

**LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO**  
**Energia- ja ympäristötekniikan osasto**

**DIPLOMITYÖ**

**YHDYSKUNTAJÄTEVESIEN YHTEISPUHDISTUS SELLU- JA PAPERITEH-  
TAAN AKTIIVILIETELAITOKSESSA**

Diplomityön aihe on hyväksytty Lappeenrannan teknillisen yliopiston energia- ja ympäristötekniikan osastoneuvostossa 6.4.2005.

Työn tarkastajat:           Professori Esa Marttila, TkL Simo Hammo  
Työn ohjaaja:               FM Harri Jussila

Kuusankoskella 27.7.2005

---

Marja Valtonen

Hakakuja 3 C 35  
45700 Kuusankoski  
puh: 040 82 888 50

## TIIVISTELMÄ

Tekijä: Marja Valtonen

**Nimi: Yhdyskuntajätevesien yhteispuhdistus sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitoksessa**

Osasto: Energia- ja ympäristötekniikan osasto

Vuosi: 2005

Paikka: Kuusankoski

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

109 sivua, 40 kuvaa, 21 taulukkoa ja 12 liitettä.

Tarkastajat: Professori Esa Marttila, TkL Simo Hammo

Hakusanat: aktiivilietelaitos, bioliete, metsäteollisuusjätevesi, typenpoisto, yhdyskuntajätevesi, yhteispuhdistus

Keywords: activated sludge plant, biosludge, forest industry wastewater, nitrogen reduction, municipal wastewater, combined wastewater treatment

Työn tavoitteena on ollut selvittää kustannukset, joita syntyy, jos Kuusankosken kaupungin puhdistamolta johdetaan jätevedet UPM-Kymmene Oyj:n Kymin aktiivilietelaitokselle puhdistettaviksi, ja kustannukset, joita aiheutuu kaupungin puhdistamon laajentamisesta typenpoistoon sopivaksi sekä verrata näiden hankkeiden kustannuksia. Työssä selvitetään myös muutokset, joita yhteispuhdistukseen siirtymisestä aiheutuu Kymin aktiivilietelaitokselle ja miten jätevesikuormitus Kymijokeen muuttuu. Lisäksi työssä on tarkasteltu yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilta tuotujen lietteiden vaikutusta Kymin aktiivilietelaitoksen toimintaan ja luotu katsaus käytössä olevien metsäteollisuusyritysten ja kaupunkien yhteispuhdistamojen toimintaan Raumalla ja Grand Rapids:ssa.

Yhdyskuntajätevesien yhteispuhdistuksesta sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitoksessa on saatu hyviä kokemuksia Raumalta. Kokonaistyyppikuormitus Rauman merialueelle on puolittunut ja lisäksi fosfori- ja BOD-kuormitukset ovat vähentyneet. Ravinteiden tarve puhdistamolla on kuitenkin ennakoitua suurempi ja ravinteiden kulutusta voidaan selittää monella tekijällä mm. lämpötilan laskulla ja lietekuorman lisääntymisellä.

Kymin puhdistamolle on tuotu Akanojan puhdistamon ylijäämäliete vuodesta 1996 lähtien. Vuoden 2004 marras- ja joulukuussa suoritetussa kokeilussa Kymin puhdistamolle tuotiin Akanojan lietteiden lisäksi osa Kouvolan puhdistamolla syntyneistä lietteistä. Kokeilun perusteella voidaan todeta, että yhdyskuntajätevesilietteiden tuonnilla voidaan korvata puhdistamolla tarvittavia ravinteita.

Uusi jätteenpolttodirektiivi tuskin aiheuttanee ongelmia poltettaessa voimalaitoksella ylijäämälietettä, joka sisältää myös yhdyskuntajätevesistä peräisin olevaa lietettä. Kymin aktiivilietelaitoksen lämpötila tulee laskemaan yhteispuhdistukseen siirryttäessä viileiden yhdyskuntajätevesien vaikutuksesta. Yhteispuhdistustilanteessa Kuusankosken keskustan jokialueen bakteeritilanteeseen ei ole todennäköisesti tulossa muutosta, mutta virustilanteen muuttuminen voi olla mahdollista.

Yhteispuhdistukseen siirryttäessä Kymin puhdistamon kapasiteettia tarvitsee kasvattaa ainoastaan jälkiselkeytyksen suhteen. Yhteispuhdistustilanteessa jätevesikuormitus Kymijokeen tulee pienemään erityisesti typen osalta ja myös BOD- ja fosforikuormat pienenevät. COD-kuormitus pysyy lähes ennallaan ja kiintoainekuorma saattaa lisääntyä hiukan. Yhteispuhdistustilanteessa Kymijokeen aiheutuu jätevesikuormitusta myös ohituksista, kun yhdyskuntajätevesimäärä ylittää hetkellisesti esimerkiksi rankkasateen sattuessa mitoitusvirtaamansa arvon.

Investointikustannukseksi, Kuusankosken kaupungin puhdistamon muuttamisesta typenpoistoon sopivaksi, arvioitiin mitoitusvirtaamasta riippuen 3 210 000 € tai 2 460 000 €. Yhteispuhdistukseen siirtyminen aiheuttaa kaupungille n. 3 755 000 € investointikustannuksen ja Kymin puhdistamolle n. 365 000 €. Investointikustannuksiltaan yhteispuhdistukseen siirtyminen tulee kaupungille kalliimmaksi mutta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna edullisempi vaihtoehto Kuusankosken kaupungin kannalta on siirtyminen yhteispuhdistukseen.

**ABSTRACT**

Author: Marja Valtonen

**Title: The combined wastewater treatment of municipal wastewater at pulp and paper mill's activated sludge plant**

Department: Department of Energy and Environment Technology

Year: 2005

Place: Kuusankoski

Master's Thesis. Lappeenranta University of Technology.

109 pages, 40 figures, 21 tables and 12 appendices.

Examiners: Professor Esa Marttila, Ph. L. Simo Hammo

Keywords: activated sludge plant, biosludge, forest industry wastewater, nitrogen reduction, municipal wastewater, combined wastewater treatment

The aim of this project has been to find out the costs, that are formed, when municipal wastewater that is treated at the city of Kuusankoski municipal wastewater treatment facility is routed for treatment at the UPM-Kymmene Kymi's activated sludge plant, and the costs, that would be due to expanding municipal wastewater treatment facility suitable for reduction of nitrogen and to compare these costs. Project includes also examination of changes to Kymi's activated sludge plant that would be caused by combined wastewater treatment and how would the effluent load to Kymijoki change in combined wastewater treatment situation. In addition, this project examines also the effect that sludge from municipal wastewater cause to Kymi's activated sludge plant and resumes cities and forest industry enterprises combined wastewater treatment plants at Rauma and Grand Rapids.

There have been good experiences from combined wastewater treatment of municipal wastewater and pulp and paper mill's wastewater at UPM-Kymmene Rauma's activated sludge plant. Nitrogen load to Rauma's sea area has halved and in addition, phosphorous and BOD loads have reduced. Nutrient need at Rauma's activated sludge plant is greater than was expected and consumption of nutrients can be explained in several of ways, among other things, temperature decline and the sludge loads increase.

The excessive sludge from the municipal wastewater treatment facility at the city of Kuusankoski has been brought to Kymi's activated sludge plant since 1996. During November and December at 2004, there was an experiment where excessive sludge from municipal wastewater treatment facility at Kouvola was brought also to Kymi's activated sludge plant. Experiment proved that the nutrients that are needed at Kymi's activated sludge plant can be replaced with excessive sludge from municipal wastewater treatment facility.

The new directive on the incineration of waste will hardly cause any problems when excessive sludge, that contains also sludge from municipal wastewater, is burnt in power plant. Combined wastewater treatment at Kymi's activated sludge plant will decrease wastewater treatments temperature because of the cool municipal wastewater flow. It is very likely that combined wastewater treatment isn't going to affect the city centre's river basins bacterial contamination at Kuusankoski but a change in virus contamination might be possible.

When beginning the combined wastewater treatment at Kymi's activated sludge plant only one more secondary settling basin is needed. During combined wastewater treatment especially nitrogen load to Kymijoki will decrease and phosphorous and BOD loads will also decrease. COD load will stay almost unchanged and suspended solids load may increase a bit. During combined wastewater treatment there will be also other sources of effluent from Kymi's wastewater treatment plant to Kymijoki because of by-pass flows, that are formed when municipal wastewater flow exceeds its design flow for example during rain-storm.

Investment costs, that are due from changing the city of Kuusankoski municipal wastewater treatment facility suitable for nitrogen reduction, are 3 210 000 € or 2 460 000 € depending on the design flow. Estimated investment cost for combined wastewater treatment is 3 755 000 € for the city of Kuusankoski and 365 000 € for Kymi's activated sludge plant. For the city of Kuusankoski investment cost is greater in combined wastewater treatment alternative that in reduction of nitrogen but in the long run it is more profitable to start combined wastewater treatment at Kymi's activated sludge plant.

**ALKUSANAT**

Tämä diplomityö on tehty UPM-Kymmene Oyj Kymin tehtaalla Kuusankoskella.

Työn tarkastajina toimivat prof. Esa Marttila ja TkL Simo Hammo. Työn ohjaaja Kymin puolesta oli FM Harri Jussila. Häntä kiitän hyvästä työn aiheesta ja saamistani neuvoista. Kiitokset saamistani avusta myös UPM:n Rauman tehtaan ympäristöpäällikkö Seija Vatkalle, Kuusankosken kaupungin vesihuoltopäällikkö Ilkka Kuskelinille sekä Akanojan puhdistamon henkilökunnalle.

Kuusankoskella 27.7.2005

Marja Valtonen

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>6</b>
1.1 TAUSTA .....	6
1.2 TYÖN TAVOITE.....	7
<b>2 JÄTEVESIPÄÄSTÖT .....</b>	<b>9</b>
2.1 JÄTEVESIEN OMINAISUUKSIA .....	9
2.1.1 Biokemiallinen ja kemiallinen hapenkulutus.....	9
2.1.2 Ravinteet .....	9
2.1.3 Kiinto- ja kuiva-aine .....	10
2.1.4 Patogeenit.....	10
2.2 PAPERINVALMISTUKSEN JÄTEVESIJAKEITA .....	11
2.2.1 Kuorimo .....	12
2.2.2 Sellutehdas .....	13
2.2.3 Paperitehdas .....	14
2.3 YHDYSKUNTAJÄTEVESIEN KOOSTUMUS.....	15
2.4 KYMIJOKEEN VAIKUTTAVAT JÄTEVESIPÄÄSTÖT .....	16
2.4.1 Orgaaninen aines.....	16
2.4.2 Ravinteet .....	18
2.4.3 Veden hygieeninen laatu.....	20
<b>3 JÄTEVEDEN PUHDISTUS .....</b>	<b>21</b>
3.1 MEKAANISET MENETELMÄT .....	21
3.1.1 Välppäys ja siivilöinti .....	22
3.1.2 Hiekanerotus sekä rasvan ja öljyn erotus.....	22
3.1.3 Selkeytys.....	22
3.2 KEMIALLINEN PUHDISTUS.....	23
3.3 AEROBINEN HAJOTUS.....	23
3.4 AKTIIVILIIETEMENETELMÄ .....	24
3.4.1 Aktiivilietelaitoksen toimintaan ja suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä .....	25
3.4.2 Aktiivilieteprosessin mitoituspärametreja .....	31
3.5 KYMIN AKTIIVILIIETEPROSESSI .....	36

3.6 AKANOJAN PUHDISTAMON BIOLOGIS-KEMIALLINEN PUHDISTUSPROSESSI .....	37
3.7 BIOLOGINEN RAVINTEIDENPOISTO .....	40
3.7.1 Typen mikrobiologinen muuntelu .....	41
3.7.2 Typenpoiston toteutus.....	47
3.7.2.1 Prosessivaihtoehdot .....	48
3.7.2.2 Ilmastusaltaan mitoitus .....	51
3.7.2.3 Jälkiselkeytysaltaiden mitoitus .....	52
3.7.3 Biologinen fosforinpoisto .....	53
<b>4 KOKEMUKSIA YHTEISPUHDISTUKSESTA .....</b>	<b>54</b>
4.1 CASE RAUMA.....	54
4.1.1 Ravinnetase.....	57
4.1.2 Syitä ravinteiden lisääntyneeseen kulutukseen.....	59
4.1.2.1 Lämpötilan muutoksen vaikutus puhdistamon toimintaan .....	59
4.1.2.2 Lietekuorman muutos .....	61
4.1.3 Johtopäätökset.....	61
4.2 KUUSANKOSKELTA TUODUT LIETTEET.....	62
4.3 KOUVOLASTA TUODUT LIETTEET .....	64
4.3.1 Ravinteet .....	65
4.3.1.1 Typpi.....	65
4.3.1.2 Fosfori.....	68
4.3.2 Puhdistustulos .....	72
4.3.3 Ravinnetase.....	73
4.3.4 Johtopäätökset.....	74
4.4 CASE BLANDIN .....	74
<b>5 YHTEISPUHDISTUKSEN TOTEUTTAMINEN KUUSANKOSKELLA .....</b>	<b>75</b>
5.1 ETUJA JA HAITTOJA .....	75
5.1.1 Jätteenpolttodirektiivi .....	75
5.1.1.1 Lietteenpoltto .....	77
5.1.2 Lämpötilan muuttuminen tehtaan puhdistamolla .....	80
5.1.3 Kymijokeen kohdistuvat hygieeniset riskit.....	82
5.1.4 Kymijokeen kohdistuvan kuormituksen muutos .....	84
5.2 KYMIN PUHDISTAMON KAPASITEETTI .....	87



5.2.1 Virtaamien simulointi .....	87
5.2.2 Jälkiselkeytyskapasiteetin lisäys.....	88
5.2.2.1 Mitoitusvirtaama .....	89
5.2.3 Johtopäätökset.....	91
5.3 YHTEISPUHDISTUKSEEN SIIRTYMISEN KUSTANNUKSET .....	92
5.3.1 Liityntäinvestointi .....	92
5.3.2 Esikäsittelykustannus.....	92
5.3.3 Jälkiselkeyttimen lisäys Kymin puhdistamolle.....	93
5.4 YHTEISPUHDISTUKSEEN SIIRTYMISEN SÄÄSTÖT .....	94
5.4.1 Akanojan typenpoistokustannus ja käyttökustannukset .....	94
5.4.2 Ravinnesäästö tehtaan puhdistamolla .....	95
5.4.3 Kymin puhdistamon käyttökustannukset yhteispuhdistustilanteessa .....	97
5.5 KUSTANNUSVERTAILU .....	97
<b>6 YHTEENVETO .....</b>	<b>99</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>103</b>
<b>LIITTEET</b>	

**KÄYTETYT MERKINNÄT**

$A_s$	selkeyttämön pinta-ala
AOX	adsorboituva orgaanisesti sitoutuva kloori
ATU	allyylitiourea
AVL	asukasvastineluku
BAT	paras käytettävissä oleva tekniikka
BOD	biologinen hapenkulutus
BOD <sub>7, atu</sub>	seitsemän vuorokauden biologinen hapenkulutus, jonka määrittämisessä on käytetty allyylitioureaa
BOD <sub>i</sub>	i vuorokauden biologinen hapenkulutus
BREF	BAT referenssi asiakirjat
COD	kemiallinen hapenkulutus
COD <sub>Cr</sub>	dikromaatilla määritetty kemiallinen hapenkulutus
D/N	denitrifikaatio/nitrifikaatio
D/N/D	denitrifikaatio/nitrifikaatio/denitrifikaatio
F/M	lietekuorma
<i>HPK</i>	hydraulinen pintakuorma
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	fosforihappo
KA	kiintoaine
ka	kuiva-aine
$L_A$	lietteen puolen tunnin laskeuma-arvo
<i>LK</i>	lietekuorma
<i>LPK</i>	lietepintakuorma
<i>LT</i>	tilakuorma
<i>LTK</i>	lietetilavuuskuorma
$MLSS_a$	ilmastusaltaan lietteen kiintoainepitoisuus
$\Delta MLSS$	vuorokaudessa poistettu lietemäärä
N	typpi
N/D	nitrifikaatio/denitrifikaatio
org	orgaaninen
$O_d$	hapentarve

P	fosfori
PHB	orgaaninen varastopolymeeri
$Q$	jätevesivirtaama
$Q_{\text{BOD}_7}$	vuorokautinen BOD <sub>7</sub> -kuorma
$Q_{\Delta\text{BOD}_7}$	vuorokaudessa poistettu BOD-määrä
$Q_{\text{N}}$	typpikuorma
$Q_{\text{pros.}}$	prosessivesimäärä
$Q_{\text{R}}$	kierrätettävä jätevesivirta
$Q_{\text{t}}$	tuntivirtaama
$R$	kokonaiskierrätysaste
SS	kiintoaine
$SVI$	lietteen tilavuusindeksi
tm	tonnia massaa
$t_{\text{d}}$	hydraulinen viipymä
$t_{\text{s}}$	lieteikä
TOC	kokonaisorgaaninen hiili
TS	kuiva-aine
TSS	suspendoitunut kiintoaine
$V$	tilavuus
$V_{\text{a}}$	ilmastusaltaan tilavuus
VS	haihtuva kiintoaine
$X_{\text{d}}$	orgaanisen biomassan biohajoava osa
$X_{\text{v}}$	ylijäämälietteen tuotto
$Y_{\text{n}}$	lietteen nettotuotto
% <sub>ka</sub>	kuiva-aineprosentti
$\mu_{\text{T}}$	kasvunopeuskerroin lämpötilassa T °C
$\delta$	denitrifikaatioaste

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tausta

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava lupa, joten mm. jätevesien johtamiseen vesistöön tarvitaan ympäristönsuojelulain (2000/86) mukainen ympäristölupa. Puhdistamon omistaja (teollisuuslaitos, kunta, valtio) joutuu täten hankkimaan lupapäätöksen toimivaltaiselta lupaviranomaiselta. Lupapäätöksessä määritellään ehdot, joiden puitteissa jätevettä saa johtaa vesistöön. Laitoskohtaisissa päätöksissä annetaan mm. seuraavaa (Mennola 2002):

- puhdistustapa
- kuormitusten rajoittamista koskevien vaatimusten raja-arvot
- puhdistamon hoitoa koskevia määräyksiä ja velvoitteita
- tarkkailu- ja kehittämisvelvoitteita
- jätevesilietteen sijoittamista koskevia määräyksiä
- määräykset uuden luvan hakemisesta ja luvan voimassaoloajasta

Jätevesien puhdistusvaatimukset kiristyvät kokoajan ja lupaehdoissa pysyminen edellyttää kehitystyötä jätevedenpuhdistamoilla. Yhdyskuntien aktiivilietelaitokset ovat metsäteollisuuden puhdistamoita vanhempia, joten erityisesti niihin kohdistuu uudistuspaineita. Eräs ratkaisu kunnallisten puhdistamojen uudistustarpeisiin on yhdyskuntien ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistus. Jätevesien yhteiskäsittelyyn siirtyminen on monissa tapauksissa edullista niin kunnille kuin metsäteollisuusyrityksillekin, koska metsä- ja yhdyskuntajätevesien eroavaisuudet täydentävät toisiaan lämpötilan, ravinteiden ja orgaanisen kuormituksen osalta siten, että yhteispuhdistuksella voidaan saavuttaa taloudellisia ja teknisiä etuja. (Vallila et al. 1998, 27)

Metsäteollisuuden jätevedet eivät sisällä useinkaan riittävästi ravinteita, vaan niitä joudutaan lisäämään jätevedeen aktiivilietelaitoksella, jotta biologinen puhdistuminen olisi mahdollista. Yhdyskuntajätevedet puolestaan sisältävät ravinteita ylimäärin ja niistä joudutaan poistamaan typpeä ja fosforia orgaanisen aineksen poistamisen yhteydessä. Yhteispuhdistuksella metsäteollisuuden puhdistamolla säästettäisiin siis ravinnekustannuksissa, koska yhdyskuntajätevedet toisivat mukanaan ravinteita aktiivilietelaitokselle.

