



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TONI PIENIMÄKI
PAPERITEHTAAN JÄTEVESIEN PUHDISTUS SEKÄ
TERVAKOSKI OY:N KIINTOAINEPÄÄSTÖKARTOITUS
Diplomityö

Tarkastajat: professori Jurkka
Kuusipalo ja yliassistentti Marikki
Laamanen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja
materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
3. Helmikuuta 2010

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

PIENIMÄKI, TONI: Paperitehtaan jätevesien puhdistus sekä Tervakoski Oy:n kiintoainepäästökartoitus

Diplomityö, 53 sivua, 14 liitesivua

Toukokuu 2010

Pääaine: Paperinjalostustekniikka

Tarkastajat: professori Jurkka Kuusipalo ja yliassistentti Marikki Laamanen

Avainsanat: Kiintoaine, jäteveden puhdistus, puhdistusmenetelmät, paperiteollisuuden päästöt.

Yksi merkittävimmistä asioista nykyään paperitehtaalla on sen aiheuttamat vaikutukset ympäröivään luontoon ja vesistöjen kautta laajemmallekin taholle. Siksi nykyisten tehtaiden ympäristövaatimukset ovat koventuneet huomattavasti ja aiheuttaneet kehityspaineita myös jäteveden käsittelylle.

Tässä työssä oli tarkoitus selvittää Tervakosken paperitehtaan kiintoainepäästöjen lähteet niin, että niihin olisi mahdollista puuttua ennen kuin kaikki kiintoaine on päässyt prosessissa jätevesilaitokselle asti.

Asiaa tutkittiin Tervakoski Oy:llä määrittelemällä jokaiselta tehtaan koneelta mahdollisimman hyvin koepiste tai koepisteet, niin että saataisiin selville kyseessä olevan koneen kiintoainepäästöt. Näin saatiin lopulta määritellyksi kahdeksan eri koepistettä. Paperikoneilta 11 ja 12 riitti molemmista yksi koepiste, koska pystyttiin määrittämään kohta josta kaikki koneen jätevedet kulkevat. Paperikoneilta 4 ja 8 vaadittiin useampi koepiste, koska virtauksia kokoavaa kanaalia ei ollut käytettävissä.

Koepisteistä otettiin näytteet 5 kertaa päivässä ja samalla mitattiin koepisteessä virtausnopeus sekä virran korkeus. Korkeus tarvittiin, että saataisiin määriteltyä tilavuusvirta näytteen ottohetkellä.

Koepisteistä otetut kiintoainenäytteet käsiteltiin laboratoriossa. Ensin näyte suodatettiin paperin läpi ja kuivattiin. Näin ollen saatiin punnitsemalla selville kiintoaineen määrä tietyssä näytetilavuudessa. Yhdistämällä laboratoriomittauksissa selvitetty tiedot ja koepisteissä saadut tilavuusvirrat saadaan selville tietyn koepisteen ohitse virtaaman kiintoaineen määrä tietyssä ajassa.

Teoriaosuudessa käsitellään paperitehtaiden jätevedenkäsittelyä yleisellä tasolla sekä erilaisista mahdollisuuksista miten vesiä voisi puhdistaa.

Tärkeimpänä tutkimuksen tuloksena voidaan todeta katkojen ja lajinvaihtojen vaikutukset kiintoainepäästöihin. Varsinkin PK4:lla huomattiin suhteellisen suuria päästölukemia verrattuna isompiin koneisiin. Tämä selittyy lyhyillä tuotantoajoilla, jolloin lajinvaihtoja ja tarpeellisia pesuja tulee paljon.

Pitkät ajot paperikoneilla olisi kiintoainepäästöjenkin kannalta paras vaihtoehto. Lisäksi jos halutaan saada selville tarkasti eri prosessin vaiheet, jolloin päästöjä syntyy, pitäisi kanaaleihin saada jatkuvatoimiset online-mittarit.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

PIENIMÄKI, TONI: Waste Water Treatment in Paper Mills and Analysis of Solid Wastes in Tervakoski

Master of Science Thesis, 53 pages, 14 Appendix pages

May 2010

Major: Paper Converting Technology

Examiners: Professor Jurkka Kuusipalo and Senior Teaching Assistant Marikki Laamanen

Keywords: Solid wastes, waste water treatment, water treatment methods, wastes from paper mills.

One of the most important things in paper mill nowadays is its effects to environment. That is why these days environmental requirement are getting harder and also increased demands for waste water treatment in paper industry

In this study the main goal was to determine where those solid wastes are coming from. In that case it would be possible to fix thing before all of those solids have already passed through the process to waste water treatment plant.

The research was first started by defining test point or test points so that those would give a good view about solid wastes from each paper machine at time. This led to situation that we had eight different test points. From paper machines 11 and 12 it was enough to take only one test point from each because it was possible to say that every wastes coming from those machines flow through certain points. From other paper machines it was needed to take more test points because it was not possible to determine a flow connecting channels.

Samples were collected from each test point five times a day. Same time it was necessarily to define the velocity of flow and height of surface level. The height was needed so that it was later possible to determine the volume of flow at the moment when the sample is collected.

Samples collected from test points were treated in laboratory. First the sample was filtered through paper filter and dried. After that using weighing machine it was possible to find out the amount of solid wastes in certain volume of sample. Now when connecting information from laboratory and volumes of flows it is possible to determine how much solid wastes is flowing through certain test point in certain time.

In theoretical part there is information about waste water treatment in paper industry in common level. There are also some examples how waste waters could be treated.

The most important result from this research is that problems and changes of paper grade affect a lot to amount of solid wastes. There was a relatively much wastes especially from paper machine 4 when comparing to bigger paper machines. This can be explained with short production runs which lead to changes of paper grades and required washings. So the long production runs are important when thinking about solid wastes from paper mill. Also it would be good to have online meters in channels.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on toteutettu Tervakoski Oy:n toimeksi annosta. Kaikki mittaukset ja laboratoriotyöt tehtiin Tervakosken välineillä ja tiloissa.

Ohjaajana Tervakoski Oy:n osalta toimi Juuso Nurmi, joka vastaa tehtaan ympäristöasioista. Paljon apua ja neuvoja varsinkin työn aloituksessa ja kokeellisen osuuden toteuttamisessa myös muulta Tervakoski Oy:n henkilökunnalta. Muun henkilökunnan kanssa katsottiin koepisteet ja laboratorion työntekijöiden avustuksella selvitettiin, miten mittaukset tulisi suorittaa. Kiitokset ystävällisestä avusta.

Eriyiset kiitokset myös Luisa Pichlerille, joka toimi koko tutkimuksen ajan laboratorioassistenttina suorittaen mittauksia, kun itse olin keräämässä näytteitä. Hän oli erittäin suurena apuna koko työtä ajatellen.

Kiitokset myös kotiväelle, avovaimolleni sekä siskolleni, jotka olivat suuresti vaikuttamassa siihen, että tämä diplomityö saatiin lopulta myös kansiin asti.

18.4.2010

Toni Pienimäki

SISÄLLYS

Tiivistelmä	II
Abstract	III
Alkusanat	IV
Termit ja niiden määritelmät	VII
1. Johdanto	1
2. Paperinvalmistus ja vedenkäyttö paperitehtailla	2
2.1. Paperi	2
2.2. Massanvalmistus	3
2.3. Paperinvalmistus ja vesikierrrot	6
2.3.1. Paperikoneen vesikierrrot	7
2.3.2. Nollaveden koostumus	7
2.3.3. Paperinvalmistusprosessista poistuvan jäteveden ominaisuudet	9
2.4. Paperinvalmistus Tervakoskella	9
3. Jätevesien puhdistus	11
3.1. Mekaaninen puhdistus	12
3.1.1. Saostus	12
3.1.2. Suodatus	13
3.1.3. Flotaatio	14
3.2. Aktiivilietelaitos	15
3.2.1. Aktiivilietelaitoksen prosessin kuvaus	15
3.2.2. Esikäsitteily	16
3.2.3. Tasausaltaat ja varoaltaat	17
3.2.4. Jäteveden ilmastus	17
3.2.5. Jäteveden jälkiselkeytys	17
3.2.6. Lietteen jatkokäsittely	18
3.3. Ravinteiden poisto biologisin menetelmin	19
3.3.1. Typen biologinen poistaminen jätevedestä	19
3.3.2. Fosforin biologinen poistaminen jätevedestä	21
3.4. Kemiallinen jätevedenpuhdistus	25
3.5. Ilmastettu lammikko	26
4. Tutkimusmenetelmät	28
4.1. Tutkimukseen määritetyt koepisteet	28
4.2. Koepisteiden mitat	30
4.3. Näytteiden kerääminen ja mitattavat suureet	33
4.3.1. Siivikkomittaus	34
4.3.2. Jätevesinäytteen kerääminen	34
4.3.3. Laboratoriomittaukset	34
5. Mittaustulokset ja niiden tarkasteleminen	36
5.1. Paperikone 4, kiintoainepäästöt	36
5.2. Paperikone 8, kiintoainepäästöt	40

5.3. Paperikone 11, kiintoainepäästöt	44
5.4. Paperikone 12, kiintoainepäästöt	46
5.5. Tuloksien vertailut	47
5.6. Mittauksien luotettavuus	48
5.7. Laboratoriomittauksien luotettavuus.....	50
6. Tutkimuksen johtopäätökset	51
Lähteet.....	52
Liite 1: Mittauspöytäkirjat.....	54

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AKD	Alkyyliketeenidimeeri, massaliimauksessa käytetty kemikaali.
AOX	Orgaanisten klooriyhdisteiden määrä vedessä
ASA	Alkenyl Succinic Anhydride, eli alkenyylin meripihkahapon anhydridi. Käytetään massaliimauksessa
BREF-dokumentti	Best Available Technique References, parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjat
BOD	Biological Oxygen Demand. Kuvaa hapen määrää, joka tarvitaan orgaanisen aineen hajoittamiseen
CTMP	Chemithermo Mechanical Pulp. Kuumahierre, jonka prosessiin lisätään kemikaaleja kuitujen irtoamisen helpottamiseksi.
COD	Chemical Oxygen Demand. Kuvaa kemialliseen hajottamiseen tarvittavaa hapen määrää.
Cut off – luku	Suodattimen suodatustasoa kuvaava lukema. Tätä lukua isommat partikkelit jäävät suodattimeen.
DAF-flotaatio	Dissolved Air Flotation, paineilmaflotaatio, jossa paineistettuun veteen on liotettu ilmaa.
ECF	Elementary Chlorine Free. Klooridioksidin avulla valkaistua massaa
GWP	Ground Wood Pulp, eli puuhioke. Yksi tapa valmistaa ensiökuituja.
PK4	Paperikone 4, joka valmistaa savukkeiden päälle käärittävää paperia.
PK8	Paperikone 8, jonka tuotteita ovat tarrataustapaperit ja kaapelipaperit.

PK11	Paperikone 11, joka valmistaa savukkeen filtlerin päälle käärittävää tippipaperia
PK12	Paperikone 12, joka valmistaa ohuita painopapereita
TCF	Totally Chlorine Free. Täysin klooriton massan valkaisu.
TMP	Thermo Mechanical Pulp. Kuumahierre, jossa puuhaketta käsitellään kuitujen irrottamiseksi.
TSS	Total Suspended Solids. Kokonaiskiintoaineen määrä jätevedessä.

1. JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää ja kartoittaa Tervakoski Oy:n jätevesien kiintoainepäästöjä. Tarkoituksena ei ollut niinkään tutkia, minkälaisia kiintoaineita jätevesilaitokselle tulee käsiteltäviksi. Pää tarkoituksena oli löytää ne lähteet, joista päästöt suurimmaksi osaksi tulevat. Ongelmana paperitehtaalla on ollut suurien kiintoainepäästöjen määrä, ja se ettei jätevedenpuhdistamo aina pysty vastaamaan näihin tarpeisiin kunnolla.

Tutkimus jakaantui kahteen vaiheeseen. Ensimmäisenä vaiheena voidaan ajatella näytteiden keräämistä määrättyiltä koepisteiltä. Näitä koepisteitä työhön valittiin kahdeksan kappaletta. Koepisteet pyrittiin valitsemaan niin, että ne mahdollisimman hyvin kuvaisivat ja ottaisivat kantaa aina yksittäisen paperikoneen päästöihin. Joissakin tapauksissa tämä oli vaikeaa, koska jätevesikanaalit kulkevat hankalissa paikoissa, joihin ei aina päästä käsiksi. Paperitehtaan vanhalta puolelta ei myöskään pystytty valitsemaan sellaisia yksittäisiä koepisteitä, joista olisi varmuudella voitu sanoa, että kaikki tietyn koneen jätevedet kulkevat sitä kautta. Siksi paperikone neloselle määriteltiin kaksi koepistettä ja paperikone kahdeksalle kolme. Uudella puolella on myös kaksi konetta, joista molemmista saatiin sellainen koepiste, että sitä kautta virtaa kaikki yksittäisen koneen jätevedet.

Koepisteistä kerättiin jätevesinäytteet tunnin välein viisi kertaa päivässä. Näin ollen yhdeltä koepisteeltä tuli viikossa 20 näytettä. Samassa yhteydessä mitattiin siivikolla virtausnopeus sekä määritettiin virtauksen pinnankorkeus, jotta saatiin laskettua tilavuusvirta aina näytteen ottohetkellä.

Tutkimuksen toisena osiona olivat laboratoriomittaukset. Laboratoriossa määriteltiin kerättyjen näytteiden kiintoainepitoisuus. Laboratoriomittaukset sisälsivät paljon alustavia töitä, kuten mittauksissa käytettävien suodatinpaperien kuivatusta ja punnitsemista. Myös lopullisten näytteiden mittaukset olivat aikaa vieviä, koska näytteet täytyi kuivata ja jäähdyttää asian mukaisella tavalla.

Lopulta, kun nämä kaksi työvaihetta tuloksineen yhdistettiin, saatiin selville kuinka paljon kiintoainetta koepisteiden jätevesikanaaleissa kulki. Näin ollen voitiin vertailla kiintoainepäästöjä eri koneiden välillä, sekä etsiä mahdollisia syitä päästöille.

2. PAPERINVALMISTUS JA VEDENKÄYTTÖ PAPERITEHTAILLA

Tässä osiossa käydään läpi oleellisia prosesseja ja asioita, jotka ovat tärkeitä käsiteltäessä paperitehtaiden jätevesiasioita. Aluksi esitellään lyhyesti paperinvalmistusta lähtien paperin historiasta. Sen jälkeen kerrotaan erilaisista paperituotteista ja siirrytään paperimassan valmistuksen kautta paperikoneen esittelyyn. Tämän osion tärkeimpänä asiana esitellään erilaiset vesijärjestelmät ja jäteveden puhdistusprosessit paperitehtailla.

2.1. Paperi

Paperituotteet

Termi, paperi, on yleisnimitys kaikille paperituotteille. Paperilla on myös spesifisempi tarkoitus. Yleisesti paperilla tarkoitetaan kaikkia tuotteita, jotka on valmistettu paperitehtaalla. Ne voidaan jakaa edelleen pienempiin ja tarkempiin tuotekokonaisuuksiin: paperi, pehmopaperi, kartonki ja erikoispaperit.

Tuotteet, jotka on tarkoitettu painatukseen, kirjoittamiseen, tulostamiseen tai kopioimiseen kuuluvat paperi-ryhmään. Ne voidaan jakaa edelleen joko puuvapaisiin tai puupitoisiin tuotteisiin. Puuvapaat painopaperit sisältävät vähintään 90 % kemiallisesti valmistettua sellumassaa ja puuta sisältävät painopaperit on valmistettu suurimmaksi osaksi mekaanisesta valkaistusta massasta.

Pehmopaperit muodostavat monimuotoisen ryhmän erilaisia paperiliinoja, nenäliinoja ja lautasliinoja. Kartonkeja käytetään yleisesti erilaisiin pakkauksiin. Paperin ja kartongin välillä ei ole olemassa minkäänlaista selvää eroa. Paperi on vain yleensä ohuempaa, kevyempää ja taipuisampaa kuin kartongit. Viimeiseen ryhmään, eli erikoispapereihin, kuuluvat esimerkiksi suodatinpaperit, kaapelipaperit, teepussien paperit ja vastaavat.

Paperin tuotanto

Paperin valmistaminen alusta alkaen raaka-aineista valmiiksi paperituotteeksi voidaan jakaa kahteen eri päävaiheeseen, massanvalmistus ja paperinvalmistus. Massanvalmistamiseen on olemassa useita erilaisia tapoja, mutta niillä kaikilla on yksi ja sama päämäärä eli selluloosakuitujen erottaminen puuraaka-aineesta. Kierrätettyjä kuituja saadaan vanhasta uudelleen kierrätyksen kautta hyötykäyttöön saadusta vanhasta

paperista, kuten esimerkiksi vanhoista sanomalehdistä. Täysin uusia puusta saatuja kuituja kutsutaan ensiökuiduiksi. Kierrätetyt kuidut pulperoidaan aina uudelleen mekaanisesti ja ensiökuituja voidaan käsitellä joko mekaanisesti tai kemiallisesti. Kun valmistetaan ensiökuituja, ensimmäinen vaihe on kuoria puut ja sen jälkeen puiden hakettaminen lastuiksi. Selluloosakuidut ovat vahvoilla sidoksilla kiinni hemiselluloosassa ja ligniinissä. Sen vuoksi puun mekaaninen käsittely täytyy olla paljon kovempaa kuin vastaava käsittely kierrätetyillä materiaaleilla. Huolimatta siitä, miten puuta on käsitelty, massa sisältää aina puhtaiden kuitujen lisäksi enemmän tai vähemmän ligniiniä. Ligniini on itsessään väritöntä, mutta paperin valmistusprosesseissa se värjäytyy suurimmaksi osaksi lämmön vaikutuksesta. Syntynyt väri voidaan poistaa valkaisemalla massa erilaisilla kemikaaleilla.

Valkaistua massaa käytetään paperin valmistukseen. Kuituja sisältävä massa laimennetaan vedellä ja sekaan lisätään tarvittavat kemikaalit. Tämä sekoitus pumpataan paperikoneelle, jossa massasta muodostetaan paperiraina. Paperikoneella massasta poistetaan suurin osa vedestä ja jäljelle jäävät kuidut sekä muut ainesosat muodostavat paperin, joka rullataan lopulta rullaksi koneen loppupäässä.

2.2. Massanvalmistus

Raaka-aineet

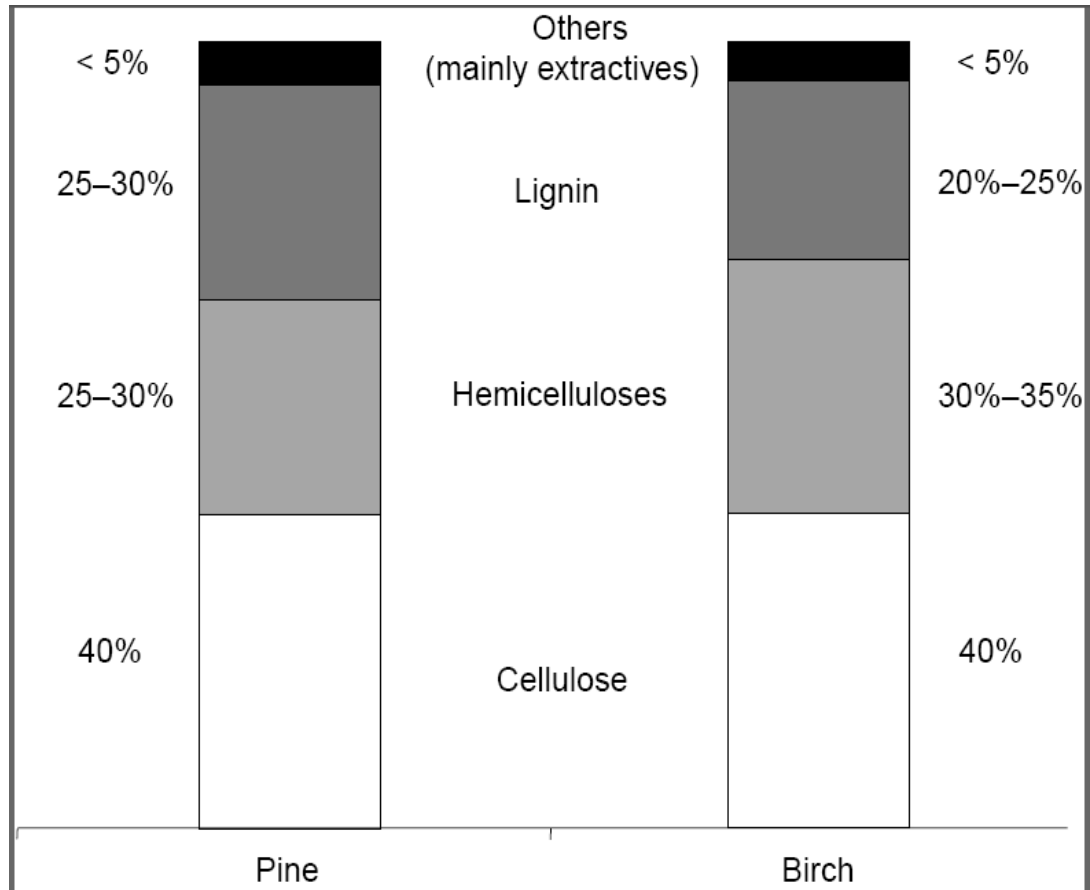
Paperia valmistetaan monista erilaisista raaka-aineista. Puu on kuitenkin raaka-aineena kaikista yleisimmin käytössä nykypäivänä. Toiseksi eniten paperin valmistuksen raaka-aineena käytetään kierrätettyä paperia. Uusiopaperin käyttö on viime aikoina lisääntynyt huomattavasti ympäristöseikkojen vuoksi, mutta kierrätetyt kuidut eivät voi kuitenkaan täysin poistaa uusien kuitujen tarvetta. Kierrätettyjä kuituja voidaan käyttää vain noin viidestä seitsemään kertaan, koska kierrätysprosessissa kuitu lyhenee joka kerta. Lopulta kuitua on käsitelty ja muokattu niin paljon, että se on liian lyhyt ja siten aiheuttaa paperin lujuuksien sekä paperin muiden laatuvaatimuksien heikentymistä. Tästä samaisesta syystä kierrätetystä kuitumassasta valmistetaankin yleensä paperia, jolla ei ole korkeita laatuvaatimuksia. Tällaisia papereita ovat esimerkiksi sanomalehtipaperi, kartongit ja aaltopahvit. Joissakin maissa, kuten Kiina ja Intia, käytetään edelleen usein kuitujen raaka-aineena vehnä- ja riisiolkia sekä muita puulle vaihtoehtoisia kuidun lähteitä.

Ensiökuituja saadaan sekä lehtipuista että havupuista. Yleisimmin käytettyjä havupuita ovat mänty sekä kuusi ja lehtipuista käytetään haapaa, koivua ja pyökkiä. Eukalyptuspuu ja akasiapuu ovat myös vallanneet alaa hyvinä lehtipuukuidun lähteinä.

Sekä lehtipuissa että havupuissa on suhteessa yhtä paljon selluloosakuituja, eli noin 40 % puun massasta. Tämä arvokas materiaali, selluloosa, koostuu suurista lineaarisista polysakkarideista, glukoosiyksiköistä $C_6H_{12}O_6$. Selluloosan lisäksi puu sisältää hemiselluloosaa, ligniiniä ja uuteseoksia. Sekä lehti- että havupuut sisältävät noin 25 – 35 % hemi-selluloosaa. Se koostuu suurimmaksi osaksi glukoosista, mannoosista,

galaktoosista, ksyloosista ja arabintoosista. Selluloosan tyyppi ja ominaisuudet vaihtelevat suuresti eri puulajien mukaan. Ligniini on voimakkaasti haarautunut polymeeri ja meeri. Ligniini on aines, joka peittää selluloosakuituja ja liimaa kuidut toisiinsa. Yleensä puu sisältää 20 – 30 % ligniiniä.[1]

Kuvassa 2.1 on esitetty puun ainesosien keskiarvoiset suhteelliset määrät koivun ja männyn osalta. [2]



Kuva 2.1. Keskimääräiset puun ainesisällöt männyssä ja koivussa.[2]

Siistattu massa

Kierrätetyt kuidut käsitellään aina uudelleen myös mekaanisesti. Raaka-aine, eli kierrätetty paperimateriaali, sekoitetaan ensin veden ja erilaisten kemikaalien kanssa. Sitten syntynyttä massaa kuidutetaan niin, että kuidut erottuvat erilleen. Sen jälkeen seos käsitellään prosessissa, jota kutsutaan siistaukseksi. Siinä poistetaan vanha muste kierrätetystä massasta. Tämän jälkeen kuidut täytyy vielä käsitellä ennen kuin niitä voidaan käyttää paperin valmistukseen. Se tehdään jauhimissa, joka muokkaa kuiduista käyttökelpoisia. Jauhimia tarvitaan, että kuidut olisivat tarpeeksi joustavia ja oikean pituisia.

Mekaaninen massa

Yleisesti ottaen on olemassa kolme erilaista päämenetelmää tuottaa ensiökuituja mekaanisesti. Kaikista vanhin menetelmä tuottaa puuhioketta eli GWP:tä (Ground Wood Pulp). Siinä puita hiotaan vasten pyöriviä hiomakiviä. Tämä tapa erottaa ensiökuituja puusta on varsin vanha, ja onkin siksi enemmän tai vähemmän korvautunut muilla uudemmilla menetelmillä. Toinen näistä korvaavista menetelmistä on kuumahierre eli TMP (Thermo Mechanical Pulp). Tässä menetelmässä puuhake hierretään teräslevyjen tai lieriömäisten rumpujen välissä. Tehokkuuden parantamiseksi prosessiin lisätään sekaan kuumaa vesihöyryä. Se nostaa koko prosessin lämpötilaa ja siksi kuidut irtoavat helpommin puusta. Kolmas metodi on melkein kuten TMP-prosessi. Siinä menetelmässä puuhaketta liuotetaan hiukan kemiallisesti ennen hiertämistä. Se helpottaa massanvalmistusta ja näin syntynyttä massaa kutsutaan kemihierteeksi CTMP (Chemithermo Mechanical Pulp).

Yksi mekaanisen massan valmistuksen hyvistä puolista on suuri saanto. Mekaanisen massan valmistusprosessin saanto on noin 90 – 98 %. Massan lujuusarvot ovat kuitenkin pienemmät kuin vastaavat kemiallisella massalla. Mekaaninen käsittely lyhentää kuituja karkean ja kovan prosessin kuluessa. Toinen asia on, että mekaaninen massa sisältää paljon ligniiniä. [3]

Kemiallinen massa

Kemiallisessa paperimassan valmistuksessa selluloosakuidut erotellaan raaka-aineesta kemiallisen käsittelyn avulla. Kuidut vapautetaan puusta poistamalla niitä yhteen sitova ligniini. Selluloosan irrotus tehdään niin sanotussa sellukattilassa. Siellä puuhaketta käsitellään korkeassa lämpötilassa. Kattilaan lisätään erilaisia kemikaaleja, jotka pehmentävät ja sulattavat haketta. Prosessin saanto on huomattavasti pienempi kuin mekaanisen massan valmistuksessa, koska suurin osa ligniinistä poistetaan prosessin aikana. Kemiallisen käsittelyn jälkeen selluloosamassa sisältää noin 10 % ligniiniä, joka on noin 20 – 25 % alkuperäisestä ligniinin määrästä. Yleisesti ottaen prosessin saanto on noin 50 – 60 %. Selluloosakuidut eivät vahingoitu kemiallisen käsittelyn aikana, joten paperilla, joka on valmistettu kemiallisesta massasta, on todella hyvät mekaaniset lujuusominaisuudet.

Kemiallista massaa voidaan valmistaa kahdella erilaisella tavalla. Tärkein on niin sanotun sulfaattimassan valmistus. Siinä kemikaaleina massan käsittelyyn ja puuhakkeen sulattamiseen käytetään natriumhydroksidia ja erilaisia sulfidi-ioneja. Prosessissa käytettävistä kemikaaleista suurin osa kierrätetään uudelleen käyttöön, mutta pieni osa rikkiä katoaa aina ja se korvataan natriumsulfaatilla. Toinen tapa valmistaa kemiallista massaa on sulfiitin hyväksi käyttö. Sulfiittien käyttö on kuitenkin ollut jo vuosikymmeniä vähenemään päin kuidun laatuongelmien vuoksi sekä ympäristöasioiden takia. Sulfiittimassalla on kuitenkin parempi saanto sekä sitä on helpompi valkaista kuin sulfaattipitoista selluloosamassaa. [4]

Valkaisu

Raakapuusta valmistettu massa sisältää aina enemmän tai vähemmän ligniiniä. Sen määrä massassa riippuu siitä, miten paperimassa on valmistettu. Suurin ongelma, jonka ligniini aiheuttaa on sen värjäytyminen prosessin aikana lämpötilasta johtuen. Joissain tapauksissa tuotteella ei ole niin suuria vaatimuksia ominaisuuksille, silloin ligniinin värjäytyminen ei haittaa lopputuotetta ja massa voidaan käyttää sellaisenaan. Usein paperilla on tarkemmat vaatimukset muun muassa optisille ominaisuuksille ja silloin massa täytyy valkaista ennen käyttöä.

Mekaaninen massa valkaistaan usein käyttämällä metodia, joka käsittelee juuri värjäntynyttä osaa ligniinistä. Tämä tehdään yleensä käyttämällä valkaisussa vetyperoksidia, ditioniittia tai natriumbisulfiittia. Toinen valkaisutekniikka on enemmän käytössä oleva ja se perustuu ligniinin poistoon massasta. Tätä valkaisutekniikkaa käytetään vain valkaistessa kemiallista massaa. Tämä tapa valkaista massaa ei vain valkaise vaan myös parantaa massan kestävyysominaisuuksia. Tällainen valkaisuprosessi pitää sisällään monia eri vaiheita, joissa massaa käsitellään ensin kemiallisesti ja sitten massa pestään. Aikaisemmin kloori oli tärkeä kemikaali valkaisussa. Sen käyttö on kuitenkin lähes kokonaan lopetettu, koska se synnyttää prosessin aikana myrkyllisiä orgaanisia kloori-yhdisteitä. Nykyisin valkaisemiseen käytetään yleensä klooridioksidia. Tätä valkaistua massaa kutsutaan nimellä ECF, elementary chlorine free pulp. Valkaisutekniikoiden kehittyessä, on nykyään mahdollista valkaista massa kokonaan ilman klooria. Silloin kloorin tilalla käytetään happea, otsonia ja vetyperoksidia. Tämä massa on nimeltään TCF, totally chlorine free pulp. TCF-valkaisu ei kuitenkaan määrällisesti vielä kilpaile ECF-valkaisun kanssa. [5]

2.3. Paperinvalmistus ja vesikierrot

Paperimassa voidaan tuoda paperitehtaalte kahdella eri tavalla. Jos massanvalmistus on integroitu paperitehtaan yhteyteen, saadaan massa sieltä suoraan tehtaalte tai paperimassa voidaan tuoda tehtaalte myös kuivattuina paaleina. Aluksi paperimassaa laimennetaan nollavedellä, jota käytetään paperitehtaan prosesseissa. Sen jälkeen massaan lisätään erilaisia kemikaaleja, jotka parantavat paperin laatua tai prosessin ajettavuutta. Mahdollisia lisäaineita ovat esimerkiksi erilaiset täyteaineet, retentioaineet, liima-aineet, märkä- tai kuivalujuutta parantavat aineet tai väriaineet. Sen jälkeen tämä liuos laimennetaan edelleen noin 0,2 – 1 % sakeuteen ja pumpataan paperikoneen perälaatikolle. Perälaatikon tärkein tehtävä on levittää massasulppu nopeasti liikkuvan viiran leveydelle tasaisesti. [6]

Ensimmäistä osiota paperikoneesta kutsutaan usein märäksi pääksi. Tässä osiossa osa ylimääräisestä vedestä poistuu vetovoiman ja viiran alle sijoitettujen imulaatikoiden avulla. Viiran tehtävänä on siis säilyttää kuidut ja lisäaineet mahdollisimman hyvin. Tämän jälkeen rainan sakeus on noin 15 – 25 %.

