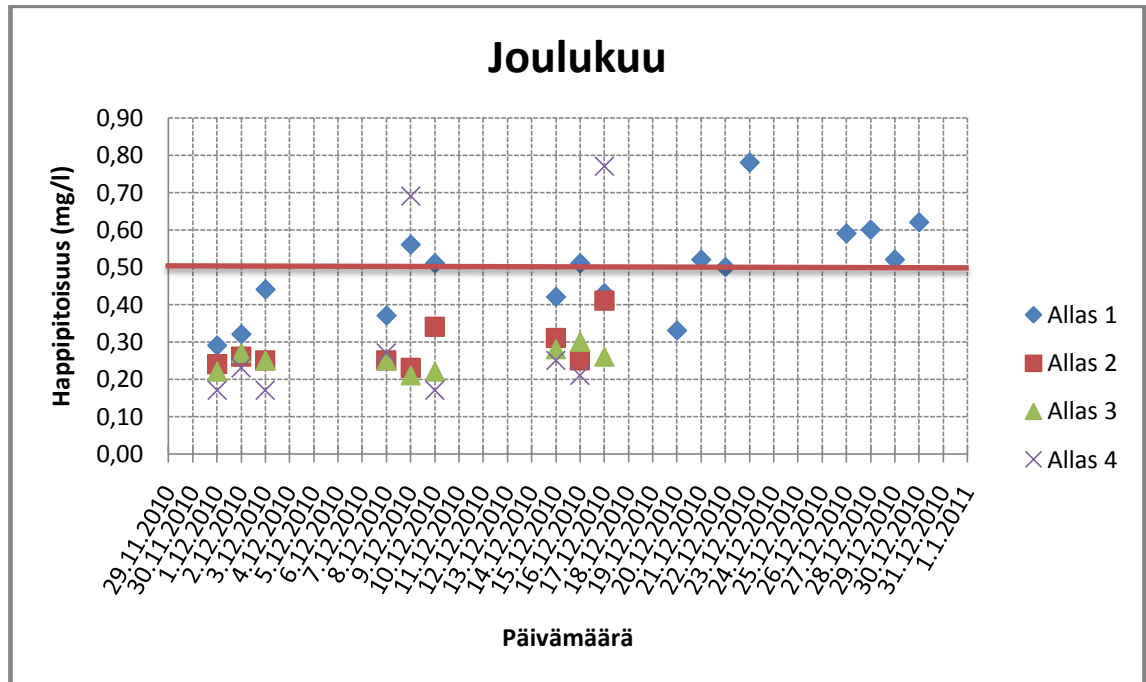
Kuviosta 23 nähdään, että lokakuussa ilmastusaltaassa 4 on ollut eniten raja-arvon ylityksiä. Happipitoisuudet ovat vaihdelleet ääri-laidasta toiseen; pitoisuudet ovat olleet usein joko hyvin korkeita tai matalia. Myös altaalle 1 on tullut jonkin verran ylityksiä. Muiden altaiden osalta happitilanne on pysynyt hyvänä. 12.–14. päivinä satoi vettä, mutta ei niin paljon, että se olisi vaikuttanut happitilanteeseen. Keskihappipitoisuus (kaikki altaat) oli 0,26 mg/l.



Kuvio 24: Marraskuun happimittaukset hapettomalta vyöhykkeeltä

Marraskuussa (kuvio 24) ilmastusaltaalla neljä ei ole tapahtunut yhtä paljon ylityksiä kuin lokakuussa, mutta altaalla 1 on tapahtunut ylityksiä enemmän edelliskuukauteen verrattuna. Muilla altailla happitilanne on pysynyt hyvänä lukuun ottamatta 16.11. päivän mittauksia, jolloin oli ollut runsasta vesisadetta edellis yönä. Myös 4.11. satoi aamu-yöstä aamuun asti, mutta tämä ei näy happitilanteessa. Keskihappipitoisuus oli 0,29 mg/l. Marraskuun alussa prosessin lämpötila laski alle 12 °C.

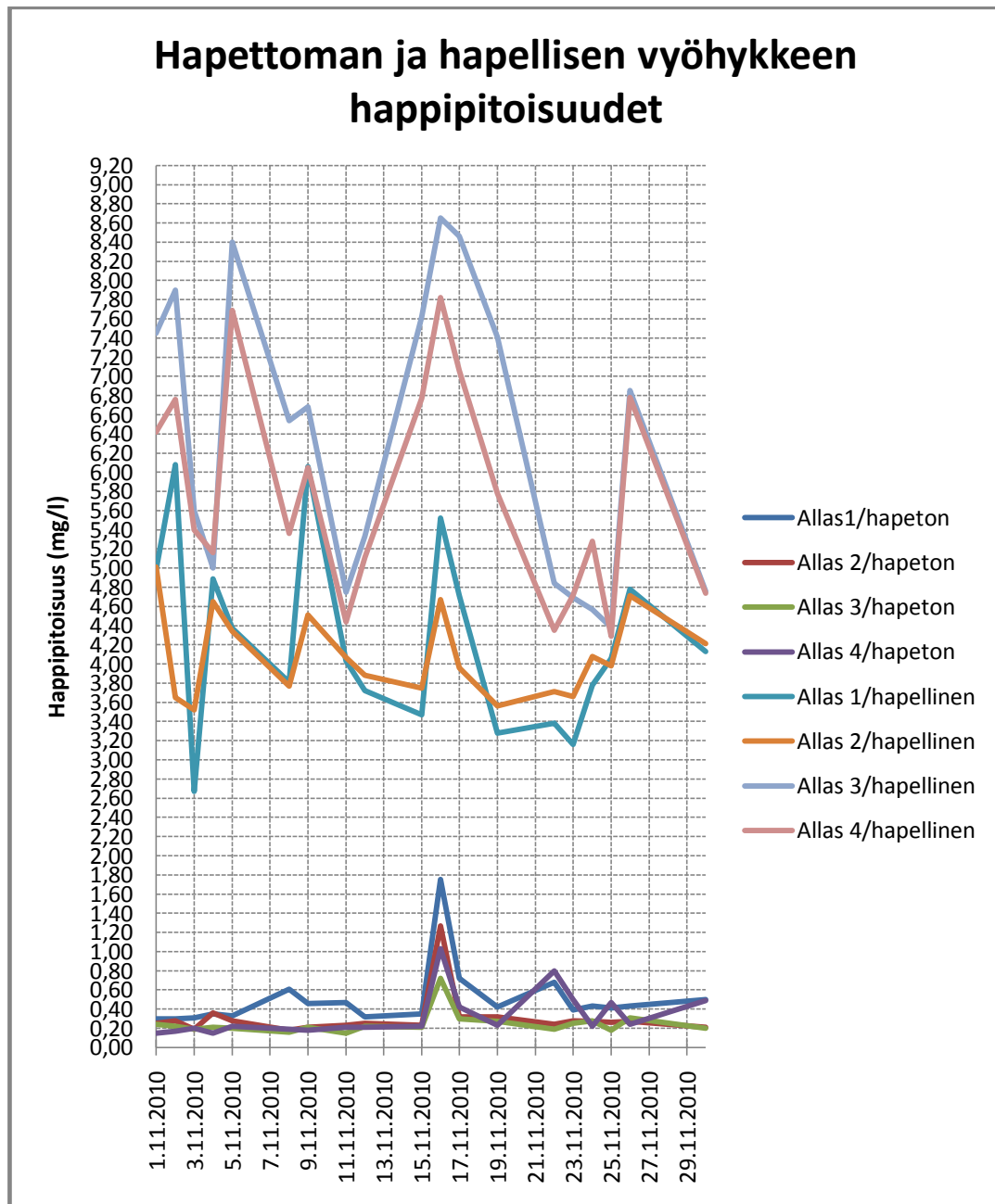
Joulukuussa (kuvio 25) happitilanne pysyi melko tasaisena. Syysateita ei enää esiintynyt, vaan oli enimmäkseen pakkasta ja selkeää. Altaalle 1 ja 4 on tullut muutama ylitys. Keskihappipitoisuus oli 0,32 mg/l.