Yhdyskuntajätevedet ovat Suomessa läpi vuoden melko viileitä, kun taas metsäteollisuuden jätevesiä joudutaan usein jäähdyttämään jäähdytystorneilla tai lämmönsiirtimillä. Siirtäessä yhteiskäsittelyyn orgaanisen aineksen puhdistuminen paranee lämpötilan nousun ansiosta yhdyskuntajätevesien osalta. Jos prosessin lämpötila alenee samalla ratkaisevasti metsäteollisuuden jätevesien osalta, orgaanisen aineksen puhdistuminen jonkin verran heikkenee reaktioiden hidastumisen vuoksi. (Vallila et al. 1998, 28)

On mahdollista, että Kuusankosken kaupunki joutuu tulevaisuudessa aloittamaan puhdistamalla typen poiston jätevesistä tiukentuvien lupaehtojen vuoksi. Tätä silmälläpitäen tutkitaan mahdollisuutta johtaa Kuusankosken kaupungin puhdistamon (myöhemmin Akanojan puhdistamo) UPM-Kymmene Oyj Kymin tehtaan (myöhemmin Kymi) puhdistamolle ottaen huomioon yhteispuhdistuksesta aiheutuvat säästöt ja kulut.

## **1.2 Työn tavoite**

Työ aloitetaan kirjallisuusosiolla, jossa pyritään esittämään tietoa yleisesti jätevesien ominaisuuksista ja erilaisista jätevesijakeista. Perehtymisen kohteena eri jätevesijakeista ovat yhdyskuntajätevedet sekä sellu- ja paperitehtaan jätevedet. Lisäksi selvitetään yleisesti aktiivilietelaitoksen toimintaperiaatetta ja ravinteiden biologista poistoa sekä luodaan katsaus Kymin ja Akanojan puhdistamojen purkuvesistön Kymijoen nykytilaan.

Tässä työssä on tarkoitus selvittää Akanojan biologis-kemialliselle aktiivilietelaitokselle typenpoistoinvestoinnista aiheutuvat kustannukset ja verrata niitä kustannuksiin, joita aiheutuu yhteispuhdistukseen siirtymisestä Kymin aktiivilietelaitoksen kanssa. Jos Akanojan puhdistamon jätevedet johdetaan Kymin aktiivilietelaitokselle, kaupunki säästäisi oman puhdistamonsa käyttökustannukset eikä sen tarvitsisi tehdä investointeja typen poiston takia. Kuluja sen sijaan aiheutuisi jätevesien esikäsittelyn järjestämisestä tehtaan alueelle ja liityntäinvestoinnista. Kymin puhdistamolla puolestaan säästettäisiin ravinnekustannuksissa. Ennen yhteispuhdistukseen siirtymistä täytyy ennen kaikkea selvittää onko Kymin puhdistamolla riittävä kapasiteetti kaupungin jätevesien vastaanottamiseksi ja jos ei ole, niin kuinka suuret kustannukset kapasiteetin lisäämisestä aiheutuu.

Yhteispuhdistukseen siirtymistä pohdittaessa täytyy kustannusten lisäksi ottaa huomioon vaikutukset teollisuuden jätevesien puhdistukseen mm. aktiivilietelaitoksella yhteispuhdis-

tustilanteessa muuttuvan lämpötilan osalta, Kymijokeen kohdistuvan jätevesikuormituksen muutos ja mahdolliset hygieeniset riskit Kuusankosken keskustan jokialueelle. Suunniteltaessa yhdyskuntajätevesien sekä sellu- ja paperitehtaan jätevesien yhteispuhdistuksen aloittamista metsäteollisuuden puhdistamalla tulee myös huomioida uusi jätteenpolttodirektiivi, joka koskee sekä jätteitä että ongelmajätteitä polttavia ja rinnakkaispolttavia laitoksia (Lohiniva et al. 2001, 25). Direktiivi saattaa aiheuttaa kustannuksia jouduttaessa uusimaan esim. mittausjärjestelmiä metsäteollisuuslaitosten kuorikattiloissa, jos niissä aiotaan polttaa kasviperäisten jätteiden ja lietteiden seassa myös puhdistamalla syntyvää ylijäämälietettä, joka sisältäisi sekä kasviperäistä lietettä, että yhdyskuntajätevesien puhdistuksessa syntyvää lietettä.

Kymin puhdistamolle on tuotu Akanojan puhdistamolla syntyvä ylijäämäliete vuodesta 1996 lähtien eli jonkinlaista yhteispuhdistusta on harjoitettu hyvällä menestyksellä jo jonkin aikaa. Vuoden 2004 lopulla järjestettiin kokeilu, jossa myös Kouvolan kaupungin puhdistamolta ajettiin siellä syntynyttä ylijäämälietettä Kymin puhdistamolle. Tarkoituksena oli selvittää voidaanko fosforihapon syötöstä luopua tällöin kokonaan ja tämän työn puitteissa tarkastellaan myös kyseistä koeajoa.

Yhtenä tarkastelun kohteena on lisäksi UPM-Kymmene Oyj:n Rauman paperitehtaan puhdistamon toiminta, jossa on vuoden 2002 huhtikuusta lähtien puhdistettu myös Rauman kaupungin puhdistamon jätevedet. UPM:n Rauman puhdistamon toimintaa tarkastellaan erityisesti ravinteiden kulutuksen osalta, koska aktiivilieteprosessissa kuluu jostakin syystä ennakoitua enemmän ravinteita. Lisäksi luodaan katsaus UPM:n Blandin Paper-tehtaaseen USA:ssa, jossa tehtaan jätevedet puhdistetaan myös yhdessä kunnallisten jätevesien kanssa.

## **2 JÄTEVESIPÄÄSTÖT**

### **2.1 Jätevesien ominaisuuksia**

#### **2.1.1 Biokemiallinen ja kemiallinen hapenkulutus**

Jätevesien biohajoavan orgaanisen aineksen määritysmenetelmä on biokemiallinen hapen kulutus (Rintala & Hänninen 2001, 13). Biologinen hapenkulutus ( $BOD_i$ ) tarkoittaa sitä happimäärää, joka kuluu tietyissä olosuhteissa, tiettyinä aikoina näytteessä olevien orgaanisten aineiden biologiseen hajotukseen aerobisessa tilassa (Lammi 1991, 3).  $BOD_i$ :n määrittämisessä mitataan siis mikro-organismien 20 °C:ssa kuluttamaa veteen liuennutta happea, kun ne hajottavat hapettamalla orgaanista ainesta. Suomessa mikrobien hapenkulutus näytteessä määritetään yleensä seitsemän vuorokauden ajalta ( $BOD_7$ ) (Rintala & Hänninen 2001, 13).

Kemiallisen hapenkulutuksen (COD) testiä käytetään orgaanisen aineen kokonaismäärän mittaamisessa. Testi määrittää sen hapen määrän, joka tarvitaan kemiallisesti hapettamaan jäteveden sisältämät orgaaniset aineet. Voimakas kemiallinen hapettava aine hapettaa orgaanisen aineen keitetessä noin kahdessa tunnissa ja kulutetun hapen määrä määritetään liuoksessa dikromaatin kulutuksesta. Sopiva kemikaali COD:n määrittämisessä on kaliumdikromaatti. (Rintala & Hänninen 2001, 14) Kun kyseistä kemikaalia käytetään määrittämisessä, COD:n alaindeksiksi merkitään Cr. Aikaisemmin hapettimena käytettiin kaliumpermanganaattia, jolloin alaindeksiksi laitettiin Mn. Kaliumpermanganaatin käytöstä on kuitenkin luovuttu lähinnä hapetuksen epätäydellisyyden vuoksi. (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002)

#### **2.1.2 Ravinteet**

Typpi esiintyy jätevedessä liuenneina, liukenemattomina tai kolloidisina orgaanisina yhdisteinä tai liukoisina epäorgaanisina yhdisteinä, kuten ammoniakkinä, ammonium-, nitriitti-, tai nitraatti-ioneina sekä alkuainetyyppinä (Alavakeri 1988, 3). Mikro-organismit pystyvät hyödyntämään tyypin orgaanisina ja epäorgaanisina muotoja (Jouttijärvi & Järvinen 1993). Epäorgaaniset tyypiyhdisteet, joista tärkeimmät ovat nitraatti ja ammonium, ovat leville käyttökelpoisessa muodossa (Ympäristöhallinto 2004a).

Fosfori rajoittaa levien ym. kasvua useimmissa Suomen vesistöissä (Ympäristöhallinto 2004b). Jäteveden sisältämä kokonaisfosfori koostuu kolmesta pääryhmästä: ortofosfori, orgaanisesti sidottu fosfori sekä kondensoituvaa fosfori, joka sisältää erilaisia fosfaatin kompleksoituja muotoja (di-, meta-, poly-), jotka voidaan edelleen hajottaa ortofosfaatiksi. Nestefaasissa liukoinen fosfori voi olla orto- tai polyfosfaatteina sekä orgaanisesti sidottuna liukoisena fosforina. Lietteessä liukoinen fosfori sitoutuu biologisesti solumassaan tai saostuu sen pintaan. Saostuneen tai adsorboituneen fosforin määrä on vaikeasti määritettävissä. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

Ortofosfori on sellaisenaan mikro-organismeille käyttökelpoisessa muodossa (Jouttijärvi & Järvinen 1993), jonka vuoksi aktiivilietelaitoksilla käytetään tarvittaessa fosforihappoa ( $H_3PO_4$ ) ravinnelisinä, jos jätevesi ei sisällä mikro-organismeille riittävästi fosforia. Epäorgaaninen fosfaattifosfori on puolestaan leville käyttökelpoisessa muodossa (Ympäristöhallinto 2004c). Liukoisen fosforin lisäksi on kuitenkin myös liukenemattomia yhdisteitä, jotka voivat olla oikeissa olosuhteissa mikro-organismien hyödynnettävissä. Kaikkien fosforin eri muotojen hyödynnettävyydestä ei kuitenkaan ole tarkkaa tietoa. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

### **2.1.3 Kiinto- ja kuiva-aine**

Kiintoaine (SS) määritetään suodattamalla näyte ja kuivattamalla suodattimelle jäänyt suodatin 103 – 105 °C:ssa. Kuivattu aine on siis SS. (Rintala et al. 2001, 6) Kiintoainesta, joka jää jäljelle, kun jätevesinäytettä kuivataan upokkaassa 103 – 105 °C:ssa, sanotaan kuivaainepitoisuudeksi (TS). Haihtuviksi kiinteiksi aineiksi (VS) sanotaan puolestaan sitä orgaanista ainetta, mikä haihtuu, kun TS kuumennetaan muhveliuunissa usean tunnin ajan 550 ± 50 °C:ssa. (Rintala & Hänninen 2001, 11)

### **2.1.4 Patogeenit**

Veden hygieenistä laatua arvioitaessa ei yleensä etsitä suoraan taudinaiheuttajia, koska niiden vaatima analytiikka on kallista ja aikaa vievää (Isoaho & Valve 1988, 206). Tämän takia vesistöjen mikrobiologista laatua, hygieniää seurataan taudinaiheuttajamikro-organismien eli patogeenien ja ns. patogeenisuuden indikaattoriorganismien lukumäärän avulla. Patogeenisiä organismeja ovat suolistoperäisiä sairauksia aiheuttavat bakteerit, tai



bakteeriryhmät, kuten Salmonella, Shigella sekä eräät virukset. (Rintala & Hänninen 2001, 18) Tavallisimmin käytettyjä indikaattoribakteereja ovat fekaaliset enterokokit, kokonaiskoliformit, lämpökestoiset koliformit ja Escherichia coli (Åkerberg 2004a).

Fekaalisen (ulosteperäisen) likaantumisen tärkein indikaattoribakteeri on Escherichia coli. Se on yleinen ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistossa ja sitä ei tavallisesti esiinny puhtaassa luonnossa. E. coli ei tavallisesti lisäänty luonnollisen elinympäristönsä ulkopuolella ja se on helposti määritettävissä. (Åkerberg 2004a) Fekaalisesti saastuneiden vesien välityksellä leviävistä patogeenisistä bakteereista Salmonella suvun bakteerit ovat yleisimpiä. Niiden aiheuttamiin sairauksiin eli salmonellooseihin sairastuu Suomessa vuosittain noin 2000 – 3000 henkilöä, mutta noin puolet tapauksista on peräisin ulkomailta. (Rintala & Hänninen 2001, 18)

Toinen tärkeä hygieniaindikaattoriryhmä on fekaaliset enterokokit. Fekaaliset enterokokit soveltuvat hyvin kuvaamaan ulosteperäistä kuormitusta vesialueella, johon purkautuu puunjalostusteollisuuden puhdistamoiden jätevesiä. (Åkerberg 2004a)

Shigella-suvun bakteerit leviävät fekaalisesti saastuneiden elintarvikkeiden ja juomaveden välityksellä aiheuttaen akuuttia punatautia ja eriasteisia ripulitapauksia. Suomessa tavatut Shigella-bakteerit ovat yleensä peräisin ulkomailta. (Rintala & Hänninen 2001, 19)

## **2.2 Paperinvalmistuksen jätevesijakeita**

Sellu- ja paperiteollisuuden jätevesille on ominaista, että ne sisältävät puuta joko alkuperäisessä tai muuttuneessa muodossa. Lisäksi niissä on erilaisia valmistuksessa käytettyjä apu- ja lisäaineita, myös joko alkuperäisinä tai muuttuneina. Suuri osa aineista on kiinteässä muodossa, osa taas kolloideina tai liuenneina. Puunjalostusteollisuuden jätevesille on ominaista suuri kolloidien määrä. Ravinteita (typpi ja fosfori) on vähän verrattuna kunnallisiin jätevesiin. (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002) Metsäteollisuudessa jätevesien kiintoaineet ovat kuituja, täyteaineita, kuoritähteitä, meesaa sekä biolietettä (Lammi 1991, 4).

Suurin osa paperitehtaan jätevesien sisältämästä fosforista on peräisin puusta. Suomalaisen massapuun (mänty, kuusi, koivu) fosforipitoisuus on itse puussa 0,005 % - 0,015 % ja kuoreissa 0,03 % - 0,07 % ja vain pieni osa on peräisin prosessikemikaaleista ja raakavedestä. (Jouttijärvi & Järvinen 1993) Fosfori esiintyy vedessä ja lietteessä epäorgaanisena fosfaattina ja orgaanisiin yhdisteisiin ja kiintoaineeseen sitoutuneena (Lammi 1991, 4).

Metsäteollisuuden jätevesien tyyppi on peräisin puusta, koska puu biologisena materiaalina sisältää proteiineja, joissa on tyypeä. Suurin osa proteiineista on kuoren alla, josta puu kasvaa ja on aktiivisin. Metsäteollisuuden jätevesiin joutuu tyypeä myös joidenkin prosesseissa käytettävien lisä- ja apuaineiden mukana. (Järvinen & Priha 1991) Vedessä ja lietteessä tyyppiyhdisteet saattavat olla liuenneina, liukenemattomina tai kolloidisina orgaanisina yhdisteinä, ammoniakkinä, ammonium- nitriitti- tai nitraatti-ioneina sekä alkuaineena (Lammi 1991, 3).

### **2.2.1 Kuorimo**

Ennen yleisesti käytössä olleessa märkäkuorinnassa kuori poistettiin nopeasti ja tehokkaasti veden avulla mutta nykyisin yleisemmässä kuivakuorinnassa vedenkäyttö rajoittuu pesuun sekä talviaikaan jäisen puun sulatukseen. (Jouttijärvi & Järvinen 1993) Kuorimon jätevedet ovat kaloille toksisia, koska ne sisältävät mm. rasva- ja hartsihappoja (Prosessiteollisuuden ympäristösuojelu 2002). Kuorimojätevesiä muodostuu 0,5 – 10 m<sup>3</sup>/k m<sup>3</sup> kuorittua puuta kuorintatavasta riippuen. Märkäkuorinnan päästöt ovat vedessä jauhamisen vuoksi huomattavasti suuremmat. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

Kuoren uuteainepitoisuus on puulajista riippuen 10 – 40 % suurempi kuin puuosan. Kuoren hajotessa liukenevat uuteaineet muodostavat suurimman osan kuorimojäteveden happea kuluttavasta orgaanisesta aineesta. Kuorimojätevesien orgaaninen kuorma on määrältään huomattava paperiteollisuuden jätevesissä. (Jouttijärvi & Järvinen 1993) Kuorimon jätevesien orgaaninen kuorma voi olla 30 – 50 % koko tehtaan jäteveden BOD:sta ja COD:n osuus voi puolestaan olla n. 20 – 30 % (Hartonen 2001, 11).