Sen jälkeen paperirata siirtyy puristushuovalle paperikoneen puristinosalle. Tässä osiossa paperiraina kulkee eteenpäin suurten puristinrullien välistä. Puristimissa syntyvän paineen avulla pakotetaan ylimääräistä vettä siirtymään puristinhuopaan. Paperikoneen puristinosan jälkeen sakeus on noin 33 – 55 %. [7]

Viimeinen osa paperikoneesta on kuivatusosa. Tämä osio pitää sisällään suuria lämmitettyjä kuivaussylintereitä, joissa paperirainasta poistetaan loput ylimääräiset prosessivedet. Huomionarvoista on kuitenkin se, että vain noin 1 % alkuperäisestä vesimäärästä poistetaan tässä osiossa. Se on tärkeää siksi, että veden poistaminen kuivatusosiossa on paljon kalliimpaa kuin veden poistaminen mekaanisesti. Lopullinen kuiva-ainepitoisuus saavuttaessa kiinnirullaimelle on noin 90 – 95 %. [8]

2.3.1. Paperikoneen vesikierrat

Paperin tuotannon aikana paperitehtaissa käsitellään suunnattomia määriä vettä. Kaikki putket ja säiliöt, joita käytetään nollaveden siirtoon tai säilytykseen, ovat osa kierto-vesijärjestelmää. Yksityiskohtainen rakenne vaihtelee paperikoneiden välillä, mutta on olemassa joitakin kaikille samanlaisia yhteneväisyyksiä. Vesikiertoissa on kaksi pääkiertoa lyhyt ja pitkä. Lyhyt kierto tarkoittaa vesikiertoa perälaatikolta viiralle, sieltä viirakaivoon ja edelleen pumpulle. Vain se osa vedestä, joka poistuu märän pään alkuosassa, menee viirakaivoon ja edelleen lyhyeen kiertoon.

Vesi, joka poistuu rainalta imulaatikoissa ja puristinosalla kuuluvat toiseen pääkiertoon, eli pitkään kiertoon. Näitä kierrosta talteen otettuja vesiä käytetään sulpun laimentamiseen ja kaivojen pinnankorkeuden tasaamiseen. Osa kierrätetystä vedestä voidaan myös puhdistaa ja ottaa sen sisältämät kuidut talteen sekä palauttaa ne kiertoon. Tätä puhdistettua vettä voidaan käyttää esimerkiksi paperikoneen suihkuissa.

2.3.2. Nollaveden koostumus

Nollaveden koostumus riippuu useista eri asioista. Koostumukseen vaikuttaa esimerkiksi käytetyt raaka-aineet, tuote jota valmistetaan ja paperikoneen tyyppi. Siksi on mahdotonta sanoa yleispätevää nollaveden koostumusta. Silti on kuitenkin mahdollista mainita joitakin aineita, joita nollavesi varmuudella sisältää. Riippumatta siitä minkä tyyppisiä kyseiset aineet ovat tai mistä ovat lähtöisin, ne esiintyvät aina joko partikkeleina tai ovat liuenneina veteen ja muodostavat sekä epäorgaanisia ja orgaanisia seoksia.

Ensinnäkin nollavesi sisältää huomattavan paljon kuituja. Ne eivät ole jääneet rainalle, vaan ovat menneet veden mukana viiran läpi. Osa kuiduista kärsii prosesseissa niin, että ne hajoavat pieniin palasiin. Näitä hajonneita kuituja voidaan pitää hienoaineena. Ne voidaan käsitellä edelleen ja hajottaa siten, että pienet polysakkaridiketjut liukenevat veteen. Kuitujen lisäksi nollavesi sisältää paljon muitakin aineita jotka ovat lähtöisin massasta. Silloin kun käytetään ensiökuituja, niin nollaveteen sekoittuu usein ainesosia kuten monosakkarideja, disakkarideja, pihkaa, kasvivahaa ja rasvahappoja. Käytettäessä massan raaka-aineena kierrätettyä massaa, suurin nollaveden

ainesosa on tärkkelys. Tärkkelys on paperin lisäaine, joka parantaa lujuusominaisuuksia kierrätetystä kuidusta valmistetussa paperissa.

Massalietteeseen lisätään usein täyteaineita parantamaan paperin pinnan sileyttä, opasiteettia ja painettavuutta. Täyteaineet vähentävät myös paperin valmistuksen kustannuksia, koska täyteaineet ovat halvempia kuin kuidut. Yleensä paperiin lisätään noin 20 – 35 % täyteaineita paperin massasta. Vaikka täyteaineita pidetään reagoimattomina, ne voivat liueta jonkin verran ja siten vaikuttaa massan pH-arvoihin.

Retentiota parantavia lisäaineita lisätään lietteeseen, että paperikuitujen, täyteaineiden ja muiden mahdollisten lisäaineiden sitoutuminen toisiinsa ja viiralle parantuisi. Koska hienoaineet ja jotkin lisäaineet ovat partikkelikooltaan niin pieniä, etteivät ne pysty kiinnittymään mekaanisesti paperiin, täytyy ne sitoa kuituihin kemiallisin tavoin. Tämä sitominen tehdään vahvasti kationiaktiivisten yhdisteiden avulla.

Yksi paperin tärkeistä ominaisuuksista on sen kyky kestää kastumista erilaisten nesteiden, varsinkin veden, vaikutuksesta. Erilaisia kemikaaleja avuksi käyttämällä saadaan paperille annettua tarvittavat ominaisuudet. Näitä kemikaaleja lisätään paperiin kahdella eri tavalla. Joko aineet lisätään suoraan massalietteeseen eli massaliimataan, tai vaihtoehtoisesti kemikaalit lisätään paperiin vasta paperikoneen kuivassa päässä. Silloin tarvittavat kemikaalit lisätään paperirainan pinnalle eli pintaliimataan. Kaikkein eniten käytetään massaliimausta. Massaliimaus tehdään joko happamissa olosuhteissa hartsin ja alumiinisulfaatin avulla. Toinen, nykyisin yleistynyt vaihtoehto, on neutraaliliimaus AKD:llä (alkyyli keteeni dimeeri) tai ASA:lla eli alkenyylin meripihkahapon anhydridillä. Kalsiumkarbonaatin käyttö täyteaineena on lisännyt tarvetta neutraalin tai emäksisen massaliimauksen käytölle.

Painopaperit tarvitsevat sileän pinnan, että saavutettaisiin hyvä painettavuus. Siksi paperi pigmenttipäällystetään. Päällyste pitää sisällään pigmenttejä, sideaineita ja apuaineita. Pigmentteinä toimii usein liitu (CaCO_3), talkki tai kaoliini. Sideaineina toimivat esimerkiksi lateksit.

Nollaveden koostumus voi siis vaihdella suurestikin eri koneiden ja prosessien välillä. Vaihteluilla on myös vaikutusta valmistettavan paperin ominaisuuksiin. Siksi valmistettaessa suuria eriä monen päivän ajan samanlaatuista paperia, nollaveden koostumus ei saisi vaihdella paljoa. Aina kun koneella tehdään muutoksia prosessissa, kuten kemikaalien vaihtoa, hyllyn käyttö, eri tankkien käyttö, vaikuttaa ne myös välittömästi nollaveden koostumukseen. Nollavesi vaihtelee tietysti myös silloin kun koneella vaihdetaan tuotteesta toiseen.

Nollaveden koostumus vaihtelee usein myös riippuen siitä miltä koneen osalta vesi on kerätty. Esimerkiksi koneen alkupäästä kerätty vesi sisältää enemmän hienoaineita kuin nollavesi koneen loppupäästä. [9]

2.3.3. Paperinvalmistusprosessista poistuvan jäteveden ominaisuudet

Paperinvalmistus on monimutkaista ja prosessit pitävät sisällään paljon erilaisia kemikaaleja. Kaikkia näitä kemikaaleja voi päästä myös paperikoneen nollaveteen ja jäteveeteen. Siitäkin huolimatta, että osa prosessin kemikaaleista lisätään paperiin vasta paperikoneen kuivassa päässä, näitä kemikaaleja voi päästä vesikiertoihin joko kierrätettyä materiaalia käytettäessä tai sitten käytettävän hylyn mukana. Nollaveden ja jäteveden täydellistä koostumusta ja eri aineiden määriä sekä yhdisteitä on vaikea määrittää. Sen sijaan nämä aineet yhdistetään usein yhdeksi kasaksi ja jaetaan sitten isoimmiksi määriteltäviksi osiksi.

Tällaisia mitattavia suureita ovat esimerkiksi:

- Biologinen hapenkulutus (BOD). BOD on se hapen määrä, jonka pieneliöt tarvitsevat orgaanisen aineen hajottamiseen.
- Kemiallinen hapenkulutus (COD). Eli kemialliseen hajottamiseen tarvittava hapen määrä.
- Erilaiset ravinteet, kuten typpi ja fosfori, jotka aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä.
- AOX, eli orgaanisten klooriyhdisteiden määrä. Nämä pitävät sisällään monia erilaisia klooriyhdisteitä, joilla on erilaisia vaikutuksia ja ominaisuuksia. Nykyään kloorivalkaisun käyttöä on vähennetty teollisuudessa ja siksi AOX-päästöt ovat vähentyneet huomattavasti.
- Total Suspended Solids (TSS), eli kokonaiskiintoaineen määrä jätevedessä. Tämä suure on se, johon tässä tutkielmassa pääosin keskitytään.
- Usein teollisuuden jätevesistä mitataan myös lämpötila ja happamuus, eli pH-arvo.

Nämä mitattavat suureet aiheuttavat ympäristölle ja vesistöille suurta kuormitusta. Siksi nykyään tiukentuneiden määräysten ja valvonnan vuoksi, jätevedet puhdistetaan mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti ennen ympäristöön laskemista. [10]

2.4. Paperinvalmistus Tervakoskella

Tervakoskella on käytössä 5 tuotantokonetta ja paperikone 2, joka toimii erilaisissa tutkimuksissa pilottikoneena. Tervakosken tuotteita ovat erilaiset erikois- ja hienopaperit.

Paperikone 3 on pienin ja vanhin Tervakosken varsinaisista tuotantokoneista. Sen tuotteita ovat vesileimatut paperit sekä varmuuspaperit. Paperikone on vanhin Suomessa tuotantokäytössä oleva kone.

Varsinaiseen tutkimukseen otettiin Tervakoskelta mukaan neljän paperikoneen jätevedet. Näistä PK4 on tuotantokapasiteetiltaan pienin. Sen vuosituotanto on noin 6000 tonnia. Leveyttä koneella on 220 cm. PK4 valmistaa savuketeollisuuteen savukkeen päälle tulevaa paperia.

Toinen vanhan puolen koneista PK8, on Tervakosken paperitehtaan koneista tuotantomääräisesti toiseksi suurin. Leveyttä koneella on 315 cm ja vuotuinen tuotanto noin 30000 tonnia. Sen tärkeimmät tuotteet ovat tarrojen taustalle tuleva irrokepaperi ja kaapelieristepaperit.

Uudella puolella on myös kaksi konetta. Niistä pienempi PK11 on leveydeltään 345 cm. Tuotantokapasiteettia koneella on noin 20000 tonnia. Myös PK11 valmistaa paperia savuketeollisuuteen. Sen tuotteena on savukkeen filteriosan päälle tuleva paperi eli niin sanottu tippipaperi.

PK12 on suurin Tervakosken paperikoneista. Sen leveys on 450cm ja tuotantoa vuosittain noin 55000 tonnia. PK12 valmistaa erilaisia ohuita painopapereita. Koneen valmistamaa paperia käytetään esimerkiksi raamatuissa.

3. JÄTEVESIEN PUHDISTUS

Jätevesien puhdistus on erittäin tärkeää ympäristön kannalta. Siksi paperitehtaiden jätevesiä puhdistetaan ennen kuin niitä lasketaan takaisin vesistöihin. Jätevesien puhdistus on kehittynyt roimasti 1900 -luvun loppupuolella ja nykyisin onkin jo olemassa lukuisia erilaisia tapoja puhdistaa jätevesiä. Yleisimmin Suomen paperiteollisuudessa on vielä nykyisin käytössä aktiivilietelaitokset jäteveden puhdistamiseen. Lisäksi aktiivilietelaitoksien yhteyteen on usein rakennettu ravinteiden poisto. Aktiivilietelaitoksille on olemassa kuitenkin vaihtoehtoja, jotka ovat edullisempia ja vievät vähemmän tilaa. Näillä uusilla menetelmillä uskotaan vähäisestä käyttökokemuksesta huolimatta olevan yhtä hyvät puhdistustehokkuudet kuin aktiivilietelaitoksillakin.

Riippuen siitä miten puhdistettua jätevettä käsitellään puhdistuksen jälkeen, puhdistusprosessi voidaan nimetä joko ulkoiseksi tai sisäiseksi jäteveden puhdistukseksi. Ulkoinen jäteveden puhdistus tarkoittaa sitä, että siinä jätevesi on jo siirretty pois prosessista. Näin ollen ainoa tarkoitus ulkoiselle jäteveden puhdistukselle on minimoida sen haittavaikutukset ympäristölle. Ulkoisen puhdistuksen hyviä puolia on sen erillisyys prosessista. Silloin itse paperinvalmistusprosessi ei ole riippuvainen puhdistuksen tehosta tai muista mahdollisista vaikutuksista. Nykyisin on olemassa paljon hyviä ja tehokkaita menetelmiä, joilla vesi saadaan puhdistettua vesistökelpoiseksi.

Sisäisellä jäteveden puhdistuksella tarkoitetaan sitä, että puhdistettua vettä ja siitä talteen otettuja hyötyaineita käytetään uudelleen paperin valmistuksessa. Siten puhdistusprosessin voidaan ajatella olevan osa paperin valmistusprosessin kokonaisuutta eikä vain erillinen prosessi jäteveden puhdistamiseksi. Tämä antaa puhdistusprosessille täysin uusia vaatimuksia, koska se ei saa vaikeuttaa tai jopa estää paperinvalmistusta vaan olla osa sitä. Sisäisellä puhdistuksella tähdätään ennen kaikkea raaka-ainesäästöihin. Tehokkaasti toteutettuna jätevedestä saadaan erotettua kuituja, täyteaineita ja lisäaineita uudelleen käytettäväksi paperin valmistukseen. Puhdistettua jätevettä voidaan myös käyttää uudelleen raaka-aineena, pesureissa tai muissa paperikoneen tarvitsemissä vaiheissa. Sisäisellä puhdistusmenetelmällä saadaan siis suoria säästöjä raaka-ainekustannuksissa ja energiakustannuksissa. Tarvittavan tekniikan hankkiminen ja uusien laitteistojen käyttöönotto voi olla kuitenkin huomattavan kallista.

Erilaiset puhdistusmenetelmät voidaan jakaa neljään eri ryhmään. Näitä ovat mekaaniset, fysikaaliset, kemialliset ja biologiset menetelmät. Myös näiden neljän edellisen yhdistelmiä ja erilaisia kokonaisuuksia käytetään yleisesti. [11]

3.1. Mekaaninen puhdistus

Puhuttaessa ulkoisesta jäteveden puhdistuksesta, niin yleensä puhdistuksen ensimmäinen vaihe on mekaaninen vaihe. Mekaanisilla käsittelyillä saadaan poistettua jätevedestä suurin osa kiintoaineista, kuten kuiduista. Yleisiä mekaanisia puhdistusmenetelmiä ovat saostus, suodatus ja flotaatio.

3.1.1. Saostus

Saostus on yksi yleisimmistä tavoista erottaa kiinteitä ainesosia nesteestä. Sitä käytetään huomattavissa määrin paperiteollisuuden ulkoisena vedenpuhdistustapana sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Saostus perustuu siihen, että kiinteät partikkelit ovat tiiviimpiä kuin vesi ja siksi ne vajoavat nesteessä pohjalle. Näin pohjalle muodostuu kiinteistä osista lietettä, joka on sieltä helppo poistaa. Saostaminen poistaa noin 60 – 95 % kiintoaineista. Lopuksi saostimesta poistettu liete kuivataan ja käytetään hyödyksi.

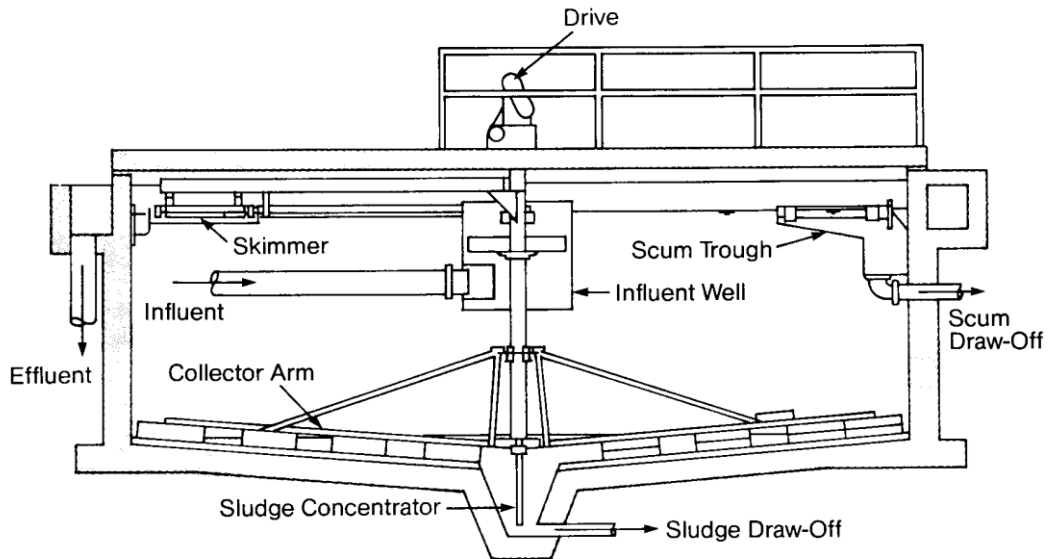
Selkeyttimessä saostuminen voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen:

- *Vapaa saostuminen.* Tällöin yksittäiset partikkelit pääsevät vajoamaan vapaasti ilman että muut aineissa olevat vaikuttavat niihin. Silloin voidaan matemaattisesti määrittellä yksittäisen partikkelin saostumisnopeus. Tämä nopeus riippuu partikkelin muodosta, partikkelin sekä nesteen tiiveydestä ja nesteen viskositeetista. Tällaisia vapaasti saostuvia aineita on esimerkiksi hiekka. Jos altaassa oleva virtaus on pyörteetöntä, kuten yleensä selkeyttimissä on, niin saostumisnopeus noudattelee niin sanottua Stoken kaavaa.
- *Flokkien saostuminen.* Joskus nesteessä olevat kiintoaineet voivat myös kasaantua yhteen isommiksi kappaleiksi ja näin muodostuu niin sanottuja flokkeja. Tätä ilmiötä käytetään hyödyksi muun muassa biologisissa vedenpuhdistuksissa. Kun kiintoaineet kasaantuvat yhteen, niiden yhteen laskettu halkaisija kasvaa. Siten myös saostuminen nopeutuu. Flokkautuminen on kuitenkin ilmiönä niin monimutkainen, ettei siitä pystytä muodostamaan mitään yleispätevää matemaattista kaavaa. Niinpä saostumisnopeuksia täytyy selvittää käytännön kokeilla.
- *Estynyt saostuminen.* Tämä vaihe tulee eteen saostumisen loppuvaiheessa, jolloin ympäröivät partikkelit vaikuttavat yhä enemmän ja enemmän toisiinsa. Tämä vaihe saostumisesta alkaa kun lietteen konsentraation on yli 1 g/l.
- *Tiivistyminen.* Viimeisenä vaiheena on flokkien ja yksittäisten partikkeleiden tiivistyminen ja puristuminen altaan tai astian pohjalle.

Saostumissäiliöitä suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon se kuinka paljon jätevettä tulee puhdistettavaksi. Lisäksi erilaisilla tavoilla saadaan saostuminen altaissa tapahtumaan nopeammin eli altaan saostamiskapasiteetti on isompi. Silloin samalle määrälle jätevettä riittää pienempi allas. Yksinkertaisimmassa mallissa voidaan ajatella, että ajan, jonka partikkeli liikkuu pystysuoraan, täytyy olla pienempi kuin aika, jonka

partikkeli altaassa liikkuu vaakasuoraan. Eli toisin sanoen saostumisnopeus on silloin nopeampi kuin kuormitus pinnan yksikköä kohti.

Saostus tapahtuu yleensä suorakulmaisen muotoisissa tai pyöreissä altaissa. Altaiden pohjilla on yleensä kerääjiä, jotka raapivat saostuneen lietteen pois altaan pohjalta. Altaan koko määräytyy aina tarpeen mukaan niin, että jäteveden viipymä on tarpeeksi pitkä saostumisen mahdollistamiseksi. [3]



Kuva 3.1. Mekaanisesti toimiva tavallinen saostusallas. [12]

Kuvassa 3.1. nähdään yksi tapa toteuttaa mekaaninen saostumissäiliö. Siinä vettä kierrätetään altaan eri osista toiseen jolloin viipymä saadaan tarpeeksi pitkäksi.

3.1.2. Suodatus

Suodatuksella voidaan jätevedestä poistaa kiintoainesta varsin tehokkaasti. Menetelmää voidaan käyttää niin sisäisessä kuin ulkoisessakin jätevedenpuhdistuksessa. Suodattamalla saadaan siis hyvin talteen kuidut sisäisessä puhdistuksessa ja siten ne pystytään palauttamaan takaisin paperinvalmistusprosessiin. Suodatus on tehokas keino myös ulkoisessa puhdistuksessa, jos jäteveden kiintoainepitoisuus on hyvin suuri. Ongelmia aiheuttavat yleensä jäteveden sisältämä hienoaines ja pihka, jotka lopulta tukkivat suodattimen käyttökelttomaksi. Suodattimien käyttökustannukset ovat myös verrattain korkeat. Suodatusmenetelmiä ovat muun muassa ultrasuodatus, hiekkasuodatus ja kiekkosuodatus.

Ultrasuodattimella voidaan poistaa jätevedestä kaikki aines, jonka molekyylikoko on tarpeeksi suuri. Ultrasuodattimessa käytetään hyväksi tiheää huokoista kalvoa. Kalvon cut off -luvulla tarkoitetaan sitä mitä kokoa isommat partikkelit kalvo pystyy erottelemaan. Ultrasuodatuksessa käytetään hyväksi 0,1 – 1 Mpa painetta. Tämä tarvitaan vaadittavan suodatuksen aikaan saamiseksi. Paine-ero pakottaa kalvon

huokosia pienemmät partikkelit ja osan vedestä kalvon läpi, jolloin syntyy niin sanottu permenaatti. Loput isommat partikkelit ja vesi jää kalvon toiselle puolelle retentaatiksi.

Käytännössä ultrasuodatusjärjestelmä sisältää usein useita suodatusyksiköitä. Näin ollen suodatetun aineksen konsentraatio kasvaa kun edetään suodatusyksiköstä toiseen. Yleensä yksi järjestelmä sisältää 4 – 8 suodatusyksikköä.

Paperiteollisuudessa ultrasuodatusta käytetään esimerkiksi paperin valkaisun jäteveden puhdistuksessa, mekaanisen massan valmistuksen kierto-vesien puhdistuksessa ja lateksien talteen otossa päällystepaperin valmistuksesta. Ultrasuodatuksen lisäksi puhutaan nano- ja mikrosuoduksesta, riippuen siitä, mikä on käytettävän kalvon cut off – luku.

Hiekkasuodatuksessa suodatettava neste pumpataan suljettuun astiaan, joka on täytetty hiekkalla. Yleensä hiekkapedin paksuus on 0,5 – 1 m ja hiekkapartikkeleiden koko 0,8 – 2 mm. Hiekkasuodatusta käytetään usein biologisen käsittelyn jälkeen poistamaan jäljelle jäänyt kiintoaine. Yleensäkin menetelmä sopii vesiin, joissa on vain vähän kiintoainetta.

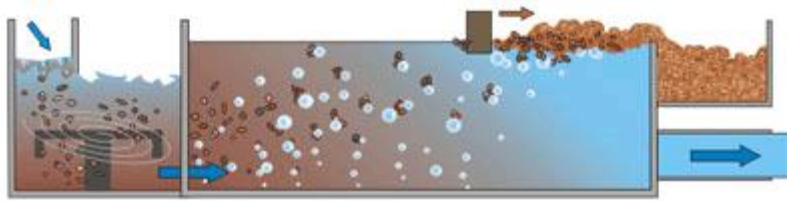
Hiekkasuodattimet vaativat käyttökohteesta riippuen useinkin huoltoa, koska hiekka pystyy sitomaan vain määrätyn määrän kiintoainesta itseensä. Kun tietty raja-arvo ylitetään, täytyy hiekkasuodatin pestä vastavirtahuuhtelun avulla. Siinä vettä pumpataan paineella vastakkaiseen suuntaan kuin suodatus tapahtuu.

Kiekkosuodattimella on hyvä poistaa kiintoaineita kun käsitellään suuria määriä jätevetä. Sillä ei kuitenkaan pystytä poistamaan liuenneita aineita. Kiekkosuodattimessa suodatettava liete on altaassa, jonka kautta osa pyörivästä kiekosta kulkee. Kierroksen aikana kiekon pinta uppoaa veteen ja suodatinmateriaali kerää kiintoainesta. Kierroksen jatkuessa kerätty kiintoaine nousee pinnalle ja muodostunut kakku kaavitaan pois kiekosta.

3.1.3. Flotaatio

Flotaatiolle ovat hyviä käyttökohteita sellaiset jätevedet, jotka sisältävät heikosti laskeutuvaa lietettä. Silloin saostuminen on liian hidasta ja täytyy käyttää muita menetelmiä. Flotaation peruseriaatteena on käyttää ilmakuplia hyväksi ja niiden avulla nostaa kiintoaine pinnalle. Jäteveden puhdistuksessa flotaatiota voidaan kutsua myös mikroflotaatioksi, DAF-flotaatioksi (Dissolved Air Flotation) tai paineilmaflotaatioksi.

Flotaatiossa tuotetaan hyvin pieniä mikrokuplia liuottamalla veteen ilmaa 4 – 6 bar paineen alaisessa tilassa. Kun tästä dispersiovedestä sitten vapautetaan paine, syntyy ilmakuplia. Nämä kuplat tarttuvat partikkeleihin ja tuovat ne pintaan, josta näin syntyvä liete kaavitaan pois. Raskaampia partikkeleita varten altaan pohjalla on yleensä myös kaapimet, että myös pohjalle laskeutuneet kiintoaineet saadaan poistettua.



Kuva 3.2. Flotaation peruseriaate: Ilmakuplat nostavat kiintoainepartikkelit pintaan ja sieltä liete kaavitaan talteen. Puhdistettu vesi johdetaan pois altaan sivusta. [13]

Flotaation etuina muihin menetelmiin pidetään hyvää puhdistustulosta myös kevyelle lietteelle. Hyviä ominaisuuksia ovat myös pieni pinta-alan tarve, lyhyt viipymäaika ja se, että flotaatioprosessi sietää hyvin myös suuria kiintoainepitoisuuksia. Haittoina sen sijaan ovat suuri kemikaalien tarve sekä huomattavan korkea energian tarve. Flotaation aiheuttamia kuluja lisää myös se, että puhdistuksessa syntynyttä lietettä ei voi sellaisenaan sekoittaa muuhun pohjalta talteen kaavittuun lietteeseen. Sen sijaan lietteestä on poistettava ilma esimerkiksi lietteen käsittelyn yhteydessä.

Paperiteollisuudessa flotaatiota käytetään usein sisäisessä jätevedenpuhdistuksessa kuitujen talteenotossa. Esimerkiksi kierrätyspaperilaitoksissa puhdistettavat prosessivedet sisältävät yleisesti 1000 – 2000 mg/l ja usein jopa 6000 – 10000 mg/l kuituainesta. Flotaation avulla nämä puhdistetaan 20 – 50 mg/l tasolle. Flotaatio soveltuu myös kiintoaineen erottelemiseen biologisen puhdistuksen jälkeen. Yleisesti tämä tekniikka on käytössä lähes kaikilla Skandinavian suurilla puhtasvesilaitoksilla. [14]

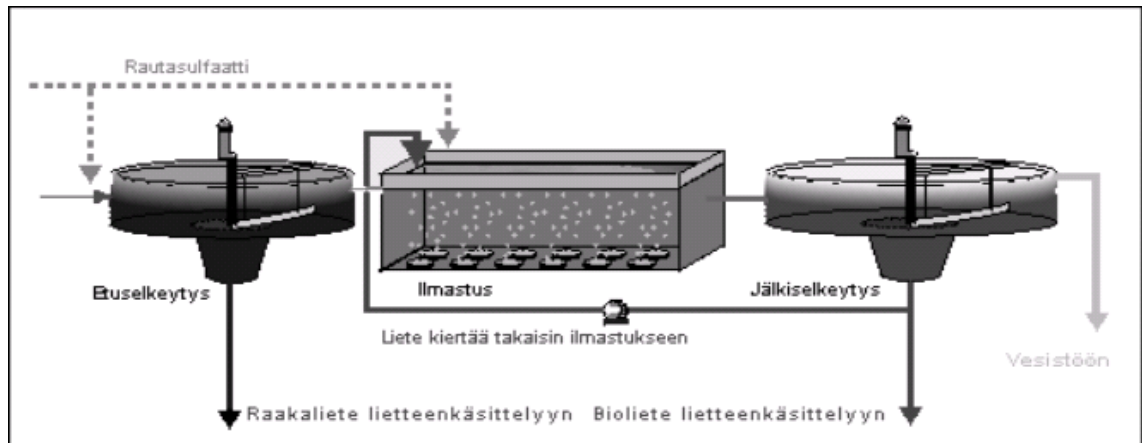
3.2. Aktiivilietelaitos

Suomalaisilla paperitehtailla käytössä olevat aktiivilietelaitokset on rakennettu 1980- ja 1990-luvuilla. Ne ovat yleisesti vieläkin käytössä ja ovat myös osoittautuneet hyvin tehokkaiksi menetelmiksi. Uusimpien BREF - dokumenttien (2003) (Best Available Technique Reference) arvojen mukaan aktiivilieteprosessissa pystytään poistamaan BOD-kuormituksesta yli 97 % ja COD-kuormituksesta yli 76 % (15). Ravinteista, kuten fosfori, saadaan yleensä poistettua 40 – 70 %, mutta sen sijaan typenpoisto on ongelmallista. Typestä saadaan Ojasen mukaan poistettua yleisesti ottaen vain pieni osuus eli noin 30 – 50 %. [15]

3.2.1. Aktiivilietelaitoksen prosessin kuvaus

Aktiivilietelaitos koostuu kolmesta eri päävaiheesta

- Jäteveden esikäsittely
- Ilmastus
- Jälkiselkeytys



Kuva 3.3. Aktiivilietelaitoksen prosessin yleiskuvaus. [10]

Jäteveden saamiseksi sellaiseen olomuotoon, että se voidaan viedä ilmastusaltaaseen, se täytyy ensin esikäsitellä. Esikäsitelyn tarkoituksena on poistaa mekaanisesti kaikki jäteveden isot kiinteät roskat ja ainesosat.

Esikäsitelyn jälkeen jätevesi johdetaan tasausaltaille, joissa jätevettä laimennetaan niin paljon, että se voidaan johtaa ilmastukseen. Ilmastusallas on vedenpuhdistuksen tärkein vaihe. Siellä mikrobit hajottavat epäpuhtauksia jätevedestä. Ilmastuksen tarkoitus on pitää prosessi käynnissä siten että mikrobikanta pysyy riittävänä. Jäteveteen lisätään usein rautasulfaattia ennen esiselkeytyksallasta. Rautasulfaattia voidaan lisätä tarvittaessa myös ilmastusaltaaseen. Rautasulfaatti toimii prosessissa saostuskemikaalina.

Ilmastusaltaan jälkeen jätevedet johdetaan jälkiselkeytykseen, josta kirkas vesi johdetaan eteenpäin ja erottunut liete palautetaan ilmastusaltaaseen. Kaiken kaikkiaan puhdistettava vesi viipyy prosessissa noin 15 – 48 tuntia. [16]

3.2.2. Esikäsitely

Ensimmäinen esikäsitelyn vaihe on välppääminen. Se tarkoittaa isojen partikkeleiden poistoa jätevedestä mekaanisen sihdin eli välppän avulla. Välppä on muodoltaan sihti, joka koostuu yhdensuuntaisista säleiköistä. Säleiköiden väli on yleensä 5 – 15 mm. Riippuen säleiköiden välistä, välppä voi olla joko koneellisesti tai käsin puhdistettava.