Kuvio 25: Joulukuun happimittaukset hapettomalta vyöhykkeeltä

7.2.2 Hapellisen osan happitilanne

Hapellisen osion ja hapettoman osion vertailun vuoksi valittiin valvomosta marraskuun hapellisen osion happipitoisuudet. Valvomolta sai jokaiselle tunnille ilmoitetun keskiarvon, joten valittiin ne happipitoisuudet, jotka vastasivat kellonajaltaan hapettoman vyöhykkeen happimittauksia. Pitoisuudet lisättiin pisteinä marraskuun hapettoman osion pistekaavioon (kuvio 26):



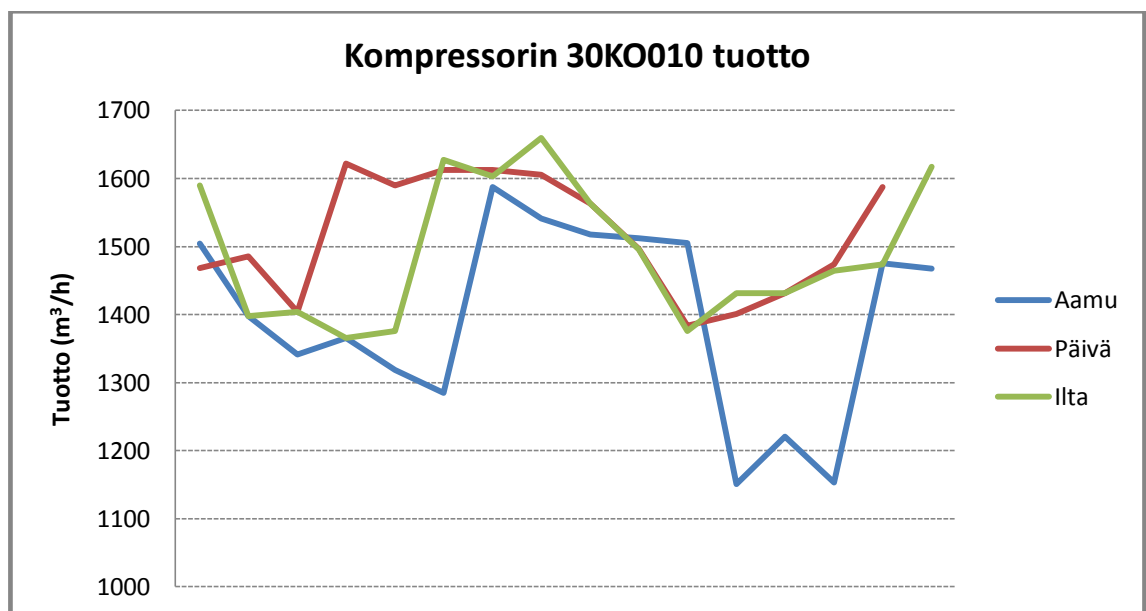
Kuvio 26: Hapellisen ja hapettoman vyöhykkeen happipitoisuudet

Kuviosta 26 nähdään, että sadepäivänä 16.11. myös hapellisen puolen happipitoisuudet nousivat reilusti yli asetettujen arvojen. Sadepäivä 4.11. näkyy piikkinä hapellisella vyöhykkeellä, toisin kuin hapettomalla. Näyttäisi siltä, että hapettoman vyöhykkeen kuvaajat toistuvat hapellisen vyöhykkeen kuvaajissa, mutta korostetummin. Kaaviosta nähdään myös, että uudella puolella happipitoisuus on marraskuussa ollut korkeampi kuin vanhalla puolella.

7.3 Ilmantuotto

Kompressorien tehoa, kierrosnopeuksia sekä jakaantumiskohdan levynasentoja on otettu ylös vuoden 2010 syksystä lähtien työpäivinä aamuisin, päivisin ja iltaisin. Kompressorien tuottama ilmamäärä m^3/h laskettiin verrannolla, kun tiedettiin kompressorien maksimituotto ja Suomen sähköverkon teho (50 Hz).

Tässä työssä keskityttiin vain kompressorin 30KO010 tuottoon (kuvio 27). Samaan aikaan 30KO010 -kompressorin kanssa käyvät maksimiteholla mammut -pumppujen tarvitsemat kompressorit 30KO012 (maksimituotto $1080 \text{ m}^3/\text{h}$) ja 30KO013 (maksimituotto $468 \text{ m}^3/\text{h}$). Aamulla tarkoitetaan tässä klo 7.00–10.00, päivällä klo 10.01–13.00 ja illalla klo 13.00 eteenpäin.



Kuvio 27: Kompressorin tuotto

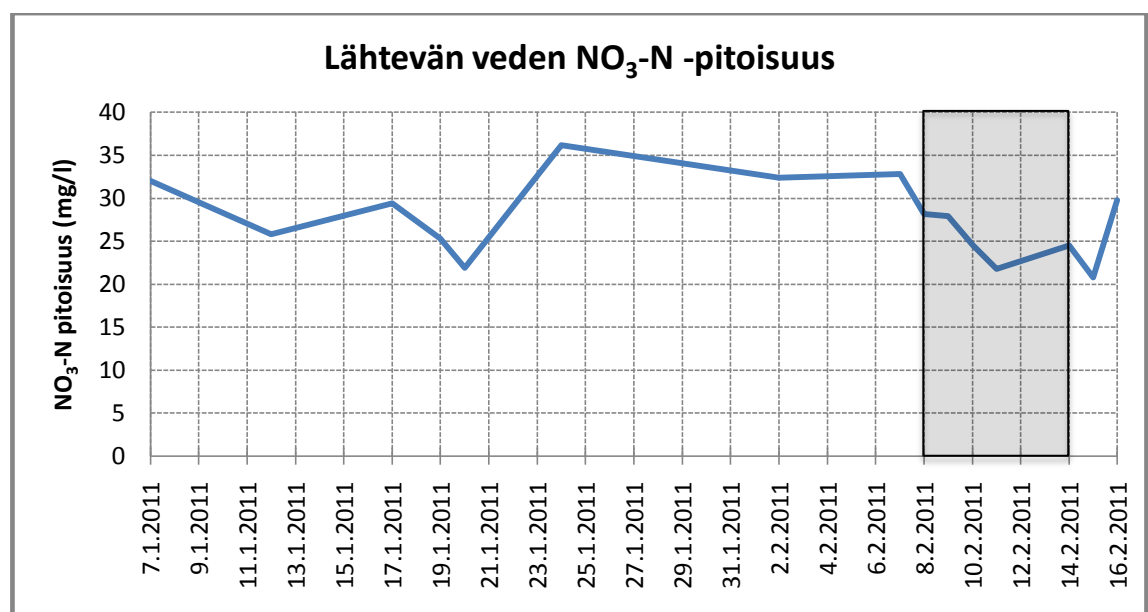
Kuviosta 27 nähdään, että tuotto on pienimmillään aamulla, kun tulokuorma on pienempi. Päivän ja illan tuotto ovat melko samaa luokkaa, mutta päivän tuotto on hieman suurempi. Tämä selittyy samoilla syillä kuin happitilanteetkin. Päivällä noin klo 13.00 kuorma on suurimmillaan.