Kuorimon jätevedet sisältävät myös ravinteita ja toksisia aineita. Puun kuori sisältää tyypeä 2 – 5 kertaa ja fosforia 5 – 10 kertaa enemmän kuin puuosa (Hartonen 2001, 11). Kuori-

mon jätevesien toksisten aineiden määrä on huomattava. Paperin jätevesien toksisuudesta yli 50 % voi olla peräisin kuorimolta. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

### 2.2.2 Sellutehdas

Kuorinnan jälkeen puuainees haketetaan, lajitellaan ja syötetään kattilaan, jossa siitä keitetään sellua joko eräkeittona tai jatkuvatoimisena vuokeittona. Keiton tarkoituksena on poistaa ainakin osittain puukuituja toisiinsa sitova ligniini. Keittoliemenä käytetään voimakkaasti alkalista liuosta (valkolipeä). Sellun valmistusprosessin seuraava vaihe keiton jälkeen on massan pesu, jossa kuituvirrasta erotetaan mahdollisimman tarkoin keiton aikana liuennut puuainees sekä keittokemikaalit eli niin sanottu jäteliemi (mustalipeä). Keitossa ja pesussa käytetty keittoliemi eli mustalipeä pyritään erottamaan tehokkaasti massasta, jonka jälkeen mustalipeä johdetaan talteenottolinjalle haihdutettavaksi ja edelleen polttoon soodakattilalle. Soodakattilassa mustalipeästä erotetaan sen orgaaninen ja epäorgaaninen aines toisistaan. Orgaaninen aine poltetaan ja sen energiasisältö otetaan talteen. Mustalipeän poltosta saatava kemikaalisula liuotetaan veteen, jolloin saadaan viherlipesää. Viherlipesä muutetaan takaisin keitossa käytettäväksi valkolipesäksi kaustisointiprosessissa ja kierrätetään uudelleen sellunkeittoon. (Klemetti et al. 2004, 75, 76, 101, 146)

Ennen paperitehtaalle tai kuivaukseen joutumista sellu täytyy vielä valkaista. Massan valkaisun tarkoituksena on parantaa vaaleutta ja puhtautta poistamalla massan värillisiä aineita. Jäännösligniini on merkittävin väriä aiheuttava aine, joka täytyy poistaa mahdollisimman tarkoin ja selektiivisesti. Sellun valkaisussa käytetään seuraavia kemikaaleja: kloori ( $\text{Cl}_2$ ), natrium hypokloriitti ( $\text{NaOCl}$ ), klooridioksidi ( $\text{ClO}_2$ ), happi ( $\text{O}_2$ ), otsoni ( $\text{O}_3$ ), vetyperoksidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), natriumperoksidi ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ). Massat luokitellaan valkaisussa käytettyjen kemikaalien mukaan seuraavasti: ECF-massat (valkaistu ilman kaasuklooria), TCF-massat (valkaistu ilman kloorikemikaaleja). (Klemetti et al. 2004, 76, 122, 123)

Valkaisun jätevedet muodostavat merkittävimmän osan sellutehtaan jätevesikuormituksesta, koska reaktiotuotteet ja jäännöskemikaalit pestään pois massasta suurilla laimennus- ja pesuvesimäärillä ja toisin kuin sellunvalmistuksessa syntyvän mustalipesän tapauksessa, valkaisun jätevedet eivät ole yhtä helposti hyödynnettävissä. ECF-valkaisun suodokset sisältävät klooriyhdisteitä, ja niiden johtaminen sellaisenaan talteenottokiertoon ei ole

mahdollista. Klooriyhdisteet rikastuvat soodakattilan pölykierrossa ja aiheuttavat voimakasta korroosiota itse kattilassa. TCF-valkaisu antaa paremmat mahdollisuudet suodosten kierrätykseen talteenottolinjalla, koska korrodoivat klooriyhdisteet puuttuvat. Ongelmana ovat kuitenkin suodosten metalli-ionit, jotka konsentroituvat kiertoon, mikäli niitä ei jossakin prosessin vaiheessa poisteta. (Klemetti et al. 2004, 131-132)

Valkaisimon jätevesien kokonaismäärään vaikuttaa lähinnä se, millä tekniikalla valkaisu suoritetaan, mikä on poistettavan ligniinin kokonaismäärä eli kappaluku ja se palautetaan-ko jäteliuos osittain vai kokonaan kemikaalikiertoon. Valkaistun sulfaattisellun valmistuksen prosessijätevedet sisältävät 60 – 100 kg orgaanista ainetta/tm. Orgaaninen aines on suurimmaksi osaksi ligniiniä ja sen hajoamistuotteita. (Hartonen 2001, 13,15)

### **2.2.3 Paperitehdas**

Paperikoneen pääosat ovat perälaatikko, viiraosa, puristinosa ja kuivatusosa. Perälaatikon tehtävänä on syöttää massa mahdollisimman tasaisesti sekä tasalaatuisena että flokittomana viiran päälle koko paperikoneen levyisenä suihkuna. Sulppu tulee perälaatikosta viiralle 0,2 – 1,2 % sakeudessa ja viiran jättävän rainan kuiva-ainepitoisuus on 15 – 20 %. Lisäksi huomattava osa kiintoaineesta menee viiran läpi ja sillekin pitää laskea oma vesimääränsä. Voidaankin siis sanoa, että reilusti yli 95 % perälaatikolle tulevasta vedestä poistetaan viiraosalla. Kyseinen vesi palautuu viirarännien kautta viirakaivoon ja laimentaa jälleen n. 3 % sakean annostelumassan. Tämä vesikierto on nimeltään lyhyt kierto. Lyhyen kierron ylimääräinen vesi johdetaan kiertovesisäiliöön, ja sitä käytetään massan laimentamiseen massankäsittelyssä ja hylkylinjoissa. Tämä vesikierto on pitkä kierto eli varsinainen kiertovesijärjestelmä. Prosessivesien lyhyen ja pitkän kierron tehtävänä on palauttaa raaka-aineet takaisin prosessiin ja ylläpitää vesikiertotasapaino paperi- ja kartonkikoneilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001, 15, 122, 131, 137)

Paperiraina ohjataan viiraosan jälkeen puristinosalle, jossa rainan kuiva-ainepitoisuus nousee tasolle 40 – 55 %. Vaikka kuiva-aineen nousu puristinosalla on suuri, poistuu puristinosalla viiraosaan verrattuna ainoastaan vähäinen osa alkuperäisestä vesimäärästä. Kuivatusosalla rainasta poistetaan kosteus höyryllä lämmitettyjen sylinterien avulla. Kuivatussy-

linterin ja rainan kosketuksen aikana rainan lämpötila nousee ja vettä haihtuu kuivatuskudokseen ja sen läpi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001, 155, 163)

Paperinvalmistuksessa käytetään tai muodostuu vähän jätevesikuormitusta aiheuttavia aineita (Hartonen 2001, 18). Paperin- ja kartonginvalmistuksen jätevesillä tarkoitetaan lähinnä kuitujen talteenotosta viemäriin johdettavaa ylimäärävettä (Krogerus & Hynninen 1992, 13). Muodostuvien jätevesien määrät vaihtelevat paperilaatujen mukaan välillä 5 – 20 m<sup>3</sup>/t paperia (Hartonen 2001, 19).

Paperitehtaan jätevesien kiintoaines koostuu hienoaineesta, kuidusta ja täyteaineista. Jätevesien liuenneet yhdisteet ovat peräisin kemiallisen massan hajotuksesta sekä mekaanisesta massasta ja kierrätetystä massasta riippuen tietysti siitä mistä raaka-aineesta paperia tehdään. Jätevedet sisältävät myös hiilihydraatteja ja ligniiniä, joista suurin osa on peräisin mekaanisesta massasta, koska niiden liukeneminen sellusta on vähäisempää. Lisäksi, valmistettavasta paperilaadusta riippuen, paperitehtaan kiertovedet sisältävät erilaisia määriä päällystysaineita, väriaineita, pH:n säätöaineita, retentioaineita, vaahdonestoaineita, limantorjunta-aineita, korroosionestoaineita sekä valkaisukemikaaleja. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

### **2.3 Yhdyskuntajätevesien koostumus**

Yhdyskuntajätevedet sisältävät mm. ulosteita ja niiden hajoamistuotteita, virtsa-ainetta, ravinteita, ruokajätteitä, pesuaineita ja paperia jne. Puhdistamoille tuleva jätevesi sisältää lisäksi hiekkaa, mineraaliöljyjä ja liuottimia. Jätevesien joukkoon joutuu myös, viemäriverkoston kunnosta riippuen, hulevesiä sade- ja sulamiskausina sekä vuotovesiä. (Isoaho & Valve 1988, 113)

Suurin osa puhdistamolle tulevasta kiintoainemäärästä n. 75 %, on orgaanista ainesta koostuen proteiineista, hiilihydraateista, rasvoista ja öljyistä (Hartonen 2001, 5). Kunnallisten jätevesien typpisisällöstä 50 – 75 % on ammoniummuodossa ja loput sidottuna virtsa-aineeseen ja muihin orgaanisiin yhdisteisiin (Alavakeri 1988, 6). Fosforia joutuu jätevesiin virtsa-aineen ja ulosteiden mukana sekä myös fosfaattipitoisien pesuaineiden (Ympäristöhallinto 2004b). Yhdyskuntajätevedelle tyypillisiä arvoja esitetään taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1 Yhdyskuntajäteveden tunnuslukuja. (Jørgensen &amp; Pauli 1992, 10)

Komponentti	[mg/l]
Kokonaistyyppi	30 – 80
Kokonaisfosfori	10 – 23
BOD <sub>7</sub>	170 – 400
COD <sub>Cr</sub>	320 – 740
TOC	110 – 250
Kiintoaineet	190 – 450

## 2.4 Kymijokeen vaikuttavat jätevesipäästöt

Vuonna 2003 teollisuus ja kunnat laskivat Kymijokeen Jaalan Pyhäjärven alapuolisella osuudella jätevesiä keskimäärin 215 000 m<sup>3</sup>/d, joka sisälsi happea kuluttavaa orgaanista ainetta (BOD<sub>7</sub>) noin 1 600 kg/d, kemiallisena hapenkulutuksena mitattuna (COD<sub>Cr</sub>) n. 38 000 kg/d, typpeä n. 1 600 kg/d, fosforia n. 47 kg/d ja kiintoainetta n. 5 300 kg/d. Alla olevassa taulukossa 2.2 näkyvät Kymin ja Kuusankosken kaupungin puhdistamon Akanojan osuudet Kymijokeen kohdistuvasta kuormituksesta. (Åkerberg 2004b, liite 6)

Taulukko 2.2 Kymin ja Kuusankosken kaupungin jätevesipäästöt Kymijokeen vuonna 2003. (Åkerberg 2004b, 6, liite 6)

	jätevesi [m <sup>3</sup> /d]	kiintoaine [kg/d]	BOD <sub>7</sub> [kg/d]	COD <sub>Cr</sub> [kg/d]	kok. P [kg/d]	kok. N [kg/d]
Kymi <sup>(1)</sup>	117 279	1 582	560	26 203	13,1	207,6
Luparajat (Kymi)		2 000	5 500	48 000	50,0	650 <sup>(3)</sup>
Kuusankoski, Akanoja	11 200	76	89 <sup>(2)</sup>	490	2,3	330

<sup>1</sup> Kymin kuormituslukuihin sisältyvät myös Voikkaan paperitehtaan jätevesikuormitus, koska Voikkaan jätevedet johdetaan Kymin puhdistamolle.

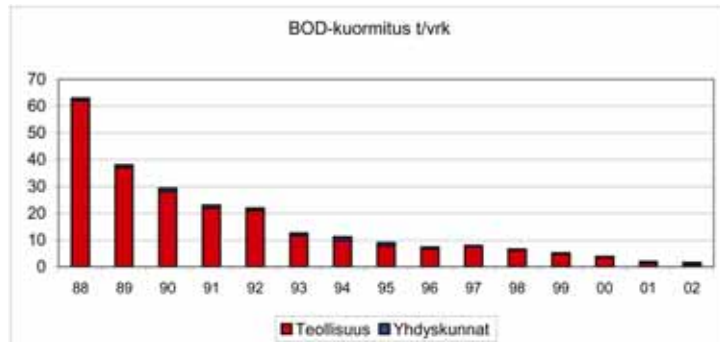
<sup>2</sup> BOD<sub>7, atu</sub>

<sup>3</sup> Tavoitearvo

### 2.4.1 Orgaaninen aines

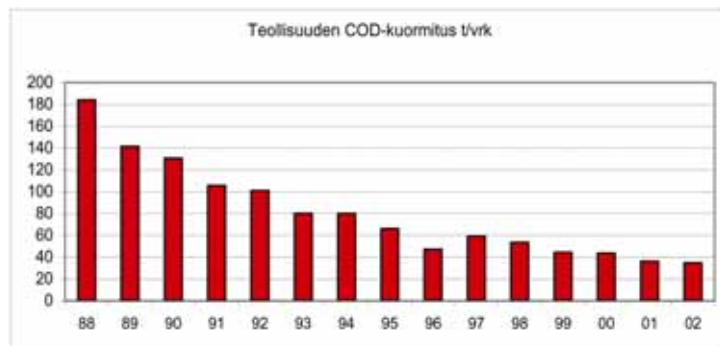
Jäteveden sisältämä orgaaninen aines aiheuttaa hapen kulumista vastaanottavassa vesistössä. Orgaanista kuormitusta mitataan kahdella menetelmällä: biologinen hapenkulutus BOD<sub>7</sub> ja kemiallinen hapenkulutus COD<sub>Cr</sub>. Massa- ja paperiteollisuus aiheuttaa lähes puolet Suomen pistemäisestä biologisen hapenkulutuksen kuormituksesta. Kuvassa 2.1 esitetään teollisuuden ja yhdyskuntien BOD<sub>7</sub>-kuormitus, kuvassa 2.2 teollisuuden COD<sub>Cr</sub>-

kuormitus sekä kuvassa 2.3 yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden BOD<sub>7</sub>-kuormitus Kymi-joella vuosina 1988-2002. (Åkerberg 2004a)

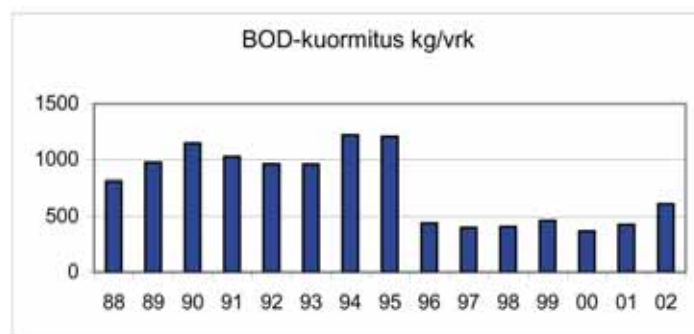


Kuva 2.1 Teollisuuden ja yhdyskuntien BOD<sub>7</sub>-kuormitus (t/d) Kymi-joella vuosina 1998-2002. (Åkerberg 2004a)

Kuvassa 2.1 näkyvä BOD<sub>7</sub>-kuormituksen huomattava vähentyminen vuodesta 1988 lähtien on seurausta 1980-luvun lopulla valmistuneista aktiivilietelaitoksista. Kuvasta käy myös ilmi, että huomattavasti suurin osa happea kuluttavasta orgaanisesta kuormasta on aikaisemmin ollut peräisin teollisuuden jätevesistä. (Åkerberg 2004a)



Kuva 2.2 Teollisuuden aiheuttama COD-kuormitus Kymi-joella 1988-2002. (Åkerberg 2004a)



Kuva 2.3 Yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden aiheuttama BOD<sub>7</sub>-kuormitus 1988-2002. (Åkerberg 2004a)

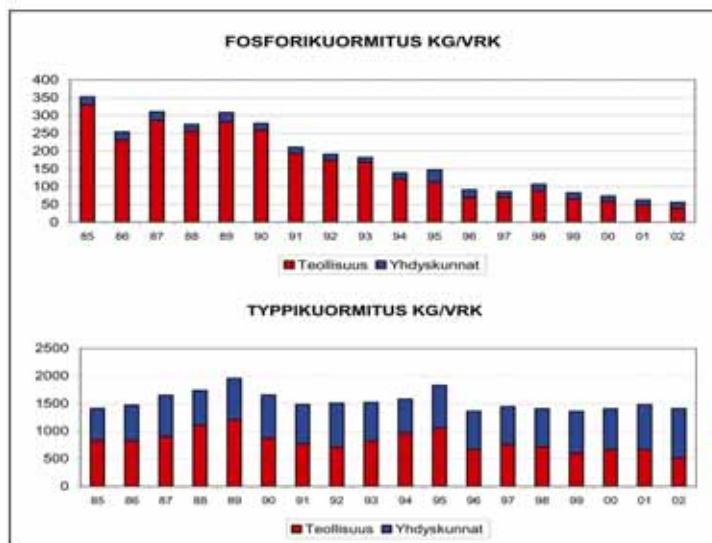
Valtioneuvoston asettamissa tavoitteissa vuoteen 2005 oli asetettu teollisuuden tavoitteeksi vähentää kemiallista hapenkulutusta 45 % koko Suomen alueella vuoden 1995 tasosta. Yhdyskuntajätevesille oli puolestaan asetettu 25 %:n vähennystavoite vuosien 1991–1995 keskimääräisestä BOD-kuormitustasosta vuoteen 2005 mennessä. (Åkerberg 2004a)

Kuten kuvasta 2.2 on nähtävissä, niin teollisuuden aiheuttama COD-kuormitus on vähentynyt vuoden 1995 tasosta vuoteen 2002 mennessä n. 45 %, mikä vastaa valtioneuvoston asettamaa tavoitetta. Kuvasta 2.3 puolestaan käy ilmi, että yhdyskuntajätevedenpuhdistamojen tavoite 25 %:n BOD-kuorman vähentämisestä vuosien 1991–1995 keskiarvosta on toteutunut tarkasteltaessa vuoden 2002 tilannetta, koska BOD-kuorma on vähentynyt jopa 50 %. BOD-kuorman vähentymiseen Kymijoen alueella vuodesta 1996 lähtien on vaikuttanut merkittävästi Kouvolan kaupungin Mäkikylän puhdistamon uudistustyöt 1994–1995. (Åkerberg 2004a)

#### **2.4.2 Ravinteet**

Ravinteet säätelevät vesistöjen tuotantoa. Keskeisimmät ravinteet vesien rehevyyden kannalta ovat typpi ja fosfori. Ravinteet tulevat vesiin valuma-alueelta, joko hajakuormituksen (maalta ja ilmasta) tai pistekuormituksen (teollisuus, yhdyskunnat, kalanviljely) mukana. Ravinnekuormituksen vaikutus vesien rehevyytasoon riippuu paitsi määrästä myös kuormituksen ajoittumisesta sekä ravinteiden käyttökelpoisuudesta. (Åkerberg 2004a) Kuvassa 2.4 esitetään fosfori- ja typpikuormituksen kehitys Kymijoella 1985–2002.