Seuraavaksi esikäsitelyssä jätevedestä poistetaan hiekka ja rasvat. Yksinkertaisimmillaan tämä vaihe pitää sisällään altaan, jonka pinnalta saadaan poistettua rasvat ja pohjalta sinne vajonneen hiekan. Muut kiinteät ainesosat jatkavat prosessissa eteenpäin. Tässä vaiheessa voidaan käyttää apuna myös ilmastusta, joka edesauttaa rasvojen nousua pinnalle.

Esikäsitelyssä tärkein vaihe ajatellen kokonaisprosessia on esiselkeytyks. Silloin vettä raskaammat osat laskeutetaan altaan pohjalle. Sieltä ne kerätään laahainten avulla pois ja edelleen lietteenkäsittelyyn. Esiselkeyttimestä vesi kerätään altaan reunoilta keräyskouruihin ja johdetaan edelleen seuraaviin puhdistusprosessin vaiheisiin. Laskeutusaltat ovat yleensä muodoltaan pyöreitä tai suorakaiteen muotoisia,

matalia tai niin sanottuja pystylaskeutusaltaita. Tärkein tähän vaiheeseen vaikuttava suure on pintakuorma. Mitä pienempi pintakuorma on sitä pienemmät ja kevyemmät hiukkaset ehtivät laskeutua selkeyttimen pohjalle viipymääjassa. [11]

3.2.3. Tasausaltaat ja varoaltaat

Esikäsitteystä tuleva jätevesi johdetaan seuraavaksi tasausaltaisiin, joiden tehtävä on tasata jäteveden määrän ja laadun vaihteluita. Tuleva jätevesi sekoitetaan tasausaltaassa jo ennestään olevan jäteveden kanssa. Näin saadaan aikaan jäteveden laadun ja samalla määrän sekä puhdistamon kuormituksen tasoittuminen. Jäteveden COD-kuormitus ja lämpötila laskevat tasausaltaassa.

Varoaltaan tehtävänä on varmistaa puhdistusprosessin jatkuminen. Eli esimerkiksi voidaan huomata, että prosessiin on päässyt aineita, jotka vaarantavat mikrobien toiminnan. Silloin voidaan kyseinen vesi varastoida varoaltaaseen ja sieltä annostella vettä muun jätteen sekaan pienemmissä erissä. Näin vahingollista ainetta ei pääse prosessiin niin paljon kerralla, että se aiheuttaisi mikrobikannan tuhoutumisen. [11]

3.2.4. Jäteveden ilmastus

Tärkein aktiivilietelaitoksen osaprosessi on jäteveden ilmastus. Aktiivilieteallas sisältää puhdistettavaa jätevettä ja sitä syöviä mikrobeja. Altaassa näitä kahta sekoitetaan jatkuvasti ja tarpeellisen hapensaannin turvaamiseksi jätevetteen lisätään happea pohjalla olevien ilmastimien avulla. Itse ilma tuotetaan kompressoreilla ja ilmastimien tehtävänä on jakaa ilma tasaisesti joka puolelle allasta. Ilmastus on koko aktiivilietelaitoksen eniten energiaa kuluttava vaihe.

Ilmastusaltaassa olevan jäteveden lämpötila tulisi olla noin 37 astetta. Lämpimimmissä olosuhteissa syntyy helposti niin sanottuja lämpöhakuisia, eli termofiilisiä bakteereita. Jos niitä syntyy ilmastusaltaassa, niin jälkiselkeyttimessä niitä on todella vaikea erottaa jätevedestä. Jälkiselkeyttimestä takaisin kierrätettävä bakteerikanta on elintärkeä prosessin kannalta, sillä jos bakteereja ei onnistuta kierrättämään lakkaa prosessi toimimasta.

Lämpötilan tarkkailu on tärkeää myös, koska jos se nousee yli 44 °C:een, bakteerikanta kuolee. Se pysäyttää kokonaan puhdistusprosessin, kunnes saadaan kasvatettua täysin uusi bakteerikanta. Parhaimmassakin tapauksessa prosessin seisokki kestää tällöin useampia päiviä. [11]

3.2.5. Jäteveden jälkiselkeytys

Ilmastusaltaasta lähtevän jäteveden jälkiselkeytys on tärkeä osa puhdistamon toimintaa. Siellä puhdistettu jätevesi erotellaan mukana olevasta lietteestä. Selkeyttimessä liete erottuu vedestä gravitaation avulla selkeyttimen pohjalle. Kirkas vesi voidaan päästää altaan reunoilta keräävien kourujen kautta vesistöön. Pohjalta kerätystä lietteestä osa palautetaan puhdistusprosessin alkupäähän ja osa kerätään talteen lietteen käsittelyä varten. [11]

3.2.6. Lietteen jatkokäsittely

Lietettä syntyy aktiivilieteprosessissa lähinnä esi- ja jälkiselkiytyksessä. Muita syntyviä jätteitä, kuten väljpeitä tai hiekkaa ei yleensä käsitellä, vaan ne viedään sellaisenaan kaatopaikalle. Liette on mitä suurimmassa määrin orgaanista ainesta, josta suurin osa on bakteerimassaa. Lietteen käsittelyn tarkoituksena on stabilointi eli lietteen biologisen toiminnan lopettaminen, hygienisointi eli patogeenisten mikrobien tuhoaminen ja lietteen määrän vähentäminen poistamalla ylimääräistä vettä.

Lietteen käsittely voi muodostua esimerkiksi seuraavista osavaiheista

- *Tiivistys:* Selkeytys altaista poistetusta lietteestä voi olla jopa yli 99 % vettä. Tässä vaiheessa lietteen kuiva-ainepitoisuus nostetaan noin viiteen prosenttiin. Tavoitteena on saada käsiteltävä massa mahdollisimman pieneksi. Tiivistys voidaan suorittaa esimerkiksi laskeuttamalla tai flotaation avulla.
- *Stabilointi:* Kaikki liete on stabiloitava ennen kuin sitä voidaan käyttää hyödyksi. Stabilointi voidaan toteuttaa joko biologisesti tai kemiallisesti. Kemiallisessa stabiloinnissa biologinen prosessi pysäytetään ja inaktivoidaan patogeenit lisäämällä lietteeseen esimerkiksi kalsiumhydroksidia. Sen avulla lietteen pH-arvo saadaan nousemaan yli 11. Biologinen stabilointi on joko aerobinen tai anaerobinen prosessi. Sen tavoitteena on käynnissä olevan hajoamisen vieminen loppuun asti. Anaerobisessa stabiloinnissa eli mädättämisessä lietteen sisältämät ainekset muuttuvat metaaniksi, hiilidioksidiksi, vedeksi ja mineraalisuoloiksi. Lahottamisen etuja mädättämiseen ovat helppous ja hajuttomuus.
- *Kunnostus:* Lietteen fyysisiä ominaisuuksia muutetaan siten, että vedenpoisto olisi mahdollisimman helppoa. Tämä tapahtuu joko kemiallisesti tai lämmittämällä.
- *Vedenpoisto:* Lopuksi liete kuivataan mekaanisesti. Menetelmästä riippuen lietteen kuiva-ainepitoisuus saadaan nostettua 20 – 45 % välille. Tyypillisiä kuivaustapoja ovat imusuotimet, lingot tai suotonauhapuristimet.
- *Kompostointi:* Suurin osa käsitellystä lietteestä kompostoidaan ennen kuin sitä käytetään hyödyksi muualla.

Lopuksi käsiteltyä lietettä voidaan käyttää hyväksi maanviljelyssä, viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. Liette voidaan myös polttaa, jos sitä ei saada muuten käytettyä hyödyksi. Suomessa ei kuitenkaan ole vielä olemassa lietteenpolttolaitoksia. Lietteen käyttäminen hyväksi on tärkeää myös taloudellisesti, koska lietteenkäsittely aiheuttaa suuren osan koko puhdistamon käyttökustannuksista.

[11][17]

3.3. Ravinteiden poisto biologisin menetelmin

Vaikka aktiivilietelaitos onkin kaiken kaikkiaan varsin tehokas puhdistusmenetelmä, voidaan sen yhteyteen silti liittää lisäksi ravinteiden poisto biologisin menetelmin. Typen ja varsinkin fosforin lisäpoisto voi hyvin olla tarpeellista aktiivilietepuhdistuksen rinnalla. Ravinteiden vähentäminen on vesistöjen rehevöitymisen vuoksi erittäin tärkeää.

Typpi voidaan poistaa jätevedestä kemiallisella, fysikaalisella ja biologisella menetelmällä. Suomessa käytetään yleisesti biologisia menetelmiä. Typpi poistetaan biologisesti hapettamalla pelkistyneet typpiyhdisteet nitraateiksi ja sen jälkeen pelkistämällä ne typpikaasuksi. Fosforin poisto tapahtuu luomalla sellaiset olosuhteet, että fosforimikrobit voivat varastoida itseensä mielin määrin fosforia. Silloin muodostuneet fosforimassat sitoutuvat lietteeseen, jolloin se pystytään erottamaan vedestä. Puhdistusprosessi voidaan vielä tehostaa lisäämällä jäteveteen niin sanottuja kantoaineita, eli pienillä kappaleilla joiden pinnalla kasvaa typeä poistavia bakteereja.

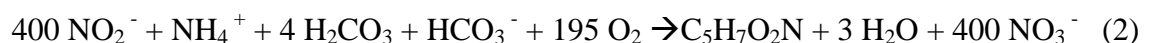
Typpiyhdisteitä voidaan poistaa jätevedestä myös niin sanotulla strippauksella. Silloin jätevedessä oleva ammoniakki puhalletaan ilman avulla pois vedestä. Sieltä ammoniakki voidaan johtaa esimerkiksi fosforihappoliuokseen, jolloin ammoniakki jää siihen ja syntyy ammoniumfosfaattia. Näin ollen ammoniakki ei pääse sellaisenaan takaisin luontoon ja ympäristöön. Ammoniumfosfaattia voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi lannoitteena. Tämä menetelmä soveltuu hyvin vaikkapa ammoniakkipitoisten lietevesien puhdistukseen, jolloin puhdistamon prosesseja ei kuormiteta turhaan typeä kierrättämällä. [11]

3.3.1. Typen biologinen poistaminen jätevedestä

Jätevedestä poistetaan typeä yleisimmin niin sanotulla nitrifikaatio-denitrifikaatio menetelmällä. Nitrifikaatiossa jäteveden sisältämät typpiyhdisteet hapetetaan bakteerien avulla nitriiteiksi ja edelleen nitraateiksi alla olevan reaktioyhtälön (1) mukaisesti. Hapettaminen tapahtuu hyväksikäyttäen kolmea eri bakteerisukua Nitrosomonas-, Nitrospira- ja Nitrobacter-lajeja.



Prosessi jatkuu edelleen ja syntyy nitraatteja seuraavan yhtälön (2) mukaisesti.

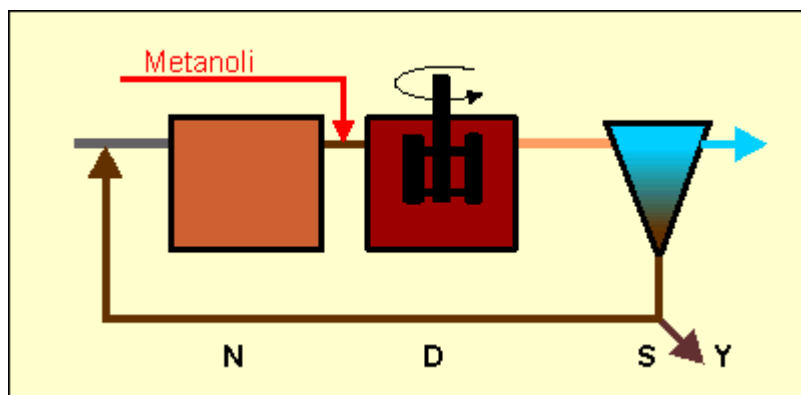


Nitrifikaatiossa syntyneet nitraatit pelkistetään hapettomassa tilassa erilaisten välivaiheiden kautta edelleen typpikaasuksi, joka voidaan poistaa ilmakehään. Tätä prosessivaihetta kutsutaan denitrifikaatioksi ja se etenee yhtälön (3) mukaisesti. Denitrifikaatiobakteerit tarvitsevat toimiakseen eloperäistä ravintoa. Ne voivat kasvaa myös hapellisissa olosuhteissa, mutta silloin ne eivät pelkistä nitraattia.



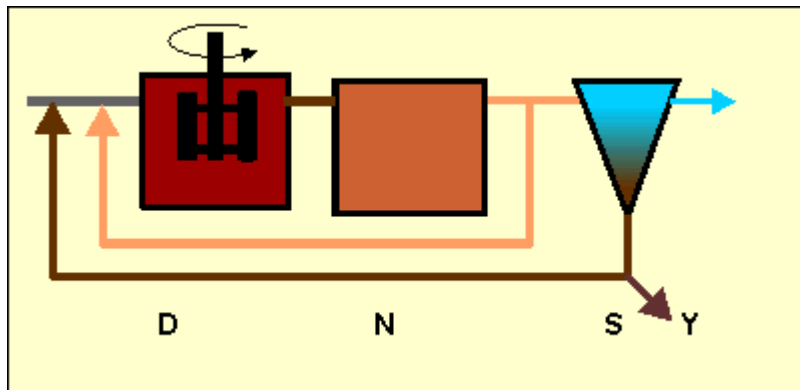
Tällä nitrifikaatio-denitrifikaatio menetelmällä ja sen erilaisilla muunnelmilla voidaan poistaa 60 – 90 % jäteveden sisältämästä typen määrästä.

Typenpoiston prosessit voidaan toteuttaa biologisesti joko aktiivilieteprosessiin perustuen, suodatinmenetelmällä tai näiden yhdistelminä. Selkein ja yleisimmin aktiivilietelaitosten kanssa käytettävä typenpoistotekniikka on nimenomaan nitrifikaatio-denitrifikaatio eli ND-prosessi. Siinä mekaanisen jäteveden puhdistuksen jälkeen tulee ensin ilmastusallas, jossa aktiiviliete hajottaa orgaanista ainetta ja typpiyhdisteet hapettuvat. Tämän jälkeen vedet ohjataan hapettomaan altaaseen, jossa on mukana sekoitin. Koska edellisessä vaiheessa orgaaninen aines on hajotettu minimiin, täytyy tänne hapettomaan vaiheeseen lisätä sitä. Näin denitrifikaatiobakteerit saavat ravinnetta ja nitraatit pelkistyvät typeksi sekä poistuvat ilmakehään. Tämä vaihe vaatii eniten energiaa ja kemikaaleja. Prosessi on kuvattuna yksinkertaisesti kuvassa 3.4.



Kuva 3.4. ND-prosessi. N kuvaa ilmastusallasta, jossa tapahtuu nitrifikaatio. D kuvaa hämmennettyä allasta, jossa tapahtuu denitrifikaatio. S on selkeytys allas ja Y on ylimääräisen lietteen poisto. [18]

Kuten kuvasta 3.5. nähdään, on DN-prosessissa ilmastusallas ja denitrikaatioallas ovat järjestyksessä toisinpäin.



Kuva 3.5. DN-prosessissa denitrikaatioallas on ennen ilmastusallasta. Selkeytys ja lietteenpoisto ovat kuten ND-prosessissakin. [18]

Typen hapettumis- ja pelkistymisketjua ajatellen vaiheiden kääntäminen toisin päin voi tuntua aluksi erikoiselta. Tämän prosessin toimintaperiaate on kuitenkin sellainen, että näin ilmastusaltaassa syntyneet nitraatit voidaan kierrättää takaisin denitrikaatioaltaan alkuun. Silloin denitrikaatiobakteerit voivat käyttää ravinnokseen jätevedessä jo valmiiksi olevaa eloperäistä ainesta. Näin ollen prosessiin ei tarvitse välttämättä lisätä ollenkaan orgaanista ainesta denitrifikaation ravinnon turvaamiseksi. Samalla myös ilmastuksen tarve vähenee, koska nitraattiin sitoutunut happi voidaan käyttää hyödyksi orgaanisen aineen hajotukseen denitrifikaatioaltaassa. Kalkin käyttöä voidaan myös vähentää, koska sitä ei tarvita niin paljon happamuuden säätöön kuin ND-prosessissa. [11][18]

3.3.2. Fosforin biologinen poistaminen jätevedestä

Fosfori esiintyy yleisesti jätevedessä erilaisissa olomuodoissa. Esiintymismuotoina ovat ortofosfaatti (PO_4^{3-}), polyfosfaatti (P_2O_7) sekä orgaanisesti sitoutuneet yhdisteet. Fosforin biologisessa poistamisessa käytetään hyödyksi tiettyjen mikrobien kykyä sitoa itseensä normaalia enemmän fosforia polyfosfaattina. Tämä tulee esille Suomen ympäristökeskuksen tekemässä selvityksessä. Tämän fosforin sitomisprosessin aikaan saamiseksi mikrobit täytyy altistaa vuoron perään aerobisiin ja anaerobisiin olosuhteisiin.

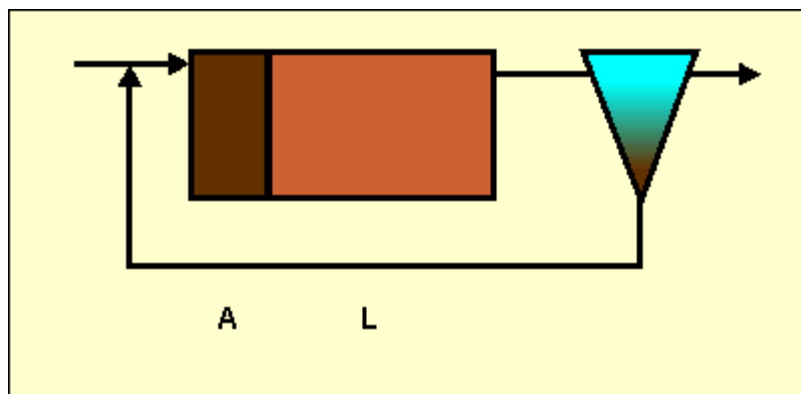
Olosuhteiden ollessa anaerobiset, mikrobien sitoma polyfosfaatti vapautuu ympäröivään veteen. Samalla kun polyfosfaatit vapautuvat syntyy energiaa. Sitä prosessi käyttää vedessä olevien lyhytketjuisten rasvahappojen, esimerkiksi etikkahapon, sitomiseen ravinnoksi solujen sisään. Tässä vaiheessa mikrobit eivät kuitenkaan vielä lisäänty.

Seuraavaksi mikrobit saatetaan jälleen aerobisiin olosuhteisiin ja nyt niillä on jo tarvittava orgaaninen aines valmiina käytettävissä kasvua varten. Käytettävissä oleva orgaaninen aines hydrolysoituu ja samalla vapautuva energia käytetään liuenneena

olevan fosfaatin sitomiseksi polyfosfaatiksi solun sisälle. Näin prosessissa oleva fosfori voidaan poistaa ylijäämälietteen mukana. [11]

Prosessien kuvaukset

Yksinkertaisimmillaan aktiivilietelaitoksen yhteyteen liitetty biologinen fosforin poisto on silloin, kun samassa prosessissa ei ole liitettyä typen poistoa. Silloin fosforin poisto toteutetaan siten, että aktiivilietelaitoksen alkupäähän lisätään hämmennyksellä varustettu anaerobinen osa. Kyseisen osaston viipymä on noin 20 – 40 minuuttia. Tällaisen prosessin ollessa kyseessä sen täytyy olla niin sanottu normaalikuormitteinen eli prosessi ei saa nitrifioida. Tällaista fosforin poistoa kutsutaan AO-prosessiksi, jota on havainnollistettu kuvassa 3.6. [11]



Kuva 3.6. AO-prosessi, kuvassa A on anaerobinen osasto ja L kuvaa ilmastusallasta. [19]

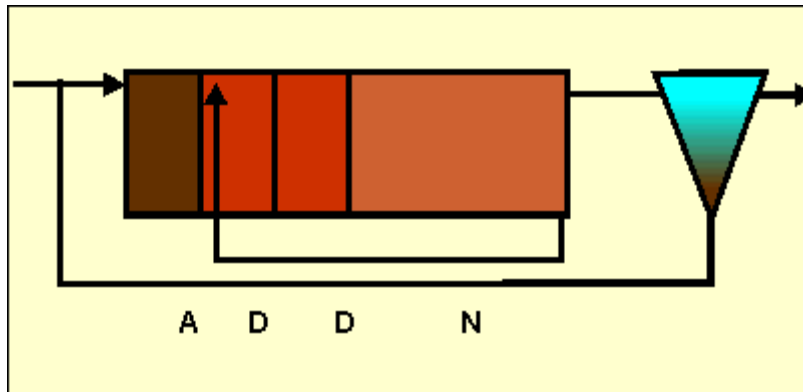
Tarvittaessa AO-prosessi voidaan toteuttaa myös yhdellä altaalla. Yhden altaan järjestelmässä, prosessissa käytetään avuksi jaksottaista ilmastusta ja jäteveden syöttöä. Käytännössä jaksotus voisi olla sellainen, että:

1. Ilmastetaan allas. Silloin laitokselle ei päästetä jätevettä. Fosfori sitoutuu mikrobeihin ja orgaaninen aines hajoaa.
2. Selkeytys. Altaan ilmastus pysäytetään ja lietteen annetaan laskeutua. Sen jälkeen selkeytynyt vesi johdetaan pois.
3. Aloitetaan jäteveden syöttö ja altaan hämmennys. Tällöin fosfori vapautuu lietteestä ja orgaanista ainesta sitoutuu soluun käytettäväksi ravinnoksi.
4. Takaisin ilmastusvaiheeseen. [19]

Jos jäteveden puhdistamolla on käytössä lisäksi biologinen typenpoisto, muodostuu prosessista huomattavasti monimutkaisempi. Monimutkaisuus aiheutuu joko ammoniumtypen puutteesta aerobiosastolla tai siitä, että prosessissa oleva nitraatti häiritsee fosfaatin vapautumista anaerobiosastolla. Siitä kumpi vaihtoehto aiheuttaa prosessin häiriön, ei ole täyttä varmuutta. Syynä voi olla molemmatkin. Joka tapauksessa tehokkaan denitrifikaation ja huomattavasti heikentyneen nitrifikaation on

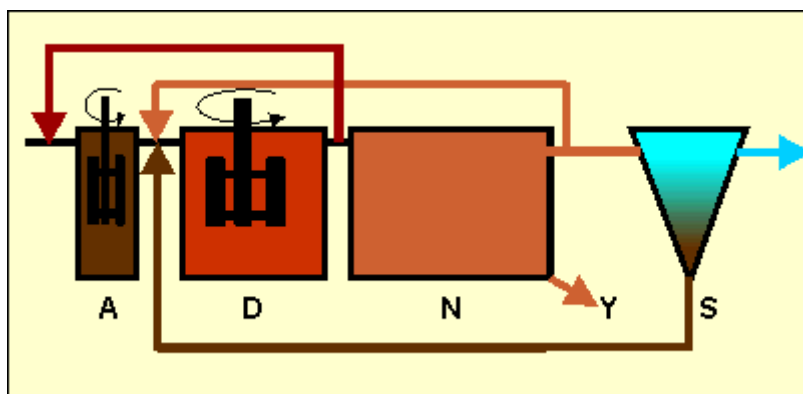
huomattu tehostavan biologista fosforinpoistoa. Tätä silmällä pitäen on olemassa lukuisia erilaisia prosessivaihtoehtoja.

AAO-prosessi muodostuu normaalista DN-prosessista, jonka eteen on lisätty anaerobinen vyöhyke. Prosessin vaikeus on hyvin havaittavissa kuvasta 3.7. Sillä jos palautusliete sisältää vielä nitraattia, se palautuu anaerobiyksikköön ja näin ollen häiritsee prosessin fosforin vapautumista. [11]



Kuva 3.7. AAO-prosessi. Normaalista DN-prosessin eteen on lisätty anaerobinen vyöhyke. A kuvaa anaerobista osastoa, D denitrifikaatio-osastoa ja N ilmastettua nitrifikaatio-osastoa.[19]

UCT-prosessissa on kokonaisuutta kehitetty siten, että palautuslietettä ei palautetakaan anaerobiselle vyöhykkeelle vaan denitrifikaatioyksikön alkuun. Denitrifikaation lopuksi liete kierrätetään anaerobiselle osastolle. Silloin denitrifikaatiossa nitraatit häviävät ja anaerobiseen vaiheeseen joutuu vain vähän tai ei ollenkaan nitraatteja sotkemaan prosessia. UCT-prosessi on kuvattu kuvassa 3.8.



Kuva 3.8. UCT-prosessi. S selkeyttämöltä johdetaan palautusliete ensin denitrifikaatioon D ja sieltä vasta aerobiselle osastolle A. N on ilmastusallas ja Y on ylijäämäliete suoraan ilmastusaltaalta.[19]

JHB-prosessissa taas anaerobiyksikköön joutuvaa nitraattia pyritään vähentämään johtamalla palautusliete erilliseen denitrifikaatio-osastoon ennen sen pääsyä anaerobiselle vyöhykkeelle.

Kemialliseen saostukseen verrattuna biologisella fosforinpoistolla on mainittu olevan seuraavia etuja:

- Rinnakkaissaostuksen kemikaalien vaatima tila voidaan korvata biomassalla. Näin aktiiviliettealtaan aktiivisten mikrobien suhteellinen osuus kasvaa. Se tarkoittaa myös sitä, että anaerobiallasta varten ei tarvitse kasvattaa itse puhdistuslaitoksen kokoa.
- Prosessi ei vaadi niin paljon kemikaaleja, jolloin niiden joutuminen ympäristöön vähenee.
- Koska saostuskemikaaleja ei tarvita, niin syntyvän ylijäämälietteen määrä vähenee saostuskemikaalien verran.
- Lietteen laatu ajatellen eräitä käyttökohteita, esimerkiksi maatalouskäyttöä, paranee.
- Kuljetukset vähenevät.
- Kaikin puolin saavutetaan kustannussäästöjä. [19]

Konventionaalisten matalakuormitteisten nitrifikaatiota käyttävien puhdistamoiden fosforinpoistoaste on noin 20 – 30 %. Se tarkoittaa sitä, että ylijäämälietteen fosforipitoisuus on 10 – 20 mg P/g kuiva-ainetta eli noin 1 – 2 %. Biologisessa fosforinpoistossa täytyy ottaa huomioon normaalin fosforin sitomisen lisäksi tapahtuva polyfosfaatin varastointi soluihin. Tällöin tapahtuu normaalia suurempaa fosforin sitomista. Ylijäämälietteen fosforipitoisuus voi nousta jopa 3 – 6 %:iin. Se tarkoittaa, että tällä menetelmällä voidaan päästä 70 – 90 % poistoasteeseen. [11]

Biologisen typen- ja fosforinpoiston yhdistämiseksi on vielä kuitenkin olemassa muutamia ratkaisemista vaativia kysymyksiä:

- Miten varmistetaan se, että jäännösfosforin määrä pysyy riittävän alhaisena kaikissa olosuhteissa?
- Miten fosfori saadaan pysymään lietteessä lietteenkäsittelyn aikana niin, ettei se vapaudu takaisin jäteveteen?
- Vapautuuko lietteen mädätyksessä biokaasuun rikkivetyä, jolloin sen käyttö vaikeutuu?
- Minkälainen on menetelmän energiatalous verrattuna biologiskemiallisiin menetelmiin?
- Prosessin ohjattavuus ja käytettävyys verrattuna kemiallisiin menetelmiin?

Suomessa kiristyvät fosforinpoistovaatimukset ovat suurin este biologiselle fosforinpoistolle. Jätevesilaitokset eivät uskalla käyttää prosessia ilman jälkivarmistusta, kuten esimerkiksi suodatusta. Lisäksi esteenä biologiselle poistolle on kemiallisten menetelmien pitkä perinne Suomessa sekä rinnakkaissaostuksen yksinkertaisuus, säädettävyys ja halpuus. [19]

3.4. Kemiallinen jätevedenpuhdistus

Kun puhutaan kemiallisesta jätevedenpuhdistamisesta, sillä tarkoitetaan yleensä jonkin kemikaalin käyttämistä fosforin saostamiseen. Yleisimmin tähän tarkoitukseen käytetään ferrosulfaattia (FeSO_4). Kemikaalia voidaan lisätä useassa vaiheessa, kun yhdistetään kemiallinen käsittely aktiivilieteprosessiin. Yleensä käytettävä kemikaali lisätään puhdistusprosessin alkupäähän esiselkeytykseen menevään jäteveteen. Kemikaalin lisääminen kuitenkin myös suoraan ilmastusaltaaseen on mahdollista, jolloin fosforinpoisto on tehokkaampaa.

Fosfori on jätevedessä liuenneena, jolloin mekaaninen puhdistus ei pysty fosforia siitä sellaisenaan poistamaan. Puhdistamisen mahdollistamiseksi saostuskemikaali reagoi vedessä olevan fosforin kanssa ja muodostaa fosfaattisakan. Tämä muodostunut sakka on mahdollista erottaa jätevedestä selkeyttämällä. Saostumista voidaan tehostaa säätelemällä jäteveden happamuutta esimerkiksi lisäämällä veteen tarpeen mukaan rikkihappoa tai kalkkia.

Saostuskemikaaleina käytetään yleensä rauta- tai alumiinipohjaisia yhdisteitä. Joissain tapauksissa myös kalkin käyttö on mahdollista. Käytettäviä alumiiniyhdisteitä ovat esimerkiksi alumiinisulfaatti ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ja polyalumiinikloridit (PAC). Rautapohjaisia yhdisteitä jo mainitun ferrosulfaatin lisäksi ovat esimerkiksi ferrisulfaatti ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) ja ferrikloridi (FeCl_3). Markkinoilla on lisäksi paljon erilaisia erityisominaisuuksilla varustettuja saostuskemikaaleja. Ne kuitenkin perustuvat yleensä rautaan, alumiiniin tai niiden yhdistelmiin. [11]

Kemiallinen saostaminen voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen.

- Pikasekoituksen tarkoitus on varmistaa, että saostuskemikaalit sekoittuvat puhdistettavaan veteen niin täydellisesti kuin mahdollista. Pikasekoitus kestää puolesta minuutista aina kolmeen minuuttiin asti. Tänä aikana muodostuvat jo ensimmäiset saostumat.
- Hämmäntäminen ja flokkautumisvaihe. Tällöin flokkulaatioaltaassa olevaa puhdistettavaa vettä hämmennetään hitaasti ja varovasti. Sekoittaminen täytyy olla hyvin varovaista, koska flokit ovat helposti hajoavia. Tässä vaiheessa saostumat kasvavat ja niistä muodostuu helposti laskeutuvia osasia. Tämä vaihe kestää 20 – 40 minuuttia. Yleensä vedenpuhdistuslaitoksilla tämä tapahtuu yhdessä altaassa, joka on varustettu hitaasti pyörivällä sekoittimella.
- Viimeisessä vaiheessa käsitelty aines selkeytetään. Aineksen annetaan esimerkiksi laskeuta altaan pohjalle tai syntyneet flokit nostetaan flotaation avulla pinnalle ja poistetaan edelleen lietteenkäsittelyyn. [3]

Kemiallinen saostus voidaan liittää biologiseen puhdistukseen kolmella eri tavalla. Mahdollisia vaihtoehtoja ovat esisaostus-, jälkisaostus- ja rinnakkaissaostusprosessi.

Rinnakkaissaostusprosessi on Suomessa selvästi yleisimmin käytössä oleva kemiallinen saostusmenetelmä. Silloin kemiallinen käsittely on yhtenä osana aktiivilieteprosessia. Tässä menetelmässä saostuskemikaalia voidaan syöttää yhteen tai kahteen pisteeseen prosessissa. Kemikaalina käytetään yleensä ferrosulfaattia. Saostuminen tapahtuu tässä tapauksessa ilmastusaltaassa. Saostuskemikaaleja voidaan lisätä prosessiin niin, että esimerkiksi kaksi kolmasosaa lisätään prosessin mekaaniseen osaan eli hiekanerotukseen. Loput kemikaalista noin yksi kolmasosa lisätään ilmastusaltaaseen. Ferrosulfaatin kulutus on yleensä 80 – 130 g/m³ jätevedettä. Rinnakkaissaostusmenetelmää voidaan käyttää myös typenpoistolaitoksien yhteydessä.