7.4 Sisäinen lietteenkierto

Vanhan puolen ilmastusaltailla on käytössä sisäinen lietteenkierto. Pumpulla nostetaan nitraattipitoista aktiivilietettä altaan loppupäästä altaan alkupäähän, hapettomalle vyöhykkeelle. Uudelle puolelle ei ole vastaavaa kiertoa järjestetty, koska sitä ei ole nähty tarpeelliseksi.

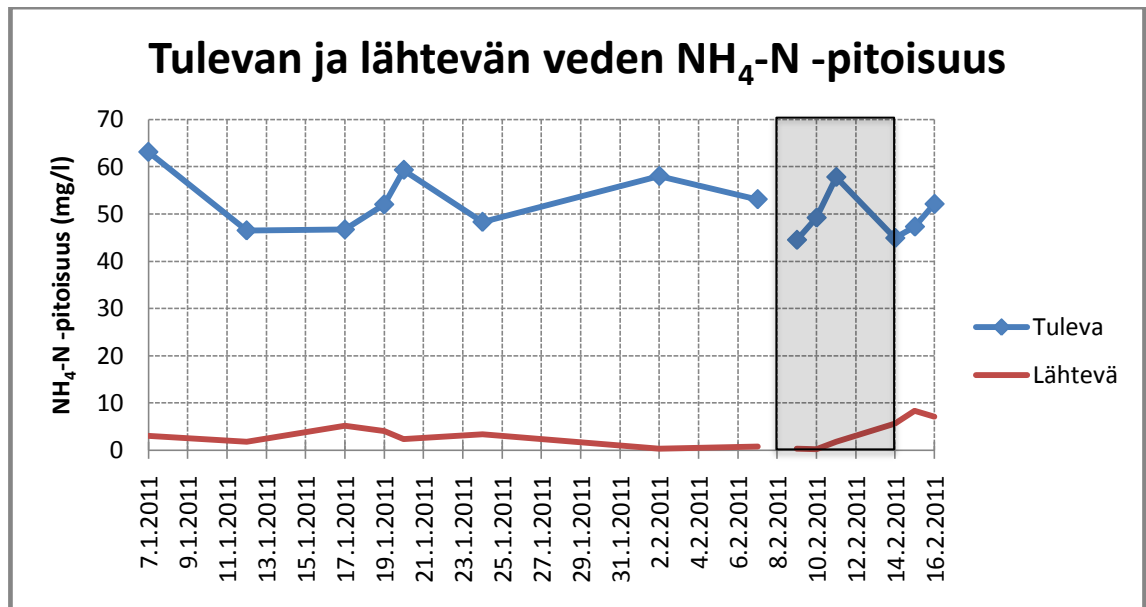
Pumput toimivat jatkuvasti ja tehoa voidaan muuttaa taajuusmuuntajilla. Tällä hetkellä taajuusmuuttajat on asetettu lukemiin 37,5 Hz (altaalle 1) ja 38 Hz (altaalle 2). Lietettä kierrätetään noin 30 m³/h. Koska sisäinen kierto tuo happea hapettomaan osaan, eikä se ole käytössä myöskään uudella puolella, tehtiin viikon mittainen koe, jossa sisäinen kierto otettiin pois käytöstä. Tavoitteena oli tutkia, onko sisäisestä kierrosta mitään hyötyä aktiivilieteprosessille.

Sisäinen kierto otettiin pois päältä 7.2.2011 klo 15.25 ja laitettiin takaisin päälle viikon päästä 14.2.2011. Tämä aikaväli on kaavioissa osoitettu harmaalla tarkastelulataatikolla. Viikon aikana mitattiin aamuisin, päivisin ja iltaisin hapettoman osion happipitoisuudet (kuviot 30–32), sekä tehtiin nitraattitypen ja ammoniumtypen määrittely lähtevästä vedestä päivittäin (kuviot 28 ja 29).



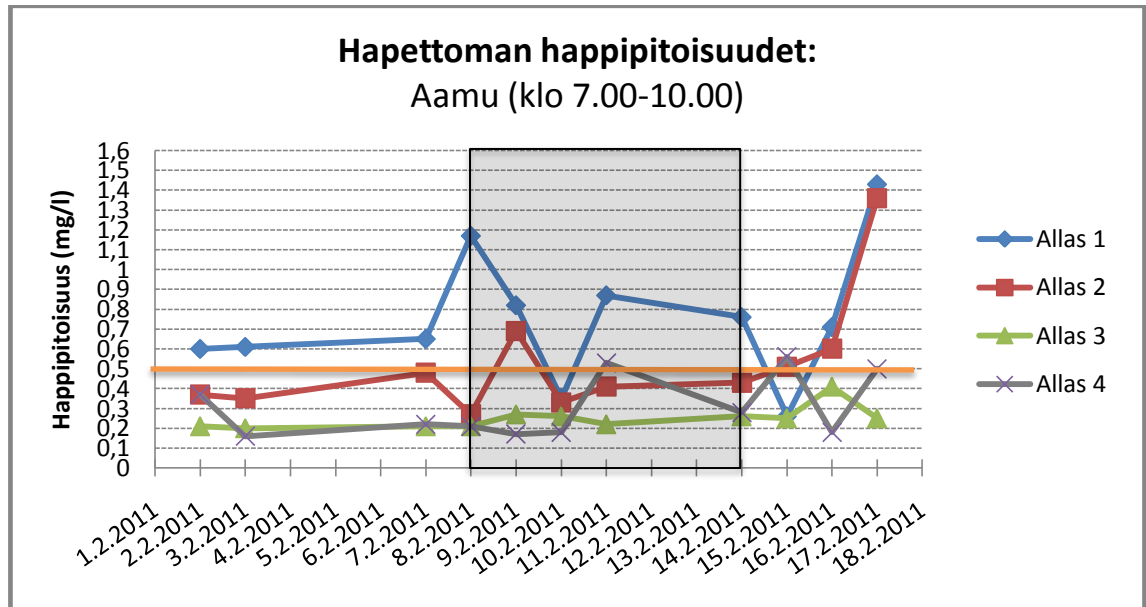
Kuvio 28: Lähtevän veden nitraattityppipitoisuus

Kuvion 28 mukaan on nähtävissä, että nitraattityyppipitoisuus laskee testipäivinä. Lasku ei välttämättä yksinään ole seurausta sisäisen kierron pois jättämisestä, sillä nitraattipitoisuudenvaihtelu riippuu muistakin tekijöistä. Ainakaan mitään suurta havaittavaa muutosta ei ole tapahtunut nitraattipitoisuuden suhteen.



Kuvio 29: Tulevan ja lähtevän veden ammoniumtyyppipitoisuus

Ammoniumtyyppipitoisuuksia esitetään kuviossa 29. Testipäivinä ammoniumtyypen pitoisuuksissa ei ole tapahtunut merkittävää muutosta. Vaikka lähtevän veden ammoniumtyyppipitoisuus näyttäisi hieman nousevan testipäivien aikana, on otettava huomioon, että myös tulevan veden ammoniumtyyppipitoisuudessa on havaittavissa vastaavaa nousua.