Kuva 2.4 Teollisuuden ja yhdyskuntien aiheuttaman fosfori- ja typpikuorman kehitys Kymijoella 1985–2002. (Åkerberg 2004a)

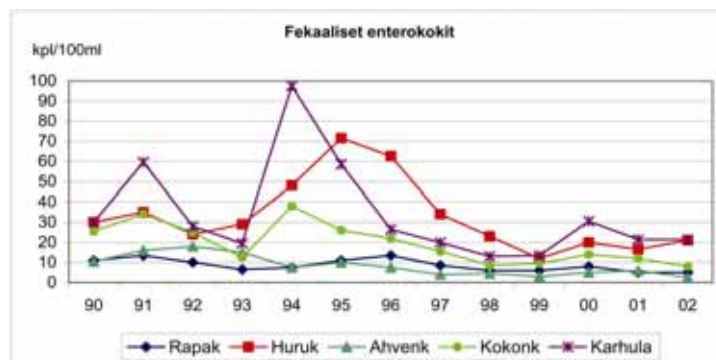
Valtioneuvoston päätöksessä vesiensuojelun tavoitteista vuoteen 2005 mennessä oli asetettu teollisuudelle tavoitteeksi vähentää fosfori- ja typpikuormitusta 50 % koko Suomen alueella vuoden 1995 tasosta. Yhdyskuntajätevesien aiheuttamalle fosforikuormitukselle oli asetettu tavoitteeksi 35 %:n vähentyminen vuosien 1991–1995 keskimääräisestä tasosta vuoteen 2005 mennessä. Yli 10 000 asukkaan jätevedenpuhdistamoille oli asetettu tavoitteeksi vähintään 50 %:n keskimääräinen kokonaistypenpoisto siellä, missä typpi on purkuvesistön minimiravinne. Kymijoen minimiravinne on fosfori, mutta Kymijoen edustan merialueella fosfori on levien kasvua rajoittava tekijä keväällä ja kesällä kasvua rajoittavat sekä typpi että fosfori. (Åkerberg 2004a)

Kuvasta 2.4 on nähtävissä tilanne tavoitteiden toteutumisesta vuoteen 2002 mennessä. Kymijoen alueen teollisuuden osalta fosforikuormitus on vähentynyt 60 % ja typpikuormitus 45 % vuoden 1995 tasosta, eli fosforin osalta keskimääräinen koko Suomen tavoitetaso oli vuoteen 2002 mennessä saavutettu. Typpikuormituksenkin osalta ollaan lähellä koko Suomen keskimääräistä tavoitetasoa. Yhdyskuntien Kymijoelle aiheuttama fosforikuormitus on vähentynyt 25 %, mutta typpikuormitus on peräti kasvanut 30 % vuosien 1991–1995 tasosta. (Åkerberg 2004a)

### 2.4.3 Veden hygieeninen laatu

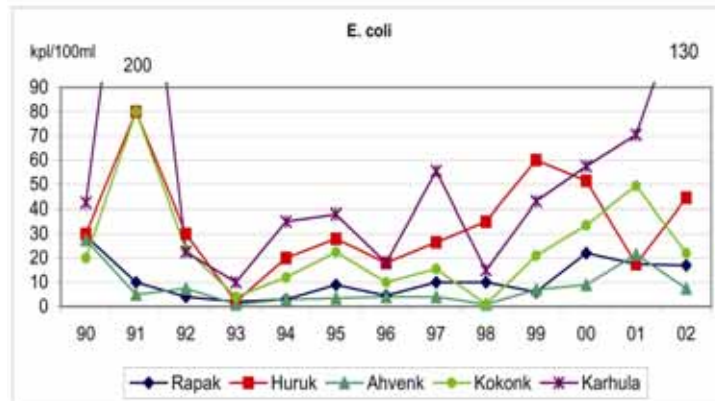
Teollisuuden jätevesistä ei normaalitarkkailussa seurata bakteeripitoisuuksia mutta Kymijoen alaosan yhdyskuntien lähtevän jäteveden laatua seurataan säännöllisesti. Vedestä tutkitaan lämpökestoisten koliformien ja fekaalisten enterokokkien määriä. Bakteerikuormituksille on ominaista suuret vaihtelut. Esimerkiksi vuonna 2002 Kouvolan Mäkikylän puhdistamon lähtevän jäteveden fekaalisten koliformien määrä vaihteli välillä alle 1 000 – 189 000 kpl/100 ml ja Kuusankosken Akanojan lähtevän jäteveden fekaalisten enterokokkien määrä vaihteli vuosina 2001 – 2002 välillä 57 – 13 200 kpl/100 ml. (Åkerberg 2004a)

Fekaalisten enterokokkien uimaveden raja-arvo on 200 kpl/100 ml. Kuvassa 2.5 esitetään fekaalisten enterokokkien määrät Kymijoen näyteasemilla vuosimediaaneina vuosien 1990 – 2002 ajalta. Ja kuten kuvasta on havaittavissa, Kymijoen vesi on ollut tämän määrittämisen perusteella hygieeniseltä laadultaan uimavedeksi soveltuvaa ja vuoden 1997 jälkeen ei ole enää ollut uimaveden raja-arvon ylittäviä yksittäisiä tuloksia. (Åkerberg 2004a)



Kuva 2.5 Fekaalisten enterokokkien määrä vuosimediaaneina Kymijoen näyteasemilla vuosina 1990-2002. (Åkerberg 2004a)

Fekaalisten kolien määrä on yksittäisillä tutkimuserroilla ylittänyt uimaveden raja-arvon 500 kpl/100 ml joitakin kertoja vuodessa kuormituksen alapuolisilla asemilla. Alustavat suurimmat E. coli määrät ovat Karhulassa ja Hurukselassa ja pienimmät Rapa- ja Ahvenkoskella. Suurimmat yksittäiset tulokset on saatu joulukuussa 1997. Kuvassa 2.6 esitetään alustavien Escherichia colien määrä vuosimediaaneina Kymijoen näyteasemilla vuosina 1990 – 2002. (Åkerberg 2004a)



Kuva 2.6 Alustavien Escherichia colien määrä vuosimediaaneina Kymijoen näyteasemilla vuosina 1990 – 2002. (Åkerberg 2004a)

### 3 JÄTEVEDEN PUHDISTUS

Teollisuuden sekä kunnallisten jätevesien puhdistuksessa on käytössä mekaanisia, biologisia ja kemiallisia puhdistusmenetelmiä. Mekaanisessa puhdistuksessa hyödynnetään välppiä, siivilöitä ja laskeutusta, biologisessa puhdistuksessa mikro-organismit hajottavat jäteveden sisältämää orgaanista ainesta ja kemiallisessa puhdistuksessa jäteveden sisältämät haitalliset aineet saostetaan kemikaaleilla. Kemiallista puhdistusta hyödynnetään esimerkiksi fosforin poistamisessa jätevesistä. (Mennola 2002, s.4-7, 4-11)

#### 3.1 Mekaaniset menetelmät

Mekaaninen puhdistus jaotellaan esikäsitteilyyn ja esiselkeytykseen. Esikäsitteilyssä käytetään välppiä, hiekan erottimia sekä rasvan ja öljyn erottimia. Esiselkeytyksessä jätevedestä erotetaan kiinteät, pohjalle laskeutuvat aineet tai kevyet pintaan nousevat aineet. Esiselkeytykseen voidaan liittää myös kemiallinen saostus. Tällöin voidaan optimoida biologiseen puhdistusvaiheeseen menevää kuormitusta. Mekaaniset puhdistusmenetelmät ovat siis lähinnä esikäsitteilytoimenpiteitä, jotka ovat välttämättömiä puhdistusprosessin seuraavien vaiheiden toimivuuden kannalta. Edellä esitetyt toimenpiteet estävät mm. pumppujen ja kourujen tukkeutumisen sekä hiekkaa kuluttamasta laitteita. (Mennola 2002, s. 4-6, 4-7)

### 3.1.1 Välppäys ja siivilöinti

Jäteveden ensimmäinen käsittelyvaihe sen saavuttua puhdistamolle on yleensä välppäys. Välppä koostuu säleistä, joiden välistä jätevesi kulkee (Rintala et al. 2001, 9-10). Välppän leveys on yleensä 0,8 – 2,5 m ja niiden sälevälit ovat harvassa välpässä 40 – 100 mm ja tiheässä välpässä 10 – 35 mm, joten välpälle jäävät siis näitä välejä isommat partikkelit (Rintala & Hänninen 2001, 21). Eräillä teollisuuden puhdistamoilla on käytössä rumpusiivilöitä, joilla jätevedestä erotetaan sen sisältämiä suurempia partikkeleita esim. perunan-kuoria. Tässä tapauksessa rumpusiivilän reikäkoolla säädetään erotettavien partikkeleiden kokoa. (Rintala et al. 2001, 9-10)

### 3.1.2 Hiekanerotus sekä rasvan ja öljyn erotus

Yhdyskuntajätevedenpuhdistamolle tulevaan jäteveteen joutuu hiekkaa erityisesti seka-  
viemäröidyillä alueilla, mutta myös erillisviemäröidyillä alueilla. Hiekanerotus seuraa yleensä välppäystä ja sen tarkoituksena on poistaa jäteveden sisältämät n. > 0,2 mm mineraaliset ainekset. Erilaisia hiekanerotusmenetelmiä on kolme: vaakavirtaushiekanerotus, pystyvirtaushiekanerotus ja ilmastettu hiekanerotus. (Rintala & Hänninen 2001, 22)

Hiekanerotuksen tarkoituksena on poistaa jäteveden sisältämä hiekka ja muut mineraaliset aineet. Partikkelit saadaan erotettua jätevedestä laskeutuksen avulla hiekanerotusaltaassa. Viipymä hiekanerotusaltaassa on yleensä vain muutamia minuutteja, pienissä puhdistamoissa 15 – 20 min. Hiekanerotuksella pystytään vähentämään pumppujen ja putkistojen kulumista. Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä öljyn ja rasvan erotus voidaan suorittaa esim. samassa altaassa kuin hiekanerotuskin siten, että veden pinnalla oleva öljy ja rasva erotetaan laahaimien avulla kouruihin. (Rintala et al. 2001, 9-10) Teollisuusjätevesien tapauksessa rasva- ja öljypitoisille jätevesille on erilliset erotusaltaat (Rintala & Hänninen 2001, 22).

### 3.1.3 Selkeytys

Selkeytystä käytetään puhdistamolle tulevan jäteveden sisältämän kiintoaineen erotuksessa, jolloin kyseessä on esiselkeytys, sekä aktiivilieteprosessissa syntyneen biomassan erotuksessa puhdistetusta vedestä, jolloin puhutaan jälkiselkeytyksestä. Jätevesi voidaan sel-

keyttää laskeutuksen tai flotaation avulla, mutta yhdyskuntajätevesien käsittelyssä käytetään melkein yksinomaan gravitaatioon perustuvaa laskeutusta. Altaan pohjalle laskeutunut kiintoaine poistetaan laahaimilla, esim. altaan alussa (vaaka-altaat) tai keskellä olevaan (pyöreät altaat) lietetaskuun, josta se poistetaan pumppaamalla. (Rintala et al. 2001, 9-10)

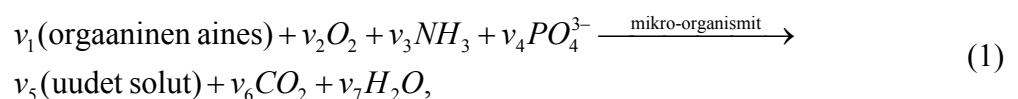
### 3.2 Kemiallinen puhdistus

Kemiallisessa käsittelyssä jätevedeen lisätään kemikaaleja, jotka poistavat jäteveden sisältämiä epäpuhtauksia, pääasiassa fosforia ja pieniä vedessä kelluvia hiukkasia ja tällä tavalla saadaan poistettua myös suuri osa jäteveden sisältämää orgaanista ainesta. Kemiallisia menetelmiä käytetään yleisesti kunnallisten ja elintarviketeollisuuden jätevesien puhdistuksessa, sekä metallurgisessa teollisuudessa. Tavallisimpia saostuskemikaaleja ovat mm. alumiinisulfaatti, rautasulfaatti, rautakloridi sekä poltettu tai sammutettu kalkki. (Marttila 2000, 11)

Saostuskemikaalin lisäys puhdistusprosessiin voi tapahtua prosessin eri vaiheissa, jonka mukaisesti puhdistusta kutsutaan esisaostukseksi, rinnakkaissaostukseksi tai jälkisaostukseksi. Esisaostuksessa kemikaali lisätään ennen esiselkeytintä, rinnakkaissaostuksessa ilmastuksen jälkeen ja jälkisaostuksessa kemikaali lisätään vasta jälkiselkeyttimen jälkeen. Suomessa yleisesti käytettävä menetelmä on rinnakkaissaostus. Tällöin saostettava epäpuhtaus esim. fosfori saostuu jälkiselkeytyksessä yhdessä biologisen lietteen kanssa. Teollisuusjätevesistä fosforia saostetaan jälkisaostuksena. (Rintala & Hänninen 2001, 51)

### 3.3 Aerobinen hajotus

Aerobisella hajotuksella tarkoitetaan niitä biologisia prosesseja, joilla jätevesien sisältämät orgaaniset yhdisteet hajotetaan hapellisissa olosuhteissa stabiileiksi yhdisteiksi. Tällaisia yhdisteitä ovat mm. hiilidioksidi, vesi ja epäorgaaniset suolat. Hajotuksen yhteydessä syntyy myös biomassaa eli lietettä, joka erotetaan käsiteltävästä jätevedestä. (Isoaho & Valve 1988, s.217) Seuraava yhtälö kuvaa orgaanisen aineksen aerobista biologista hapettumista (Tchobanoglous et al. 2003, s. 548):



jossa  $v_i$  on stökiometrinen kerroin

$O_2$  on happi

$NH_3$  on ammoniakki

$PO_4^{3-}$  on fosfaatti

$CO_2$  on hiilidioksidi

$H_2O$  on vesi.

Biologinen puhdistus perustuu pieneliöiden kykyyn hajottaa orgaanista ainesta (Marttila 2000, s. 13). Jätevesien sisältämien orgaanisten yhdisteiden hajottamisessa käytetään heterotrofisista mikrobeista muodostuvaa sekapopulaatiota. Tärkeimpiä ovat heterotrofiset bakteerit, jotka muodostavat myös biomassaltaan suurimman osan populaatiosta ja hoitavat suurimman osan hajotustoiminnasta. Menetelmästä riippuen hajotustoimintaan osallistuu myös alkueläimiä, sieniä, leviä, rataseläimiä ja matoja, jotka käyttävät ravinnokseen sekä orgaanisia yhdisteitä että sekapopulaation muita organismeja. Lajikoostumus riippuu käsiteltävästä jätevedestä, prosessityypistä ja fysikaalisista olosuhteista. (Isoaho & Valve 1988, 217)

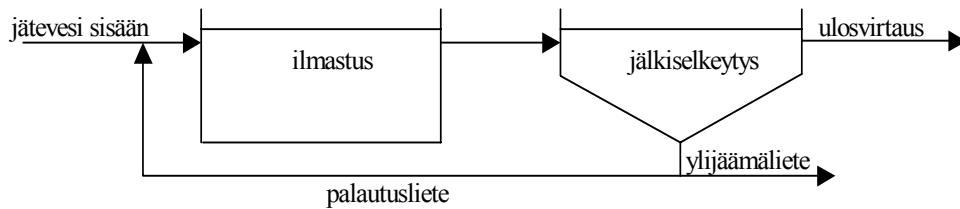
Jäteveden sisältämän orgaanisen aineksen hajoaminen tapahtuu kolmessa vaiheessa: Ensin kolloidinen tai suspendoitunut aine adsorboituu mikrobin pinnalle ja seuraavaksi solun ulkoiset entsyymit joko pilkkovat yhdisteet pienemmiksi tai muuttavat ne muotoon, että ne voivat kulkeutua soluseinän läpi. Nämä reaktiot tapahtuvat solun pinnalla ja lopulliset aineenvaihduntareaktiot tapahtuvat solun sisällä. (Isoaho & Valve 1986, 217)

Aerobisia jätevedenkäsittelymenetelmiä ovat aktiivilieteprosessit, lammikkopuhdistamot, kiinteälustaiset prosessit (biosuodin ja bioroottori) sekä typen ja fosforinpoistoprosessit (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002).