Olemassa oleviin aktiivilietelaitoksiin voidaan rinnakkaissaostusta soveltaa ilman suurta lisärakentamista. Oikein mitoitettuna ja prosessin ollessa hyvin hoidettu, tällä menetelmä pystytään saavuttamaan yli 90 %:n puhdistustulos fosforin ja orgaanisen aineen suhteen.

Esisaostusprosessissa kemiallinen puhdistusyksikkö sijoitetaan ennen biologista puhdistusta. Esisaostusprosessilla on muutamia hyviä puolia verrattuna pelkkään biologiseen puhdistukseen. Koska kemiallinen käsittely ennen biologista, poistaa jo 60 – 70 % eloperäisestä aineesta, voidaan aktiivilietelaitoksen ilmastusallas rakentaa 40 – 50 % pienemmäksi. Samalla myös kokonaisenergiankulutus pienenee. Esisaostus voi myös estää myrkyllisten ja haitallisten jätevesipäästöjen pääsyä biologiseen prosessiin. Menetelmän kääntöpuolena on prosessin tuottaman lietteen määrän kasvu. Tällä tavalla saadaan poistettua yli 90 % fosforista ja orgaanisesta aineksestä. Tyypestä saadaan poistettu noin 30 % ilman erillistä typenpoistoa.

Jälkisaostusprosessia kemiallinen puhdistus on sijoitettu biologisen puhdistuksen jälkeen. Tällä menetelmällä saadaan esisaostukseen verrattuna jonkin verran parempi puhdistustulos. Se johtuu siitä, että kemiallisessa yksikössä saadaan otettua käsittelyyn biologisesta mahdollisesti karkuun pääsevä liete. Lisäksi saostuskemikaalien kulutus on hieman pienempi kuin esisaostuksessa. [11]

3.5. Ilmastettu lammikko

Ilmastettua lammikkoa on käytetty lämpimien teollisuuspäästöjen puhdistamiseen. Puhdistusprosessina ilmastettu lammikko on vastaava kuin aktiivilieteprosessikin. Ilmastetun lammikon yhteydessä ei ole kuitenkaan lietteen kierrätystä. Ilmastetut lammikot ovat halvempia rakentaa ja käyttää kuin aktiivilieteprosessit edellyttäen kuitenkin että tarvittava maapinta-ala on käytettävissä.

Ilmastetun lammikon kiintoainepitoisuus on melko alhainen eli noin 100 – 300 mg/l. Mikrobin tarvitsema happi ja suspension riittävä sekoittuminen turvataan lähes aina mekaanisilla ilmastuslaitteilla. Yleisimmin kyseeseen tulee pintailmastimet, mutta syvissä lammikoissa voidaan käyttää myös pohjailmastimia. Selkeytys toteutetaan joko puhdistusprosessin loppupäässä tai erillisessä selkeytysaltaassa. Yleisesti ottaen ilmastetun lammikon biomassa on hyvin huonosti selkeytyvää ainesta. Laskeutunut liete poistetaan altaasta harvoin. Poistot tapahtuvat kerran 1 – 10 vuodessa.

Ilmastettujen lammikoiden käyttö jätevesien puhdistamisessa on BREF-dokumentin (2000) mukaan vähentynyt viime vuosina. Suurimpana syynä on menetelmän huonompi puhdistustehokkuus kuin aktiivilieteprosessilla. Ilmastetuilla lammikoilla voidaan pohjoisissa oloissa poistaa BOD:stä parhaimmillaan 90 %, mutta talvisaikaan tehokkuus laskee 75 – 80 %. Ilmastetut altaat vaativat myös suuren pinta-alan ja ovat energiatehokkuudeltaan heikkoja. Lisäksi altaan vaahtoamisesta, hajuista ja lietteen poistosta voi syntyä ongelmia. [11]

4. TUTKIMUSMENETELMÄT

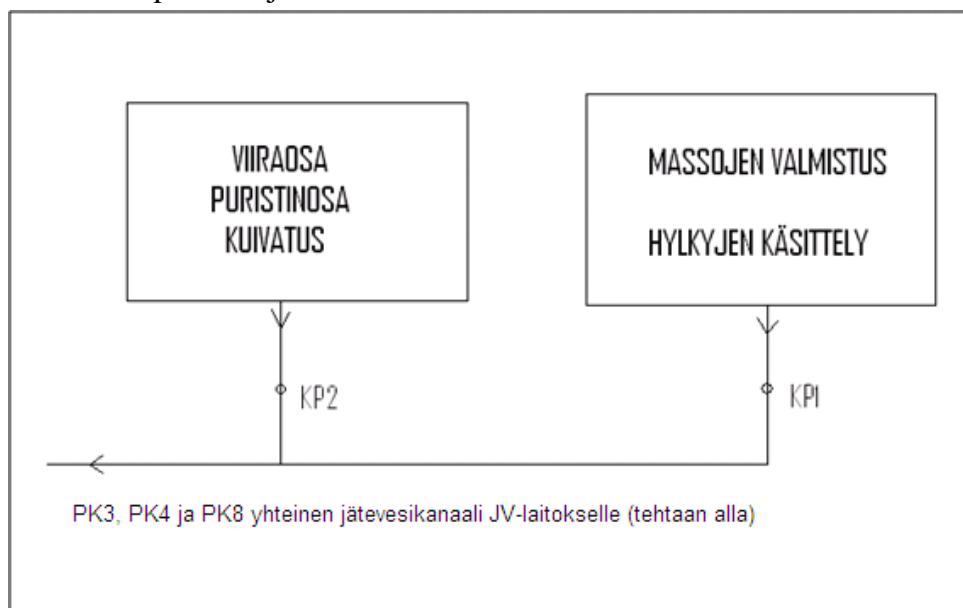
Työn kokeellisen tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää paperitehtaan jätevesien syntyä paikat. Erityisesti pyrittiin selvittämään, mistä jätevesilaitokselle tulee niin paljon käsiteltävää kiintoainetta.

Tervakosken paperitehdas on Suomen vanhin edelleen toiminnassa oleva paperitehdas ja siksi myös rakenteet aiheuttivat ongelmia näytteiden otossa. Jätevesikanaalit kulkevat suurimmaksi osaksi tehtaan alla niin, että näytteitä saa monin paikoin kerättyä vain kaivojen kohdilta. Myöskään täysin paikkaansa pitävää kaaviokuvausta tehtaan jätevesikanaaleista ei ole olemassa, jolloin näytteiden otto paikat oli vaikea määrittää, niin että saataisiin kaikilta koneilta luotettavat näytteet. Näytteet pyrittiin myös keräämään sellaisista paikoista, että tiedettiin suhteellisen varmasti, mistä osasta konetta kyseisen kaivon jätevedet tulevat. Niin sanotun tehtaan uuden puolen näytteet olivat helpommat, koska PK11 ja 12 jätevedet kuljetetaan tehtaan alla avokanaaleissa kohti jätevedenpuhdistamo.

4.1. Tutkimukseen määritetyt koepisteet

Tutkimukseen määriteltiin kahdeksan eri koepistettä, jotka käsittävät neljän paperikoneen jätevedet eri osilta paperikonetta. Seuraavissa kuvissa 4.1, 4.2 ja 4.3 esitellään koepisteiden paikat suhteutettuna paperitehtaan rakenteisiin.

- Koepisteet 1 ja 2

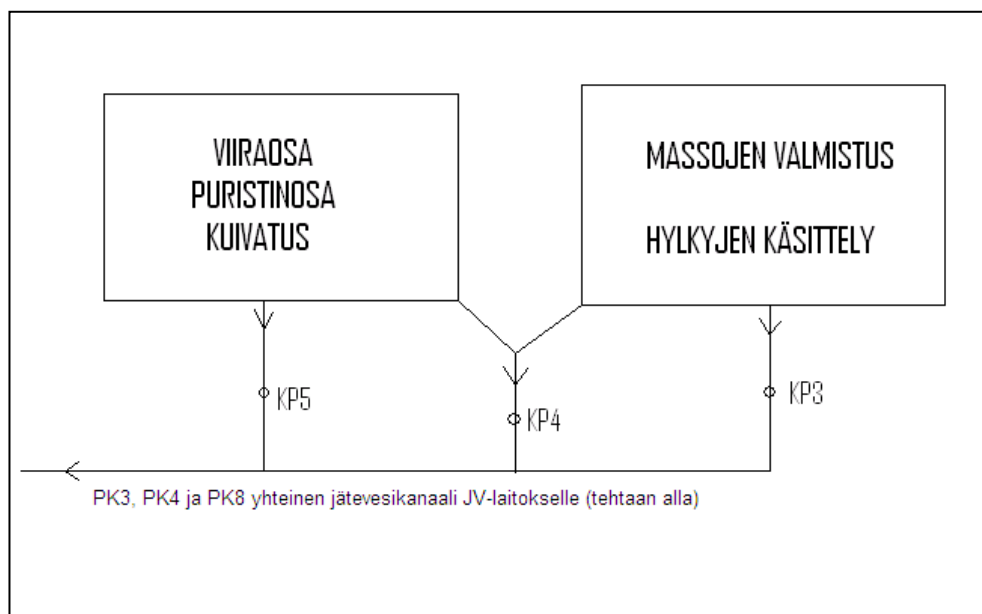


Kuva 4.1. Paperikone 4:n jätevedet

Koepiste 1 valittiin siten, että kyseiseen kanaaliin tulee PK4 massaosaston ja hylkyjen käsittelyn jätevedet. Samaista kanaalia myöten kulkee myös PK3 massavalmistuksen jätevedet. Tehtaan pienin paperikone PK3 ei kuitenkaan tutkimuksen aikana ollut käytössä, joten kaikki koepisteen jätevedet tulivat PK4:n toiminnasta.

Koepiste 2 käsittää jätevedet, jotka tulevat PK4:n loppupäästä sisältäen viiraosasta, puristinosasta ja kuivatuksesta syntyvät jätevesilaitokselle menevät jätevedet. PK4:n jätevesikanaalit kulkevat kellarikerroksen kulkuväylien alla. Siksi näytteet kerättiin niiltä kohdin kuin kanaaliin pääsi kaivojen kautta. Molempien koepisteiden jätevesikanaalit yhdistyvät tehtaan alla yhdeksi jätevesilaitokselle meneväksi kanaaliksi.

- Koepisteet 3, 4 ja 5



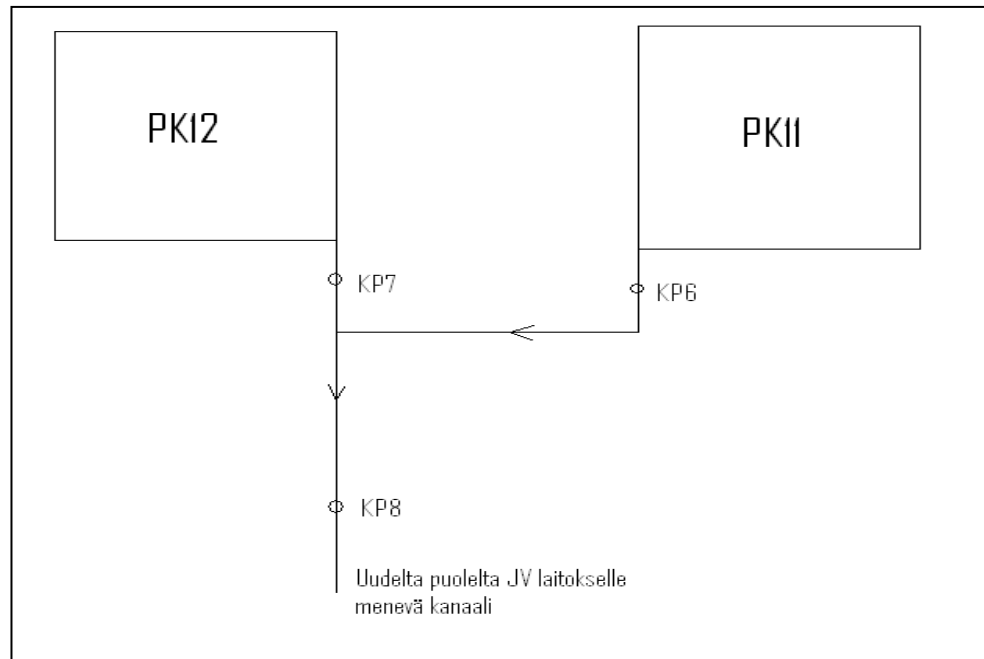
Kuva 4.2. Paperikone 8:n jätevedet

PK8:n koepisteet olivat kaikin puolin hankalia, koska kanaaleihin oli vaikea päästä käsiksi. Koepiste 3 sisältää PK8:n massojen valmistuksesta ja hylkyjen käsittelystä syntyvät jätevedet. Koepiste 3 oli tämän koneen ollessa kyseessä kaikista helpoin, koska osa massaosaston jätevesikanaalista oli näkyvillä, jolloin näytteen kerääminen ja muiden suureiden mittaaminen oli koepisteessä helppoa.

Koepiste 4 oli kaikista tutkimuksen koepisteistä kaikkein vaikein, koska sen pisteen jätevesikanaalin kautta kulkee osa PK8:n väliosassa syntyvistä jätevesistä. Koepiste 4 oli myös sen verran hankalassa paikassa, että kyseiseen kanaaliin pääsi vain pienen tarkastusluukun kautta, jolloin näyte kerättiin jatkovarren avulla. Kyseisestä koepisteestä ei myöskään saatu mitattua virtausnopeuksia tai tilavuusvirtaa.

Koepiste 5:n näytteenottopaikka sijaitsi PK8:n huuvin alla. Sitä kautta kulkee osaltaan paperikoneen perälaatikon jälkeiset jätevedet.

- Koepisteet 6, 7 ja 8



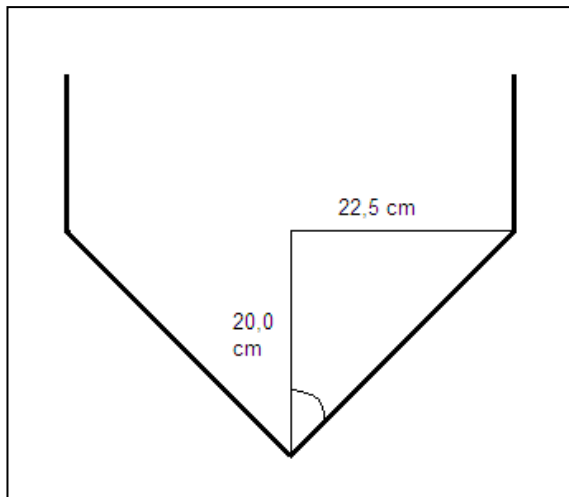
Kuva 4.3. *Tehtaan uuden puolen jätevedet.*

Loput kolme koepistettä 6, 7 ja 8 käsittivät paperitehtaan uuden puolen koneiden jätevesiä. Koepiste 6 käsitti PK11:sta jätevedet ja koepiste 7 vastaavasti PK12:sta tulevat vedet. Viimeinen koepiste numero 8 on näiden kahden edellisen yhdistelmä. Eli koepiste oli koko uuden puolen jätevesilaitokselle menevässä kanaalissa. Tämä otettiin osaksi mukaan myös siksi, että näin saatiin selville mittauksien luotettavuus. Koepiste 8 virtauksen ja kiintoaineen määrä pitäisi olla melko lähellä koepisteiden 6 ja 7 summaa.

4.2. Koepisteiden mitat

Jotta saataisiin selville eri koepisteitten ohi kulkevat kiintoainemäärät, täytyi ensin selvittää koepisteiden mitat. Näin saadaan selville virtausnopeuden ja virtauksen poikkipinta-alan avulla tilavuusvirta.

- Koepisteet 1 ja 2, molemmat koepisteet olivat muodoltaan samanlaisia, jolloin poikkipinta-ala saadaan laskettua samalla kaavalla. Kanaalin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 4.4.



Kuva 4.4. Koepisteiden 1 ja 2 poikkileikkaus.

Kuvan 4.4 osittaman poikkipinta-alan selvittämiseksi täytyy ensin saada selville pohjalla oleva kulma. Se saadaan selvitettyä perustrigonometrian avulla.

$$\tan \alpha = 22,5 / 20 = 1,125 \quad (4)$$

Näin ollen kulma α on 48° . Tämän jälkeen kanaalissa virtaavan veden poikkipituus X tulee kiinnittää kulloinkin mittaushetkellä olevan virtauksen korkeuteen h .

$$\tan \alpha = X / h \rightarrow X = h \tan \alpha \quad (5)$$

Tämän jälkeen saadaan selville kanaalissa virtaavan jäteveden poikkipinta-ala riippuen vain yhdestä mitattavasta muuttujasta h .

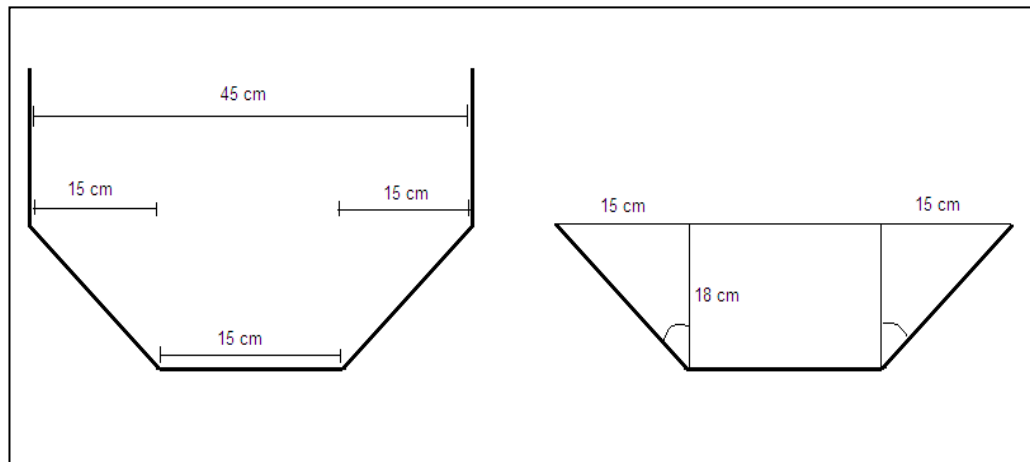
$$A_{KP1/2} = h^2 \tan \alpha + ((h - 20) * 45; \text{jos } h > 20) \quad (6)$$

- Koepiste 3 oli muodoltaan suorakaide, jolloin virtauksen poikkipinta-ala saadaan mitattua suoraan kertomalla kanaalin leveys 50 cm virtauksen korkeudella.

$$A_{KP3} = 50 * h \quad (7)$$

- Koepiste 4 oli niin pahassa paikassa, että kanaalista saatiin otettua vain näyte. Muut mitattavat suureet virtausnopeus ja tilavuusvirta jätettiin mittaamatta.

- Koepiste 5 oli muodoltaan kuvan 4.4 mallinen.



Kuva 4.5. Koepisteen 5 poikkileikkaus.

Kuten aikaisemmassakin koepisteiden 1 ja 2 tapauksessa täytyy ensin selvittää kanaalin pohjalla oleva kulma.

$$\tan \beta = 15 / 18 = 0,833 \quad (8)$$

Kiinnitetään virtauksen poikkileveys X korkeuteen h .

$$\tan \beta = X / h \rightarrow X = h \tan \beta \quad (9)$$

Näin saadaan kanaalin reunoilla olevien kolmioiden yhteen lasketuksi poikkipinta-alaaksi.

$$A_1 = h^2 \tan \beta \quad (10)$$

Lisäksi täytyy ottaa huomioon keskelle kanaalia jäävä suorakulmion muotoinen alue, jonka pinta alaa merkitään A_2 :lla.

$$A_2 = 15 * h \quad (11)$$

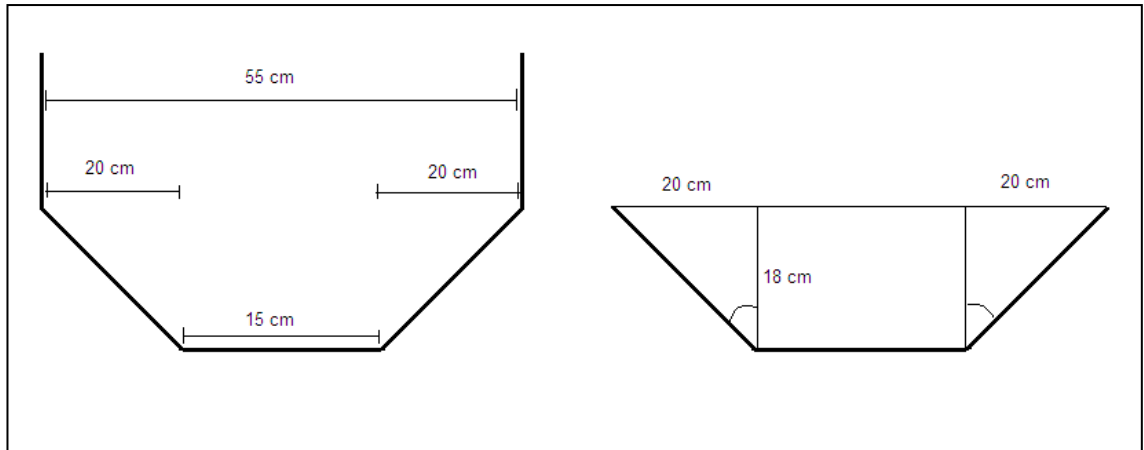
A_1 ja A_2 yhteen laskettuna saadaan koko kanaalin koepisteen ohi virtaaman jäteveden poikkipinta-ala.

$$A_{KP5} = h^2 \tan \beta + 15 * h + ((h - 18) * 45; \text{ jos } h > 18) \quad (12)$$

- Koepiste 6 oli jälleen muodoltaan suorakaide, jolloin saadaan pinta-alaksi kanaalin leveys 76 cm kerrottuna virtauksen korkeudella.

$$A_{KP6} = 76 * h \quad (13)$$

- Koepiste 7 oli muodoiltaan vastaava kuin koepiste 5. Ainoastaan kanaalin ulkomitat hieman muuttuivat. Mitat on esitetty kuvassa 4.6.



Kuva 4.6. Koepisteen 7 poikkileikkaus.

Näin virtauksen poikkipinta-alaksi saadaan tulokseksi samalla lailla kuin koepisteen 5 ollessa kyseessä kaavojen 14 ja 15 mukaiset yhtälöt.

$$\tan \gamma = 20 / 18 = 1,11 \quad (14)$$

$$A_{KP7} = h^2 \tan \gamma + 15 * h + ((h - 18) * 55; \text{jos } h > 18) \quad (15)$$

- Koepiste 8 saadaan taas kertomalla virtauksen korkeus kanaalin leveydellä.

$$A_{KP8} = 80 * h \quad (16)$$

4.3. Näytteiden kerääminen ja mitattavat suureet

Vaikeiden paikkojen ja olosuhteiden vuoksi Tervakoskella ei ole käytössä paperikoneilta lähtevien jätevesikanaalien online-mittakoneita. Lisäksi pienemmillä koneilla ajetaan paljon pieniä eriä ja lajinvaihtoja sekä muita muutoksia prosesseihin tulee paljon. Siksi tutkimuksessa pyrittiin ottamaan mahdollisimman paljon näytteitä tasaisin väliajoin. Näin ollen saataisiin mahdollisesti selville eri koneilta lähtevien keskimääräisten kiintoainemäärien suuruusluokat.

4.3.1. Siivikkomittaus

Jätevesikanaaleista mitattiin jäteveden keskimääräinen virtausnopeus siivikon avulla. Siivikossa on potkurimainen siipi, jonka pyörimisnopeus on verrannollinen veden virtaaman nopeuteen. Siivikkomittaus on vanha, mutta yleisesti käytössä oleva virtausnopeuden mittaustapa. Yleisesti sitä käytetään jokien ja erilaisten vesiuomien virtaaman mittaamiseen.

Tärkeää on että kokonaisvirtauksesta saataisiin todellinen kuva. Silloin siivikon täytyy olla aina kohtisuoraan virtausta vasten. Lisäksi mittauksia täytyy tehdä useita eri kohdista virtausta. Silloin saadaan minimoitua virhe, joka aiheutuu virran eri nopeuksista eri kohdissa virtauksen poikkipinta-alaa.

Tässä työssä siivikkomittaus toteutettiin siten, että aina yhdestä koepisteestä otettiin viisi 20 – 30 sekunnin pituista mittausta. Jokaisen mittauksen jälkeen tarkastettiin myös virtaaman korkeus. Siivikko antaa lukeman siitä kuinka monta kierrosta siiveke on pyörähtänyt tietyn mittausajan aikana. Näin saadaan selville lukema cts/sec (counts / second). Tämän lukeman avulla saadaan siivikon omasta taulukosta luettua virtauksen nopeus cm/s. Näin saadaan näytteenoton ajalta laskettua keskiarvo virtausnopeudelle, korkeudelle ja sitä kautta myös tilavuusvirralle.

4.3.2. Jätevesinäytteen kerääminen.

Kanaaleista otettiin näytteitä kaiken kaikkiaan kuuden viikon ajan. Tavoitteena oli ottaa näyte joka tasatunti aamu kahdeksasta iltapäivään kello 13 asti. Näin ollen näytteitä tuli yhdestä koepisteestä aina viisi päivän aikana. Lisäksi kahden viikon ajan otettiin aina yhdestä koepisteestä kaksi eri näytettä, että saataisiin selville kuinka paljon eri näytteiden välillä lyhyen ajan sisällä voi esiintyä heittoa. Kaikki koepisteet kierrettiin aina kerralla ja sen jälkeen näytteet vietiin laboratoriomittauksiin.

Näytteet kerättiin köyden päässä olevan näytesangon avulla. Näytesanko tiputettiin kaivosta kanaaliin ja näyte pyrittiin ottaa mahdollisimman hyvin jätevettä kuvaavasti. Eli näytettä ei kerätty vain pintavedestä vaan otettiin näyte keskeltä virtausta. Näin nopeammin virtaava ja laimeampi pintavesi ei sotke näytteen luotettavuutta.

Koepisteen 4 tapauksessa pisteestä kerättiin vain jätevesinäyte pitkän apuvarren ja pienemmän sangon avulla. Pisteestä ei pystytty määrittämään virtausta eikä kanaalin mittoja.

4.3.3. Laboratoriomittaukset

Kerätyistä jätevesinäytteistä mitattiin paperitehtaan laboratoriossa kiintoaineen määrä. Mittauksissa käytettiin avuksi filteripapereita, uunia, eksikaattoria ja digitaalivaakaa. Uunia käytettiin näytteiden kuivattamiseen ja eksikaattoria käytetään jäähdytyksessä estämään ympäröivän huoneilman kosteutta absorboitumista näytteeseen.

Alustavat työt

Ennen varsinaisia mittauksia filtteripaperit merkattiin huolellisesti ja laitettiin uuniin kuivatukseen kahdeksi tunniksi. Tämän jälkeen filtterit laitettiin jäähtymään eksikaattoriin yhden tunnin ajaksi. Jäähdytyksen jälkeen filtterit punnittiin ja merkattiin tietyn filtlerin alkupaino muistiin. Näin ollen, kun varsinainen näyte tehtiin, saatiin laskuihin otettua mukaan filtlerin todellinen alkupaino.

Näytteen teko

Näytteet tehtiin siten, että ensin otettiin näytesanko ja sekoitettiin näytettä riittävästi. Näytesankojen seistessä paikallaan kiintoaine laskeutuu sangon pohjalle ja siksi näyte täytyi ensin sekoittaa.

Tämän jälkeen näytteestä otettiin tietty määrä jätevettä. Riippuen näytteen sisältämästä kiintoaineen määrästä silmämääräisesti arvioituna, käytettiin mittauksissa yleensä 100 ml:n tai 50 ml:n näytettä. Tietty määrä kiintoainetta sisältämää jätevettä kaadettiin laitteeseen, joka vesijohdon virtauksen avulla imee filtteripaperin läpi ylimääräisen veden ja kiintoaines jää filtteripaperille. Tärkeää oli huomata, että kaikki näytepullossa olevat kiintoaineosaset saatiin näytteeseen, eikä osa jäänyt esimerkiksi näyteastiaan.

Näytteen suodattamisen jälkeen sille tehtiin vastaavat työvaiheet kuin filtteripaperille alustavassa työvaiheessa. Eli kuivatettiin uunissa kaksi tuntia, jäähdytettiin eksikaattorissa tunnin ja sen jälkeen punnittiin näytteen paino digitaalivaa'alla. Eli tärkeitä ylöskirjattavia tietoja näytteistä olivat filtteripaperin alkupaino, suodatetun näytteen tilavuus sekä näytteen loppupaino.

Lopuksi vielä kaikki näyteastiat ja sangot pestiin ennen seuraavien näytteiden hakemista, etteivät aikaisemmat näytteet sotke uusia mittauksia.

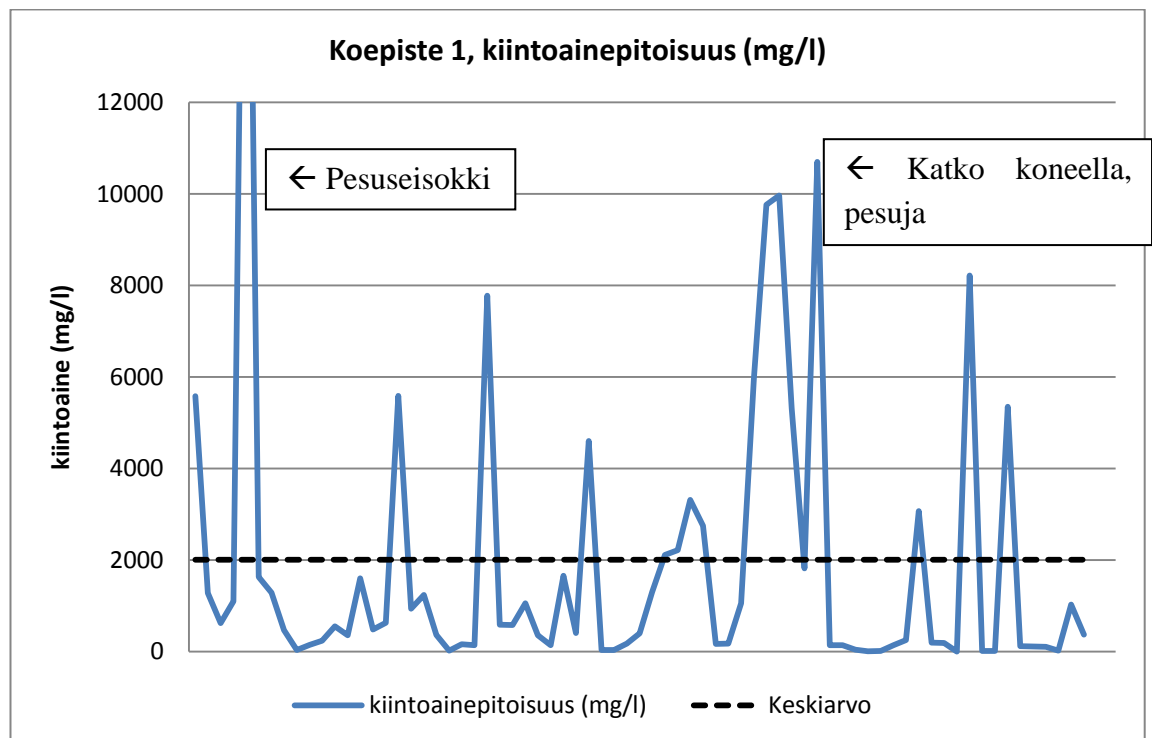
5. MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELEMINEN

Kaikista mittauksista tehtiin mittauspöytäkirjat, joista saatiin selville näytteen ottopaikka, aika ja tarvittavat mittaukset. Mittapöytäkirjat ovat liitteenä 1 työn lopussa. Näitä tietoja ovat näytteen ottohetkellä oleva tilavuusvirta (virtausnopeus ja virran korkeus) sekä näytteen sisältämä kiintoainemäärä (näytteen koko ja painot).