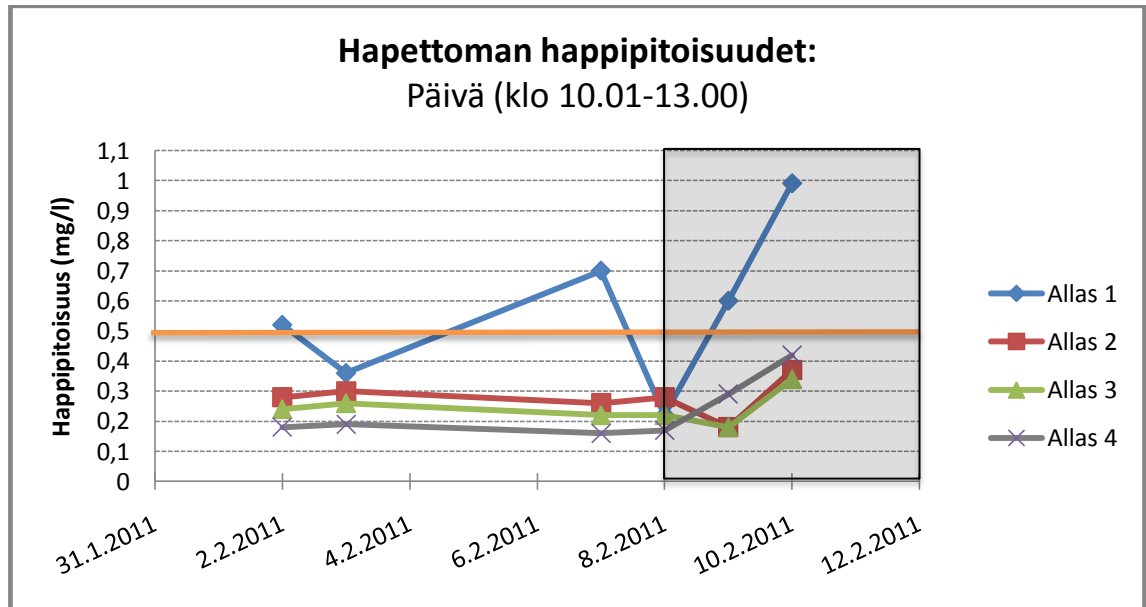


Kuvio 30: Hapettoman vyöhykkeen happipitoisuuksia aamulla

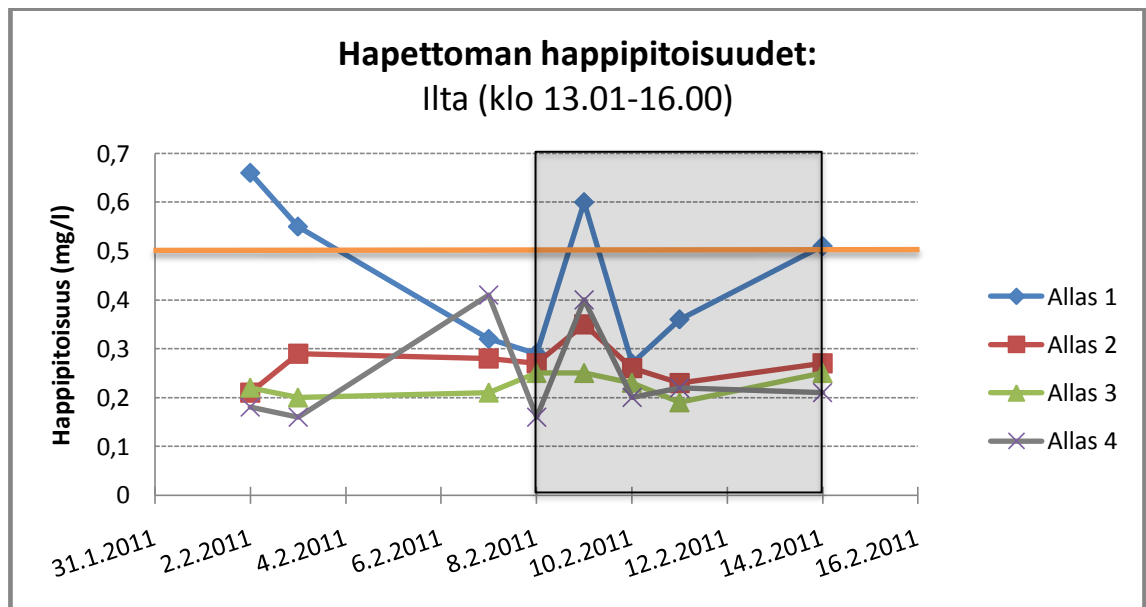
Kuvion 30 tarkasteluvälillä tapahtuu ylityksiä eniten altaalla 1. Aamuisin raja-arvon ylityksiä tapahtuu muutoinkin eniten, kuten luvussa 7.1 todettiin. Muuten happitilanne näyttää tavanomaiselta (vrt. kuvio 20).

Kuvioista 31 ja 32 nähdään, että happitilanne on pysynyt hallinnassa myös päivällä ja illalla. Vain altaalla 1 tapahtuu ylityksiä, mikä on havaittavissa myös kuvioissa 23–25.

Yhteenvetona kokeesta voidaan todeta, että sisäisen kierron poisjättämisellä ei näyttäisi olevan huomattavaa vaikutusta kokonaistypenpoistoon eikä happitilanteeseen. Suositeltavaa olisi, että testi uusittaisiin esimerkiksi kuukauden mittaisena, jolloin saataisiin myös mahdollisia erikoistilanteita mukaan. Pitemmällä aikavälillä saataisiin luotettavampaa näyttöä sisäisen kierron poistamisen kannalta.



Kuvio 31: Hapettoman happipitoisuuksia päivällä



Kuvio 32: Hapettoman happipitoisuuksia illalla

8 Parannus- ja muutosehdotuksia

8.1 Veden jakaantuminen

Nykyinen vesien jakamistapa uudelle ja vanhalle puolelle on käyttäjän kannalta hankala, sillä veden jakaminen tuntuman perusteella on epämääräistä. Erityisesti suuret tulovirtaamavaihtelut lisäävät epävarmuutta. Jos vesi ei jakaannu tasan altaille, on muun prosessin säätäminen vaikeata ja esimerkiksi ilmastuksen automaatio ei toimi optimaalisesti.

Jakaantumiskohta kannattaisi ensinnäkin siirtää kauemmas ilmastusaltaita 1 ja 2. Jos jakaantumiskohta olisi lähempänä esiselkeytsaltaita, jakaantuminen olisi tasaisempaa. Virtaamaan ei näin ollen vaikuttaisi vanhan puolen ilmastusaltaiden varaston vesimassan liikkeet, eikä kääntyvän kanavan aiheuttamat virtaamamuutokset. Jakaantumiskohta on nykyisellään epästabiili, koska vain uudelle puolelle menevä vesi menee painovoiman vaikutuksesta nopeammin jakaantumiskohdan läpi. Tämä aiheuttaa pyörteitä jakaantumisalueella. Jakaantumiskohtaa on suhteellisen helppo siirtää jatkamalla väliseinää kanavassa.

Tärkein muutos jakaantumiskohtaan olisi kuitenkin automaation lisääminen kyseiseen toimintoon. Järjestelmä voisi olla esimerkiksi sellainen, jossa jakoluukun akseliin sijoitettava sähkömoottori liikuttaisi luukkua jakaantumiskohdan jälkeen mitattujen pinnan korkeuserojen mukaan. Myös tulovirtaamaa voisi yrittää tasoittaa esimerkiksi pumpaamoiden automaatiomuutoksilla. Yksi vaihtoehto voisi olla kanavien pinnoitus, jolloin virtaus kanavassa tulisi tasaisemmaksi.

8.2 Allaskohtainen jakaantuminen

Kuten luvussa 5.6 todettiin, vesi jakaantuu vanhalla puolella epätasaisesti ilmastusaltaiden 1 ja 2 kesken. Veden jakaantumista voisi yrittää parantaa puhdistamalla kanava pohjalietteestä. Myös ohituskäytävän tarpeellisuutta on syytä tutkia, koska se aiheuttaa epätasaisuutta kanavan virtauksiin. Kanavan varasto-osan voisi sulkea käsipyörällä säädettävällä sulkulevyllä aukkojen jälkeen. Ennen aukkoja kanavan pohjaan voisi kiinnittää v-mallisen jakoseinän, jolloin jakaantuminen olisi tasaisempaa. Varasto-osan voisi sulkea myös uudella puolella.