### 3.4 Aktiivilietemenetelmä

Jätevesien yleisin käsittelymenetelmä on aktiivilieteprosessi. Prosessi koostuu ilmastustaasta, jossa lietettä ilmastetaan ja jossa hajoaminen tapahtuu sekä jälkiselkeytysaltaasta, jossa liete erotetaan vedestä. (Isoaho & Valve 1988, 218) Puhdistettu vesi poistuu jälkisel-

keyttimestä vesistöön ja pohjalle laskeutunut liete kierrätetään takaisin ilmastusaltaaseen halutun lietekonsentraation ylläpitämiseksi. Lisääntynyt liete eli ylijäämäliete poistetaan prosessista. Kuvassa 3.1 esitetään tyypillinen aktiivilieteprosessi ja liitteessä 1 jäteveden käsittelyn periaate aktiivilietelaitoksessa.



Kuva 3.1 Tyypillinen aktiivilieteprosessi. (Mukaillen Grady et al. 1999, 378)

Aktiiviliete koostuu suurimmaksi osaksi bakteereista. Liete sisältää myös erilaisia alkueläimiä, jotka vaikuttavat mm. selkeytetyn jäteveden kirkkauteen, sekä rataseläimiä ja matoja. Jäteveden laatu vaikuttaa bakteerikoostumukseen. Esimerkiksi valkuaisainepitoinen jätevesi suosii *Alcaligenes*, *Flavobacterium* ja *Bacillus* sukuja. Hiilihydraattipitoinen jätevesi suosii puolestaan *Pseudomonas* suvun bakteereja. Kuormituksesta riippuen aktiivilieteessä saattaa esiintyä myös kemoautotrofeja bakteereita esim. nitrifikaatiobakteereita ja rikkibakteereita. (Isoaho & Valve 1988, 218)

### 3.4.1 Aktiivilietelaitoksen toimintaan ja suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä

Hyvälle aktiivilietteelle on ominaista, että se muodostaa hyvin laskeutuvan flokin. Lietteen laskeutuvuuteen vaikuttavat mm. pH ja ravinteet. Ilmastusaltaan alhainen pH sekä pieni typen ja fosforin pitoisuus suosivat rihmaisten sienien kasvua, jotka vaikeuttavat lietteen laskeutuvuutta. Rihmaisat bakteerit puolestaan aiheuttavat paisuntalietteen syntymistä, joka on myös huonosti laskeutuvaa. (Isoaho & Valve 1988, 218)

### Flokin muodostus

Aktiivilietemenetelmän toimiminen edellyttää flokkuloidun biomassan kehittämisen, joka laskeutuu ja tiivistyy kunnolla jälkiselkeyttimessä. Mikäli tämä ei onnistu prosessiin tulee häiriöitä. Yksittäiset bakteerit ovat kolloidisia, jotka eivät laskeudu tavallisissa selkeyttimissä ja tämän vuoksi bakteerit täytyy flokkuloida. Ideaalinen aktiiviliete on vahvaa ja kiinteää, jotta se laskeutuu nopeasti tuottaen tiiviin lietteen kierrätettäväksi ilmastusaltaaseen ja puhtaan vesikerroksen lietekerroksen päälle poistettavaksi edelleen vesistöön. (Grady et al. 1999, 389)

Laskeutumista auttavat flokkeja muodostavat bakteerit. Mikäli flokkautumista ei tapahdu eikä liete laskeudu, puhutaan bulking-ilmioistä ja paisuntalietteestä. Tällöin vedestä löytyy rihmaisesti kasvavia bakteereita, joiden vaikutuksesta lietteeseen jää ilmakuplia. Tämä johtaa kevyen ja vaahtoavan paisuntalietteen syntyyn, joka pääsee karkaamaan helposti puhdistamolta vesistöön. Ilmiön syntyyn vaikuttavat mm. korkea hiili/fosfori- tai hiili/typpisuhde sekä matala happipitoisuus. (Mennola 2002, 4-10)

Lietteen laskeutuvuutta ja tiivistymistä voidaan tarkkailla lietteen tilavuusindeksin (SVI) määrittämisellä. Esimerkiksi Bulking- ilmiön rajana pidetään SVI:n lukua 150 ml/g. Taulukossa 3.1 esitetään tyypilliset riippuvuudet SVI:n ja aktiivilietteen laskeutumisominaisuuksien välillä. (Grady et al. 1999, 389)

Taulukko 3.1 Riippuvuudet SVI:n ja aktiivilietteen laskeutumisominaisuuksien välillä. (Grady et al. 1999, 389)

SVI [ml/g]	Lietteen laskeutuvuus ja tiivistymisominaisuudet
< 80	Erinomainen
80 – 150	Kohtuullinen
> 150	Huono

### Lieteikä

Lieteikä ilmaisee sen ajan, jonka liete on prosessissa. Aktiivilieteprosessin suunnittelun kannalta lieteikä on tärkein parametri, koska se vaikuttaa käsittelyprosessin suorituskykyyn, ilmastusaltaan tilavuuteen, lietteen tuotantoon ja hapen tarpeeseen. (Tchobanoglous et al. 2003, 677)



Sopivaa lieteikää valittaessa tulee ottaa huomioon, että valittu arvo ylittää minimilieteian. Minimilieteikä on arvo, jonka alapuolella tietyt mikro-organismit eivät ehdi kasvaa ilmastusaltaassa. Mikäli minimilieteian alittavaa arvoa kuitenkin ylläpidetään prosessissa, niin tällöin ilmastusaltaassa olevat bakteerit huuhtoutuvat pois altaasta ennen kuin ne ehtivät kasvattaa vakaan populaation ja tämä taas johtaa aktiivilieteprosessin epäonnistumiseen. Lieteian arvon täytyy siis olla riittävän suuri, jotta bakteerit ehtivät kasvamaan prosessissa ja suorittamaan mm. flokkauksen, biomassan stabiloinnin ja poistamaan jäteveden sisältämän orgaanisen aineksen sekä monia muita biokemiallisia reaktioita. Mikro-organismeilla kuluu esim. flokkauksen suorittamiseen yhdyskuntajätevesien tapauksessa n. 1 päivä, mutta teollisuusjätevedet vaativat pidemmän viipymäajan, yleensä 3 – 5 päivää. Ero saattaa johtua kasvualustojen erilaisuudesta tai siitä, että yhdyskuntajätevesien bakteerikonsentraatio on suurempi. (Grady et al. 1999, 352-354) Taulukossa 3.2 esitetään tyypillisiä minimilieteikiä joillekin biokemiallisille prosesseille aktiivilietemenetelmän tapauksessa.

Taulukko 3.2 Tyypillisiä minimilieteikiä aktiivilieteprosessissa. (Tchobanoglous et al. 2003, 680)

Käsittelyn tavoite	Lieteikä [d]	Lieteikään vaikuttavat tekijät
Liukoisien BOD:n poisto yhdyskuntajätevesistä	1-2	Lämpötila
Orgaanisten hiukkasten muuntaminen yhdyskuntajätevesissä	2-4	Lämpötila
Flokkuloidun biomassan kehitys yhdyskuntajätevesien käsittelyssä	1-3	Lämpötila
Flokkuloidun biomassan kehittäminen teollisuusjätevesiä käsiteltäessä	3-5	Lämpötila/Seos
Täydellisen nitrifikaation suorittaminen	3-18	Lämpötila/Seos
biologinen fosforin poisto	2-4	Lämpötila
Aktiivilietteen stabilointi	20-40	Lämpötila
Vierasaineiden pilkkominen	5-50	Lämpötila/Tietyt bakteerit/Seos

### Ilmastusaltaan lietepitoisuus

Aktiivilieteprosessi toimii laajalla MLSS konsentraatioalueella. MLSS arvo ei vaikuta prosessin suorituskykyyn, mutta prosessia kontrolloidaan valitulla MLSS arvolla. MLSS arvot vaihtelevat laajalla alueella, tyypillisesti prosesseissa käytetään arvoa 2000 mg/l – 5000 mg/l. (Grady et al. 1999, 403)

Flokkuloidun biolietteen kehittyminen vaatii minimi MLSS konsentraation. Jos prosessia ajetaan minimi MLSS konsentraatiota pienemmillä arvoilla, orgaanisen aineksen pidättäminen ei onnistu, flokkeja ei synny ja liete ei laskeudu kunnolla. Tällöin prosessista ulosvirtaava puhdistettu vesi on huonolaatuista ja sameaa. Minimi MLSS konsentraation määrittäminen perustuu prosessista saatuihin kokemuksiin. Yleensä minimi MLSS arvot ovat välillä 500 – 1000 mg/l. Maksimi MLSS arvot aktiiviliete prosessissa ovat välillä 500 – 5000 mg/l. (Grady et al. 1999, 403 – 404)

### Liuennut happi

Sopivana liuenneen hapen määränä pidetään yleisesti arvoa 2 mg/l, mutta joissakin tapauksissa tämä arvo saattaa olla riittämätön tai liiallinen. Liuenneen hapen määrään vaikuttavat prosessin kuormitus ja hapen kulutus ilmastusaltaassa. Aktiivilieteprosessien ilmastus suunnitellaan yleensä kuitenkin siten, että liuenneen hapen määrä on vähintään 2 mg/l vaikka jotkut prosessit tulevat toimeen pienemmilläkin hapen määrillä. (Grady et al. 1999, 404)

### Ilmastus ja sekoitus

Taloudellisista syistä johtuen ilmastus ja lietteen sekoitus pyritään suorittamaan samoilla laitteilla. Tämä asettaa rajoituksia prosessin suunnittelulle ja käytölle. Eräs tärkeä huomioitava seikka on tilavuusteho, joka tarkoittaa tilavuusyksikköä kohti syötettyä tehoa. Tilavuustehon täytyy olla tarpeeksi iso, jotta sekoitusvoimaa on tarpeeksi mutta teho ei kuitenkaan saa olla liian iso etteivät flokit rikkoudu liikaa. Toinen huomioitava asia on maksimi ilmastustilavuusluku, eli ilmastuksessa tietyssä ajassa käytetyn hapen massa tilavuutta kohti, joka voidaan saavuttaa käytettävissä olevilla laitteilla taloudellisesti. (Grady et al. 1999, 404 – 405)

### Ravinteet

Hyvänä ravinnesuhteena jätevesissä pidetään BOD:N:P –suhdetta 100:5:1 mutta metsäteollisuuden jätevesien käsittelyssä pärjätään pienemmilläkin ravinnemäärillä. Jätevesien biologinen puhdistusprosessi vaatii minimimäärän ravinteita, lähinnä typpeä ja fosforia, joita

lisätään puhdistusprosessiin tarvittava määrä. (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002) Teollisuusjätevesien puhdistuksessa ravinteita voidaan joutua lisäämään puhdistusprosessiin, mutta yhdyskuntajätevesiä puhdistettaessa jätevesi sisältää ravinteita enemmän kuin tarpeeksi (Tchobanoglous et al. 2003, 565). Ravinteiden lisäksi jäteveden käsittelyssä tarvitaan joitakin hivenaineita esimerkiksi metalleja, joita jätevedet kuitenkin yleensä sisältävät riittävästi (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002).

Ravinteita tarvitaan riittävä määrä, jotta biomassaa syntyisi tasaisesti biokemiallisissa reaktioissa. Riittämätön ravinteiden määrä voi suosia rihmaisesti kasvavia bakteereita flokkeja muodostavien bakteereiden kustannuksella, jolloin tuloksena syntyy huonosti laskeutuvaa lietettä. Huono ravinnetilanne voi johtaa myös kaikkien bakteereiden hallitsemattomaan kasvuun, joka aiheuttaa puolestaan solunulkopuolisen liman tuotannon. Pahimmassa tapauksessa tämä antaa aktiivilietteelle hyytelömäisen koostumuksen johtaen lietteen hitaaseen laskeutumiseen ja huonoon tiivistymiseen. (Grady et al. 1999, 407)

Liian vähäinen ravinteiden määrä johtaa siihen, että biologisen puhdistuksen tulos huononee, ja tämä ilmenee aktiivilietteen laskeutuvuus- ja käsiteltävyysongelmina sekä puhdistamolta lähtevän jäteveden kiintoainepitoisuuden kasvuna (Wirkkala 1992, 15). Ravinteiden liiallinen annostelu johtaa sen sijaan vesistökuormituksen lisääntymiseen. Puunjalostusteollisuuden jätevesien ravinnesuhde BOD:N:P on yleensä 100:1-2:0,15-0,3. Jätevesien biologisessa käsittelyssä tarvitaan tietty minimimäärä ravinteita, joita jätevetteen on usein lisättävä. (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002) Hyvänä ravinnesuhteena metsäteollisuuden jätevesille pidetään suhdetta 100:2,5-3,5:0,1-0,5. Ravinnesuhteen lisäksi oikeaa ravinteiden annostelumäärää voidaan seurata biologiselta puhdistamolta lähtevän virtauksen ravinnepitoisuuksista. Puhdistamot toimivat hyvin, kun poistoveden fosfaattifosforin arvo on n. 0,2 mg/l ja ammoniumtypen n. 0 mg/l. (Wirkkala 1992, 15)

Aktiivilieteprosessin ravinteiden tarve riippuu lietteen tuotannosta. Aktiivilieteprosessissa syntyneen biolietteen typpipitoisuus on n. 12,3 % ja fosforipitoisuus n. 2,6 %. Typpipitoisuus vähenee lieteiän kasvaessa ja biomassan hajotessa n. 7 %:iin ja fosforipitoisuus n. 1 %:iin. (Eckenfelder & Grau 1992, 147; Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002) Typen ja fosforin tarve aktiivilieteprosessissa voidaan määrittää seuraavien yhtälöiden avulla (Eckenfelder & Grau 1992, 148):

$$N = 0,123 \cdot \frac{X_d}{0,8} \cdot \Delta X_v + 0,07 \cdot \frac{0,8 - X_d}{0,8} \cdot \Delta X_v \quad (2)$$

$$P = 0,026 \cdot \frac{X_d}{0,8} \cdot \Delta X_v + 0,01 \cdot \frac{0,8 - X_d}{0,8} \cdot \Delta X_v, \quad (3)$$

jossa  $X_d$  on orgaanisen biomassan biohajoava osa

$X_v$  on ylijäämälietteen tuotto.

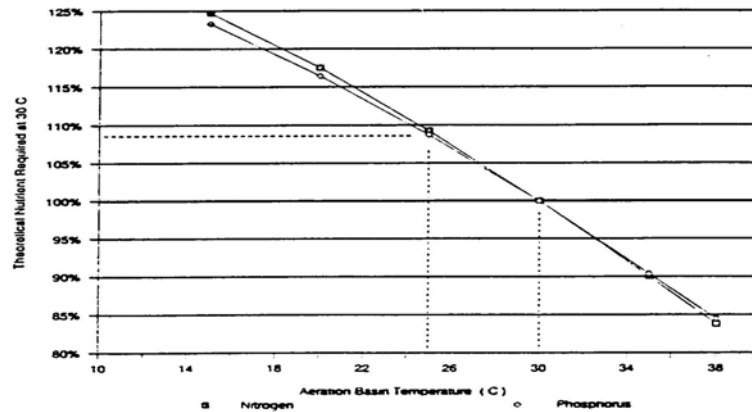
### Lämpötila ja pH

Lämpötilalla ja pH:lla on tärkeä merkitys mikro-organismien valikoimaan, selviytymiseen ja kasvuun. Organismien selviytyminen on mahdollista laajalla pH- ja lämpötila-alueella mutta optimaalinen kasvu saavutetaan melko pienellä alueella. Optimilämpötilan alapuolella olevilla lämpötiloilla on suurempi merkitys organismien kasvuun kuin lämpötiloilla, jotka ovat optimin yläpuolella. Lämpötilan ollessa optimin alapuolella jokainen 10 °C:n lisäys lämpötilassa kaksinkertaistaa mikro-organismien kasvunopeuden aina siihen asti, kunnes optimilämpötila saavutetaan. (Tchobanoglous et al. 2003, 559) Aktiivilieteprosessit toimivat useimmiten mesofiilisten bakteerien toiminta-alueella eli välillä 4 – 39 °C (Eckenfelder & Grau 1992, 189), joiden optimialue on välillä 25 – 40 °C (Tchobanoglous et al. 2003, 559).

Metsäteollisuudessa käytetään usein jäähdytystorneja ja lämmönsiirtimiä silloin, kun jäteveden lämpötila nousee yli 38 °C. Aktiivilieteprosessin toiminta alkaa kuitenkin heikentyä jo silloin, kun lämpötila ylittää 35 °C. (Vallila et al. 1998, 28) Suurimmat hyväksyttävät toimintalämpötilat tyypillisille aktiivilieteprosesseille ovat välillä 35 – 40 °C. Kyseisen lämpötilavälin lyhytaikaisiakin ylityksiä tulisi välttää, koska mesofiilisten bakteerien tervinen lamaaneminen tapahtuu nopeasti. (Grady et al. 1999, 407 – 408) Korkeat jäteveden lämpötilat vaikuttavat lisäävästi kiintoainepäästöön (Gill & Ross 1990, 517-518).

Jäteveden lämpötilalla on merkittäviä vaikutuksia BOD-redukioon ja puhdistetun jäteveden kiintoainepitoisuuteen. Lämpötilan lasku lisää solujen nettotuotannon kasvua. Seurauksena on ravinteiden lisääntynyt kulutus, joka voi johtaa edelleen ravinteiden puutosti-

laan, jos ravinteita annostellaan prosessiin pelkästään puhdistamolle menevän BOD-kuorman perusteella. Ravinteiden puutostila vaikuttaa kiintoainepäästöön lisäävästi. Ilmastusaltaan lämpötilan lasku 30 °C:sta 25 °C:een voi aiheuttaa n. 9 % lisäyksen ravinteiden kulutuksessa, kuten kuvasta 3.2 on havaittavissa. (Gill & Ross 1990, 517-518)



Kuva 3.2 Aktiivilietteen teoreettinen ravinteiden tarpeen riippuvuus ilmastusaltaan lämpötilasta. (Gill & Ross 1990, 523)

Myös pH:lla on tärkeä merkitys organismien kasvun kannalta. Useimmat bakteerit eivät kestä pH-arvoja, jotka ovat yli 9,5 tai alle 4,0. Sopivin pH-alue bakteerien kasvun kannalta on 6,5 – 7,5. (Tchobanoglous et al. 2003, 559)

### 3.4.2 Aktiivilieteprosessin mitoitusparametreja

Seuraavassa esitellään aktiivilietelaitoksen mitoitusta ja käyttöä varten kehiteltyjä parametreja:

Yhtälö 4 esittää hydraulista viipymää  $t_d$ , joka on ilmastusaltaan tilavuuden ja tuntivirtaaman osamäärä. (Isoaho & Valve 1988, 220)

$$t_d = \frac{V_a}{Q_t}, \quad (4)$$

jossa  $t_d$  on hydraulinen viipymä  
 $V_a$  on ilmastusaltaan tilavuus  
 $Q_t$  on tuntivirtaama.