5.1. Paperikone 4, kiintoainepäästöt

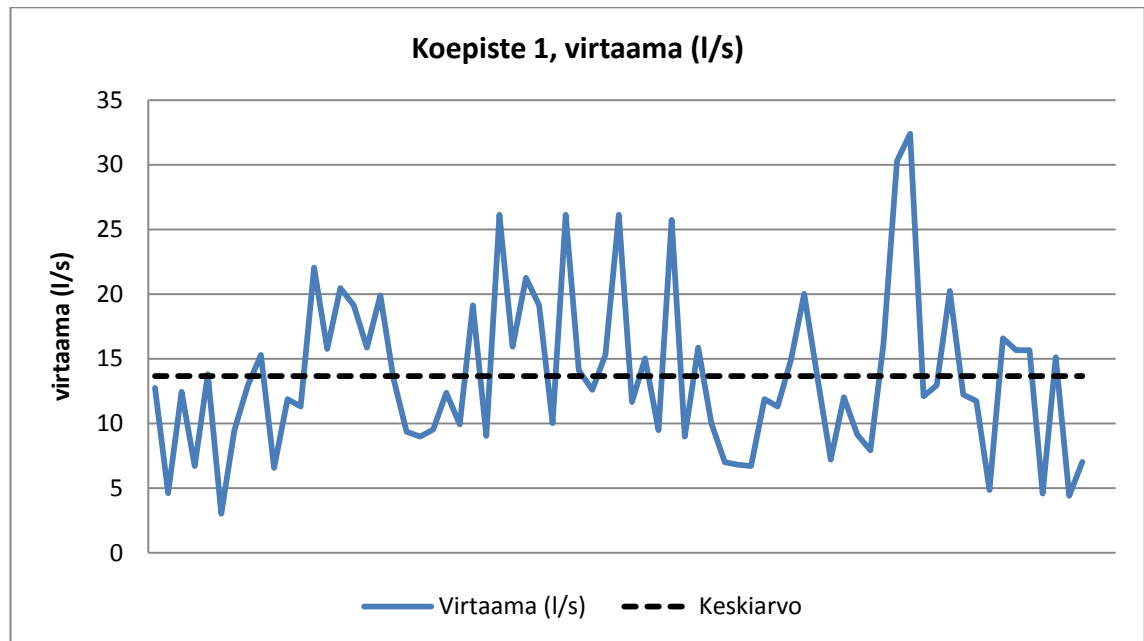
PK4 suurin ongelma oli tutkimusajankohdalle 10.7. – 9.8.2007 osuneet käyntiongelmien. Koska katkoja ja ongelmia oli paljon, tuli myös paljon pesuja ja sitä kautta paljon virtauksia ja lisäksi kiintoainepäästöjä. Tutkimuksessa otettiin mukaan kaksi koepistettä PK4:lta. Koepiste 1 oli PK4:n massaosaston vesistä ja koepiste 2 viiraosalta sekä kuivatuksesta.

Kuvissa 5.1, 5.2 ja 5.3 on esitetty koepiste 1:n tuloksia tutkimusaikavälillä.



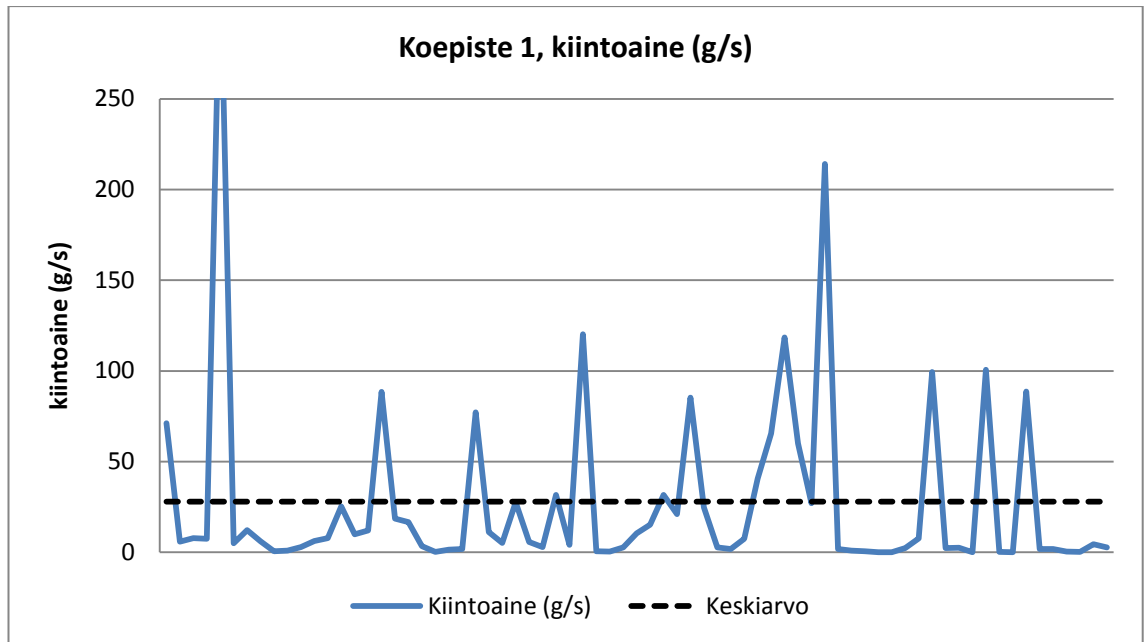
Kuva 5.1. PK4:n massaosaston jätevesikanaalin kiintoainepitoisuus (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Kuvasta 5.1. nähdään, että tutkimuksen aikana jäteveden sisältämä kiintoainepitoisuus vaihteli suuresti. Koko tutkimuksen keskiarvo on noin 2000 mg/l, mutta koneen käydessä hyvin, keskiarvon voidaan arvioida asettuvan noin 1000 – 1500 mg/l tasolle. Suurimmat piikit kiintoaineksen määrässä ovat noin 24000 mg/l ja kaksi noin 10000 mg/l suuruista arvoa. Koepisteen korkein arvo 24000 mg/l osuu PK4:n pesuseisokkipäivälle.



Kuva 5.2. PK4:n massaosaston jätevesikanaalin tilavuusvirta (l/s), 10.7 – 9.8.2007.

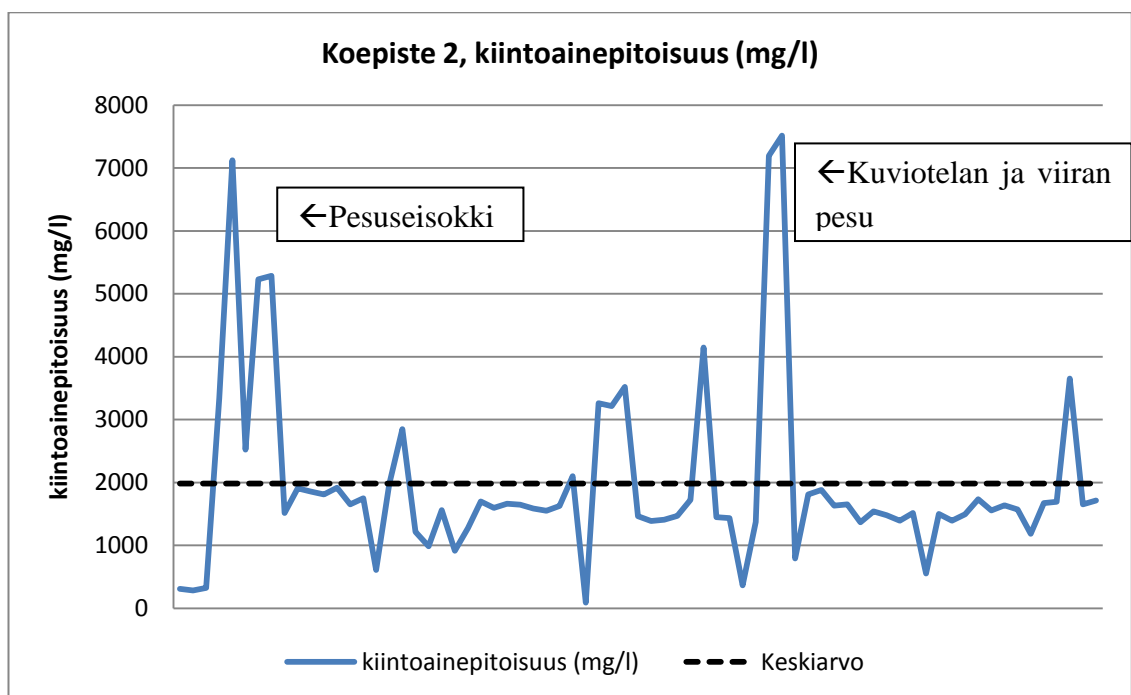
Tutkimuksen mukaan koepiste 1:n virtaama vaihteli noin 5 – 25 l/s välillä. Keskiarvon ollessa noin 14 l/s, se kuvaa kuitenkin melko hyvin koepisteessä yleisesti olevaa keskimääräistä virtausta. Yllättävää tuloksissa on se, että kiintoaineissa näkyvä piikki pesuseisokin aikaan ei kuitenkaan vaikuttanut koepisteen virtaukseen. Koneella olleet pesut eivät siis aiheuta virtauksia massaosaston kautta. Koepisteessä näkyy kuitenkin suuri piikki kiintoaineen määrässä, joten kiintoainetta pesuseisokin aikana menee kanaaleihin myös massaosastolta.



Kuva 5.3. PK4:n massaosaston jätevesikanaalin kiintoaineen määrä (g/s), 10.7. – 9.8.2007.

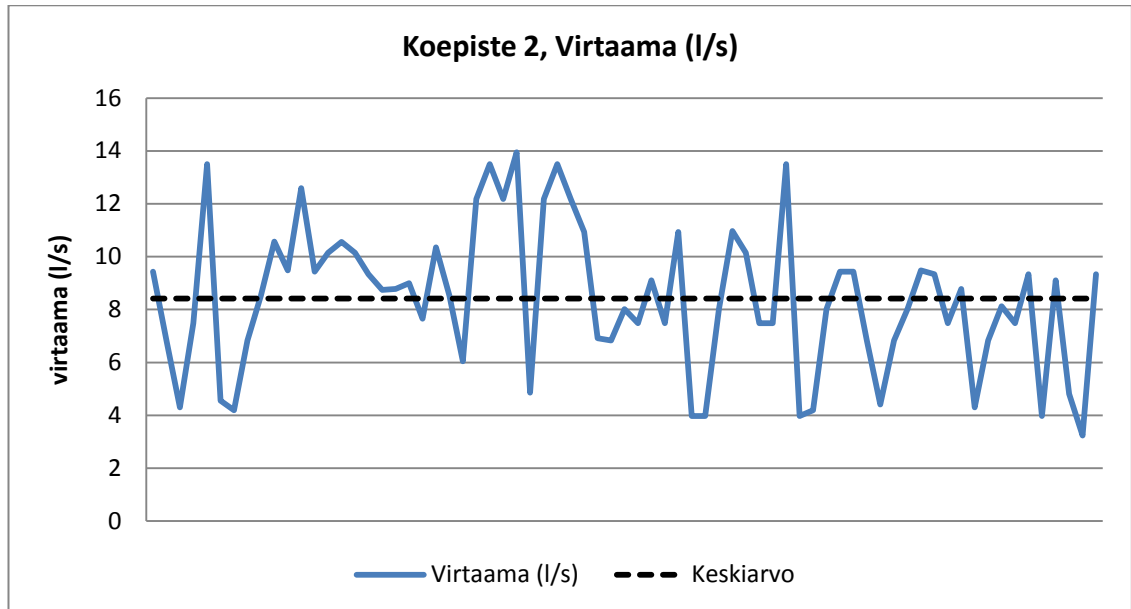
Koska virtaama on tarkasteluvälillä kuitenkin suhteellisen tasainen, seuraa kiintoaineen ohivirtaus melko hyvin kiintoaineen määrää näytteissä. Keskiarvo on noin 30 g/s. Kuvaajasta on myös hyvin nähtävissä pesuseisokin ja katkojen aiheuttamat piikit. Maksimiarvo kiintoaineelle on juuri pesuseisokin aikainen 330 g/s.

Toinen koepiste PK4:lta oli jätevesikanaalissa, joka kokoaa jätevedet. Tulokset ovat kuvissa 5.4, 5.5 ja 5.6.



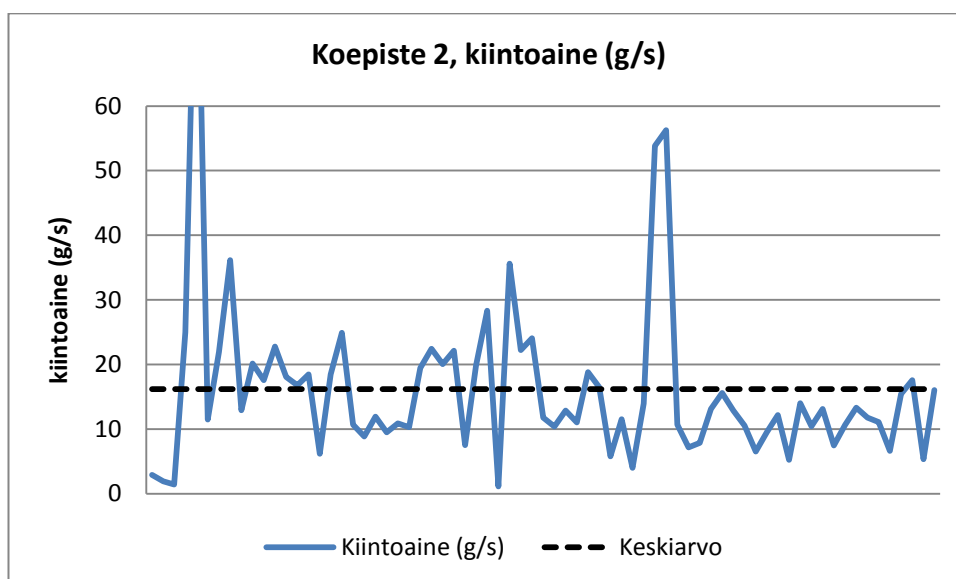
Kuva 5.4. PK4:n kokoamakanaalin näytteiden kiintoainepitoisuus (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Myös toisessa PK4:n koepisteessä on huomattavissa samat pesujen ja katkojen aiheuttamat tasojen nousut. Koneen normaalin käynnin aikana huomataan tason asettuvan melko tasaisesti noin 1500 mg/l tasolle. Tarkasteluvälillä ilmenneet muutamat piikit nostavat keskiarvon noin 2000 milligrammaa litrassa. Eri paperilajien välillä ei näytä olevan heittoja. Suurin piikki noin 7500 mg/l osuu ajankohdalle, jolloin koneella pestiin viiroja.



Kuva 5.5. PK4:n kokoamakanaalin virtaama(l/s), 10.7 – 9.8.2007.

Koepisteen 2 ohi menevä virtaus vaihtelee yleisesti noin 4 – 14 litran välillä sekunnissa. Pidemmän samanlaatuisen paperin ajojakson aikana huomataan tarkasteluajankohdan loppuvaiheessa virtauksen kuitenkin tasaantuvan. Keskiarvo on reilu 8 l/s. Tasaisella ajolla päästään kuitenkin noin 6-7 litraan sekunnissa.

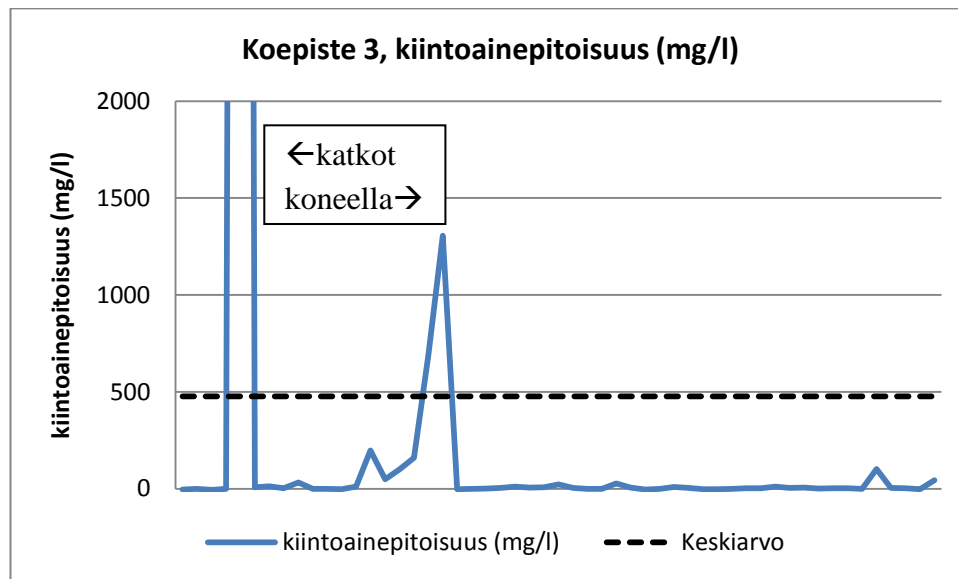


Kuva 5.6. PK4:n kokoamakanaalin kiintoaineen määrä (g/s), 10.7 – 9.8.2007.

Kiintoaineen määrä on piikkejä lukuun ottamatta melko tasaisesti noin 10 g/s tasolla. Myös kuvasta 5.6 nähdään hyvin loppujakson pidempi samanlaatuisen paperin ajojakso. Koko tarkasteluvälillä 10.7 – 9.8.2007 keskiarvo sijoittuu noin 16 grammaan sekunnissa.

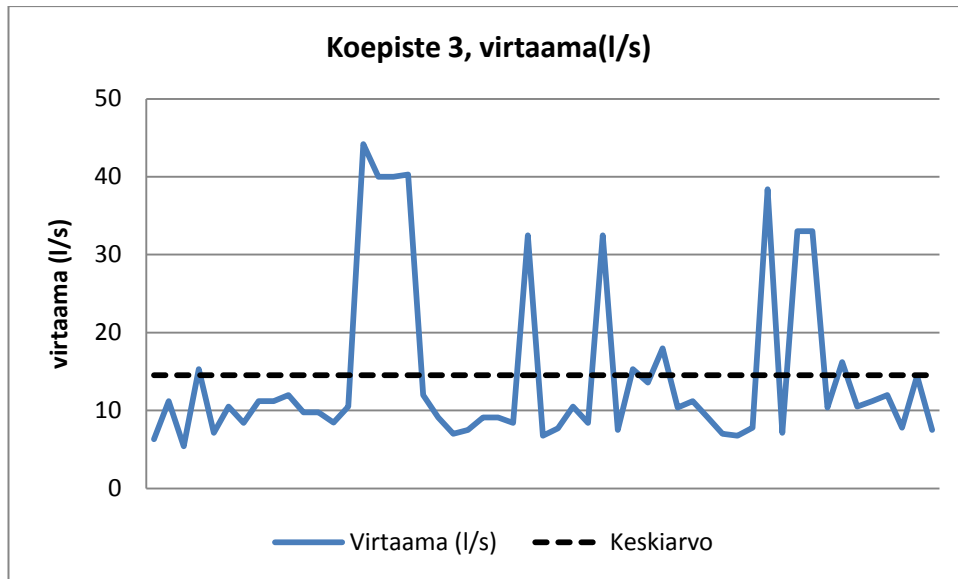
5.2. Paperikone 8, kiintoainepäästöt.

PK8:lta tutkimukseen otettiin mukaan 3 koepistettä. Tosin yksi niistä, koepiste 4, oli sellainen josta saatiin kerättyä vain kiintoainenäytteet. Ensimmäinen koepisteistä oli paperikoneen massaosastolla ja sen tuloksia on esitetty kuvissa 5.7, 5.8 ja 5.9.



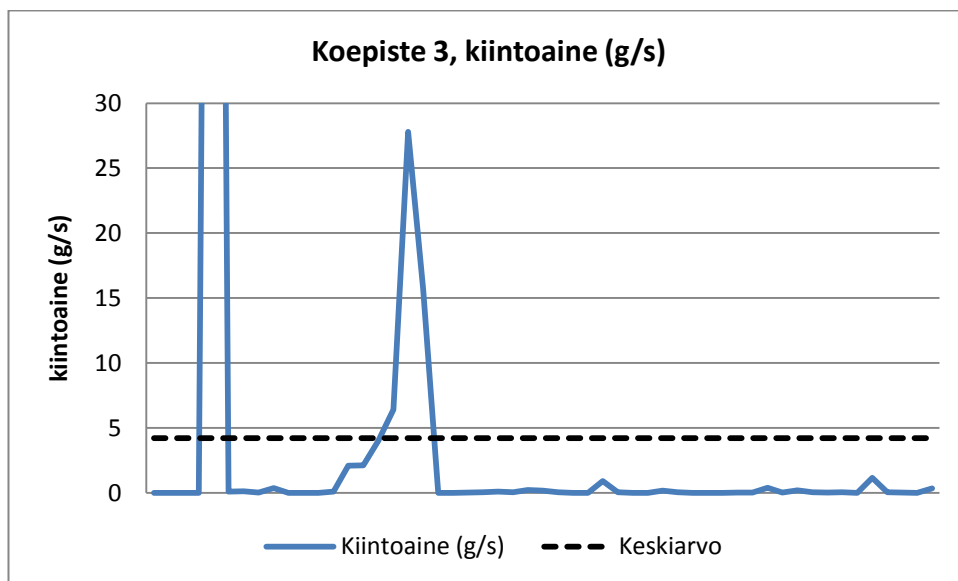
Kuva 5.7. PK8 massaosaston jätevesikanaalin kiintoaine (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Kuvasta 5.7 nähdään, että PK8:lta ei juuri tule kiintoainepäästöjä massaosastolta ainakaan tähän koepisteeseen. Vain paria piikkiä lukuun ottamatta taso seuraa nolllalinjaa. Suurimmille arvoille, noin 22000 mg/l ja 1300 mg/l, ei löydy suoranaista selitystä. Samoihin aikoihin kuitenkin koneella on ollut katko, joten se selittää nämä 2 keskiarvoa korottavaa piikkiä.



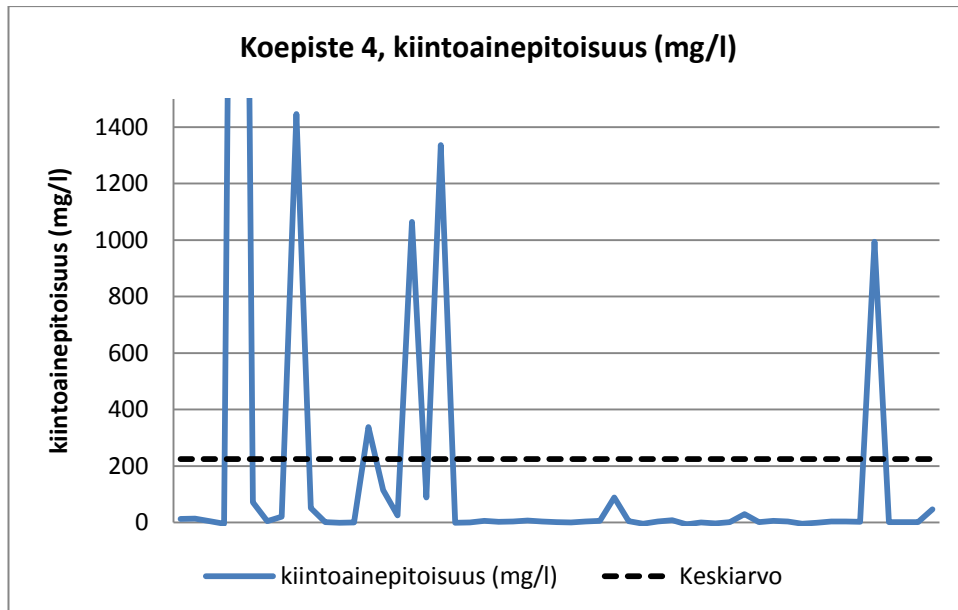
Kuva 5.8. PK8 massaosaston jätevesikanaalin virtaama (l/s), 10.7 – 9.8.2007.

Virtaaman perustaso koepisteessä 3 oli noin 15 l/s. Suurimmaksi osaksi virta oli kuitenkin lähes kirkasta vettä.



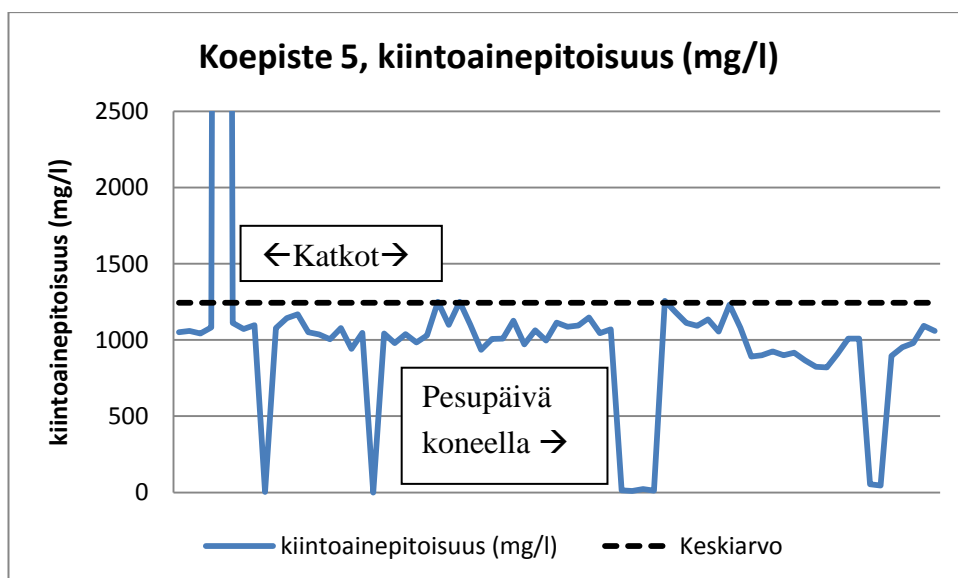
Kuva 5.9. PK8 massaosaston jätevesikanaalin kiintoainemäärä (g/s), 10.7 – 9.8.2007.

Myöskään kiintoaineen ohivirtaamassa määrässä ei luonnollisesti ole 2 piikkiä lukuun ottamatta paljoa nollassa heittoa. Kaksi tason nousuakin mukaan lukien kiintoainemäärä on vain noin 4 grammaa sekunnissa.



Kuva 5.10. PK8:n puolivälin yhdistyvän kanaalin näytteiden kiintoainepitoisuus (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Koepiste 4 sijaitsi PK8:n puolivälissä ja sitä kautta oletetaan kulkevan jätevesiä niin massaosastolta kuin paperikoneeltakin. Myös nämä kaksi kuvaa 5.7 ja 5.10 tukevat tätä olettamusta. Seurantajakson alussa on muutamia tason nousuja, mutta loppua kohden taso seurailee lähes nolaa molemmissa tapauksissa. Yhteneväisyyksiä on havaittavissa myös koepiste 5:n tuloksiin, joita käsitellään kuvissa 5.11, 5.12 ja 5.13.

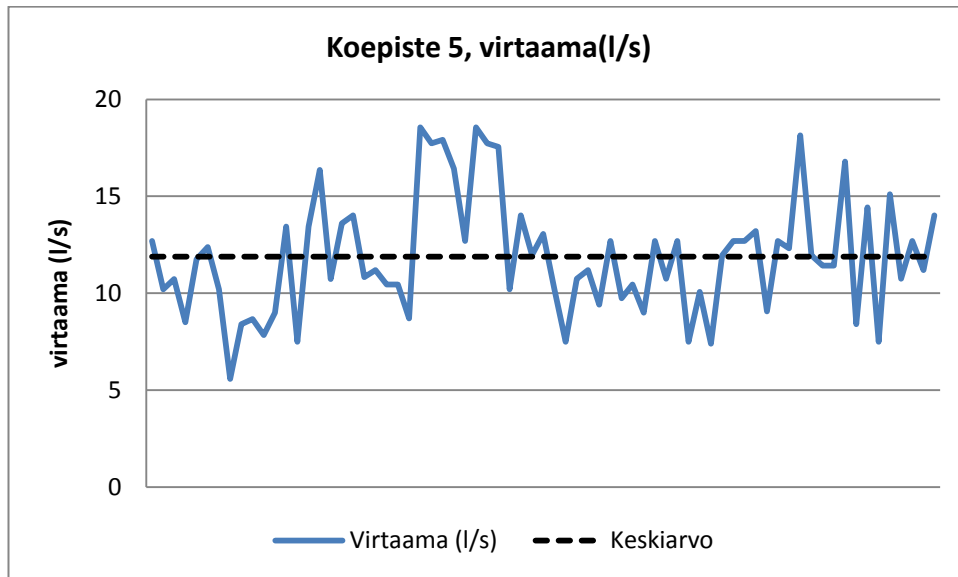


Kuva 5.11. PK8:lta poistuvien jätevesien kiintoainepitoisuus (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Koepiste 5 sijaitsi PK8:n huuvan alla. Sitä kautta kulkee suurin osa paperikoneelta jätevesilaitokselle lähtevästä vedestä.

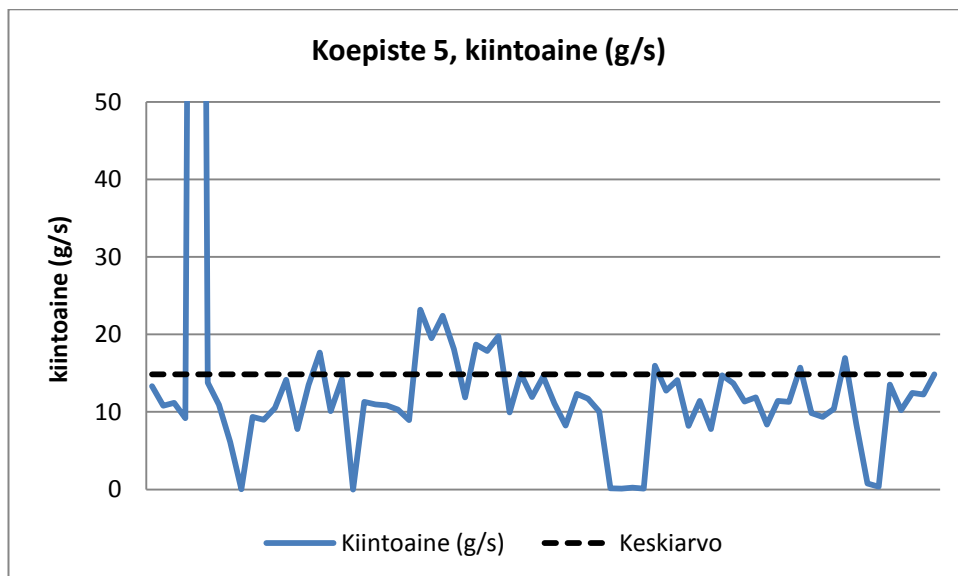
Kuvasta 5.11 näkee hyvin, kuinka koneen käydessä tasaisesti myös kiintoainepitoisuudet näytteissä ovat hyvin tasaisia. Keskiarvo koko tarkastelujaksolle

10.7 – 9.8.2007 on noin 1250 mg/l. Koneen käyntijaksojen aikana taso näyttäisi tasaantuvan noin 1100 milligrammaan litrassa.



Kuva 5.12. PK8:lta poistuvien jätevesien virtaama (l/s), 10.7 – 9.8.2007.

Virtaama koepisteessä vaihtelee noin 5 litrasta vajaaseen 20 litraan sekunnissa. Keskiarvo 12 l/s on varsin kuvaava, koska suuria piikkejä tai muutoksia ei ole havaittavissa. Pesut tai muutamat katkot koneella ei näytä vaikuttavan virtaaman suuruuteen.