8.3 Palautusliete

Palautuslieteen kierrätyksen ongelmana on se, ettei mammut -pumppujen tehoa voida säätää. Nykyaikaisempi ratkaisu palautuslieteen kierrätykselle olisi vaihtaa mammut -pumput oppopumppuihin, joita voisi säätää taajuusmuuttajilla ja liittää automaatioon. Pumppujen automaatioon voisi lisätä esimerkiksi jatkuvatoimisen lieteindeksimittauksen ilmastusaltaista, jolloin palautuslieteen kierrätysuhde saataisiin hyvin lähelle optimia.

Edellä esitetty vaihtoehto on suuri investointi, eikä sitä olla aivan lähitulevaisuudessa toteuttamassa. Nykyistä järjestelmää voidaan parantaa perehtymällä ylijäämälietepumpun automaatioon paremmin, sillä se otettiin käyttöön vasta 1.3.2011. Kun löydetään pumpulle sopivat työajat ja tulovirtaaman raja-arvo, niin palautuslieteen kierrätysuhde on mahdollista saada lähelle optimia.

Ilmastusaltaille johtavien palautuslietekanavien jakaantumisominaisuuksia pitäisi parantaa, niin että kiintoainetta tulisi saman verran joka altaaseen. Kanaviin tehtävät muutokset kannattaa ottaa esille vasta mahdollisen pumppujärjestelmän uusinnan yhteydessä. Yksi vaihtoehto on korvata palautuslietekanava putkilla.

8.4 Laitehankintasuosituks

Tulovirtaamavaihteluiden vuoksi tilavuusvirtoja eri kanavan osissa oli hyvin vaikea määrittää. Jos esimerkiksi jakaantumiskohdan saneerauksen yhteydessä tai sen jälkeen tarvittavassa hienosäädössä on tarve saada selville tilavuusvirtoja, suositeltava hankinta tähän olisi jonkinlainen kenttävirtaamamittari. Esimerkiksi siivikkomittari on edullinen verrattuna esimerkiksi FlowTracker -mittalaitteeseen.

Typenpoistoa seurataan puhdistamalla 2–3 kertaa viikossa kyvetitestein. Markkinoilla on saatavilla myös jatkuvatoimisia analysointilaitteita tähän tarkoitukseen, jolloin saatavilla olisi aina reaaliaikaista tietoa typpitilanteesta. Hyxo Oy myy esimerkiksi Amtax SC jatkuvatoimista ammoniumtyypianalysointilaitetta ja Nitratex SC jatkuvatoimista nitraattianalysointilaitetta (http://www.hyxo.fi/fi/tuotteet/g/mittaus-ja-saeaeoe/prosessi_analysointilaitteet).

9 Yhteenveto

Veden jakaantuminen puhdistamolla vaikuttaa koko prosessiin. Näin ollen myös palautuslietteen, sisäisen lietteekierron ja happipitoisuuden tutkiminen olivat olennainen osa työn kokonaisuutta, kun typenpoistoon ja prosessin säätöön vaikuttavia tekijöitä tutkittiin.

Työn tarkoituksena oli tunnistaa veden jakaantumisen ongelmakohdat. Tutkimuksesta ei saatu niinkään valmiita tuloksia, mutta tehtiin joukko havaintoja, joiden pohjalta tiedetään, mihin suuntaan tutkimusta voi lähteä kehittämään. Työn havainnoista ja tuloksista on lyhyt yhteenveto alla:

- Veden nopeus kanavassa kasvaa kun tulovirtaama kasvaa
- Veden nopeus uuden puolen kanavassa on pienempi kuin vanhalla puolella
- Veden keskisyvyys esiselkeytetyn veden kanavissa oli 0,4 m
- Saatiin alustava versio kuvaajasta, josta optimitrendin avulla voidaan määrittää sopivin levyn asento tietylle tulovirtaamalle
- Vettä menee eniten ilmastusaltaalle 1, uudella puolella allaskohtainen jakaantuminen on tasaisempaa
- Vettä valuu uudella puolella aukoista tasaisemmin kuin vanhalla puolella, missä vesi valuu aukoista pulsseittain
- Palautuslietettä (kiintoainetta ja happea) menee eniten ilmastusaltaille 1 ja 3
- Hapettoman osan happipitoisuus pysyy hyvin alle raja-arvon 0,5 mg/l, ylityksiä tapahtuu eniten ilmastusaltailla 1 ja 4
- Ilmastusaltaalle 1 menee siis enemmän esiselkeytettyä vettä ja palautuslietettä, mistä johtuen hapettomalla puolella on raja-arvon ylityksiä happipitoisuuksissa
- Hapellisen osan happipitoisuudet uudella puolella ovat korkeammat kuin vanhalla puolella
- Sisäisen lieteekierron poisjäännillä ei näyttäisi olevan merkittävää vaikutusta prosessiin

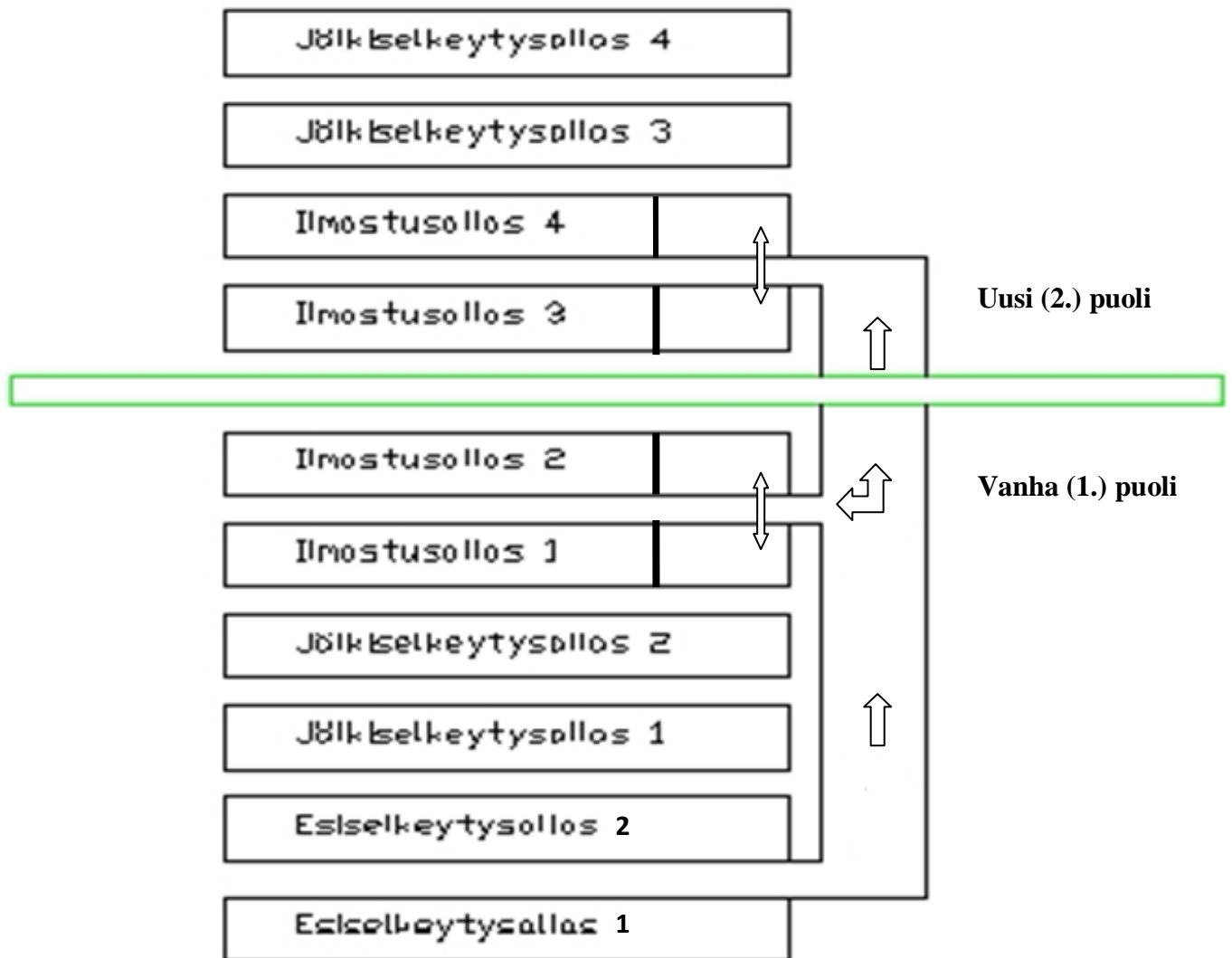
Ihan kaikilta osin työhön asetettuja tavoitteita ei saavutettu, sillä laitokselle pulsseina tuleva tulovirtaama ja muut työhön vaikuttavat muuttujat vaikeuttivat työtä ja aiheuttivat suurehkon virhemarginaalin tuloksiin. Työn alussa oli vaikeaa suunnitella mittausjärjestelyt sellaisiksi, että lopputuloksena olisi saatu järkevä mittausaineisto. Työn laajuus yllätti tulostenkäsittelyvaiheessa, sillä itse mittauksiin kului suhteellisen vähän aikaa. Kaiken kaikkiaan työn tekeminen oli antoisa kokemus, ja sen kautta saatiin puhdistamon jatkokehitystä varten hyödyllistä tietoa.