Lietekuorma  $LK$  on ravinnon ja biomassan välinen suhde, joka esitetään yhtälössä 5 vuorokautisena  $BOD_7$ -kuormana jaettuna ilmastusaltaan lietemäärällä (Isoaho & Valve 1988, 220).

$$LK = \frac{Q_{BOD_7}}{V_a \cdot MLSS_a}, \quad (5)$$

jossa  $LK$  on lietekuorma  
 $Q_{BOD_7}$  on vuorokauden  $BOD_7$  -kuorma  
 $MLSS_a$  on ilmastusaltaan lietepitoisuus.

Lietekuorma on eräs perustekijöistä, jonka perusteella aktiivilietelaitos mitoitetaan (Eckenfelder & Grau 1992, 140). Lietekuorma ilmaistaan myös lyhenteellä F/M (food to microorganism ratio) ja aktiivilietelaitokset voidaan jaotella lietekuormituksen perusteella seuraavasti (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002):

- Pitkäilmastuslaitos, F/M = 0,05...0,1
- Matalakuormitteinen, F/M = 0,1...0,3
- Normaalikuormitteinen, F/M = 0,3...0,6
- Korkeakuormitteinen, F/M = 0,8...1,5

Prosessissa vallitseva lietekuorma vaikuttaa lietteentuotantoon. Pitkäilmastuslaitoksissa lietettä muodostuu vähän ja se on pitkälle mineralisoitunutta. Korkeakuormitteisissa laitoksissa lieteindeksi on korkea (SVI > 150) ja liete on huonosti laskeutuvaa. Korkeakuormitteinen laitos on osittaispuhdistuslaitos, koska aktiiviliete ei pysty hyödyntämään kaikkea käyttökelpoista ravintoa. Korkeakuormitteisissa laitoksissa syntyy paljon lietettä, koska se ei ehdi mineralisoitua. Aktiivilietelaitosten perustyyppinä ovat matala- ja normaalikuormit-

teiset laitokset. Matala- ja korkeakuormitteissa laitoksissa on riittävästi biomassaa ja viipymää. (Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu 2002)

Tilakuorma  $LT$  on vuorokautinen  $BOD_7$ -kuorma jaettuna ilmastusaltaan tilavuudella. Tämä ilmaistaan yhtälössä 6 (Isoaho & Valve 1988, 220).

$$LT = \frac{Q_{BOD_7}}{V_a}, \quad (6)$$

jossa  $LT$  on tilakuorma.

Lieteikä  $t_s$  on ilmastusaltaan lietemäärä jaettuna ylijäämälietteen poistomäärällä vuorokaudessa. Lieteikä voidaan määrittää yhtälöstä 7 (Isoaho & Valve 1988, 220).

$$t_s = \frac{V_a \cdot MLSS_a}{\Delta MLSS}, \quad (7)$$

jossa  $t_s$  on lieteikä  
 $\Delta MLSS$  on vuorokaudessa poistettu lietemäärä.

Lieteindeksi  $SVI$  on lietteen laskeutuvuutta kuvaava suure ja määritellään yhtälön 8 mukaan seuraavasti (Isoaho & Valve 1988, 221).

$$SVI = \frac{L_A}{MLSS}, \quad (8)$$

jossa  $SVI$  on lieteindeksi  
 $L_A$  on lietteen puolen tunnin laskeuma - arvo.

Hydraulinen pintakuorma  $HPK$  on tulevan tuntivirtaaman ja selkeyttämön pinta-alan suhde. Kun kierrätystä ei oteta huomioon hydraulinen pintakuorma saadaan yhtälöstä 9 (Isoaho & Valve 1988, 221).

$$HPK = \frac{Q_t}{A_s}, \quad (9)$$

jossa  $HPK$  on hydraulinen pintakuorma

$A_s$  on selkeyttämön pinta - ala.

Lietepintakuorma  $LPK$  on selkeyttämöön tulevan kiintoainevirran suhde selkeyttömön pinta-alaan ilman kierrätystä. Lietepintakuorma saadaan yhtälöstä 10 (Isoaho & Valve 1988, 221).

$$LPK = HPK \cdot MLSS_a, \quad (10)$$

jossa  $LPK$  on lietepintakuorma.

Lietetilavuuskuorma  $LTK$  saadaan puolestaan yhtälöstä 11 (Isoaho & Valve 1988, 221).

$$LTK = LPK \cdot SVI, \quad (11)$$

jossa  $LTK$  on lietetilavuuskuorma.

Tasapainotilassa systeemistä poistetaan yhtä paljon lietettä, kuin sitä tuotetaan. Lietteen tuotto  $\Delta MLSS$  voidaan laskea seuraavasti yhtälöstä 12. (Isoaho & Valve 1988, 221)

$$\Delta MLSS = Q_{\Delta BOD_7} \cdot Y_n, \quad (12)$$

jossa  $\Delta MLSS$  on lietteen tuotto

$Q_{\Delta BOD_7}$  on vuorokaudessa poistettu  $BOD_7$  - määrä

$Y_n$  on lietteen nettotuotto.



Palautussuhde saadaan määritettyä seuraavasti laskeuma-arvon avulla yhtälön 13 perusteella (Nestemäisten päästöjen hallinta 2001).

$$\frac{Q_R}{Q + Q_R} = \frac{L_A}{V}, \quad (13)$$

jossa  $L_A$  on lietteen puolen tunnin laskeuma - arvo

$Q$  on jätevesivirta

$Q_R$  on kierrätettävä jätevesivirta

$V$  on astian tilavuus.

Hapentarve  $O_d$  on prosessin vaatima hapen tarve vuorokaudessa ja se muodostuu substraatin hapetukseen kulutetusta hapesta ja endogeenihengitykseen kuluneesta hapesta. Jos laitoksella toteutetaan nitrifikaatio, happea kuluu myös pelkistyneiden typpiyhdisteiden hapettamiseen. Hapentarve saadaan yhtälöstä 14. (Isoaho & Valve 1988, 222)

$$O_d = a \cdot Q_{\Delta BOD_7} + b \cdot V_a \cdot MLSS_a + c \cdot Q_N, \quad (14)$$

jossa  $O_d$  on hapentarve

$a, b$  ja  $c$  ovat vakioita

$Q_N$  on typpikuorma.

Denitrifikaatioaste  $\delta$  eli typenpoiston tehokkuus saadaan määritettyä yhtälöllä 15, koska teoriassa denitrifikaatioaste riippuu kierrätysasteesta (Niemelä 1991, 4).

$$\delta = 1 - \frac{1}{1 + R}, \quad (15)$$

jossa  $\delta$  on denitrifikaatioaste

$R$  on kokonaiskierrätysaste.

Aktiivilieteprosessin ajoalueet voidaan jakaa neljään osaan edellä esitettyjen parametrien perusteella. Jako esitetään taulukossa 3.3. Suomalaiset puhdistamot on yleisesti mitoitettu normaalikuormitteiselle ajoalueelle, mutta joitakin puhdistamoja on mitoitettu myös pitkäilmastusalueelle. (Holm 1991, 3)

Taulukko 3.3 Aktiivilieteprosessin mitoitusarvoja. (Isoaho & Valve 1988, 223)

Parametri		Kuormitusaste			
		Korkea	Normaali	Matala	Pitkäilmastus
Lietekuorma	kg/kg	0,8-1,5	0,3-0,6	0,1-0,3	0,05-0,1
Lieteikä	d	0,6-2	3-5	5-10	10-40
Tilakuorma	kg/m <sup>3</sup> d	2,5-4,5	1,0-1,8	0,3-0,9	0,15-0,30
MLSS	kg/m <sup>3</sup>	2-3	2-3	3-4	4-6
Hydr. pintakuorma	m/h	<1	<1	<1	<1
Lietepintakuorma	kg/m <sup>2</sup> h	<3	<3	<3	<3
Lietetilavuuskuorma	l/m <sup>2</sup> h	<100	<100	<100	<150

### 3.5 Kymin aktiivilieteprosessi

UPM:n Kymin tehtaan aktiivilietelaitokselle johdetaan Kymin sellutehtaan, Kymin ja Voikkaan paperitehtaiden, klooridioksidilaitoksen, PCC-laitoksen ja vetyperoksiditehtaan prosessijätevedet sekä Kymin Kuusanniemen tehdasalueen saniteettijätevedet. Taulukkoon 3.4 on koottu Kymin jätevesiraporteista vuoden 2004 keskiarvot aktiivilietelaitokselle johdettavasta jätevesikuormasta ja liitteessä 2 esitetään Kuusankosken tehtaiden jäteveden käsittelyn kytkentä.

Taulukko 3.4 Kymin aktiivilietelaitoksen tulokuormitus vuonna. 2004

	Virtaama [m <sup>3</sup> /d]	Kiintoaine [t/d]	COD [t/d]	BOD [t/d]	Kok. P [kg/d]	Kok. N [kg/d]
Sellu	61233	7,0	76,7	22,7	79,2	293,5
VO pap.	22833	6,1	30,3	12,7	20,1	146,1
KY pap.	38477	2,8	7,0	3,3	7,5	63,9
PCC-laitos	387					
Klooridioksidilaitos	35					
Vetyperoksiditehdas	117					
Yhteensä	123 000	15,9	114,1	38,7	106,9	503,5

Sellun alkaliset ja Kymin sekä Voikkaan paperitehtaiden jätevedet johdetaan aktiivilietelaitokselle esiselkeytyksen kautta, mutta muut jätevesijakeet tulevat laitokselle ilman esiselkeytystä. Lisäksi sellun alkaliset jätevedet sekä Kymin paperin jätevedet välpätään ennen

esiselkeytystä. Esiselkeytyksessä jäteveden sisältämät kiinteät partikkelit laskeutuvat altaan pohjalle, jolloin kiintoaineesta saadaan erotettua n. 60 – 95 %. Erottunut primääriliete pumpataan edelleen tiivistimiin ja sieltä edelleen sekoitussäiliöön ennen ruuvi- ja suotonauhapuristimille johtamista. Kaikki jätevesijakeet on tarvittaessa mahdollista johtaa varoaltaalle. Akanojan puhdistamolta ajettavat lietteet tuodaan suoraan ilmastukseen.

Aktiivilietelaitoksella on tasausallas, esi-ilmastus sekä kolme jälki-ilmastusallasta. Jätevedet johdetaan tasausaltaaseen neutraloinnin kautta, jossa kalkin ja rikkihapon avulla jäteveden pH säädetään tasolle 6 – 8. Tässä vaiheessa jätevesiin lisätään myös ravinteet urean sekä fosforihapon muodossa. Ilmastustilavuus on yhteensä n. 108 000 m<sup>3</sup>. Jälki-ilmastusaltaissa altaissa on käytössä OKI-tyyppisiä pohjailmastimia ja esi-ilmastusaltaassa on lisäksi käytössä pintailmastus. Ilman tuotosta ilmastimille vastaa kolme paineilmakompressoria, jotka ovat tyypiltään HV-turboja.

Biologista puhdistusvaihetta seuraa viisi jälkiselkeytysallasta, joiden yhteispinta-ala on 10 045 m<sup>2</sup> (82 x 24,5 m). Jälkiselkeytysaltaat ovat tyypiltään imukaavinselkeyttimiä ja ne on mitoitettu hydraulisen pinta-kuorman arvolle 0,46 m/h eli jätevesivirtaamalle 110 000 m<sup>3</sup>/d (maksimivirtaama 140 000 m<sup>3</sup>/d). Jälkiselkeytyksessä erottuva puhdistettu jätevesi purkautuu Kymijokeen ja laskeutunut bioliete imetään lapolla palautuslietepumppaamoon. Palautuslietepumppaamon toiminnasta vastaa kolme ruuvipumppua, joista yksi on varalla kahden ollessa käytössä. Suurin osa lietteestä palautetaan takaisin ilmastukseen ja ylijäämäliete pumpataan biolietetiivistimiin, josta se pumpataan sekoitussäiliöön ja sieltä edelleen lietteenkäsittelyyn puristimille primäärilietteeeseen sekoittuneena.

### **3.6 Akanojan puhdistamon biologis-kemiallinen puhdistusprosessi**

Kuusankosken kaupungin Akanojan puhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaisaostuslaitos, jossa aktiivilietemenetelmään perustuvaa jätevesien biologista puhdistusta on täydennetty fosforin kemiallisella saostuksella. Saostuskemikaaleina käytetään ferrikloridisulfaattia ja polyalumiinikloridia (Ritari 2004, 1).

Puhdistamolle tulevat jätevedet johdetaan ensin tulopumppaamoon. Tulopumppaamon jätevesien pumppaamisessa käytetään ruuvipumppuja, joita Akanojan puhdistamolla on kaksi kappaletta. Jätevedet johdetaan seuraavaksi välppäämön läpi. (Esite)

Välppäyksellä saadaan poistettua jätevedestä kaikkein karkein aines. Erotetut epäpuhtaudet siirretään hihnakuljettimella vaihtolavalle ja välppäämön jälkeen jätevesi menee hiekanerotusaltaisiin, joita on akanojalla kaksi kappaletta. Ilmastetussa hiekanerottimessa jätevedestä saadaan poistettua hiekka ja muu vastaava aines, jotka saattaisivat olla haitaksi jatkokäsittelyssä. Ilmamäärää säätämällä saadaan aikaan sellaiset virtausolosuhteet, että ainoastaan hiekka laskeutuu altaaseen ja kevyempi aines jatkaa puhdistusprosessissa eteenpäin. Ilmastuksen ansiosta jätevedestä saadaan erotettua myös pinnalle nousevat öljyt ja rasvat, jotka saadaan tällöin kerättyä pintalietekaivoon. Hiekanerotuksen jälkeen on ylivuotokynnys, jolla rajoitetaan jatkokäsittelyyn menevän veden määrää. Saostuskemikaalit lisätään jätevedeen hiekanerotusvaiheen jälkeen fosforiyhdisteiden saostamiseksi. (Esite)

Ylivuotokynnyksen yli ei normaalitilanteen vallitessa ajeta yhtään jätevettä, vaan kaikki menee puhdistukseen. Ylivuotokynnyksen yli menee jätevettä ainoastaan siinä tapauksessa, että puhdistamon laitteissa on toimintahäiriö, esim. pumput ovat pysähtyneet. Rankkasateen sattuessa jätevesimäärä saattaa moninkertaistua, mutta tällöin ylimääräinen jätevesi menee ohitukseen jo pumppaamoilla, eli ennen Akanojan puhdistamaa.

Hiekanerotuksesta jätevesi virtaa ilmastusaltaisiin, joissa tapahtuu jäteveden sisältämän eloperäisen aineen hajoaminen mikro-organismien toiminnan ansiosta. Altaaseen syötetään hienojakoista ilmaa, jotta mikro-organismit saisivat elintoimintoihinsa tarvitsemansa hapen ja samalla estyy lietteen laskeutuminen altaan pohjalle. Akanojalla ilmastusaltaita on kaksi ja ne ovat U-muotoisia kaksoisaltaita, joihin vesi johdetaan keskellä olevan jatkokanavan kautta. (Esite)

Jäteveden sisältämät laskeutuneet aineet sekä ilmastusaltaassa bakteeritoiminnan ja saostuskemikaalien syötön seurauksena laskeutumiskelpoiseen muotoon saatetut epäpuhtaudet erotetaan vedestä jälkiselkeytysaltaissa, joita Akanojalla on kolme. Altaiden pohjalle laskeutunut liete kerätään ketjukaapimien avulla lietetaskuihin, joista osa pumpataan takaisin ilmastusaltaisiin ja loput poistetaan ylijäämälietteenä prosessista. Palautuspumppuina toi-

mivat kaksi ruuvipumppua. Viimeisenä käsittelyvaiheena puhdistettu jätevesi voidaan tarvittaessa desinfioida kloorilla mutta nykyään klooraus ei ole käytössä. Tämän jälkeen puhdistettu vesi johdetaan purkuputkessa Akanojaan. (Esite) Taulukkoihin 3.5 ja 3.6 on koottu puhdistamon mitoitus- ja rakennetietoja.