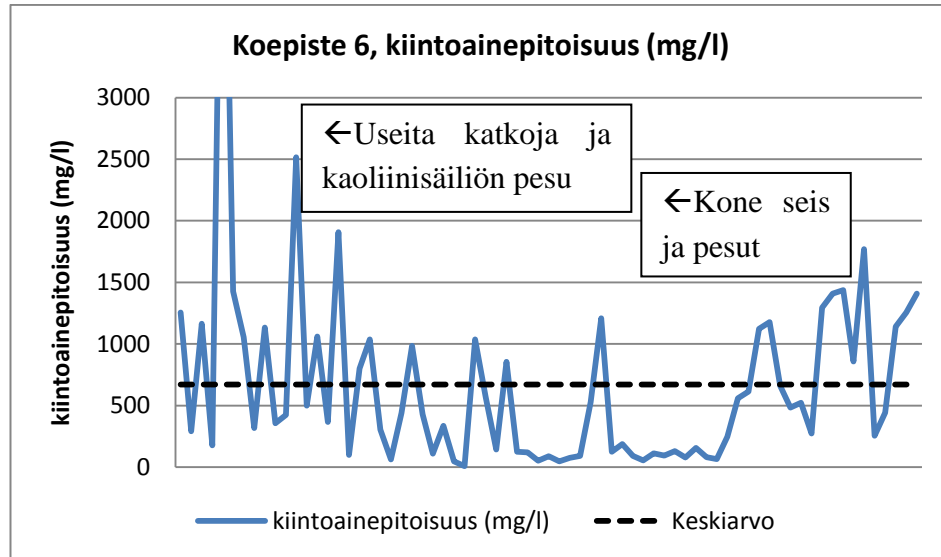


Kuva 5.13. PK8:lta poistuvien jätevesien kiintoaineen määrä (g/s), 10.7 – 9.8.2007.

Kuvassa 5.13 on myös havaittavissa katkojen ja pesujen vaikutus kiintoainevirtaaman arvoon. Kuvaaja kertoo myös koneen käynnin tasaisuudesta. Keskimäärin koepisteen 5 kautta kulki noin 15 g/s kiintoainetta.

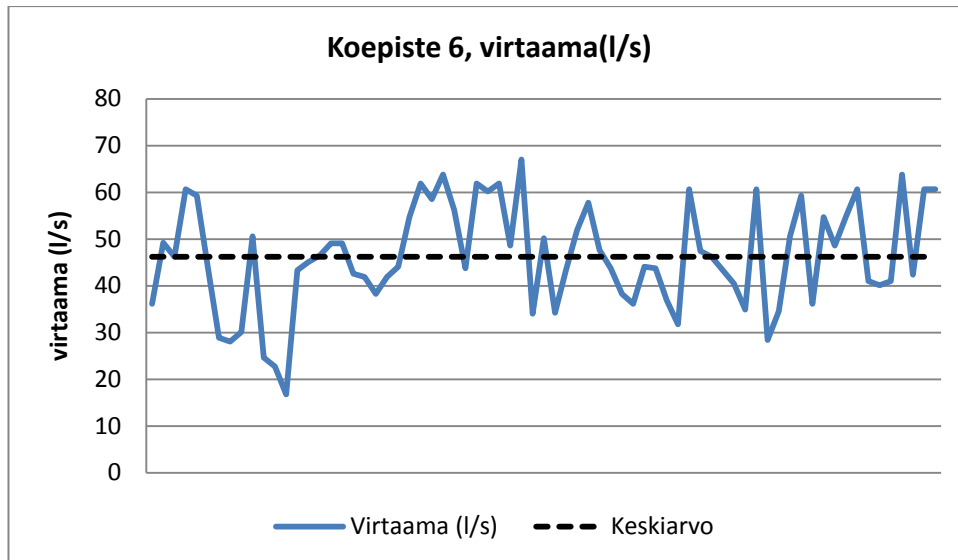
5.3. Paperikone 11, kiintoainepäästöt

PK11 on tehtaan niin sanotun uuden puolen kahdesta koneesta se pienempi. Koepiste 6 on ainut tältä koneelta oleva koepiste. Se kuitenkin on sellaisessa paikassa, että kaikki koneen jätevedet kulkevat tämän pisteen kautta. Tulokset ovat kuvissa 5.14, 5.15 ja 5.16.



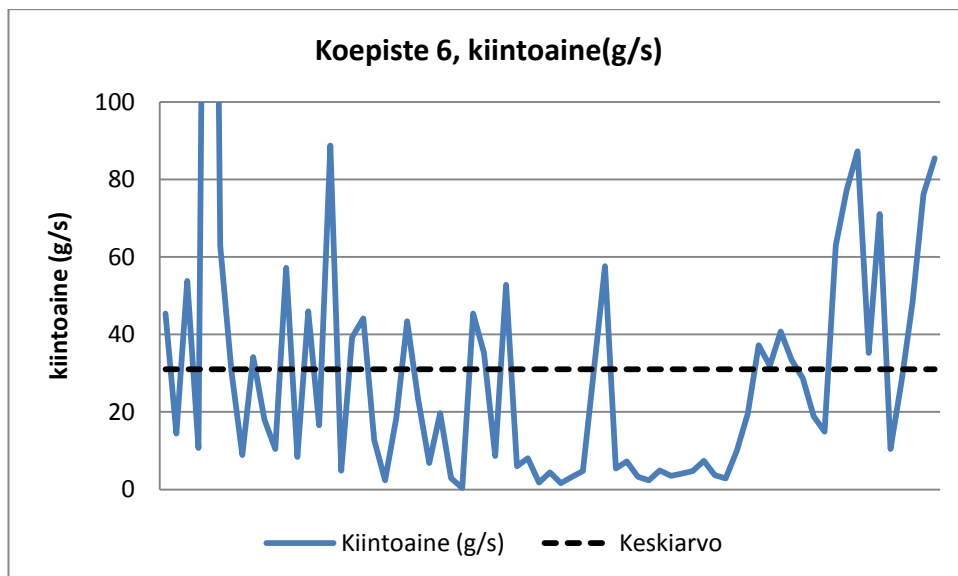
Kuva 5.14. PK11:sta poistuvien jätevesien kiintoainemäärä (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Kiintoainepitoisuus koepisteen näytteissä vaihteli todella suuresti. Sitä selittää varsinkin alkuajanjakson koneella tapahtuneet useat katkot. Ensimmäinen pidempi notkahdus arvoissa ja sen jälkeinen nousu ajoittuu hetkelle, jolloin kone pysäytettiin ja tehtiin pesuja. Sitä seuraava pidempi noin 100 mg/l tasolla oleva jakso on kuitenkin normaalia koneen käyntiaikaa. Paperikoneen käydessä hyvin ilman katkoja ja pesuja, päästöjen voidaan arvioida sijoittuvan noin 100 – 300 mg/l tasolle. Nyt keskiarvo on 700 mg/l.



Kuva 5.15. PK11:sta poistuvien jätevesien virtaama (l/s), 10.7 – 9.8.2007.

Virtaaman keskiarvo on 48 l/s. Virtaamat vaihtelivat jonkin verran, mutta yleinen taso on hiukan alle 50 l/s. Kun virtausta verrataan vanhan puolen pienempiin koneisiin, on ero ymmärrettävästikin aika suuri. Vanhalla puolella keskimääräiset virtaukset olivat noin 10 litraa sekunnissa.

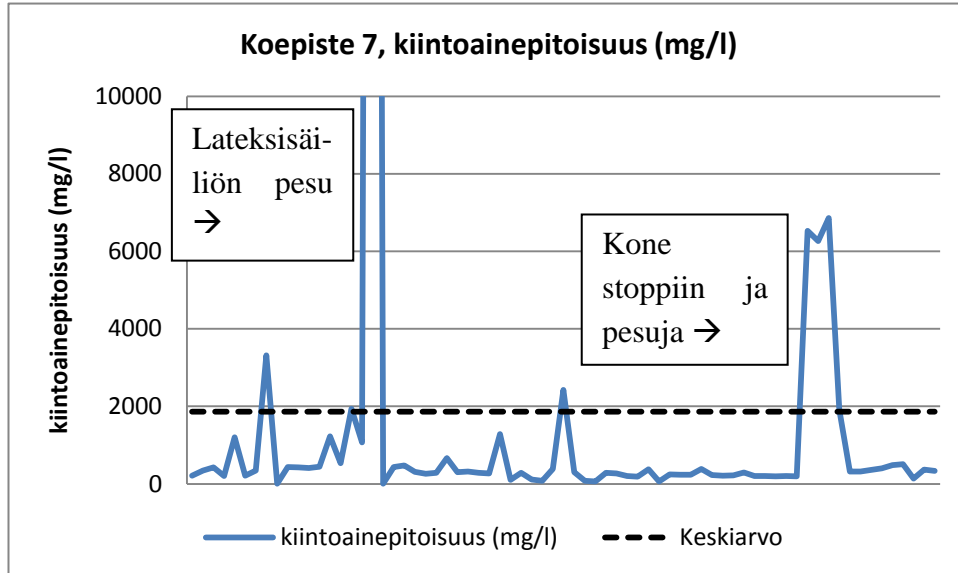


Kuva 5.16. PK11:sta poistuvien jätevesien kiintoainepitoisuus g/s. 10.7 – 9.8.2007.

Kiintoainevirtaukset vaihtelivat myös suuresti näytteiden kiintoainepitoisuuksien mukaan. Keskiarvoisesti koepisteestä virtaa kiintoainetta 32 g/s. Tasaisen käynnin aikana päästöt tippuisivat noin 20 g/s tasolle.

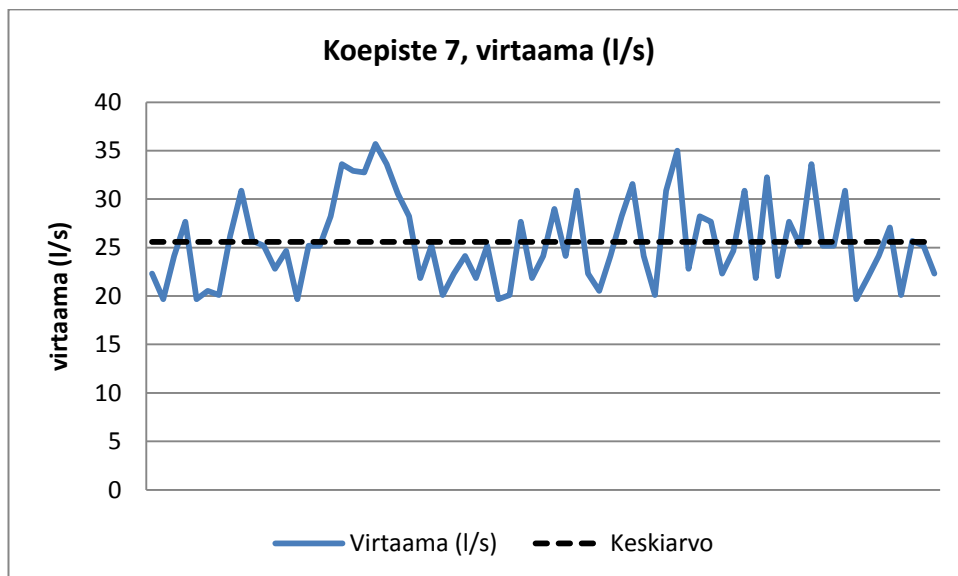
5.4. Paperikone 12, kiintoainepäästöt

PK12 on Tervakosken suurin paperikone. Edellisen koepisteen 6 tavoin myös sieltä valittiin työhön yksi koepiste, jota kautta kulkee kaikki paperikoneen jätevedet.



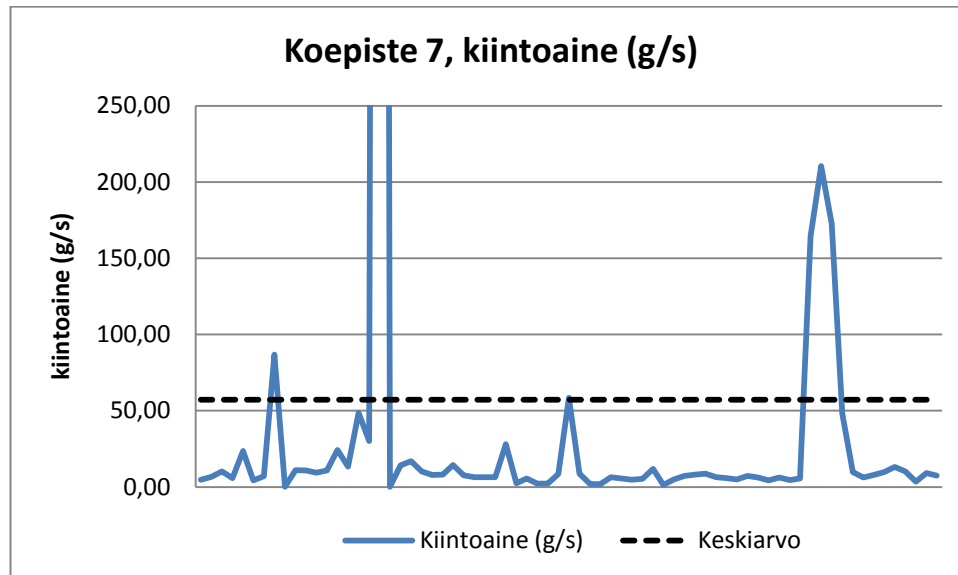
Kuva 5.17. PK12:sta poistuvien jätevesien näytteiden kiintoainemäärä (mg/l), 10.7 – 9.8.2007.

Kiintoainepäästöt PK12:sta näyttäisi koneen käydessä asettuvan hyvin tasaisesti linjalle. Pari pesujen aiheuttamaa korkeampaa arvoa mukaan ottaen keskiarvo asettuu hiukan alle 2000 mg/l. Korkeimmat piikit pois lukien keskiarvoksi saadaan vain 460 mg/l.



Kuva 5.18. PK12:sta poistuvien jätevesien virtaama (l/s), 10.7 – 9.8.2007.

Virtaaman vaihtelu oli noin arvosta 20 arvoon 35 l/s. Keskiarvo 25 l/s on tasaisuus huomioon ottaen hyvin kuvaava.



Kuva 5.19. PK12:sta poistuvien jätevesien kiintoaineen määrä (g/s), 10.7 – 9.8.2007.

Kiintoainevirtauksien osalta koepisteessä 7 päästiin keskiarvoon 57 g/s. Kuitenkin piikit pois lukien saadaan keskiarvoksi vain 12 g/s. Se on vertailukohtat huomioon ottaen todella hyvä luku, koska kyseessä on kuitenkin tehtaan isoin kone.

5.5. Tuloksien vertailut

Tässä osiossa kootaan edelliset tutkimuksen tulokset yhteen niin, että niitä on helpompi verrata keskenään. Koska varsinkin koneen takkuilla ja ajojen sisältäessä paljon lajinvaihtoja tutkitaan tässä työssä tuloksia enemmän keskiarvojen avulla. Varsinkin pienemmillä koneilla saattaa arvot vaihdella suuresti jopa puolen tunnin välein.

Taulukossa 5.1. on vertailtu paperikoneilta saatuja tutkimuksen keskiarvotuloksia.

Taulukko 5.1. Koepisteiden kiintoainepäästöjen vertailu.

KOEPISTE	KIINTOAINE (mg/l)	KIINTOAINE, arvio normaalista minimitasosta (mg/l)	VIRTAUS (l/s)	KIINTOAINE (g/s)	KIINTOAINE, arvio normaalista minimitasosta (g/s)
1, PK4	2000	1300	14	30	18
2, PK4	2000	1500	8	16	10
3, PK8	480	30	15	4	1
4, PK8	200				
5, PK8	1250	1100	12	15	15
6, PK11	700	200	48	32	20
7, PK12	2000	460	25	57	12

Koepisteet 1 ja 2 olivat PK4:n koepisteitä. Huolimatta koneen pienestä koosta, päästöt olivat verrattain suuria muihin koneisiin nähden. Vaikka otetaan huomioon katkot ja muut tuotantoon liittyneet ongelmat, tutkimuksen mukaan kiintoainemäärät näytteissä voidaan parhaimmillaan arvioida olevan noin 1300 – 1500 mg/l. Virtaukset huomioon ottaen tämä tarkoittaa parhaimmillaan 15 – 30 grammaa sekunnissa olevia kiintoainevirtauksia jätevesilaitokselle. Syy tähän on luultavasti koneen ikä ja lyhyet tuotantoajat, jolloin lajinvaihtoja tulee paljon.

Parhaiten PK8:n päästöjä kuvaa koepisteen 5 tulokset. Massaosastolta koepisteelle 3 sekä keskivaiheella olevalle koepiste 4:lle ei normaalissa oloissa tule juurikaan kiintoainetta. Taulukossa olevat luvut keskiarvoissa johtuvat lähinnä parista tutkimuksen aikana olleesta isommasta arvosta katkojen yhteydessä. Koska PK8 toimi hyvin koko tutkimuksen ajan, saadaan kuvaavimmat lukemat siis koepisteestä 5. Kiintoainemäärä näytteissä oli keskimäärin 1250 mg/l, jolloin pois lukien parit koneella aiheutuneet katkot saadaan arviolta minimitasoksi 1100 mg/l. Se on erinomainen, kun vertaa tuloksia PK4:n kahteen koepisteeseen, joista molemmista saatiin arvoksi yli tuon 1100 mg. Virtaus huomioon ottaen saadaan PK8:n kiintoainepäästöiksi 15 g/s, joka on myös arvio minimitasosta.

Uuden puolen koneista PK11:n päästöt ovat tutkimuksen ajalta keskimäärin 700 mg/l. Toisaalta myös isomman koneen ollessa kyseessä virtaukset ovat sen verran isompia verrattuna vanhan puolen koneisiin, että kiintoainepäästöiksi saadaan keskimäärin 32 g/s. Jos koneen ongelmia ei oteta huomioon, voidaan arvioida tason olevan noin 20 g/s. Yksittäisenä koepisteenä numero 6 näyttäisi olevan kaikista koepisteistä eniten jätevesilaitokselle kiintoainetta kuljettava kohta. Täytyy kuitenkin muistaa, että PK4:ltä on kaksi eri pistettä, kun sen sijaan koepiste 6 kertoo kokonaisuudessaan PK11 päästöt.

Ehkä mielenkiintoisin kaikista tuloksista on PK12 jätevesikanaalissa olevan koepiste 7:n tulokset. Ilman lateksisäiliön pesua ja koneen stoppia myöhemmin tarkasteluajanjaksolla, olisivat PK12 päästöt jääneet todella alhaisiksi. Nyt keskiarvoisesti näytteet sisälsivät noin 2000 mg/l kiintoainetta. Piikit pois lukien keskiarvoksi voidaan kuitenkin arvioida vain 460 mg/l, joka virtauksen huomioon ottaen tarkoittaa noin 12 gramman kiintoainepäästöjä sekunnissa. Näin ollen se olisi koko tutkimuksen pienipäästöisin kone huolimatta suurimmasta koosta.

5.6. Mittauksien luotettavuus

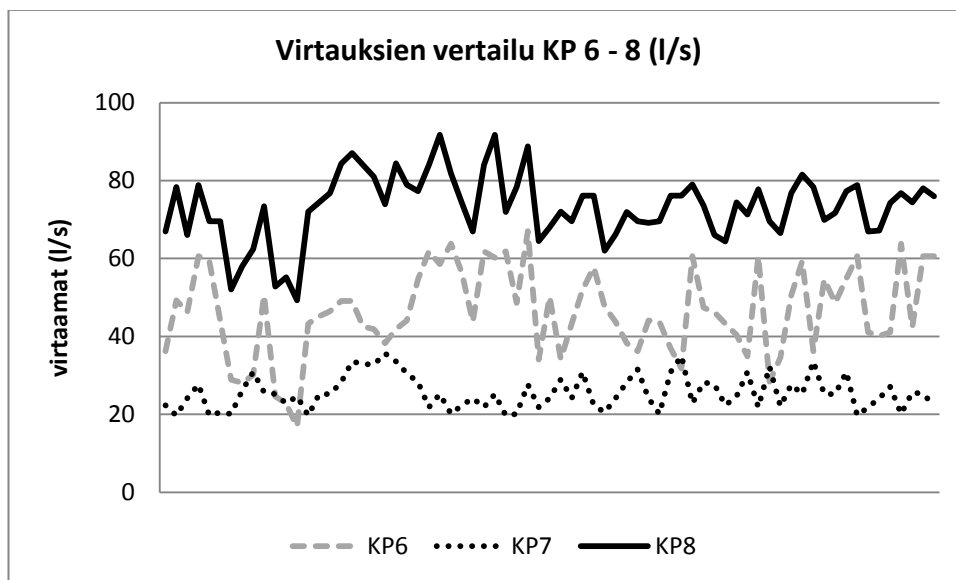
Tulosten luotettavuuden toteamiseksi tehtiin erilaisia mittauksia. Yksi tapa oli koepiste 8 valinta mukaan tutkimukseen. Koepiste oli tehtaan uudella puolella kanaalissa, jossa yhdistyy PK11:sta ja 12:sta jätevesikanaalit. Näin ollen tuloksien pitäisi olla koepisteessä melko lähellä koepisteiden 6 ja 7 summaa. Tätä on vertailtu taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Koepisteiden 6, 7 ja 8 vertailu.

KOEPISTE	VIRTAUS (l/s)	KIINTOAINE (g/s)
6	48	32
7	25	57
yhteensä	73	89
8	72	110
erotus	1	21

Taulukossa 5.2 ylimmillä riveillä nähdään koepisteiden 6 ja 7 tulokset sekä niiden yhteen laskettu summa, jonka pitäisi vastata koepisteen kahdeksan mittaustuloksia. Taulukosta huomataan, että virtauksien osalta mittaukset ovat keskiarvojen osalta menneet oikein hyvin. Erotus koepisteiden kesken on vain noin 1 litra.

Kiintoainevirtauksien kohdalla heittoa tulee enemmän noin 20 g/s. Tähän syynä voi olla se, että lyhyelläkin aikavälillä mittaustulokset kiintoaineen suhteen voi vaihdella todella paljon. Toisena vaihtoehtona on, että yhdistyvään jätevesikanaaliin tulee vielä jostakin putkesta kiintoainetta lisää. Suurista virtauksista ei kuitenkaan voi olla kyse, koska virtaukset osuvat niin hyvin yhteen. Virtauksia on vielä esitetty kuvassa 5.20.

**Kuva 5.20.** Virtauksien vertailu koepisteissä 6, 7 ja 8.

Kuvasta huomataan, että koepiste 7 virtauksien pysyessä suhteellisen tasaisina, seurailee koepisteen 8 virtaus hyvin koepisteen 6 virtauksien muutoksia.

5.7. Laboriomiittauksien luotettavuus

Laboriomiittauksien luotettavuuden tarkastelemiseksi tehtiin yhden viikon testijakso mittauksissa. Silloin otettiin aina yhdestä koepisteestä 2 tai 3 eri näytettä. Laboriomiittauksissa näille pitäisi siis saada kiintoainemääräksi lähelle samat lukemat.

Taulukko 5.3. Laboriomiittauksien hajontatellit.

koepiste	näytteen tilavuus (ml)	painojen erotus (g)	kiintoainepitoisuus (mg/l)	Erotus (mg/l)
KP 1 (1)	25	0,0055	220	
KP 1 (2)	25	0,0052	208	12
KP 1 (1)	25	0,0043	172	
KP 1 (2)	50	0,0101	202	30
KP 1 (1)	50	0,0020	40	
KP 1 (2)	50	0,0022	44	4
KP 1 (1)	50	0,0037	74	
KP 1 (2)	50	0,0036	72	2
KP 1 (1)	50	0,0044	88	
KP 1 (2)	50	0,0044	88	0
KP 1 (1)	50	0,1397	2794	
KP 1 (2)	50	0,1386	2772	22
KP 1 (1)	50	0,1368	2736	
KP 1 (2)	50	0,1384	2768	32
KP 1 (1)	50	0,0233	466	
KP 1 (2)	50	0,0248	496	30
KP 1 (1)	50	0,0080	160	
KP 1 (2)	50	0,0087	174	14
KP 1 (1)	50	0,0084	168	
KP 1 (2)	50	0,0090	180	12

Taulukossa 5.3 voidaan nähdä yhden tällaisen testijakson tulokset yhdeltä koepisteeltä. Koepiste sarakkeessa on merkattu kyseessä olevan mittauksen koepiste ja suluissa monesko näyte samasta koepisteestä samanaikaisesti on kyseessä. Painojen erotus sarakkeessa on näytteiden alku- ja loppupainojen erotus. Seuraavissa sarakkeissa on muunnettu painojen erotus vastaamaan kiintoaineen määrää milligrammoina litroissa ja viimeisessä sarakkeessa on laskettu samojen koepisteiden näytteiden erotus. Tämä erotus vaihtelee 0 – 32 milligramman välillä. Tämä otanta kuvaa hyvin koko tutkimuksen laboriomiittauksien mahdollista hajontaa. Prosentuaalisesti virhemahdollisuus on noin 10 %.

6. TUTKIMUKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen ajalta saatiin melko selkeä kuva siitä mistä suurimmat ongelmat kiintoainepäästöissä Tervakoskella johtuvat. Suurimpana ongelmana voidaan varmasti yksilöidä koneen käynti ja siihen liittyvät ongelmat. Koneiden käydessä ilman katkoja tai muita ongelmia, huomataan päästöjen pysyvän tasaisina ja melko matalilla tasoilla. Tutkimuksen aikana kuitenkin ilmeni käynnissä ongelmia, jolloin tuli katkoja. Näiden aikana suoritettiin pesuja ja muita toimenpiteitä, joiden vuoksi esimerkiksi työssä lasketut keskiarvot nousivat.

Suurimpana ongelmakoneena tämän tutkimuksen aikana oli PK4. Huolimatta koneen koosta sieltä tuli verrattain hyvinkin paljon päästöjä jätevesilaitokselle. Toisaalta tutkimuksen aikana PK4:llä oli myös ongelmia muita enemmän. Siellä tehtiin paljon pesuja ja ajettiin lyhyitä tuotantotilauksia, joka aiheuttaa tietysti paljon lajinvaihtoja ja ylimääräisiä kiintoainepäästöjä. Kuitenkin koneen käydessä ongelmitta huomataan hyvinkin korkeita kiintoainemääriä. Myös vaihtelut ovat hyvin suuria

PK8 toimi parhaiten koko tutkimuksen ajan, joten sen tulokset ovat hyvin tasaisia. Massapuolelta ei juuri tule kiintoainetta kanaaleihin muuten kuin pesujen yhteydessä. Myös paperikoneelta tulevat kiintoainemäärät olivat varsin maltillisia.

Uuden puolen suuremmista koneista PK11 oli ongelmallisempi kuin PK12. Tutkimuksen aikana sieltä tuli melkein yhtä paljon kiintoainepäästöjä kuin PK4:tä. Täytyy kuitenkin muistaa, että PK11 on kooltaan ja tuotantomääriltään huomattavasti PK4:sta suurempi. Eli suhteellisesti PK11 ei ollut niin merkittävä kiintoaineen päästäjä kuin pienempi PK4.

Ehkä mielenkiintoisin tulos saadaan PK12:sta. Se on kaikista Tervakosken paperikoneista suurin. Kuitenkin se näyttäisi koneen hyvin käydessä ongelmitta, pääsevän kaikista koneista alhaisimpiin kiintoainemääriin. Keskiarvoisesti tutkimuksen ajalta 10.7. – 9.8.2007 kone on kuitenkin melko korkealla tasolla kiintoainepäästöjen suhteen, koska ajalle osui lateksisäiliön ja paperikoneen pesuja.

LÄHTEET

- [1] Gullichsen, J., Fogelholm, C-J. Book A. Papermaking Science and Technology 6. Chemical Pulping. Helsinki 2000, Fapet Oy. 1190 s.
- [2] Gullichsen, J., Paulapuro, H., Stenius, P. Papermaking Science and Technology 3. Forest Products Chemistry. Helsinki 2000, Fapet Oy. 350 s.
- [3] Gullichsen, J., Paulapuro, H., Hynninen, P. Papermaking Science and Technology 19. Environmental control. Helsinki 1998, Fapet Oy. 234 s.
- [4] Karlsson, M. Papermaking Science and Technology 9. Paper making part2, drying. Helsinki 2000, Fapet Oy 496 s.
- [5] Pryke, Douglas. ECF is on a roll!! [verkkodokumentti] elokuu 2003. [viitattu: 28.8.2008.] Saatavissa: <http://www.aet.org/reports/articles/2003/roll.html>.
- [6] The energy solutions center, Gas IR paper drying consortium. *Paper manufacturing*. [verkkodokumentti] 2002. [viitattu: 28.8.2008]. Saatavilla: http://www.energysolutionscenter.org/gasirpaper/Learn%20About/Paper_Manufacture.htm.
- [7] Gullichsen, J., Paulapuro, H., Kellomäki, S. Papermaking Science and Technology 2. Forest resources and sustainable management. Helsinki 1998, Fapet Oy. 425 s.
- [8] Lawrence, Steve. Chattahoochee riwerway project. [verkkodokumentti] 11.5.2002. [viitattu: 25.5.2007]. Saatavilla: <http://ga2.er.usgs.gov/bacteria/helpturbidity.cfm>
- [9] Gullichsen, J., Paulapuro, H., Neimo, L. Papermaking Science and Technology 4. Papermaking chemistry. Helsinki 1999, Fapet Oy. 329 s.
- [10] Metsäteollisuuslaitosten jätevedet ja niiden puhdistusvaihtoehdot. [verkkodokumentti] [Viitattu 30.6.2009]. saatavilla: <http://www.tkukoulu.fi/~kastul/metsa/jatevedet.html>
- [11] Ojanen, Pekka. Alueelliset ympäristöjulkaisut, Metsäteollisuuslaitosten jätevedenpuhdistuksen vaihtoehdot sekä niiden toimintaan ja energiankulutukseen vaikuttavat tekijät. Lappeenranta 2001, Aalef Oy. 95s

- [12] GC3 Specialty Chemicals, Inc. GC3 Technical Manual: Clarification. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.9.2009.] Saatavilla: <http://www.gc3.com/Default.aspx?tabid=89>
- [13] Vaasan Vesi. Flotaatio. [verkkodokumentti] 17.4.2008. [Viitattu: 16.9.2009]. Saatavilla: http://www.vaasanvesi.fi/Suomeksi/Esittely/Pattin_puhdistamo/Flotaatio.
- [14] Huhtamäki, Markku. Flotaatio asumajätevesien käsittelyssä. Tekniikan ja laitteiston valinta ja käyttö. [verkkodokumentti] 2007. [Viitattu 16.9.2009]. saatavilla: <http://www.raisio.fi/ripesca/Manuals%20for%20www%20page/manual%2003fi%20%20%20Flotaatio%20asumaj%C3%A4tevesien%20k%C3%A4sittelyss%C3%A4.pdf>
- [15] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. BREF - Common waste water/waste gas treatment/management systems in chemical sectors. [verkkodokumentti] Helmikuu 2003. [Viitattu: 11.9.2009]. Saatavilla: http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/cww_bref_0203.pdf
- [16] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. BREF - Pulp and Paper Industry. [verkkodokumentti] joulukuu 2001. [Viitattu 11.9.2009]. Saatavilla: http://eippcb.jrc.es/reference/download.cfm?twg=pp&file=ppm_bref_1201.pdf
- [17] Ympäristökeskus. www.ymparisto.fi, Lietteiden käsittely. [verkkodokumentti] 27.3.2009. [Viitattu 11.9.2009]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6602&lan=fi>
- [18] Ympäristökeskus. www.ymparisto.fi, Typenpoistomenetelmät. [verkkodokumentti] 26.3.2009. [Viitattu 16.9.2009]. saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6571&lan=fi>.
- [19] Ympäristökeskus. www.ymparisto.fi, Biologinen fosforinpoisto. [verkkodokumentti] 26.3.2009. [Viitattu 6.1.2010]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6573&lan=fi>.