Lähteet

- Etelämäki, Lauri; Santala, Erkki 2007. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2007. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2009. Suomen ympäristökeskus. [online][viitattu 18.1.2011].*
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113564&lan=fi>
- Finnchain Oy. Pintalietteen poisto. [online][viitattu 30.1.2011].*
http://www.finnchain.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=42&lang=fi
- Hyxo Oy, Kerava. [online][viitattu 13.3.2011].*
<http://www.hyxo.fi/fi/tuotteet/g/mittaus-ja-saeaeoe/prosessianalysaattorit>
- Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu 1980. Kaupunkiliiton julkaisu B 87. Helsinki: Kirjapaino Oy Nova.*
- Jätevesien puhdistus 2010. [online][viitattu 22.1.2011].*
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166903>
- Kangas, Ari 2004. Jätevedenpuhdistamoiden toiminta ja toteutukset. Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen monistesarja Nro 15. Helsinki: Vesi- ja viemärlaitosyhdistys.*
- Karttunen, Erkki 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.*
- Karttunen, Erkki; Tuhkanen, Tuula 2003. RIL 124-1 Vesihuolto 1. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.*
- Kettunen, Riitta; Laaksonen, Tuulikki 2008. Akaan kaupunki, Jätevedenpuhdistuksen koulutuspäivä 30.9.2008. Tritonet Oy:n projekti 08165: Akaan kaupunki Jätevedenpuhdistamon tehostaminen. Luentokansio.*
- Kuokkanen, Anna 2008. Jäteveden ja jätevesilietteen käsittely. [online][viitattu 30.1.2011].*
http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/Yhd12.1020/Luento11a_2008.pdf
- Oksojoki, Jouko ym. 2010. Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamon ympäristölupaha kemuskansio. Akaa. Vedenkäsittelyn käsikirja 1989. Handbok i Vattenvård.*
- Pleym, Harald ym. 1991. Ympäristötekniikka. Miljøstudier. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.*
- Seppänen, Harri 1994. Ympäristösuojelutekniikan perusteet 539. 2. muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino Oy.*
- Sontec/YSI incorporated, 2007. FlowTracker Handheld ADV Technical Manual. Versio 3.3. USA, California: Sontec/YSI inc.*

United States Department of Agriculture, NRCS Natural Resources Conservation Service 1998. Federal Stream Corridor Restoration Handbook (NEH-653). [online][viitattu 5.3.2011].
http://www.nrcs.usda.gov/technical/stream_restoration/newtofc.html

Vambio, prosessi.[online][viitattu 20.3.2011].
<http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Kuvat/prosessikaavio2010.jpg>

Liite 3: Allaskartta

Liite 4: Jakaantumisalue

Jakaantumisalue ylhäältä katsottuna (Kuva: Rosa Kritz)



Jakaantumisalue: väliseinä, käsipyörällä varustettu luukku ja säätölevy (Kuva: Rosa Kritz)

Liite 5: Jakaantumisalueen luukun asennot

(Kuvat: Rosa Kritz)



Kiinni



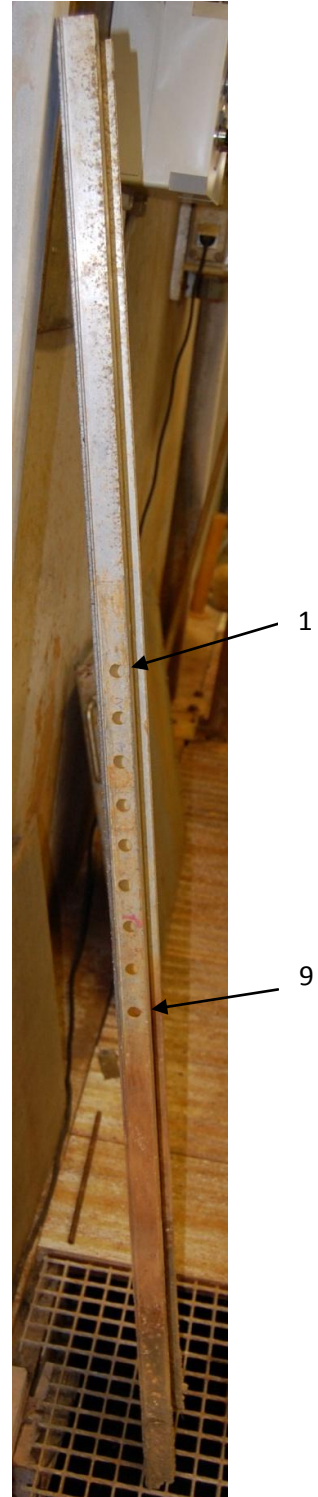
Puoliväli



Auki

Liite 6: Jakaantumisalueen levyn asennot

(Kuvat: Rosa Kritz)



Vasemmalla levy asennossa 4, oikealla levyn asennot järjestyksessä 1–9.

**Liite 7: Ilmastusaltaille johtavat aukot ja jakaantuminen
altaiden kesken**

(Kuvat: Rosa Kritz)



Aukko ilmastusaltaille 1 (vas.) ja jakaantuminen ilmastusaltaille 1 ja 2 (oik.)