Taulukko 3.5 Akanojan puhdistamon mitoitusarvot. (Esite)

Parametri	Arvo	Yksikkö
Jätevesimäärä	15400	m <sup>3</sup> /d
AVL	26000	
BOD <sub>7</sub> -kuorma	3000	kg/d
Mitoitusvirtaama	850	m <sup>3</sup> /h

Puhdistamon nykyinen kuormitus on pienempi, kuin se kuorma, jolle puhdistamo on mitoitettu. Puhdistukseen mennyt vesimäärä vuonna 2004 oli n. 13800 m<sup>3</sup>/d ja ohitukseen meni n. 194 m<sup>3</sup>/d. BOD-kuorma vuonna 2004 oli myös mitoitusarvoa pienempi ollen n. 2400 kg/d. (Ritari 2004, 1,3)

Taulukko 3.6 Puhdistamon rakennetietoja. (Esite)

Komponentti	Mitoitusarvo	Yksikkö
Ilmastusaltaat		
- tilavuus	2x1518 m <sup>3</sup> yht. 3036	m <sup>3</sup>
- viipymä	3,6	h
- tilakuorma	0,99	kg <sub>BOD</sub> /m <sup>3</sup> d
Selkeytsaltaat		
- pinta-ala	3x288 yht. 864	m <sup>2</sup>
- pintakuorma	0,98	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h

Akanojan puhdistamon nykyiset puhdistusvaatimukset ovat seuraavat: BOD<sub>7,atu</sub> arvon tulee olla alle 10 mg/l, fosforipitoisuuden alle 0,5 mg/l, kemiallisen hapenkulutuksen alle 125 mg/l ja kiintoaineen alle 15 mg/l. Puhdistustehon tulee olla kemiallisen hapenkulutuksen osalta vähintään 75 % ja muiden tekijöiden suhteen vähintään 90 %. Lisäksi puhdistamoa on käytettävä siten, että saavutetaan mahdollisimman hyvä kokonaistypen poistoteho. (Ritari 2004, 4)

Valtioneuvoston päätöksessä vesiensuojelun tavoitteista vuoteen 2005 on mm. asetettu yli 10 000 asukkaan jätevedenpuhdistamoiden tavoitteeksi vähintään 50 %:n keskimääräinen

typenpoisto siellä, missä typpi minimiravinteena todennäköisesti säätelee purkuvesistön rehevyyttä. Kymijoen minimiravinne on fosfori, mutta Kymijoen edustan merialueella fosfori on levien kasvua rajoittava tekijä keväällä, mutta kesällä kasvua rajoittavat sekä typpi että fosfori. (Åkerberg 2004a)

Lupaehdot saavutettiin Akanojalla reilusti vuonna 2004 ja typenpoistoteho on ollut kyseisenä vuonna n. 47 %. Tässä työssä tarkastellaan millaisin toimenpitein ja kustannuksin päästäisiin parempaan typenpoistotehoon.

### **3.7 Biologinen ravinteidenpoisto**

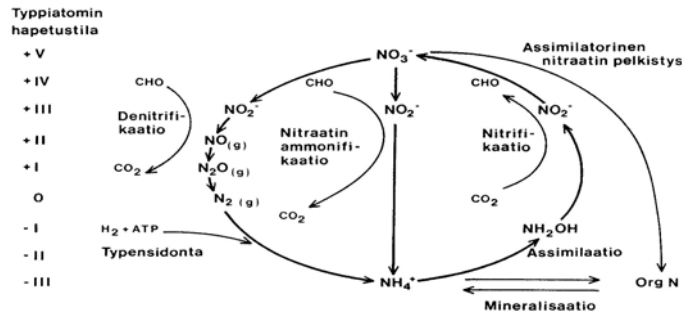
Aktiivilieteprosessi on tehokas orgaanisen kuormituksen vähentämisessä, mutta ravinteiden eli fosforin ja typen poisto jää yhdyskuntavesien puhdistuksessa huonommaksi. Tämä johtuu siitä, että yhdyskuntajätevedet sisältävät fosfori- ja typpiyhdisteitä orgaaniseen ainekseen nähden ylimäärin eli noin nelinkertaisesti sen määrän, mitä mikrobit tarvitsevat solumassansa kasvattamiseen. Teollisuusjätevesien tapauksessa tilanne on usein päinvastainen eli jätevedet sisältävät niin niukasti ravinteita, että niitä on lisättävä. (Mennola 2002, 4-11)

Kuten edellä on jo mainittu aktiivilietelaitoksen hyvä orgaanisen hiilen ja ravinteiden suhde BOD:N:P on 100:5:1. Tällöin ravinteet sitoutuvat biomassaan ja poistuvat ylijäämälietteen mukana. Yhdyskuntajätevesien ravinnesuhde on noin 100:25:5 ja ilman erityistoimia puhdistamalla poistuu ravinteita esikäsitellyssä ja biomassaan sitoutuneena yhteensä noin 30 – 50 %. Fosforin poistossa käytetään Suomessa yleensä rinnakkaissaostusmenetelmää, ja typen poistossa käytetään biologista menetelmää. (Mennola 2002, 4-22)

Biologisen typenpoiston periaate on muuntaa jäteveden biologisessa puhdistuksessa mikroorganismeilta käyttämättä jäänyt liukoinen typpi kaasumaiseen muotoon, joka vapautuu ilmakehään. Ensin jäteveden sisältämän orgaanisen typen täytyy mineralisoitua vapaaksi ammoniumtypeksi, minkä jälkeen ammonium nitrifioituu nitraatiksi, joka pelkistyy edelleen denitrifikaatiovaiheessa typpikaasuksi. Biologisen fosforinpoiston periaate on puolestaan se, että biomassa sitoo enemmän fosforia, kuin mitä sen kasvuun tarvittaisiin. Tällöin fosforia saadaan poistettua ylijäämälietteen mukana. (Jørgensen & Pauli 1992, 17)

### 3.7.1 Typen mikrobiologinen muuntelu

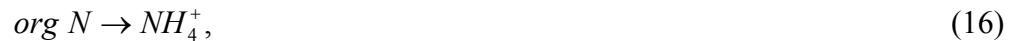
Typellä on kaksi merkitystä bakteerien aineenvaihdunnassa. Typpi on proteiinien ja muiden bakteeribiomassan biomolekyylien rakenneosia. Typpiyhdisteet toimivat myös organismien energialähteinä typpiatomien hapettuessa ja pelkistyessä. (Jørgensen & Pauli 1992, 11). Typen mikrobiologinen kierto esitetään kuvassa 3.3.



Kuva 3.3 Typen mikrobiologinen kierto. (Jørgensen & Pauli 1992, 11)

#### Mineralisaatio

Mineralisaatiolla eli ammofikaatiolla tarkoitetaan ammoniumin biologista vapautumista orgaanisesti sitoutuneesta typestä eli yksinkertaisesti ilmaistuna tapahtuu seuraavaa (Jørgensen & Pauli 1992, 11):



jossa  $\text{org N}$  on orgaanisesti sitoutunut typpi  
 $\text{NH}_4^+$  on ammonium.

Yllä kuvatussa reaktiossa typpiatomien hapetusaste ei muutu eikä energiaa vapaudu. Ammoniumtyppi siis vapautuu ammofikaation seurauksena ja tällöin bakteerit voivat assimiloida sitä tai hapettaa sen edelleen nitriitiksi ja nitraatiksi. Heterotrofisista bakteereista useimmat mineralisoivat tyypeä. Mineralisaatio voi tapahtua sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. (Jørgensen & Pauli 1992, 11)

### Ammoniumin Assimilaatio

Kaikki organismit assimiloivat ammoniumtyyppiä biosynteesijä varten eli edellä esitetty reaktioyhtälö tapahtuu nyt käänteisesti (Jørgensen & Pauli 1992, 11):



Eniten ammoniumia sitoutuu aminohappoihin, proteiinien rakennusmateriaaleihin. Typpi-atomien hapetusaste ei muutu nytkään eikä energiaa kulu. (Jørgensen & Pauli 1992, 11)

### Nitrifikaatio

Biologinen tai biologis-kemiallinen jätevedenpuhdistus on yleensä toteutettu biologisen toiminnan osalta valtaosin ns. normaali- tai matalakuormitteisena. Näillä kuormitusalueilla biologinen toiminta tapahtuu sellaisella tasolla, että jäteveden sisältämä ammoniumtyyppi ei ala hapettua nitraattimuotoon puhumattakaan siitä että, jäteveden koko typpisisältö hapettuisi nitraattimuotoon eli nitrifioituisi. (Kiuru 1997, 2)

Jäteveden mukana puhdistamolle tuleva typpi on suurimmaksi osaksi ammoniumtyypen muodossa ja loppuosakin hajoaa ammofikaation avulla ammoniumtypeksi jossain prosessin vaiheessa, viimeistään ilmastusaltaassa (Saarinen 1993, 9). Nitrifikaation suorittavat erittäin hitaasti kasvavat autotrofiset nitrifikaatiobakteerit. Nitrifikaatiobakteerit käyttävät hiililähteenään epäorgaanista hiiltä, lähinnä hiilidioksidia, eli orgaanista hiiltä (BOD<sub>7</sub>) ei siis tarvita. Nitrifikaatiobakteereiden erityisvaatimuksena on niiden fosforintarve. (Holm 1991, 1)

Nitrifikaatio on aerobinen biologinen prosessi, jossa autotrofiset bakteerit hapettavat ammoniumtyypen nitriitin kautta nitraatiksi. Yhtälö 18 kuvaa reaktion yksinkertaistettuna. (Rantanen et al. 1999, 11)





jossa  $O_2$  on happi  
 $NO_3^-$  on nitraatti.

Nitrifioinnissa kuluu noin 4,6 g happea ja 0,14 mol alkaliteettia jokaista hapettunutta ammoniumtyppiagrammaa kohti (Rantanen et al. 1999, 11). Nitrifikaatiossa tarvittava hapen määrä saadaankin siis suoraan kertomalla vuorokautinen typpikuorma luvulla 4,6. Nitrifikaation kuluttama alkaliteetti täytyy kompensoida kalkkilisäyksellä pH-arvon liiallisen las-  
 kun välttämiseksi. Tarvittava kalkin määrä saadaan puolestaan kertomalla typpikuorma luvulla 5,25. (Kangas et al. 1993, 17)

Nitrifikaatiobakteerien optimilämpötila on 30 – 35 °C ja niiden kasvunopeus on voimakkaasti lämpötilasta riippuvainen. Eri bakteerisuvuista riippuen kasvua kuitenkin tapahtuu lämpötila-alueella 5 – 40 °C (Holm 1991, 1) mutta mitä lähempänä ääripäitä ollaan, sitä hitaampaa on nitrifikaatio. Esimerkiksi 5 °C:een lämpötilassa kasvunopeus on vain kymmenesosa siitä, mitä se olisi 15 °C:een lämpötilassa (Mennola 2002, s. 4-23). Kasvua tapahtuu myös edellä mainitun alueen ulkopuolella, mutta silloin nitrifikaatio on hyvin hidasta (Holm 1991, 1). Lämpötilariippuvuutta voidaan kuvata seuraavalla yhtälöllä (Kangas et al. 1993, 15):

$$\mu_T = \mu_{15} e^{a(T-15)}, \quad (19)$$

jossa  $\mu_T$  on kasvunopeuskerroin lämpötilassa T °C  
 $\mu_{15}$  on kasvunopeuskerroin lämpötilassa 15 °C  
 a on kerroin.

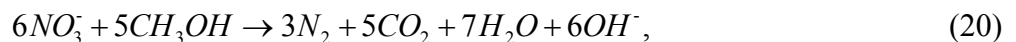
Nitrifikaation optimi-pH on 7,7 – 8,5, ja kun pH laskee alle kuuden, reaktio hidastuu voimakkaasti. Prosessi saattaa sopeutua myös tätä alhaisemmille pH-arvoille, mutta nopeita pH-muutoksia on vältettävä. (Kangas et al. 1993, 15)

Nitrifikaationopeus on riippuvainen myös liuenteen hapen pitoisuudesta (Kangas et al. 1993, 15). Tavanomainen puhdistamo toimii hyvin 1 – 1,5 mg/l liuenteen hapen määrällä,

mutta puhdistamalla, jossa toteutetaan myös nitrifikaatio, liuennutta happea täytyy olla 2 – 2,5 mg/l (Mennola 2002, s. 4-23).

### Denitrifikaatio

Denitrifikaatio on biologinen prosessi, jossa heterotrofiset bakteerit käyttävät nitriittiä ja nitraattia hapen asemesta soluhengitykseen. Useimmat aktiivilietteessä olevat denitrifioimaan kykenevät bakteerit pystyvät käyttämään normaalisti happea hengityksessään. Mikäli happi loppuu ja nitriittiä tai nitraattia on saatavilla, nämä bakteerit voivat käyttää niitä hengityksessään hapen asemesta. Denitrifikaation täytyy tapahtua hapettomissa olosuhteissa, koska denitrifikaatiobakteerit käyttävät mieluummin happea kuin nitraattia hengitykseensä molempien ollessa läsnä (Isoaho & Valve 1988, 248–249). Seuraavassa yhtälössä esitetään pelkistetysti miten nitraatti ja nitriitti pelkistyvät typpikaasuksi (Rantanen et al. 1999, s.11):



jossa  $CH_3OH$  on metanoli

$CO_2$  on hiilidioksidi.

Denitrifikaatiossa alkaliteetti lisääntyy 0,07 mol jokaista pelkistynyttä nitraattityppigrammaa kohti. Käytettäessä denitrifikaatio-nitrifikaatio- eli DN-prosessia nitrifikaatiossa kulu-neesta alkaliteetista saadaan siis puolet takaisin, jos kaikki nitrifikaatiosaa muodostunut nitraatti myös denitrifioituu. (Rantanen et al. 1999, s. 12)

Orgaanisen hiilen lähteenä denitrifikaatioon perustuvassa typenpoistossa voidaan käyttää, joko jäteveden sisältämiä yhdisteitä, lietteen omaa ravintosisältöä (endogeenihengitys) tai jotain prosessiin lisättävää orgaanista yhdistettä kuten metanolia, glukoosia, asetaattia tai esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteitä. Orgaanista ainetta kuluu 3-5 g BOD:na pelkistynyttä nitraattityppigrammaa kohti. Endogeenihengityksessä kuluu lietettä noin kaksi grammaa pelkistynyttä nitraattityppigrammaa kohti. Denitrifikaationopeus riippuu käyte-

tystä hiilenlähteestä. Nopeus on sitä suurempi mitä pienimolekyylisempi yhdiste on käytettävissä. (Rantanen et al. 1999, s. 12)

Denitrifikaatio ei ole niin riippuvainen lämpötilasta kuin nitrifikaatio, koska denitrifikaatioon pystyvät suorittamaan suuri joukko lämpötilavaatimuksiltaan erilaisia bakteereja. Lämpötilakerroin on 1,03–1,05, joka on samaa suuruusluokkaa, kuin aerobisessa hajotuksessa. Suotuisin pH-alue 6,5–7,5. (Rantanen et al. 1999, s.12)

### Dissimilatorinen nitraatin pelkistys ammoniumiksi

Kyseisessä prosessissa nitraatti pelkistyy nitriitin kautta ammoniumiksi. Samalla orgaaninen aine hapettuu. Muita nimityksiä tälle prosessille ovat nitraatin ammofikaatio ja nitraatin fermentaatio. Alla olevat reaktioyhtälöt kuvaavat nitraatin pelkistymisen ammoniumiksi. (Jørgensen & Pauli 1992, 13)



jossa  $NO_2^-$  on nitriitti.



Dissimilatorinen nitraatin pelkistys tapahtuu anaerobisissa olosuhteissa ja reaktioiden tapahtuminen vaatii myös ympäristön, jossa on hiileen nähden runsaasti hapettuneita yhdisteitä. Aktiivilieteprosessien toiminnalle on oleellista se, että pysyykö typpi vesifaasissa liuenneena vai haihtuuko se ilmaan  $N_2$ :na denitrifikaation tuloksena. (Jørgensen & Pauli 1992, 14)

### Assimilatorinen nitraatin pelkistys

Tässä reaktiossa nitraatti pelkistyy orgaanisesti sidotuksi typeksi (Jørgensen & Pauli 1992, 14):



Prosessi vaatii energiaa. Kun ympäristössä on tarpeeksi ammoniumia, kyseistä reaktiota ei tapahdu, koska organismit voivat sitoa ammoniumia ilman energian kulutusta. (Jørgensen & Pauli 1992, 14)

### Typensidonta

Typensidonnalla tarkoitetaan typen sitomista ilmakehästä orgaaniseksi typeksi (Jørgensen & Pauli 1992, 14):



Typensidonta vaatii paljon energiaa sekä vähähappiset olosuhteet toteutuakseen. Biologista typensidontaa pystyvät toteuttamaan symbioottiset, assosiatiiviset sekä vapaasti elävät bakteerit. Symbioottisia ja assosiatiivisia bakteereita tavataan yleensä maaperästä juurinystyröistä sekä juurien pinnasta. Aktiivilietteisessä toimivat typensitoijat ovat kuitenkin vapaasti elävät bakteerit. (Jørgensen & Pauli 1992, 14, 43)

Aktiivilieteprosesseissa typensidontaa voi tapahtua alueilla, joissa on alhainen happipitoisuus ja jopa palautuslietteessä on todettu olevan typensidontapotentiaalia. Massa- ja paperiteollisuuden jätevesien hiili/typpisuhde on korkea, joten typensitojabakteereilla voi olla sopivat olosuhteet, jos tyypeä ei lisätä puhdistusprosessiin eli vapaan typen pitoisuus on alhainen ja jätevedessä on riittävästi sopivia energialähteitä. (Jørgensen & Pauli 1992, 43,45,47)

### 3.7.2 Typenpoiston toteutus

Typenpoiston perusasia on jäteveden ammoniumtypen hapettaminen nitraattimuotoon eli nitrifikaation toteuttaminen. Nitrifikaation toteuttaminen on typenpoiston kallein ja vaikein osa, kun taas typenpoiston toinen vaihe eli denitrifikaatio on liitettävissä biologiseen käsittelyyn helposti. Denitrifikaation tarkoitus on pelkistää nitraattimuotoon saatettu typpi. (Kiuru 1997, 2)

Tärkein lähtökohta nitrifikaation käynnistymiselle on se, että orgaanisen aineksen tulisi olla riittävästi hajotettua, eli BOD:n tulisi olla alle 5 mg/l (Mennola 2002, s. 4-23). Vastatällöin saavutetaan aerobisessa biologisessa prosessissa sellaiset olosuhteet, että nitrifikaatiobakteerien kasvu käynnistyy ja nitrifikaatio voidaan toteuttaa (Kiuru 1997, 2).