LIITE 1: MITTAUSPÖYTÄKIRJAT

Päivä	Filteri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
10.7.2007	I / 49	8.00	KP 1	50	0,0541	0,3332	0,2791	5582	12,7	71,14
10.7.2007	I / 44	8.00	KP 2	50	0,0584	0,0739	0,0155	310	9,4	2,92
10.7.2007	I / 47	8.00	KP 3	100	0,0574	0,0570	-0,0004	-4	6,3	0,00
10.7.2007	I / 48	8.00	KP 4	100	0,0550	0,0563	0,0013	13		
10.7.2007	I / 42	8.00	KP 5	50	0,0571	0,1096	0,0525	1050	12,7	13,33
10.7.2007	I / 50	8.00	KP 6	50	0,0574	0,1201	0,0627	1254	36,2	45,36
10.7.2007	I / 36	8.00	KP 7	50	0,0579	0,0683	0,0104	208	22,3	4,64
10.7.2007	I / 34	8.00	KP 8	50	0,0580	0,1125	0,0545	1090	67,0	72,99
10.7.2007	I / 32	10.00	KP 1	50	0,0582	0,1222	0,0640	1280	4,6	5,90
10.7.2007	I / 27	10.00	KP 2	50	0,0577	0,0718	0,0141	282	6,8	1,93
10.7.2007	I / 41	10.00	KP 3	100	0,0570	0,0570	0,0000	0	11,2	0,00
10.7.2007	I / 33	10.00	KP 4	100	0,0581	0,0595	0,0014	14		
10.7.2007	I / 46	10.00	KP 5	50	0,0582	0,1112	0,0530	1060	10,2	10,81
10.7.2007	I / 35	10.00	KP 6	50	0,0604	0,0750	0,0146	292	49,2	14,38
10.7.2007	I / 24	10.00	KP 7	50	0,0575	0,0745	0,0170	340	19,7	6,69
10.7.2007	I / 23	10.00	KP 8	50	0,0609	0,0736	0,0127	254	78,4	19,91
10.7.2007	I / 37	12.00	KP 1	50	0,0562	0,0873	0,0311	622	12,5	7,75
10.7.2007	I / 39	12.00	KP 2	50	0,0573	0,0735	0,0162	324	4,3	1,39
10.7.2007	I / 40	12.00	KP 3	100	0,0585	0,0579	-0,0006	-6	5,4	0,00
10.7.2007	I / 31	12.00	KP 4	100	0,0569	0,0574	0,0005	5		
10.7.2007	I / 30	12.00	KP 5	50	0,0562	0,1083	0,0521	1042	10,7	11,17
10.7.2007	I / 28	12.00	KP 6	50	0,0562	0,1144	0,0582	1164	46,2	53,79
10.7.2007	I / 26	12.00	KP 7	50	0,0576	0,0788	0,0212	424	24,1	10,23
10.7.2007	I / 25	12.00	KP 8	50	0,0542	0,0887	0,0345	690	66,0	45,54

Päivä	Filterri	Näyteenottoaika	Koepiste	Näyteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näyteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
11.7.2007	I / 22	8.00	KP 1	50	0,0634	0,1184	0,0550	1100	6,7	7,40
11.7.2007	I / 21	8.00	KP 2	50	0,0571	0,2241	0,1670	3340	7,5	25,01
11.7.2007	I / 20	8.00	KP 3	100	0,0578	0,0578	0,0000	0	15,3	0,00
11.7.2007	I / 17	8.00	KP 4	100	0,0581	0,0576	-0,0005	-5		
11.7.2007	I / 18	8.00	KP 5	50	0,0577	0,1118	0,0541	1082	8,5	9,20
11.7.2007	I / 16	8.00	KP 6	50	0,0584	0,0672	0,0088	176	60,6	10,67
11.7.2007	I / 15	8.00	KP 7	50	0,0586	0,0689	0,0103	206	27,7	5,70
11.7.2007	I / 14	8.00	KP 8	50	0,0586	0,0715	0,0129	258	78,9	20,35
11.7.2007	I / 13	9.00	KP 1	50	0,0578	1,2575	1,1997	23994	13,8	331,69
11.7.2007	I / 12	9.00	KP 2	50	0,0538	0,4100	0,3562	7124	13,5	96,17
11.7.2007	I / 11	9.00	KP 3	50	0,0642	1,1863	1,1221	22442	7,2	160,46
11.7.2007	I / 9	9.00	KP 4	50	0,0580	0,3620	0,3040	6080		
11.7.2007	I / 8	9.00	KP 5	50	0,0577	1,2360	1,1783	23566	11,8	276,95
11.7.2007	I / 6	9.00	KP 6	50	0,0538	0,3495	0,2957	5914	59,3	350,58
11.7.2007	I / 7	9.00	KP 7	50	0,0580	0,1179	0,0599	1198	19,7	23,57
11.7.2007	I / 5	9.00	KP 8	50	0,0565	0,1092	0,0527	1054	69,6	73,36
11.7.2007	I / 4	10.00	KP 1	50	0,0571	0,1385	0,0814	1628	3,0	4,92
11.7.2007	I / 3	10.00	KP 2	50	0,0570	0,1830	0,1260	2520	4,6	11,48
11.7.2007	I / 2	10.00	KP 3	100	0,0577	0,0585	0,0008	8	10,5	0,08
11.7.2007	I / 1	10.00	KP 4	100	0,0582	0,0653	0,0071	71		
11.7.2007	II / 26	10.00	KP 5	50	0,0586	0,1142	0,0556	1112	12,4	13,76
11.7.2007	II / 25	10.00	KP 6	50	0,0591	0,1304	0,0713	1426	44,1	62,86
11.7.2007	II / 22	10.00	KP 7	50	0,0595	0,0701	0,0106	212	20,5	4,35
11.7.2007	II / 23	10.00	KP 8	50	0,0590	0,0674	0,0084	168	69,6	11,69
11.7.2007	II / 21	11.00	KP 1	50	0,0593	0,1237	0,0644	1288	9,5	12,21
11.7.2007	II / 20	11.00	KP 2	50	0,0591	0,3205	0,2614	5228	4,2	21,90
11.7.2007	II / 15	11.00	KP 3	100	0,0590	0,0603	0,0013	13	8,4	0,11
11.7.2007	II / 2	11.00	KP 4	100	0,0589	0,0594	0,0005	5		
11.7.2007	II / 19	11.00	KP 5	50	0,0591	0,1127	0,0536	1072	10,2	10,93
11.7.2007	II / 18	11.00	KP 6	50	0,0592	0,1120	0,0528	1056	28,9	30,50
11.7.2007	II / 16	11.00	KP 7	50	0,0591	0,0764	0,0173	346	20,1	6,96
11.7.2007	II / 14	11.00	KP 8	50	0,0587	0,0889	0,0302	604	52,1	31,46
11.7.2007	II / 13	12.00	KP 1	50	0,0587	0,0821	0,0234	468	13,0	6,07
11.7.2007	II / 12	12.00	KP 2	50	0,0587	0,3231	0,2644	5288	6,8	36,14
11.7.2007	II / 11	12.00	KP 3	100	0,0587	0,0589	0,0002	2	11,2	0,02
11.7.2007	II / 10	12.00	KP 4	100	0,0585	0,0606	0,0021	21		
11.7.2007	II / 6	12.00	KP 5	50	0,0590	0,1139	0,0549	1098	5,6	6,13
11.7.2007	II / 8	12.00	KP 6	50	0,0584	0,0743	0,0159	318	28,0	8,92
11.7.2007	II / 7	12.00	KP 7	50	0,0584	0,2240	0,1656	3312	26,2	86,85
11.7.2007	II / 5	12.00	KP 8	50	0,0589	0,1198	0,0609	1218	58,1	70,74

Päivä	Filterri	Näyteenottoaika	Koepiste	Näyteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näyteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
12.7.2007	II / 4	8.00	KP 1	50	0,0586	0,0603	0,0017	34	15,3	0,52
12.7.2007	II / 3	8.00	KP 2	50	0,0586	0,1342	0,0756	1512	8,5	12,90
12.7.2007	II / 1	8.00	KP 3	100	0,0589	0,0621	0,0032	32	11,2	0,36
12.7.2007	III / 47	8.00	KP 4	50	0,0571	0,1294	0,0723	1446		
12.7.2007	III / 48	8.00	KP 5	100	0,0626	0,0630	0,0004	4	8,4	0,03
12.7.2007	III / 50	8.00	KP 6	50	0,0588	0,1155	0,0567	1134	30,1	34,13
12.7.2007	III / 46	8.00	KP 7	100	0,0576	0,0583	0,0007	7	30,9	0,22
12.7.2007	III / 45	8.00	KP 8	50	0,0577	0,1105	0,0528	1056	62,4	65,89
12.7.2007	III / 44	9.00	KP 1	50	0,0542	0,0616	0,0074	148	6,6	0,97
12.7.2007	III / 43	9.00	KP 2	50	0,0562	0,1514	0,0952	1904	10,6	20,13
12.7.2007	III / 49	9.00	KP 3	100	0,0562	0,0561	-0,0001	-1	12,0	0,00
12.7.2007	III / 42	9.00	KP 4	100	0,0562	0,0613	0,0051	51		
12.7.2007	III / 41	9.00	KP 5	50	0,0579	0,1118	0,0539	1078	8,7	9,34
12.7.2007	III / 40	9.00	KP 6	50	0,0561	0,0739	0,0178	356	50,6	18,02
12.7.2007	III / 39	9.00	KP 7	50	0,0567	0,0783	0,0216	432	25,7	11,10
12.7.2007	III / 38	9.00	KP 8	50	0,0567	0,0761	0,0194	388	73,4	28,49
12.7.2007	III / 36	10.00	KP 1	50	0,0570	0,0691	0,0121	242	11,9	2,87
12.7.2007	III / 34	10.00	KP 2	50	0,0570	0,1497	0,0927	1854	9,5	17,57
12.7.2007	III / 33	10.00	KP 3	100	0,0570	0,0570	0,0000	0	9,8	0,00
12.7.2007	III / 35	10.00	KP 4	100	0,0574	0,0575	0,0001	1		
12.7.2007	III / 32	10.00	KP 5	50	0,0567	0,1139	0,0572	1144	7,8	8,97
12.7.2007	III / 29	10.00	KP 6	50	0,0567	0,0779	0,0212	424	24,6	10,44
12.7.2007	III / 30	10.00	KP 7	50	0,0573	0,0787	0,0214	428	25,2	10,77
12.7.2007	III / 31	10.00	KP 8	50	0,0596	0,0906	0,0310	620	52,8	32,74
12.7.2007	III / 28	11.00	KP 1	50	0,0571	0,0849	0,0278	556	11,3	6,29
12.7.2007	III / 27	11.00	KP 2	50	0,0574	0,1478	0,0904	1808	12,6	22,76
12.7.2007	III / 23	11.00	KP 3	100	0,0561	0,0558	-0,0003	-3	9,8	0,00
12.7.2007	III / 24	11.00	KP 4	100	0,0638	0,0637	-0,0001	-1		
12.7.2007	III / 22	11.00	KP 5	50	0,0596	0,1180	0,0584	1168	9,0	10,51
12.7.2007	III / 19	11.00	KP 6	50	0,0617	0,1875	0,1258	2516	22,7	57,17
12.7.2007	III / 18	11.00	KP 7	50	0,0568	0,0771	0,0203	406	22,8	9,26
12.7.2007	III / 17	11.00	KP 8	50	0,0568	0,0759	0,0191	382	55,2	21,09
12.7.2007	III / 16	12.00	KP 1	50	0,0568	0,0747	0,0179	358	22,1	7,89
12.7.2007	III / 15	12.00	KP 2	50	0,0565	0,1523	0,0958	1916	9,4	18,07
12.7.2007	III / 14	12.00	KP 3	100	0,0557	0,0568	0,0011	11	8,5	0,09
12.7.2007	III / 13	12.00	KP 4	100	0,0574	0,0574	0,0000	0		
12.7.2007	III / 12	12.00	KP 5	50	0,0577	0,1103	0,0526	1052	13,4	14,14
12.7.2007	III / 10	12.00	KP 6	50	0,0574	0,0824	0,0250	500	16,8	8,40
12.7.2007	III / 9	12.00	KP 7	50	0,0574	0,0793	0,0219	438	24,6	10,80
12.7.2007	III / 8	12.00	KP 8	50	0,0573	0,0826	0,0253	506	49,3	24,94

Päivä	Filterri	Näyteenottoaika	Koepiste	Näyteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näyteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
17.7.2007	III / 7	8.00	KP 1	50	0,0574	0,1375	0,0801	1602	15,8	25,25
17.7.2007	III / 6	8.00	KP 2	50	0,0568	0,1393	0,0825	1650	10,2	16,75
17.7.2007	III / 5	8.00	KP 3	50	0,0564	0,0663	0,0099	198	10,5	2,08
17.7.2007	III / 4	8.00	KP 4	50	0,0564	0,0733	0,0169	338		
17.7.2007	III / 3	8.00	KP 5	50	0,0570	0,1088	0,0518	1036	7,5	7,77
17.7.2007	III / 1	8.00	KP 6	50	0,0566	0,1096	0,0530	1060	43,3	45,92
17.7.2007	IV / 48	8.00	KP 7	50	0,0558	0,1172	0,0614	1228	19,7	24,16
17.7.2007	IV / 47	8.00	KP 8	50	0,0535	0,1046	0,0511	1022	72,0	73,58
17.7.2007	IV / 45	9.00	KP 1	50	0,0576	0,0817	0,0241	482	20,5	9,87
17.7.2007	IV / 46	9.00	KP 2	50	0,0576	0,1449	0,0873	1746	10,6	18,44
17.7.2007	IV / 44	9.00	KP 3	50	0,0577	0,0601	0,0024	48	44,2	2,12
17.7.2007	IV / 43	9.00	KP 4	100	0,0585	0,0700	0,0115	115		
17.7.2007	IV / 42	9.00	KP 5	50	0,0649	0,1151	0,0502	1004	13,4	13,49
17.7.2007	IV / 41	9.00	KP 6	50	0,0617	0,0800	0,0183	366	45,1	16,52
17.7.2007	IV / 36	9.00	KP 7	25	0,0579	0,0712	0,0133	532	25,2	13,39
17.7.2007	IV / 39	9.00	KP 8	50	0,0575	0,0992	0,0417	834	74,4	62,05
17.7.2007	IV / 35	10.00	KP 1	50	0,0530	0,0844	0,0314	628	19,1	12,01
17.7.2007	IV / 33	10.00	KP 2	25	0,0580	0,0732	0,0152	608	10,2	6,17
17.7.2007	IV / 34	10.00	KP 3	50	0,0579	0,0629	0,0050	100	40,0	4,00
17.7.2007	IV / 32	10.00	KP 4	100	0,0641	0,0666	0,0025	25		
17.7.2007	IV / 31	10.00	KP 5	50	0,0601	0,1140	0,0539	1078	16,4	17,64
17.7.2007	IV / 30	10.00	KP 6	50	0,0575	0,1529	0,0954	1908	46,5	88,74
17.7.2007	IV / 29	10.00	KP 7	50	0,0574	0,1541	0,0967	1934	25,2	48,68
17.7.2007	IV / 28	10.00	KP 8	50	0,0577	0,1052	0,0475	950	76,8	72,96
17.7.2007	IV / 27	11.00	KP 1	25	0,0554	0,1950	0,1396	5584	15,9	88,54
17.7.2007	IV / 26	11.00	KP 2	50	0,0576	0,1563	0,0987	1974	9,3	18,44
17.7.2007	IV / 25	11.00	KP 3	50	0,0597	0,0677	0,0080	160	40,0	6,40
17.7.2007	IV / 24	11.00	KP 4	50	0,0594	0,1126	0,0532	1064		
17.7.2007	IV / 23	11.00	KP 5	50	0,0539	0,1010	0,0471	942	10,7	10,10
17.7.2007	IV / 22	11.00	KP 6	50	0,0568	0,0617	0,0049	98	49,1	4,81
17.7.2007	IV / 21	11.00	KP 7	25	0,0604	0,0871	0,0267	1068	28,2	30,15
17.7.2007	IV / 19	11.00	KP 8	25	0,0573	0,0714	0,0141	564	84,3	47,56
17.7.2007	IV / 18	12.00	KP 1	25	0,0581	0,0815	0,0234	936	19,9	18,64
17.7.2007	IV / 17	12.00	KP 2	50	0,0625	0,2048	0,1423	2846	8,7	24,90
17.7.2007	IV / 16	12.00	KP 3	50	0,0571	0,0916	0,0345	690	40,3	27,81
17.7.2007	IV / 15	12.00	KP 4	50	0,0577	0,0621	0,0044	88		
17.7.2007	IV / 14	12.00	KP 5	50	0,0600	0,1123	0,0523	1046	13,6	14,22
17.7.2007	IV / 13	12.00	KP 6	50	0,0592	0,0992	0,0400	800	49,1	39,28
17.7.2007	IV / 9	12.00	KP 7	15	0,0558	1,2787	1,2229	81527	33,6	2740,87
17.7.2007	IV / 11	12.00	KP 8	25	0,0596	1,3598	1,3002	52008	87,0	4526,78

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
18.7.2007	IV / 8	8.00	KP 1	50	0,0580	0,1198	0,0618	1236	13,5	16,64
18.7.2007	IV / 7	8.00	KP 2	50	0,0565	0,1172	0,0607	1214	8,8	10,66
18.7.2007	IV / 6	8.00	KP 3	50	0,0617	0,1270	0,0653	1306	12,0	15,67
18.7.2007	IV / 5	8.00	KP 4	50	0,0553	0,1221	0,0668	1336		
18.7.2007	IV / 4	8.00	KP 5	100	0,0533	0,0531	-0,0002	-2	14,0	0,00
18.7.2007	IV / 3	8.00	KP 6	50	0,0598	0,1117	0,0519	1038	42,6	44,18
18.7.2007	IV / 2	8.00	KP 7	100	0,0570	0,0572	0,0002	2	32,9	0,07
18.7.2007	IV / 1	8.00	KP 8	50	0,0534	0,1061	0,0527	1054	84,0	88,54
18.7.2007	V / 47	9.00	KP 1	50	0,0618	0,0802	0,0184	368	9,4	3,45
18.7.2007	V / 46	9.00	KP 2	50	0,0572	0,1064	0,0492	984	9,0	8,86
18.7.2007	V / 45	9.00	KP 3	100	0,0573	0,0571	-0,0002	-2	9,1	0,00
18.7.2007	V / 43	9.00	KP 4	100	0,0605	0,0604	-0,0001	-1		
18.7.2007	V / 42	9.00	KP 5	50	0,0544	0,1065	0,0521	1042	10,8	11,28
18.7.2007	V / 41	9.00	KP 6	50	0,0583	0,0735	0,0152	304	41,9	12,73
18.7.2007	V / 40	9.00	KP 7	50	0,0624	0,0842	0,0218	436	32,8	14,28
18.7.2007	V / 39	9.00	KP 8	50	0,0602	0,0746	0,0144	288	81,0	23,32
18.7.2007	V / 38	10.00	KP 1	100	0,0587	0,0612	0,0025	25	9,0	0,22
18.7.2007	V / 37	10.00	KP 2	50	0,0599	0,1379	0,0780	1560	7,7	11,93
18.7.2007	V / 36	10.00	KP 3	100	0,0590	0,0589	-0,0001	-1	7,0	0,00
18.7.2007	V / 35	10.00	KP 4	100	0,0600	0,0600	0,0000	0		
18.7.2007	V / 34	10.00	KP 5	50	0,0574	0,1064	0,0490	980	11,2	10,97
18.7.2007	V / 32	10.00	KP 6	50	0,0618	0,0649	0,0031	62	38,3	2,37
18.7.2007	V / 31	10.00	KP 7	50	0,0568	0,0804	0,0236	472	35,7	16,84
18.7.2007	V / 30	10.00	KP 8	50	0,0543	0,0651	0,0108	216	73,9	15,97
18.7.2007	V / 28	11.00	KP 1	50	0,0617	0,0697	0,0080	160	9,5	1,53
18.7.2007	V / 27	11.00	KP 2	50	0,0580	0,1038	0,0458	916	10,4	9,48
18.7.2007	V / 26	11.00	KP 3	100	0,0612	0,0613	0,0001	1	7,5	0,01
18.7.2007	V / 25	11.00	KP 4	100	0,0580	0,0586	0,0006	6		
18.7.2007	V / 24	11.00	KP 5	50	0,0573	0,1092	0,0519	1038	10,5	10,85
18.7.2007	V / 23	11.00	KP 6	50	0,0600	0,0820	0,0220	440	41,9	18,43
18.7.2007	V / 22	11.00	KP 7	50	0,0616	0,0769	0,0153	306	33,6	10,29
18.7.2007	V / 21	11.00	KP 8	50	0,0585	0,0754	0,0169	338	84,5	28,55
18.7.2007	V / 20	12.00	KP 1	50	0,0584	0,0656	0,0072	144	12,4	1,78
18.7.2007	V / 19	12.00	KP 2	50	0,0574	0,1212	0,0638	1276	8,5	10,88
18.7.2007	V / 18	12.00	KP 3	100	0,0621	0,0626	0,0005	5	9,1	0,05
18.7.2007	V / 17	12.00	KP 4	100	0,0595	0,0597	0,0002	2		
18.7.2007	V / 16	12.00	KP 5	50	0,0587	0,1079	0,0492	984	10,5	10,28
18.7.2007	V / 15	12.00	KP 6	50	0,0541	0,1033	0,0492	984	44,1	43,37
18.7.2007	V / 14	12.00	KP 7	50	0,0571	0,0700	0,0129	258	30,5	7,88
18.7.2007	V / 13	12.00	KP 8	50	0,0594	0,1090	0,0496	992	79,0	78,33

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
19.7.2007	V / 12	8.00	KP 1	50	0,0588	0,4477	0,3889	7778	9,9	77,18
19.7.2007	V / 11	8.00	KP 2	50	0,0575	0,1424	0,0849	1698	6,0	10,27
19.7.2007	V / 9	8.00	KP 3	100	0,0577	0,0587	0,0010	10	9,1	0,09
19.7.2007	V / 8	8.00	KP 4	100	0,0626	0,0630	0,0004	4		
19.7.2007	V / 7	8.00	KP 5	50	0,0596	0,1111	0,0515	1030	8,7	8,96
19.7.2007	V / 5	8.00	KP 6	50	0,0541	0,0755	0,0214	428	54,7	23,42
19.7.2007	V / 4	8.00	KP 7	50	0,0560	0,0704	0,0144	288	28,2	8,13
19.7.2007	V / 3	8.00	KP 8	50	0,0594	0,0786	0,0192	384	77,3	29,68
19.7.2007	V / 2	9.00	KP 1	50	0,0583	0,0876	0,0293	586	19,1	11,21
19.7.2007	V / 1	9.00	KP 2	50	0,0571	0,1369	0,0798	1596	12,2	19,45
19.7.2007	VI / 47	9.00	KP 3	100	0,0573	0,0579	0,0006	6	8,4	0,05
19.7.2007	VI / 49	9.00	KP 4	100	0,0575	0,0582	0,0007	7		
19.7.2007	VI / 46	9.00	KP 5	50	0,0580	0,1205	0,0625	1250	18,6	23,20
19.7.2007	VI / 45	9.00	KP 6	50	0,0557	0,0612	0,0055	110	61,9	6,81
19.7.2007	VI / 44	9.00	KP 7	50	0,0592	0,0923	0,0331	662	21,8	14,46
19.7.2007	VI / 43	9.00	KP 8	50	0,0628	0,0750	0,0122	244	84,0	20,50
19.7.2007	VI / 42	10.00	KP 1	50	0,0625	0,0914	0,0289	578	9,0	5,23
19.7.2007	VI / 41	10.00	KP 2	50	0,0568	0,1399	0,0831	1662	13,5	22,44
19.7.2007	VI / 40	10.00	KP 3	100	0,0570	0,0577	0,0007	7	32,5	0,23
19.7.2007	VI / 39	10.00	KP 4	100	0,0588	0,0592	0,0004	4		
19.7.2007	VI / 38	10.00	KP 5	50	0,0545	0,1095	0,0550	1100	17,7	19,51
19.7.2007	VI / 37	10.00	KP 6	50	0,0578	0,0746	0,0168	336	58,5	19,66
19.7.2007	VI / 34	10.00	KP 7	50	0,0566	0,0718	0,0152	304	25,2	7,65
19.7.2007	VI / 33	10.00	KP 8	50	0,0594	0,0655	0,0061	122	91,8	11,19
19.7.2007	VI / 32	11.00	KP 1	25	0,0582	0,0846	0,0264	1056	26,1	27,60
19.7.2007	VI / 31	11.00	KP 2	50	0,0535	0,1358	0,0823	1646	12,2	20,05
19.7.2007	VI / 30	11.00	KP 3	100	0,0592	0,0615	0,0023	23	6,8	0,16
19.7.2007	VI / 29	11.00	KP 4	100	0,0592	0,0593	0,0001	1		
19.7.2007	VI / 28	11.00	KP 5	50	0,0561	0,1186	0,0625	1250	17,9	22,40
19.7.2007	VI / 27	11.00	KP 6	50	0,0593	0,0616	0,0023	46	63,8	2,94
19.7.2007	VI / 26	11.00	KP 7	50	0,0610	0,0770	0,0160	320	20,1	6,43
19.7.2007	VI / 25	11.00	KP 8	50	0,0577	0,0638	0,0061	122	81,8	9,98
19.7.2007	VI / 24	12.00	KP 1	50	0,0586	0,0765	0,0179	358	15,9	5,71
19.7.2007	VI / 23	12.00	KP 2	50	0,0572	0,1365	0,0793	1586	14,0	22,12
19.7.2007	VI / 22	12.00	KP 3	100	0,0572	0,0577	0,0005	5	7,7	0,04
19.7.2007	VI / 21	12.00	KP 4	100	0,0575	0,0575	0,0000	0		
19.7.2007	VI / 20	12.00	KP 5	50	0,0577	0,1128	0,0551	1102	16,4	18,10
19.7.2007	VI / 19	12.00	KP 6	100	0,0554	0,0561	0,0007	7	56,2	0,39
19.7.2007	VI / 17	12.00	KP 7	50	0,0600	0,0742	0,0142	284	22,3	6,34
19.7.2007	VI / 15	12.00	KP 8	50	0,0640	0,0740	0,0100	200	74,2	14,85

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
20.7.2007	VI / 14	8.00	KP 1	50	0,0599	0,0668	0,0069	138	21,3	2,93
20.7.2007	VI / 13	8.00	KP 2	50	0,0585	0,1360	0,0775	1550	4,9	7,52
20.7.2007	VI / 12	8.00	KP 3	100	0,0589	0,0589	0,0000	0	10,5	0,00
20.7.2007	VI / 11	8.00	KP 4	100	0,0617	0,0621	0,0004	4		
20.7.2007	VI / 10	8.00	KP 5	50	0,0560	0,1028	0,0468	936	12,7	11,88
20.7.2007	VI / 9	8.00	KP 6	50	0,0594	0,1112	0,0518	1036	43,8	45,35
20.7.2007	VI / 8	8.00	KP 7	50	0,0616	0,0750	0,0134	268	24,1	6,47
20.7.2007	VI / 7	8.00	KP 8	50	0,0545	0,0999	0,0454	908	67,0	60,80
20.7.2007	VI / 6	9.00	KP 1	50	0,0602	0,1430	0,0828	1656	19,1	31,67
20.7.2007	VI / 5	9.00	KP 2	50	0,0598	0,1410	0,0812	1624	12,2	19,79
20.7.2007	VI / 3	9.00	KP 3	100	0,0567	0,0567	0,0000	0	8,4	0,00
20.7.2007	VI / 1	9.00	KP 4	100	0,0578	0,0584	0,0006	6		
20.7.2007	VII / 48	9.00	KP 5	50	0,0624	0,1127	0,0503	1006	18,6	18,67
20.7.2007	VII / 47	9.00	KP 6	50	0,0572	0,0857	0,0285	570	61,9	35,26
20.7.2007	VII / 46	9.00	KP 7	25	0,0572	0,0893	0,0321	1284	21,8	28,06
20.7.2007	VII / 45	9.00	KP 8	25	0,0599	0,0672	0,0073	292	84,0	24,53
20.7.2007	VII / 44	10.00	KP 1	25	0,0618	0,0720	0,0102	408	10,0	4,09
20.7.2007	VII / 43	10.00	KP 2	50	0,0599	0,1648	0,1049	2098	13,5	28,32
20.7.2007	VII / 42	10.00	KP 3	50	0,0589	0,0603	0,0014	28	32,5	0,91
20.7.2007	VII / 41	10.00	KP 4	100	0,0575	0,0664	0,0089	89		
20.7.2007	VII / 40	10.00	KP 5	50	0,0611	0,1115	0,0504	1008	17,7	17,88
20.7.2007	VII / 39	10.00	KP 6	50	0,0545	0,0617	0,0072	144	60,2	8,67
20.7.2007	VII / 38	10.00	KP 7	50	0,0576	0,0626	0,0050	100	25,2	2,52
20.7.2007	VII / 37	10.00	KP 8	50	0,0620	0,0702	0,0082	164	91,8	15,05
20.7.2007	VII / 36	11.00	KP 1	50	0,0591	0,2892	0,2301	4602	26,1	120,28
20.7.2007	VII / 35	11.00	KP 2	50	0,0608	0,0653	0,0045	90	12,2	1,10
20.7.2007	VII / 34	11.00	KP 3	100	0,0555	0,0561	0,0006	6	7,5	0,04
20.7.2007	VII / 33	11.00	KP 4	100	0,0579	0,0584	0,0005	5		
20.7.2007	VII / 32	11.00	KP 5	50	0,0583	0,1146	0,0563	1126	17,5	19,75
20.7.2007	VII / 31	11.00	KP 6	50	0,0572	0,0999	0,0427	854	61,9	52,83
20.7.2007	VII / 30	11.00	KP 7	50	0,0587	0,0731	0,0144	288	19,7	5,67
20.7.2007	VII / 29	11.00	KP 8	50	0,0581	0,0886	0,0305	610	71,9	43,87

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
23.7.2007	VII / 28	8.00	KP 1	100	0,0580	0,0618	0,0038	38	14,1	0,54
23.7.2007	VII / 27	8.00	KP 2	50	0,0588	0,2217	0,1629	3258	10,9	35,63
23.7.2007	VII / 26	8.00	KP 3	100	0,0639	0,0635	-0,0004	-4	15,3	0,00
23.7.2007	VII / 25	8.00	KP 4	100	0,0585	0,0580	-0,0005	-5		
23.7.2007	VII / 24	8.00	KP 5	50	0,0623	0,1109	0,0486	972	10,2	9,91
23.7.2007	VII / 23	8.00	KP 6	50	0,0573	0,0635	0,0062	124	48,6	6,03
23.7.2007	VII / 22	8.00	KP 7	50	0,0573	0,0627	0,0054	108	20,1	2,17
23.7.2007	VII / 21	8.00	KP 8	50	0,0595	0,1717	0,1122	2244	78,4	175,93
23.7.2007	VII / 20	9.00	KP 1	100	0,0607	0,0643	0,0036	36	12,6	0,45
23.7.2007	VII / 19	9.00	KP 2	50	0,0545	0,2152	0,1607	3214	6,9	22,22
23.7.2007	VII / 18	9.00	KP 3	100	0,0574	0,0574	0,0000	0	13,6	0,00
23.7.2007	VII / 17	9.00	KP 4	100	0,0608	0,0612	0,0004	4		
23.7.2007	VII / 16	9.00	KP 5	50	0,0576	0,1108	0,0532	1064	14,0	14,92
23.7.2007	VII / 15	9.00	KP 6	50	0,0579	0,0639	0,0060	120	67,0	8,04
23.7.2007	VII / 14	9.00	KP 7	50	0,0579	0,0620	0,0041	82	27,7	2,27
23.7.2007	VII / 13	9.00	KP 8	50	0,0607	0,0841	0,0234	468	88,8	41,56
23.7.2007	VII / 12	10.00	KP 1	50	0,0580	0,0668	0,0088	176	15,3	2,69
23.7.2007	VII / 11	10.00	KP 2	50	0,0578	0,2339	0,1761	3522	6,8	24,07
23.7.2007	VII / 10	10.00	KP 3	100	0,0619	0,0628	0,0009	9	18,0	0,16
23.7.2007	VII / 9	10.00	KP 4	100	0,0577	0,0585	0,0008	8		
23.7.2007	VII / 8	10.00	KP 5	50	0,0577	0,1075	0,0498	996	12,0	11,91
23.7.2007	VII / 7	10.00	KP 6	50	0,0604	0,0630	0,0026	52	34,0	1,77
23.7.2007	VII / 6	10.00	KP 7	50	0,0607	0,0801	0,0194	388	21,8	8,48
23.7.2007	VII / 5	10.00	KP 8	50	0,0575	0,0683	0,0108	216	64,5	13,93
23.7.2007	VII / 4	11.00	KP 1	50	0,0551	0,0751	0,0200	400	26,1	10,45
23.7.2007	VII / 2	11.00	KP 2	50	0,0617	0,1350	0,0733	1466	8,0	11,76
23.7.2007	VII / 1	11.00	KP 3	100	0,0576	0,0580	0,0004	4	10,4	0,04
23.7.2007	II A / 49	11.00	KP 4	100	0,0602	0,0595	-0,0007	-7		
23.7.2007	II A / 48	11.00	KP 5	50	0,0556	0,1113	0,0557	1114	13,1	14,55
23.7.2007	II A / 46	11.00	KP 6	50	0,0564	0,0608	0,0044	88	50,2	4,41
23.7.2007	II A / 45	11.00	KP 7	25	0,0579	0,1186	0,0607	2428	24,1	58,57
23.7.2007	II A / 44	11.00	KP 8	50	0,0630	0,0789	0,0159	318	68,0	21,62
23.7.2007	II A / 43	12.00	KP 1	50	0,0574	0,1225	0,0651	1302	11,7	15,19
23.7.2007	II A / 41	12.00	KP 2	50	0,0587	0,1281	0,0694	1388	7,5	10,39
23.7.2007	II A / 40	12.00	KP 3	50	0,0600	0,0599	-0,0001	-2	11,2	0,00
23.7.2007	II A / 39	12.00	KP 4	100	0,0570	0,0570	0,0000	0		
23.7.2007	II A / 38	12.00	KP 5	50	0,0559	0,1102	0,0543	1086	10,2	11,08
23.7.2007	II A / 37	12.00	KP 6	50	0,0589	0,0612	0,0023	46	34,2	1,57
23.7.2007	II A / 36	12.00	KP 7	50	0,0590	0,0741	0,0151	302	29,0	8,75
23.7.2007	II A / 35	12.00	KP 8	50	0,0565	0,0627	0,0062	124	72,0	8,93