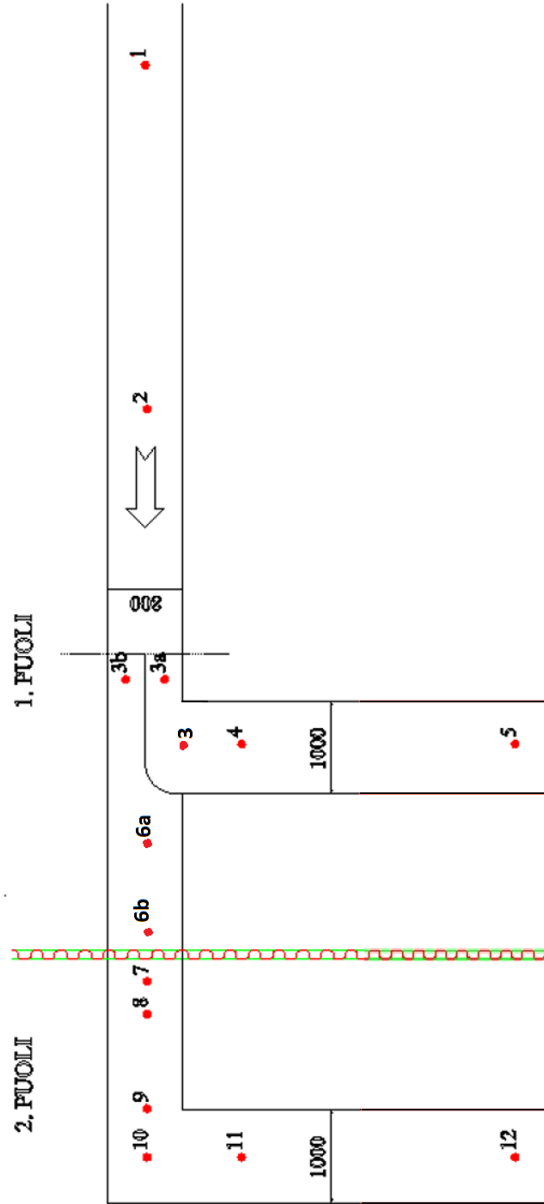
Aukko ilmastusaltaille 4 (vas.) ja jakaantuminen ilmastusaltaille 3 ja 4 (oik.)



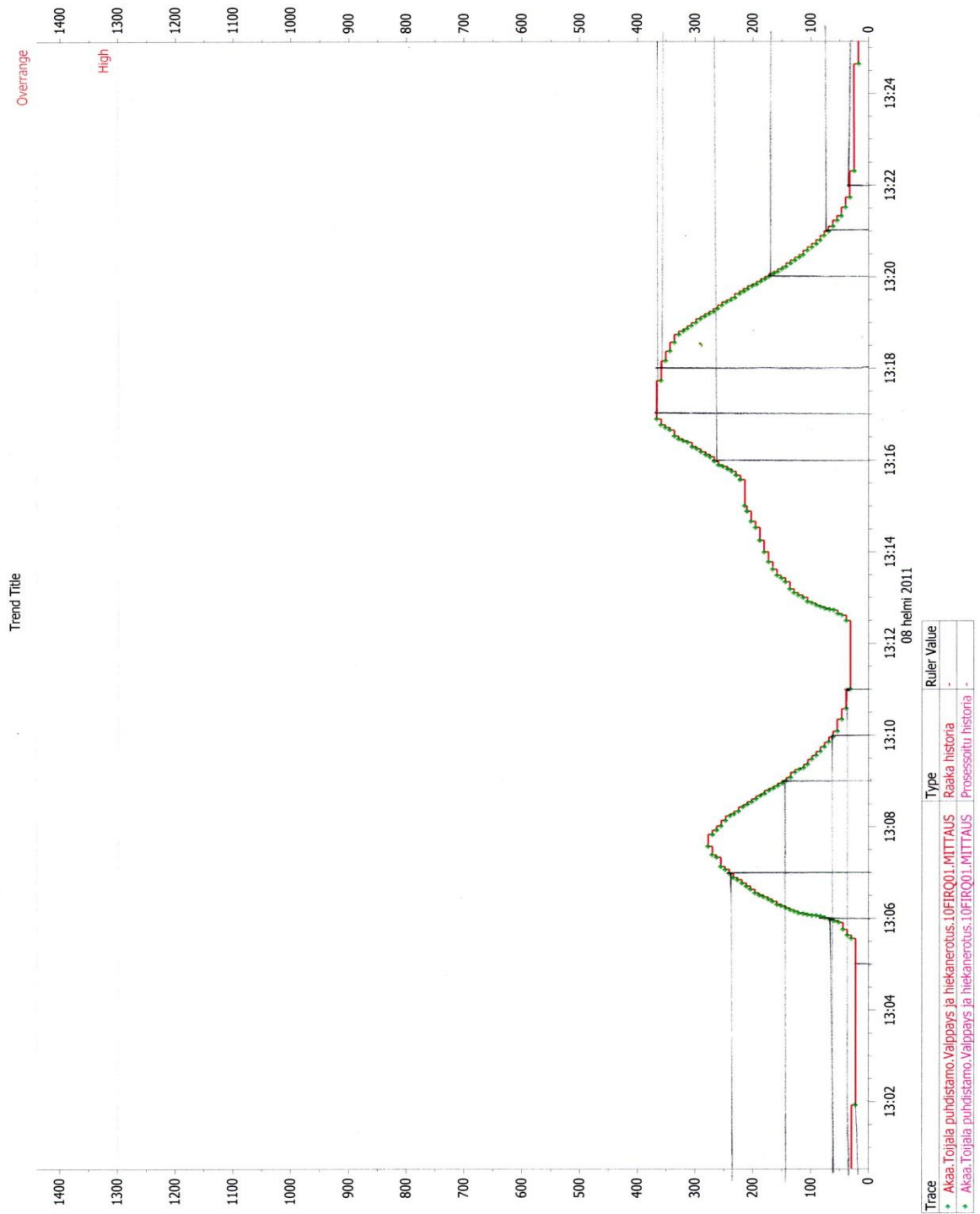
Aukko ilmastusaltaille 4 kanavasta kuvattuna

Liite 8: Pöytätennispallotestin ja kanavamittausten mitauspisteet

Pöytätennispallotesti & kanavamittauksia

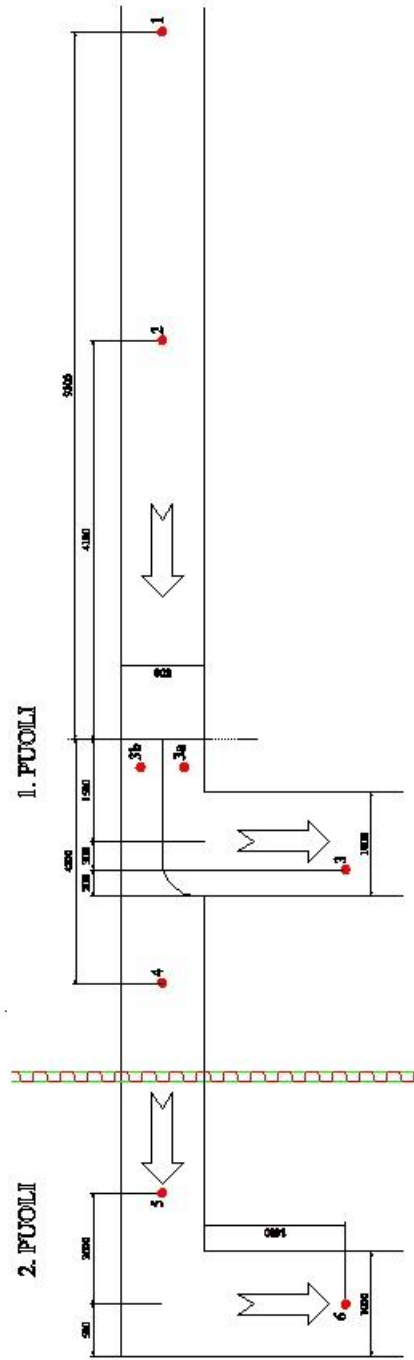


Liite 9: Esimerkki tulovirtaaman trendistä



Liite 10: FlowTracker mittauspisteet

**FlowTracker
Mittauspisteet**



Liite 11: Manningin karkeuskerrointaulukko

Boundary	Manning Roughness, n Coefficient
Smooth concrete	0.012
Ordinary concrete lining	0.013
Vitrified clay	0.015
Shot concrete, untroweled, and earth channels in best condition	0.017
Straight unlined earth canals in good condition	0.020
Rivers and earth canals in fair condition—some growth	0.025
Winding natural streams and canals in poor condition—considerable moss growth	0.035
Mountain streams with rocky beds and rivers with variable sections and some vegetation along banks	0.040-0.050
Alluvial channels, sand bed, no vegetation	
1. Lower regime	
Ripples	0.017-0.028
Dunes	0.018-0.035
2. Washed-out dunes or transition	
	0.014-0.024
3. Upper regime	
Plane bed	0.011-0.015
Standing waves	0.012-0.016
Antidunes	0.012-0.020