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
24.7.2007	II A / 33	8.00	KP 1	50	0,0549	0,1604	0,1055	2110	15,0	31,73
24.7.2007	II A / 32	8.00	KP 2	50	0,0572	0,1277	0,0705	1410	9,1	12,84
24.7.2007	II A / 31	8.00	KP 3	100	0,0616	0,0613	-0,0003	-3	9,1	0,00
24.7.2007	II A / 30	8.00	KP 4	100	0,0593	0,0590	-0,0003	-3		
24.7.2007	II A / 29	8.00	KP 5	50	0,0611	0,1159	0,0548	1096	7,5	8,22
24.7.2007	II A / 28	8.00	KP 6	50	0,0605	0,0643	0,0038	76	43,3	3,29
24.7.2007	II A / 27	8.00	KP 7	50	0,0572	0,0613	0,0041	82	24,1	1,98
24.7.2007	II A / 26	8.00	KP 8	50	0,0627	0,0686	0,0059	118	69,6	8,21
24.7.2007	II A / 25	9.00	KP 1	50	0,0579	0,1689	0,1110	2220	9,5	21,05
24.7.2007	II A / 24	9.00	KP 2	50	0,0567	0,1302	0,0735	1470	7,5	11,01
24.7.2007	II A / 23	9.00	KP 3	100	0,0568	0,0567	-0,0001	-1	7,0	0,00
24.7.2007	II A / 22	9.00	KP 4	100	0,0605	0,0606	0,0001	1		
24.7.2007	II A / 21	9.00	KP 5	50	0,0606	0,1180	0,0574	1148	10,7	12,34
24.7.2007	II A / 20	9.00	KP 6	50	0,0614	0,0660	0,0046	92	52,0	4,78
24.7.2007	II A / 19	9.00	KP 7	50	0,0570	0,0600	0,0030	60	30,9	1,85
24.7.2007	II A / 18	9.00	KP 8	50	0,0574	0,0614	0,0040	80	76,2	6,09
24.7.2007	II A / 17	10.00	KP 1	50	0,0541	0,2200	0,1659	3318	25,7	85,36
24.7.2007	II A / 16	10.00	KP 2	50	0,0592	0,1453	0,0861	1722	10,9	18,83
24.7.2007	II A / 15	10.00	KP 3	100	0,0582	0,0585	0,0003	3	6,8	0,02
24.7.2007	II A / 14	10.00	KP 4	100	0,0591	0,0620	0,0029	29		
24.7.2007	II A / 13	10.00	KP 5	50	0,0572	0,1094	0,0522	1044	11,2	11,69
24.7.2007	II A / 12	10.00	KP 6	50	0,0564	0,0828	0,0264	528	57,8	30,50
24.7.2007	II A / 11	10.00	KP 7	50	0,0557	0,0701	0,0144	288	22,3	6,43
24.7.2007	II A / 10	10.00	KP 8	50	0,0629	0,0783	0,0154	308	76,2	23,46
24.7.2007	II A / 9	11.00	KP 1	50	0,0563	0,1939	0,1376	2752	9,0	24,73
24.7.2007	II A / 8	11.00	KP 2	50	0,0621	0,2695	0,2074	4148	4,0	16,46
24.7.2007	II A / 7	11.00	KP 3	100	0,0564	0,0567	0,0003	3	7,8	0,02
24.7.2007	II A / 6	11.00	KP 4	100	0,0580	0,0581	0,0001	1		
24.7.2007	II A / 5	11.00	KP 5	50	0,0627	0,1162	0,0535	1070	9,4	10,06
24.7.2007	II A / 4	11.00	KP 6	50	0,0570	0,1174	0,0604	1208	47,7	57,56
24.7.2007	II A / 3	11.00	KP 7	50	0,0578	0,0713	0,0135	270	20,5	5,54
24.7.2007	II A / 2	11.00	KP 8	50	0,0542	0,1045	0,0503	1006	62,0	62,37

Päivä	Filterri	Näyteenottoaika	Koepiste	Näyteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näyteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
25.7.2007	III A / 47	8.00	KP 1	50	0,0583	0,0668	0,0085	170	15,9	2,70
25.7.2007	III A / 46	8.00	KP 2	50	0,0585	0,1310	0,0725	1450	4,0	5,76
25.7.2007	III A / 45	8.00	KP 3	100	0,0541	0,0551	0,0010	10	38,4	0,38
25.7.2007	III A / 44	8.00	KP 4	100	0,0576	0,0582	0,0006	6		
25.7.2007	III A / 43	8.00	KP 5	100	0,0579	0,0592	0,0013	13	12,7	0,16
25.7.2007	III A / 42	8.00	KP 6	50	0,0600	0,0662	0,0062	124	43,8	5,43
25.7.2007	III A / 40	8.00	KP 7	50	0,0541	0,0641	0,0100	200	24,1	4,82
25.7.2007	III A / 39	8.00	KP 8	50	0,0563	0,0671	0,0108	216	66,2	14,31
25.7.2007	III A / 38	9.00	KP 1	50	0,0608	0,0697	0,0089	178	10,0	1,79
25.7.2007	III A / 37	9.00	KP 2	50	0,0590	0,1307	0,0717	1434	8,0	11,50
25.7.2007	III A / 36	9.00	KP 3	100	0,0601	0,0605	0,0004	4	7,2	0,03
25.7.2007	III A / 35	9.00	KP 4	100	0,0577	0,0581	0,0004	4		
25.7.2007	III A / 34	9.00	KP 5	100	0,0567	0,0576	0,0009	9	9,7	0,09
25.7.2007	III A / 33	9.00	KP 6	50	0,0621	0,0715	0,0094	188	38,3	7,20
25.7.2007	III A / 32	9.00	KP 7	50	0,0572	0,0667	0,0095	190	28,2	5,36
25.7.2007	III A / 30	9.00	KP 8	50	0,0568	0,0669	0,0101	202	71,9	14,53
25.7.2007	III A / 29	10.00	KP 1	50	0,0544	0,1071	0,0527	1054	7,0	7,38
25.7.2007	III A / 28	10.00	KP 2	50	0,0564	0,0746	0,0182	364	11,0	3,99
25.7.2007	III A / 27	10.00	KP 3	100	0,0611	0,0617	0,0006	6	33,0	0,20
25.7.2007	III A / 26	10.00	KP 4	100	0,0587	0,0582	-0,0005	-5		
25.7.2007	III A / 24	10.00	KP 5	100	0,0628	0,0650	0,0022	22	10,5	0,23
25.7.2007	III A / 23	10.00	KP 6	50	0,0576	0,0621	0,0045	90	36,2	3,26
25.7.2007	III A / 22	10.00	KP 7	50	0,0635	0,0824	0,0189	378	31,6	11,93
25.7.2007	III A / 21	10.00	KP 8	50	0,0640	0,0733	0,0093	186	69,6	12,95
25.7.2007	III A / 20	11.00	KP 1	25	0,0576	0,2068	0,1492	5968	6,8	40,61
25.7.2007	III A / 19	11.00	KP 2	50	0,0590	0,1276	0,0686	1372	10,2	13,93
25.7.2007	III A / 18	11.00	KP 3	100	0,0609	0,0610	0,0001	1	33,0	0,03
25.7.2007	III A / 17	11.00	KP 4	100	0,0622	0,0621	-0,0001	-1		
25.7.2007	III A / 15	11.00	KP 5	100	0,0589	0,0601	0,0012	12	9,0	0,11
25.7.2007	III A / 14	11.00	KP 6	100	0,0588	0,0642	0,0054	54	44,1	2,38
25.7.2007	III A / 13	11.00	KP 7	50	0,0643	0,0673	0,0030	60	24,1	1,45
25.7.2007	III A / 12	11.00	KP 8	50	0,0624	0,0682	0,0058	116	69,1	8,02
25.7.2007	III A / 11	12.00	KP 1-1	50	0,0579	0,0700	0,0121	242	15,7	3,79
25.7.2007	III A / 10	12.00	KP 1-2	100	0,0592	0,0860	0,0268	268	8,8	2,35
25.7.2007	III A / 9	12.00	KP 1-3	100	0,0609	0,0880	0,0271	271	7,5	2,03
25.7.2007	III A / 7	12.00	KP 1-4	100	0,0555	0,0830	0,0275	275		
25.7.2007	III A / 6	12.00	KP 2-1	50	0,0587	0,1797	0,1210	2420	11,2	27,10
25.7.2007	III A / 5	12.00	KP 2-2	50	0,0616	0,1835	0,1219	2438	47,7	116,18
25.7.2007	III A / 4	12.00	KP 2-3	50	0,0599	0,1830	0,1231	2462	25,2	61,98
25.7.2007	III A / 3	12.00	KP 2-4	50	0,0581	0,1825	0,1244	2488	78,4	195,06

Päivä	Filterri	Näyteen ottoaika	Koepiste	Näyteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
26.7.2007	III A / 2	8.00	KP 1	50	0,0595	0,5475	0,4880	9760	6,7	65,62
26.7.2007	III A / 1	8.00	KP 2	50	0,0586	0,4182	0,3596	7192	7,5	53,85
26.7.2007	IV A / 49	8.00	KP 3	100	0,0606	0,0609	0,0003	3	10,4	0,03
26.7.2007	IV A / 48	8.00	KP 4	100	0,0576	0,0579	0,0003	3		
26.7.2007	IV A / 46	8.00	KP 5	50	0,0579	0,1207	0,0628	1256	12,7	15,94
26.7.2007	IV A / 45	8.00	KP 6	50	0,0613	0,0669	0,0056	112	43,8	4,90
26.7.2007	IV A / 42	8.00	KP 7	50	0,0579	0,0700	0,0121	242	20,1	4,87
26.7.2007	IV A / 47	8.00	KP 8	50	0,0550	0,0606	0,0056	112	69,6	7,80
26.7.2007	IV A / 41	9.00	KP 1	50	0,0581	0,5564	0,4983	9966	11,9	118,40
26.7.2007	IV A / 39	9.00	KP 2	50	0,0581	0,4338	0,3757	7514	7,5	56,26
26.7.2007	IV A / 38	9.00	KP 3	100	0,0549	0,0552	0,0003	3	16,2	0,05
26.7.2007	IV A / 37	9.00	KP 4	100	0,0599	0,0603	0,0004	4		
26.7.2007	IV A / 36	9.00	KP 5	50	0,0578	0,1170	0,0592	1184	10,7	12,72
26.7.2007	IV A / 35	9.00	KP 6	50	0,0580	0,0627	0,0047	94	36,9	3,47
26.7.2007	IV A / 34	9.00	KP 7	50	0,0613	0,0732	0,0119	238	30,9	7,35
26.7.2007	IV A / 33	9.00	KP 8	50	0,0575	0,0639	0,0064	128	76,2	9,75
26.7.2007	IV A / 32	10.00	KP 1	50	0,0551	0,3209	0,2658	5316	11,3	60,09
26.7.2007	IV A / 31	10.00	KP 2	50	0,0613	0,1009	0,0396	792	13,5	10,69
26.7.2007	IV A / 30	10.00	KP 3	100	0,0599	0,0599	0,0000	0	10,5	0,00
26.7.2007	IV A / 28	10.00	KP 4	100	0,0584	0,0586	0,0002	2		
26.7.2007	IV A / 27	10.00	KP 5	50	0,0583	0,1139	0,0556	1112	12,7	14,11
26.7.2007	IV A / 26	10.00	KP 6	50	0,0603	0,0668	0,0065	130	31,8	4,13
26.7.2007	IV A / 25	10.00	KP 7	50	0,0570	0,0686	0,0116	232	35,0	8,12
26.7.2007	IV A / 24	10.00	KP 8	50	0,0618	0,0705	0,0087	174	76,2	13,25
26.7.2007	IV A / 23	11.00	KP 1	50	0,0580	0,1488	0,0908	1816	14,9	27,14
26.7.2007	IV A / 22	11.00	KP 2	50	0,0570	0,1475	0,0905	1810	4,0	7,18
26.7.2007	IV A / 21	11.00	KP 3	100	0,0580	0,0682	0,0102	102	11,2	1,14
26.7.2007	IV A / 20	11.00	KP 4	50	0,0564	0,1061	0,0497	994		
26.7.2007	IV A / 19	11.00	KP 5	50	0,0620	0,1166	0,0546	1092	7,5	8,19
26.7.2007	IV A / 18	11.00	KP 6	50	0,0599	0,0638	0,0039	78	60,6	4,73
26.7.2007	IV A / 17	11.00	KP 7	50	0,0588	0,0779	0,0191	382	22,8	8,71
26.7.2007	IV A / 16	11.00	KP 8	50	0,0569	0,0637	0,0068	136	79,0	10,75
26.7.2007	IV A / 15	12.00	KP 1	50	0,0569	0,5916	0,5347	10694	20,0	214,15
26.7.2007	IV A / 14	12.00	KP 2	50	0,0615	0,1555	0,0940	1880	4,2	7,88
26.7.2007	IV A / 13	12.00	KP 3	100	0,0571	0,0575	0,0004	4	12,0	0,05
26.7.2007	IV A / 12	12.00	KP 4	100	0,0570	0,0571	0,0001	1		
26.7.2007	IV A / 11	12.00	KP 5	50	0,0585	0,1152	0,0567	1134	10,1	11,42
26.7.2007	IV A / 10	12.00	KP 6	50	0,0592	0,0670	0,0078	156	47,4	7,40
26.7.2007	IV A / 9	12.00	KP 7	50	0,0576	0,0689	0,0113	226	28,2	6,38
26.7.2007	IV A / 8	12.00	KP 8	50	0,0549	0,0742	0,0193	386	73,6	28,41

Päivä	Filterri	Näytteen ottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
27.7.2007	IV A / 7	8.00	KP 1	50	0,0601	0,0671	0,0070	140	13,6	1,91
27.7.2007	IV A / 6	8.00	KP 2	50	0,0587	0,1403	0,0816	1632	8,0	13,09
27.7.2007	IV A / 5	8.00	KP 3	100	0,0567	0,0569	0,0002	2	7,8	0,02
27.7.2007	IV A / 4	8.00	KP 4	100	0,0566	0,0567	0,0001	1		
27.7.2007	IV A / 3	8.00	KP 5	50	0,0572	0,1100	0,0528	1056	7,4	7,80
27.7.2007	IV A / 2	8.00	KP 6	50	0,0595	0,0635	0,0040	80	46,2	3,70
27.7.2007	IV A / 1	8.00	KP 7	50	0,0582	0,0688	0,0106	212	27,7	5,86
27.7.2007	V A / 50	8.00	KP 8	50	0,0576	0,0745	0,0169	338	66,0	22,31
27.7.2007	V A / 49	9.00	KP 1	50	0,0615	0,0686	0,0071	142	7,2	1,02
27.7.2007	V A / 47	9.00	KP 2	50	0,0541	0,1368	0,0827	1654	9,4	15,59
27.7.2007	V A / 46	9.00	KP 3	100	0,0579	0,0576	-0,0003	-3	14,5	0,00
27.7.2007	V A / 45	9.00	KP 4	100	0,0618	0,0619	0,0001	1		
27.7.2007	V A / 44	9.00	KP 5	50	0,0573	0,1189	0,0616	1232	11,9	14,72
27.7.2007	V A / 43	9.00	KP 6	50	0,0575	0,0608	0,0033	66	43,3	2,86
27.7.2007	V A / 42	9.00	KP 7	50	0,0606	0,0715	0,0109	218	22,3	4,87
27.7.2007	V A / 41	9.00	KP 8	50	0,0575	0,0868	0,0293	586	64,4	37,74
27.7.2007	V A / 40	10.00	KP 1	100	0,0563	0,0607	0,0044	44	12,0	0,53
27.7.2007	V A / 39	10.00	KP 2	50	0,0591	0,1274	0,0683	1366	9,4	12,88
27.7.2007	V A / 38	10.00	KP 3	100	0,0620	0,0664	0,0044	44	7,5	0,33
27.7.2007	V A / 37	10.00	KP 4	100	0,0588	0,0634	0,0046	46		
27.7.2007	V A / 36	10.00	KP 5	50	0,0622	0,1162	0,0540	1080	12,7	13,71
27.7.2007	V A / 35	10.00	KP 6	50	0,0573	0,0697	0,0124	248	40,4	10,03
27.7.2007	V A / 34	10.00	KP 7	50	0,0586	0,0732	0,0146	292	24,6	7,20
27.7.2007	V A / 33	10.00	KP 8	50	0,0569	0,0692	0,0123	246	74,4	18,30
27.7.2007	V A / 32	11.00	KP 1-1	100	0,0584	0,0690	0,0106	106	21,6	2,29
27.7.2007	V A / 31	11.00	KP 1-2	100	0,0608	0,0724	0,0116	116	10,9	1,27
27.7.2007	V A / 29	11.00	KP 2-1	50	0,0545	0,0917	0,0372	744	8,3	6,14
27.7.2007	V A / 28	11.00	KP 2-2	50	0,0603	0,0993	0,0390	780		
27.7.2007	V A / 27	11.00	KP 3-1	100	0,0598	0,0620	0,0022	22	15,9	0,35
27.7.2007	V A / 26	11.00	KP 3-2	100	0,0567	0,0590	0,0023	23	34,0	0,78
27.7.2007	V A / 25	11.00	KP 5-1	50	0,0566	0,1116	0,0550	1100	24,1	26,54
27.7.2007	V A / 30	11.00	KP 5-2	50	0,0572	0,1138	0,0566	1132	66,6	75,35

Päivä	Filterri	Näytteen ottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
6.8.2007	2 / 36	8.00	KP 1	100	0,0567	0,0573	0,0006	6	9,2	0,05
6.8.2007	2 / 35	8.00	KP 2	50	0,0583	0,1354	0,0771	1542	6,8	10,54
6.8.2007	2 / 34	8.00	KP 5	50	0,0628	0,1074	0,0446	892	12,7	11,32
6.8.2007	2 / 33	8.00	KP 6	50	0,0580	0,0860	0,0280	560	34,9	19,54
6.8.2007	2 / 32	8.00	KP 7	50	0,0602	0,0702	0,0100	200	30,9	6,17
6.8.2007	2 / 30	8.00	KP 8	50	0,0554	0,0877	0,0323	646	71,3	46,05
6.8.2007	2 / 29	9.00	KP 1	100	0,0583	0,0595	0,0012	12	7,9	0,10
6.8.2007	2 / 28	9.00	KP 2	50	0,0587	0,1326	0,0739	1478	4,4	6,52
6.8.2007	2 / 27	9.00	KP 5	25	0,0558	0,0783	0,0225	900	13,2	11,88
6.8.2007	2 / 26	9.00	KP 6	50	0,0585	0,0892	0,0307	614	60,6	37,24
6.8.2007	2 / 25	9.00	KP 7	50	0,0554	0,0655	0,0101	202	21,8	4,41
6.8.2007	2 / 24	9.00	KP 8	50	0,0613	0,0948	0,0335	670	77,8	52,10
6.8.2007	2 / 23	10.00	KP 1	100	0,0617	0,0758	0,0141	141	16,2	2,29
6.8.2007	2 / 22	10.00	KP 2	50	0,0576	0,1273	0,0697	1394	6,8	9,53
6.8.2007	2 / 21	10.00	KP 5	25	0,0553	0,0784	0,0231	924	9,1	8,38
6.8.2007	2 / 20	10.00	KP 6	50	0,0512	0,1073	0,0561	1122	28,4	31,89
6.8.2007	2 / 19	10.00	KP 7	50	0,0509	0,0606	0,0097	194	32,2	6,26
6.8.2007	2 / 18	10.00	KP 8	50	0,0525	0,0851	0,0326	652	69,6	45,38
6.8.2007	2 / 16	11.00	KP 1	100	0,0558	0,0808	0,0250	250	30,3	7,57
6.8.2007	2 / 15	11.00	KP 2	50	0,0608	0,1366	0,0758	1516	8,0	12,16
6.8.2007	2 / 14	11.00	KP 5	25	0,0617	0,0842	0,0225	900	12,7	11,42
6.8.2007	2 / 13	11.00	KP 6	50	0,0617	0,1206	0,0589	1178	34,6	40,74
6.8.2007	2 / 12	11.00	KP 7	50	0,0604	0,0705	0,0101	202	22,0	4,45
6.8.2007	2 / 17	11.00	KP 8	50	0,0590	0,0906	0,0316	632	66,6	42,07
6.8.2007	2 / 11	12.00	KP 1	50	0,0571	0,2106	0,1535	3070	32,4	99,47
6.8.2007	2 / 10	12.00	KP 2	50	0,0539	0,0816	0,0277	554	9,5	5,25
6.8.2007	2 / 9	12.00	KP 5	25	0,0510	0,0739	0,0229	916	12,3	11,28
6.8.2007	2 / 8	12.00	KP 6	50	0,0507	0,0837	0,0330	660	50,6	33,41
6.8.2007	2 / 7	12.00	KP 7	50	0,0591	0,0690	0,0099	198	27,7	5,48
6.8.2007	2 / 6	12.00	KP 8	50	0,0616	0,0819	0,0203	406	76,8	31,18

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
7.8.2007	2 / 5	8.00	KP 1	50	0,0606	0,0706	0,0100	200	12,1	2,42
7.8.2007	2 / 4	8.00	KP 2	50	0,0605	0,1354	0,0749	1498	9,3	13,99
7.8.2007	2 / 3	8.00	KP 5	50	0,0601	0,1034	0,0433	866	18,1	15,72
7.8.2007	2 / 2	8.00	KP 6	50	0,0571	0,0813	0,0242	484	59,3	28,69
7.8.2007	3 / 50	8.00	KP 7	25	0,0609	0,2242	0,1633	6532	25,2	164,43
7.8.2007	3 / 49	8.00	KP 8	25	0,0600	0,1450	0,0850	3400	81,6	277,44
7.8.2007	3 / 48	9.00	KP 1	50	0,0650	0,0745	0,0095	190	13,0	2,46
7.8.2007	3 / 47	9.00	KP 2	50	0,0575	0,1271	0,0696	1392	7,5	10,42
7.8.2007	3 / 46	9.00	KP 5	25	0,0600	0,0806	0,0206	824	11,9	9,84
7.8.2007	3 / 45	9.00	KP 6	50	0,0579	0,0840	0,0261	522	36,2	18,88
7.8.2007	3 / 44	9.00	KP 7	25	0,0634	0,2200	0,1566	6264	33,6	210,59
7.8.2007	3 / 42	9.00	KP 8	25	0,0599	0,1481	0,0882	3528	78,4	276,60
7.8.2007	3 / 41	10.00	KP 1	100	0,0587	0,0587	0,0000	0	20,3	0,00
7.8.2007	3 / 39	10.00	KP 2	50	0,0615	0,1361	0,0746	1492	8,8	13,10
7.8.2007	3 / 38	10.00	KP 5	25	0,0551	0,0756	0,0205	820	11,4	9,36
7.8.2007	3 / 37	10.00	KP 6	50	0,0571	0,0707	0,0136	272	54,7	14,88
7.8.2007	3 / 35	10.00	KP 7	25	0,0600	0,2315	0,1715	6860	25,2	172,69
7.8.2007	3 / 34	10.00	KP 8	25	0,0586	0,1745	0,1159	4636	69,9	324,15
7.8.2007	3 / 33	11.00	KP 1	50	0,0602	0,4711	0,4109	8218	12,2	100,59
7.8.2007	3 / 32	11.00	KP 2	50	0,0650	0,1517	0,0867	1734	4,3	7,46
7.8.2007	3 / 31	11.00	KP 5	25	0,0572	0,0799	0,0227	908	11,4	10,37
7.8.2007	3 / 30	11.00	KP 6	50	0,0607	0,1254	0,0647	1294	48,6	62,94
7.8.2007	3 / 29	11.00	KP 7	50	0,0533	0,1490	0,0957	1914	25,2	48,18
7.8.2007	3 / 28	11.00	KP 8	50	0,0510	0,1257	0,0747	1494	71,7	107,09

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
8.8.2007	3 / 20	8.00	KP 1	100	0,0617	0,0632	0,0015	15	11,7	0,18
8.8.2007	3 / 19	8.00	KP 2	50	0,0613	0,1391	0,0778	1556	6,8	10,63
8.8.2007	3 / 18	8.00	KP 5	25	0,0597	0,0849	0,0252	1008	16,8	16,93
8.8.2007	3 / 17	8.00	KP 6	50	0,0573	0,1277	0,0704	1408	54,9	77,26
8.8.2007	3 / 16	8.00	KP 7	50	0,0604	0,0763	0,0159	318	30,9	9,82
8.8.2007	3 / 15	8.00	KP 8	50	0,0581	0,0889	0,0308	616	77,3	47,60
8.8.2007	3 / 14	9.00	KP 1	100	0,0552	0,0566	0,0014	14	4,9	0,07
8.8.2007	3 / 13	9.00	KP 2	50	0,0562	0,1379	0,0817	1634	8,1	13,28
8.8.2007	3 / 12	9.00	KP 5	25	0,0587	0,0839	0,0252	1008	8,4	8,47
8.8.2007	3 / 11	9.00	KP 6	50	0,0589	0,1308	0,0719	1438	60,6	87,21
8.8.2007	3 / 10	9.00	KP 7	50	0,0599	0,0759	0,0160	320	19,7	6,30
8.8.2007	3 / 9	9.00	KP 8	50	0,0536	0,0881	0,0345	690	78,9	54,43
8.8.2007	3 / 8	10.00	KP 1	50	0,0510	0,3185	0,2675	5350	16,6	88,73
8.8.2007	3 / 7	10.00	KP 2	50	0,0509	0,1294	0,0785	1570	7,5	11,76
8.8.2007	3 / 6	10.00	KP 5	100	0,0526	0,0580	0,0054	54	14,4	0,78
8.8.2007	3 / 5	10.00	KP 6	50	0,0556	0,0985	0,0429	858	41,0	35,21
8.8.2007	3 / 4	10.00	KP 7	50	0,0626	0,0805	0,0179	358	21,8	7,82
8.8.2007	3 / 3	10.00	KP 8	50	0,0609	0,0900	0,0291	582	67,0	38,97
8.8.2007	3 / 2	11.00	KP 1	50	0,0590	0,0650	0,0060	120	15,7	1,88
8.8.2007	3 / 1	11.00	KP 2	50	0,0588	0,1181	0,0593	1186	9,3	11,08
8.8.2007	4 / 50	11.00	KP 5	50	0,0565	0,0588	0,0023	46	7,5	0,34
8.8.2007	4 / 49	11.00	KP 6	50	0,0546	0,1431	0,0885	1770	40,1	71,03
8.8.2007	4 / 48	11.00	KP 7	50	0,0599	0,0800	0,0201	402	24,1	9,70
8.8.2007	4 / 47	11.00	KP 8	50	0,0533	0,0946	0,0413	826	67,2	55,51

Päivä	Filterri	Näytteenottoaika	Koepiste	Näytteen tilavuus (ml)	Filterrin kuivapaino (g)	Näytteen paino (g)	Erotus (g)	Kiintoaine pitoisuus (mg/l)	Virtaama (l/s)	Kiintoaine (g/s)
9.8.2007	4 / 40	8.00	KP 1	50	0,0619	0,0675	0,0056	112	15,7	1,76
9.8.2007	4 / 39	8.00	KP 2	50	0,0585	0,1421	0,0836	1672	4,0	6,64
9.8.2007	4 / 38	8.00	KP 5	25	0,0543	0,0767	0,0224	896	15,1	13,54
9.8.2007	4 / 37	8.00	KP 6	50	0,0524	0,0651	0,0127	254	41,0	10,42
9.8.2007	4 / 36	8.00	KP 7	50	0,0509	0,0750	0,0241	482	27,1	13,05
9.8.2007	4 / 35	8.00	KP 8	50	0,0515	0,0638	0,0123	246	74,2	18,26
9.8.2007	4 / 34	9.00	KP 1	50	0,0533	0,0586	0,0053	106	4,6	0,49
9.8.2007	4 / 33	9.00	KP 2	50	0,0570	0,1417	0,0847	1694	9,1	15,42
9.8.2007	4 / 32	9.00	KP 5	25	0,0528	0,0766	0,0238	952	10,7	10,23
9.8.2007	4 / 31	9.00	KP 6	50	0,0505	0,0726	0,0221	442	63,8	28,22
9.8.2007	4 / 30	9.00	KP 7	50	0,0517	0,0772	0,0255	510	20,1	10,25
9.8.2007	4 / 29	9.00	KP 8	50	0,0536	0,0656	0,0120	240	76,8	18,43
9.8.2007	4 / 28	10.00	KP 1	100	0,0568	0,0589	0,0021	21	15,1	0,32
9.8.2007	4 / 27	10.00	KP 2	50	0,0597	0,2424	0,1827	3654	4,8	17,57
9.8.2007	4 / 26	10.00	KP 5	25	0,0522	0,0767	0,0245	980	12,7	12,44
9.8.2007	4 / 25	10.00	KP 6	50	0,0504	0,1074	0,0570	1140	42,4	48,35
9.8.2007	4 / 24	10.00	KP 7	50	0,0643	0,0710	0,0067	134	25,7	3,44
9.8.2007	4 / 23	10.00	KP 8	50	0,0641	0,0771	0,0130	260	74,4	19,34
9.8.2007	4 / 22	11.00	KP 1	50	0,0516	0,1031	0,0515	1030	4,4	4,55
9.8.2007	4 / 20	11.00	KP 2	50	0,0566	0,1392	0,0826	1652	3,2	5,34
9.8.2007	4 / 19	11.00	KP 5	25	0,0550	0,0823	0,0273	1092	11,2	12,23
9.8.2007	4 / 18	11.00	KP 6	50	0,0592	0,1220	0,0628	1256	60,6	76,17
9.8.2007	4 / 17	11.00	KP 7	50	0,0632	0,0814	0,0182	364	25,2	9,16
9.8.2007	4 / 16	11.00	KP 8	50	0,0638	0,1010	0,0372	744	78,0	58,03
9.8.2007	4 / 15	12.00	KP 1	25	0,0617	0,0710	0,0093	372	7,0	2,62
9.8.2007	4 / 14	12.00	KP 2	50	0,0580	0,1437	0,0857	1714	9,3	16,01
9.8.2007	4 / 13	12.00	KP 5	25	0,0547	0,0812	0,0265	1060	14,0	14,86
9.8.2007	4 / 12	12.00	KP 6	50	0,0589	0,1293	0,0704	1408	60,6	85,39
9.8.2007	4 / 11	12.00	KP 7	50	0,0512	0,0679	0,0167	334	22,3	7,46
9.8.2007	4 / 10	12.00	KP 8	50	0,0617	0,0984	0,0367	734	76,0	55,78