(NRCS 1998, 19)

Liite 12: Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamon ajo-ohjeet (Tritonet Oy)

Tritonet Oy:n projekti 08165: Akaan kaupunki, Jätevedenpuhdistamon toiminnan tehostaminen

Akaan kaupunki – Jätevedenpuhdistamon ajo-ohjeet

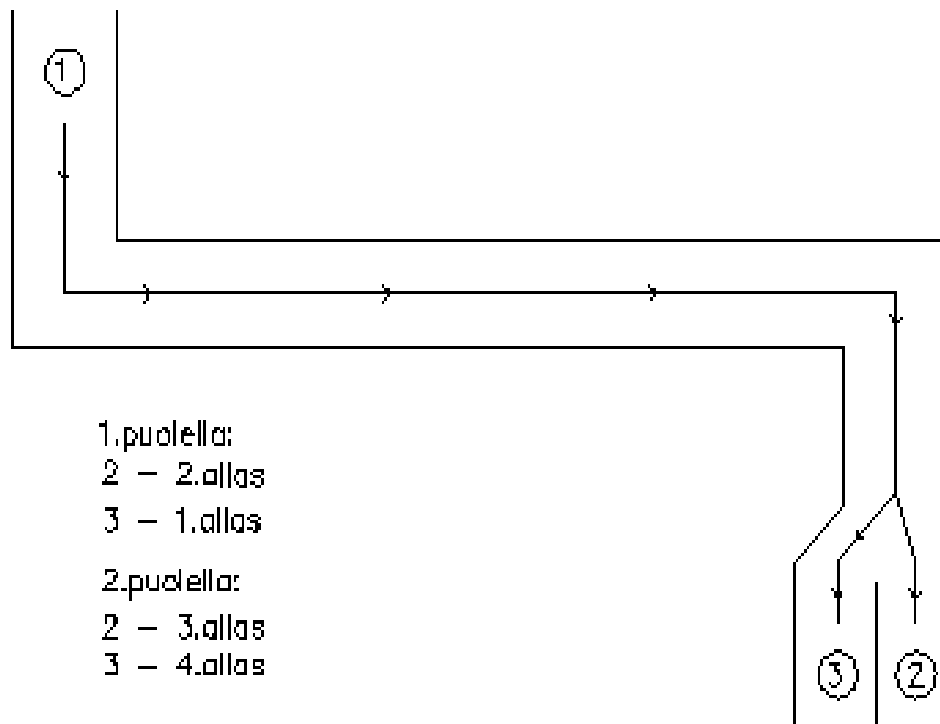
Yksikköoperaatio/ ja -prosessit	Kylmän veden kausi (lämpötila alle 12°C) Virtaama alle 7000 m ³ /vrk	Lämpimän veden kausi (lämpötila vähintään 12°C) Virtaama 7000-10000 m ³ /vrk	Virtaama yli 10000 m ³ /vrk
Välpäys	Käytössä	Käytössä	Käytössä
Hiekkanerotus	Käytössä, ilmastus päällä	Käytössä, ilmastus päällä	Käytössä, ilmastus päällä
Kemikalointi	Ferrosulfaattia (1/3) enemmän kuin pienillä virtaamilla Kaikkia enemmän kuin lämpimänä kautena	Ferrosulfaattia (1/3) enemmän kuin pienillä virtaamilla Kaikkia vähemmän kuin kylmänä kautena	Ferrosulfaattia (1/2) enemmän kuin pienillä virtaamilla Kaikkia vähemmän kuin kylmänä kautena
Esisekeytyks (2 kpl)	Molemmat käytössä Laahaimet päällä	Molemmat käytössä Laahaimet päällä	Molemmat käytössä Laahaimet päällä
Kemikalointi	Ferrosulfaatti (2/3) enemmän kuin pienillä virtaamilla	Ferrosulfaatti (2/3) enemmän kuin pienillä virtaamilla	Ferrosulfaatti (1/2) enemmän kuin pienillä virtaamilla
Ilmastus (4 kpl)	Ajoaapa: Polkka nitriifikaatio* Kaikki allaat käytössä Koko allaas ilmastettu Happipitoisuus 2-3 mg/l kaikkialla Lietepitoisuus n. 6 gMLSS/l Lietettä yli 18 vrk (max 24 vrk) Ilmastuksen sisäinen vedenkierto ei päällä	Ajoaapa: Denitriifikaatio+nitriifikaatio* Kaikki allaat käytössä Ilmastus pois altaan Happipitoisuus sekoitimet päällä alle 0.5 mg/l, ilmastetussa lopputilassa 1,5-2,0 mg/l Lietepitoisuus n. 6 gMLSS/l Lietettä yli 12 vrk (max 16 vrk) Ilmastuksen sisäinen vedenkierto päällä (50-70 % virtaamasta)	Ajoaapa: Denitriifikaatio+nitriifikaatio* Kaikki allaat käytössä Ilmastus pois altaan Happipitoisuus sekoitimet päällä alle 0.5 mg/l, ilmastetussa lopputilassa 1,5-2,0 mg/l Lietepitoisuus n. 6 gMLSS/l Lietettä yli 12 vrk (max 16 vrk) Ilmastuksen sisäinen vedenkierto päällä (alle 50 % virtaamasta, max 5000 m ³ /vrk)
Kemikalointi	Polymeeriä tavanomainen määrä Kaikki käytössä Laahaimet päällä	Polymeeriä enemmän kuin pienillä virtaamilla Kaikki käytössä Laahaimet päällä	Polymeeriä enemmän kuin pienillä virtaamilla Kaikki käytössä Laahaimet päällä
Jälkisekeytyks (4 kpl)	Käytössä	Käytössä	Käytössä
Palautuslietekierto	Palautuslietteen virtaama tavanomainen	Palautuslietteen virtaama suurempi kuin pienillä vesimäärillä Kierrätysuhde SVI:n mukaan (100-160 %)	Palautuslietteen virtaama suurempi kuin kylmänä kautena / pienillä vesimäärillä Kierrätysuhde SVI:n mukaan (150-200 %)
Ylijäämälletten poisto	Palautetaan vähemmän kuin lämpimänä kautena, jotta lietettä yli 18 vrk (max 24 vrk)	Palautetaan vähemmän kuin lämpimänä kautena, jotta lietettä yli 18 vrk (max 24 vrk)	Palautetaan enemmän kuin kylmänä kautena, jotta lietettä yli 12 vrk (max 16 vrk)
Ohitukset	Ei	Ei	Ei

* Laitoksen ajoaapa muuttetaan syksyllä / talvella denitriifikaatio+nitriifikaatiosta pelkäksi nitriifikaatioksi vasta, kun lämpötila on selvästi alle 12°C ja kun nitriifikaatioaste laskee alle 65 %:n.

Lietteen käsittely kaikkina vuodenaikoina:
Uusi tiivistäminen käytössä (vanha varalla), hämmentimet päällä
Polymeerin annostus lieteäärän mukaan lingo ollessa käynnissä
Lietettä kuivataan päivittäin (ajotetaan pienimman tulokulmuksen hetken, jos mahdollista)
Toimivat lietevarastona, tyhjennetään 2-3 kertaa viikossa

Tritonet Oy, Tampere

Liite 13: Kiintoainemäärityksen mittauspisteet (kuva uudelta puolelta, vanhalla puolella peilikuvana)



Liite 14: Hapettoman happipitoisuudet