Suomen oloissa täydellisen ja ympärivuotisen nitrifikaation saavuttamiseksi on aktiivilieteprosessi mitoitettava niin, jotta sen ilmastusaltaissa olevan lietteen määrä voi olla suurimmillaan mitoitustilasta riippuen 3 – 5 –kertainen siihen nähden, mitä se on kesäaikana, tai mikä on se ilmastusaltaissa olevan lietteen määrä, jolle aktiivilieteprosessi tavanomaisesti mitoitetaan. (Kiuru 1997, 3) Suomessa viemäriveriesien lämpötila laskee talvella usein alle 5 °C:een, mutta jos nitrifikaatiobakteereille luodaan otolliset olosuhteet, voidaan täydellinen nitrifikaatio saavuttaa myös talvella. Ensinnäkin lieteiän on oltava riittävän pitkä nitrifikaatiobakteerien hitaan kasvun vuoksi ja toisaalta lietekuorman on oltava riittävän alhainen, jotta nopeammin kasvavat orgaanista hiiltä ravinnoksi käyttävät lajit eivät valtaisi alaa. (Holm 1991, 2)

Nitrifikaation edellytyksenä oleva lietemäärä voidaan saavuttaa, joko pitämällä ilmastusaltaiden lietepitoisuus vakiona tasolla 3 – 3,5 kg<sub>MLSS</sub>/m<sup>3</sup> ja rakentamalla puhdistamolle niin tilavat ilmastusaltaat, että niiden lietemäärä on aina tarpeeksi suuri, tai nostamalla ilmastusaltaiden lietepitoisuus tarvittaessa niin korkeaksi, että altaissa oleva lietemäärä on kulloinkin tarpeeksi suuri. (Kiuru 1997, 3)

Valittaessa ensimmäinen vaihtoehto, joudutaan tällöin rakentamaan puhdistamoita, joiden ilmastusaltaiden tilavuus on 3 – 5 –kertainen verrattuna tavanomaisten puhdistamoiden ilmastusaltaiden tilavuuteen. Tällä tavoin toteutettu typenpoisto, ympärivuotisesti nitrifioi-

villa aktiivilietelaitoksilla, tulee investointikustannuksiltaan hyvin kalliiksi. (Kiuru 1997, 3)

Toteutettaessa aktiivilieteprosessi niin matalakuormitteisena, että se nitrifioi täydellisesti ympärivuotisesti saadaan tuotteena lietettä, jossa orgaanisen aineen hajotus on viety loppuun saakka. Lieite on tällöin pääosin kuolleesta biomassasta koostuvaa ja osittain mineralisoitunutta. Tällainen lieite laskeutuu jälkiselkeyttimissä huomattavasti paremmin kuin tavanomainen aktiiviliete. Tällöin voidaan täydellisesti nitrifioivan aktiivilieteprosessin ilmastusaltaissa käyttää tavanomaisin teknisin ratkaisuin tarvittaessa lietepitoisuuksia, jotka ovat 2 – 3 –kertaisia aktiivilieteprosessin perinteiseen lietepitoisuuteen nähden eli luokkaa 6 – 10 kg<sub>MLSS</sub>/m<sup>3</sup>. Jälkiselkeytyks voi olla myös toteutettu tavanomaisin mitoituksin. Tavanomaiseen biologiseen puhdistukseen tarkoitetuissa ilmastusaltaissa voidaan käyttää tarvittaessa niinkin suuria lietepitoisuuksia kuin 10–15 kg<sub>MLSS</sub>/m<sup>3</sup>, mutta tällöin jälkiselkeyttimet täytyy suunnitella suurilla lietepitoisuuksilla operointia varten. (Kiuru 1997, 3)

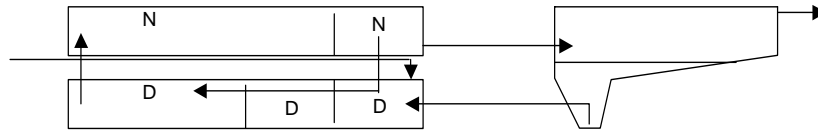
### **3.7.2.1 Prosessivaihtoehdot**

Suurilla lietepitoisuuksilla toimivaa aktiivilieteprosessia voidaan operoida joko pelkkään jälki- tai esidenitrifikaatioon perustuvana prosessina eli N/D- tai D/N-prosesseina. Prosessia voidaan ohjata myös näiden yhdistelmänä eli D/N/D-prosessina. Näistä vaihtoehdoista tehokkain on D/N/D-prosessi. (Kiuru et al. 1994, 47)

#### D/N-prosessi

Esidenitrifikaatioon perustuvan prosessin typenpoistoteho riippuu hyvin paljon jäteveden sisältämän orgaanisen hiilen määrästä ja laadusta sekä jäteveden hiili/typpisuhteesta (Kiuru et al. 1994, 42). Denitrifikaatiovaiheen toimivuuden kannalta ilmastukseen tulevan veden BOD/N-suhteen tulisi olla tasolla yli 3,0 (Niemelä 1991, 4). D/N-prosessin typenpoistoteho vaihtelee suurilla lietepitoisuuksilla operoitaessa niin paljon, että tätä prosessia kannattaa käyttää vain esimerkiksi typenpoiston käyntiinajovaiheessa ja kesäaikana, jolloin prosessissa oleva lietteen määrä on pienimmillään. D/N-prosessia ajetaan siis, kun jäteveden

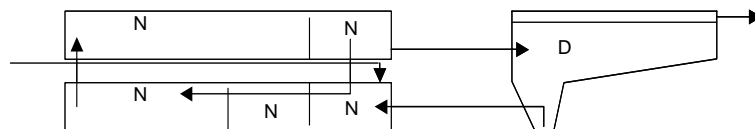
lämpötila on yli 15 °C ja tällöin saavutettava typenpoistoteho on 70 – 80 %. (Kiuru et al. 1994, 42, 115) Kuvassa 3.4 esitetään U-muotoisen ilmastusaltaan osastointi D/N-ajossa.



Kuva 3.4 D/N-prosessi. (Kiuru et al. 1994, 37, 115)

### N/D-prosessi

Jälkidenitrifikaatioon perustuva typenpoistoprosessi ei ole niin tehokas kuin D/N-prosessi, kun hiililähteenä toimivat ainoastaan aktiivilietteen heterotrofisten bakteerien solunsisäiset orgaanisen hiilen varastot. N/D-prosessilla saavutettava typenpoistoteho on siis vain kohtuullinen mutta prosessin typenpoisto on tasaisen varmaa. Typenpoistoteho riippuu prosessissa olevasta biomassan määrästä, mutta ei lainkaan ilmastukseen tulevan jäteveden orgaanisen hiilen määrän lyhytaikaisesta vaihtelusta. Alla olevassa kuvassa 3.5 esitetään kuva N/D-ajosta. N/D-prosessia käytetään silloin, kun jätevesien lämpötila on alle 8 °C, jolloin saavutettava typenpoistoteho on n. 50 %. (Kiuru et al. 1994, 43, 115)



Kuva 3.5 N/D-prosessi. (Kiuru et al. 1994, 37, 115)

### D/N/D-prosessi

D/N/D-prosessi on N/D- ja D/N-prosessin yhdistelmä, jossa yhdistyvät kummankin prosessin hyvät puolet ja samalla vältetään niiden suurimmat haitat. D/N/D-prosessi on siis paras ajovaihtoehto operoitaessa suurilla lietepitoisuuksilla. D/N/D-prosessin ajo tapahtuu siten, että ilmastusallas on aina mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmastusaltaasta pidetään ilmastettuna vain sen suuruista altaan osaa, mikä on tarpeen täy-

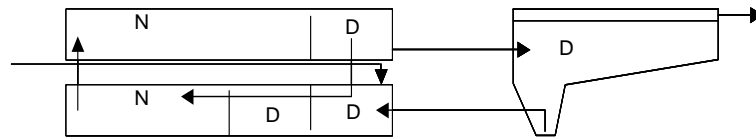
dellisen nitrifikaation ylläpitämiseksi. Loppuosa ilmastusaltaasta voi olla ilmastamattomassa käytössä eli anoksialueena esi- ja jälkidenitrifikaatiota varten. (Kiuru et al. 1994, 43)

Ilmastusaltaiden varustelussa on huomioitava, että altaat täytyy varustaa kauttaaltaan ilmastimilla, koska typenpoistoa käynnistettäessä tai elvytettäessä allas toimii kauttaaltaan ilmastettuna. Anoksialue erotetaan aina ilmastettuna toimivasta osasta kevyellä väliseinällä ja kyseinen allasosasto on siis myös varustettava omalla ilmastussysteemillä, mutta ilmastusjärjestelmän ilmastinten tiheydeksi ( $\text{kpl}/\text{m}^2$ ) riittää puolet aina ilmastettuna toimivan alueen ilmastintiheydestä. Ilmastimien lisäksi anoksinen allasosasto tarvitsee varustaa sekoittimilla, johon soveltuvat parhaiten juuri tähän tarkoitukseen suunnitellut hitaasti pyörivät isolapaiset potkurisekoittimet. Ilmastusjärjestelmäksi sopii parhaiten pohjailmastus, joka on toteutettu kumi- tai muulla vastaavalla kalvomateriaalilla varustetuin lautas- tai paneeli-ilmastimin. (Kiuru et al. 1994, 118-120) Denitrifikaatiovyöhykkeen sekoittimien tehontarve on n.  $3 \text{ W}/\text{m}^3$  (Niemelä 1991, 8).

D/N/D-prosessia operoitaessa ilmastusallas jaetaan osastoihin siten, että altaiden loppupäästä on jälkidenitrifikaatiota varten erotettuna aina vakiolaajuinen anoksialue. Esidenitrifikaatiota varten altaiden alkupäästä erotetun anoksialueen laajuutta ja ilmastusaltaiden sisäistä kierrätystä säädetään käsiteltävän jäteveden lämpötilan ja virtaaman sekä myös ilmastusaltaiden lietepitoisuuden mukaan. (Kiuru et al. 1994, 43)

Esimerkiksi silloin, kun jätevesi on lämmintä (yli  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ), virtaama on kohtuullinen ja viipymä ilmastusaltaassa pitkä, tapahtuu nitrifikaatio nopeasti. Tällöin D/N/D-prosessia voidaan ajaa siten, että esidenitrifikaation anoksinen allasosa on n. 50 %, jälkidenitrifikaation anoksiosa n. 10 – 15 % ja ilmastettu allasosana n. 35 – 40 % koko ilmastusaltaan tilavuudesta. Mutta toisaalta mitä kylmempää jätevesi on, sitä suurempi on sen virtaama ja mitä pienempi ilmastusaltaiden lietepitoisuus on, sitä suurempi pitää ilmastusaltaiden ilmastetun osan olla ja sitä pienempi osa ilmastusaltaiden alusta voi toimia esidenitrifikaation anoksialueena. Kun jätevesien lämpötila on  $8 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$ , D/N/D prosessilla saavutetaan 75 – 80 %:n typenpoistoteho. (Kiuru et al. 1994, 43–44, 115) Kuvassa 3.6 esitetään kuvaus D/N/D ajosta.





Kuva 3.6 D/N/D-prosessi. (Kiuru et al. 1994, 37, 115)

### 3.7.2.2 Ilmastusaltaan mitoitus

Lähtökohtana ilmastusaltaiden mitoituksessa on, että aktiivilieteprosessin täytyy olla täydellisesti nitrifioiva kaikissa olosuhteissa. Ilmastusaltaiden mitoituslietekuorma täytyy siis valita niin, että nitrifikaatio säilyy täydellisenä vielä, kun ilmastusaltat ovat kauttaaltaan ilmastettuja tilanteessa, jossa käsiteltävän jäteveden lämpötila on alhaisimmillaan eli mitoitustilanteessa. Tällöin kyseessä on N/D-prosessi, jossa typenpoiston edellyttämä denitrifikaatio tapahtuu jälkiselkeytsaltaassa eli jälkidenitrifikaationa. (Kiuru et al. 1994, 114)

Nitrifioiva aktiivilieteprosessi mitoitetaan aina minimilieteiän perusteella. Mitoituslieteikä on lämpötilasta riippuvainen ja taulukosta 3.7 saadaan sen suuruusluokka (Kangas et al. 1993, 16):

Taulukko 3.7 nitrifikaation vaatima minimilieteiä ja vastaava lietekuormitus eri lämpötiloissa. (Kangas et al. 1993, 16)

Lämpötila [°C]	Lieteiä [d]	Lietekuormitus [ $\text{kg}_{\text{BOD}_7}/\text{kg}_{\text{MLSSd}}$ ]
5	20	0,06
10	12	0,10
15	8	0,15
20	4	0,20

Mitoitettaessa ympärivuotista nitrifikaatiota voidaan alhaisimpana mahdollisena lämpötilana pitää 5 °C, näin alhaisessa lämpötilassa nitrifikaation käynnistyminen vaatii 30 d lieteiän ja nitrifikaation ylläpito n. 20 d lieteiän. Samassa lämpötilassa lietekuorma saa olla korkeintaan  $0,06 \text{ kg}_{\text{BOD}_7} / \text{kg}_{\text{MLSSd}}$ , jotta laitos nitrifioisi. Lämpötilan tästä vielä laskiessa tulisi myös lietekuormaa laskea samalla kun lieteikää nostetaan, jotta nitrifikaatio tapahtuisi. (Holm 1991, 3-4) Täydellinen nitrifikaatio kylmillä vesillä edellyttää siis erittäin matalakuormitteista prosessia, joten lietekuormalle täytyy käyttää arvoja alueella  $0,02\text{--}0,06 \text{ kg}_{\text{BOD}_7}/\text{kg}_{\text{MLSSd}}$  (Kiuru et al. 1996, 41).

Seuraavana vaiheena ilmastusaltaiden mitoituksessa on sopivan lietepitoisuuden valinta. Lietepitoisuutta  $6 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$  pidetään pienimpänä kysymykseen tulevana lietepitoisuuden arvona, jolle ilmastusaltaat tulee mitoittaa, kun typenpoisto halutaan toteuttaa tehokkaasti pääosin D/N/D-prosessina käyttäen. Tällöin hiililähteeksi tarvitaan pelkästään asumajäteveden oma hiilisisältö. (Kiuru et al. 1994, 114)

Ilmastusaltaille voidaan kuitenkin valita aina sitä suurempi lietepitoisuus, mitä tehokkaampaan typenpoistotehoon pyritään. Savonlinnan Pihlajanniemen jätevedenpuhdistamolla laitostmittakaavassa suoritettujen typenpoiston koetoiminnan perusteella ilmastusaltaiden lietepitoisuus voi olla välillä  $8 - 10 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$  alun perin tavanomaiseksi suunnitelluilla aktiivilietelaitoksilla (lietepitoisuus  $3 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$ ). Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että jäteveden viipymä ilmastusaltaissa on riittävä ja jälkiselkeytysaltaiden hydraulinen kuormitus on tarpeeksi alhainen. (Kiuru et al. 1994, 115 – 116)

Yleensä typenpoistoon tarvittavat viipymäajat ilmastusaltaassa ovat  $15 - 20 \text{ h}$ , kun mitoitustilana on  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  ja prosessia ajetaan normaalilla n.  $3 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$  lietepitoisuudella ja puhdistusvaatimuksena on n. 70 %:n kokonaistyyppireduktio. Jäteveden viipymä Pihlajanniemen puhdistamon ilmastusaltaassa lietepitoisuudella  $6 - 10 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$  on ollut ilmastusaltaassa n. 7,0 h, riippuen virtaama- ja lämpötilaolosuhteista. Tällöin kyseisellä puhdistamolla saavutettu kokonaistyyppireduktio on ollut n. 70 %. (Kiuru et al. 1994, 116)

### 3.7.2.3 Jälkiselkeytysaltaiden mitoitus

Korkeilla lietepitoisuuksilla toimivan aktiivilieteprosessin vaaka- ja pystyselkeytysaltaat voidaan mitoittaa hydraulisen pintakuorman arvoille  $0,6 - 0,7 \text{ m/h}$ , jos ilmastusaltaan lietepitoisuus on  $6 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$ . Ilmastusaltaiden lietepitoisuuden ollessa yli  $7 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$ , täytyy jälkiselkeytysaltaat mitoittaa enintään hydraulisen pintakuorman arvolle  $0,5 \text{ m/h}$  ja tällöin lietetilavuuskuorma tavanomaisissa vaaka- ja pystyselkeytysaltaissa saa olla enintään  $0,3 \text{ m/h}$ . Tämän väljempää mitoitusta ei enää tarvita, vaikka ilmastusaltaan lietepitoisuus olisi  $10 - 15 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3$ . Mitoituksessa täytyy huomioida myös lieteindeksi, joka on tyypillisesti 75, kun erittäin matalakuormitteisessa aktiivilieteprosessissa käsitellään normaalia asumisjätevettä. (Kiuru et al. 1994, 117,131)

### 3.7.3 Biologinen fosforinpoisto

Fosforin poistamiseksi biologisesti jätevesistä on olemassa kaksi keinoa: biomassan kasvuun liittyvä assimilaatio sekä assimilaation ylittävä fosforin sitoutuminen. Jälkimmäinen perustuu poly-P-bakteerien kykyyn sitoa itseensä huomattavasti assimilaation ylittäviä määriä fosforia aerobisissa olosuhteissa ja vapauttaa sitä anaerobisissa oloissa. Aerobisissa oloissa sidottu fosfori varastoidaan polyfosfaattien muodossa. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

Polyfosfaatin muodostumista voi tapahtua kolmella erilaisella tavalla (Jørgensen & Pauli 1992, 15):

- ns. overplus-ilmiö
- ylimääräinen fosfaatinotto epäsuotuisissa kasvuolosuhteissa
- ylimääräinen fosfaatinotto suotuisissa kasvuolosuhteissa

Overplus-ilmiö tapahtuu, kun fosforin puutteesta kärsineet mikrobit siirretään runsaasti fosfaattia sisältävään kasvuympäristöön. Tällöin solut ottavat välittömästi suuret määrät fosfaattia ja varastoivat sen polyfosfaatteina. Overplus-ilmiötä tapahtunee palautuslietteen sekoituessa tulevan jäteveden kanssa. Ylimääräinen fosfaatinotto epäsuotuisissa olosuhteissa liittyy tilanteeseen, jolloin on puutetta jostakin olennaisesta ravinteesta esim. typestä ja mikrobit ovat stationäärisessä kasvuvaiheessa. Ylimääräistä fosfaatinottoa suotuisissa olosuhteissa ja kaikissa kasvun vaiheissa on tavattu muutamilla bakteereilla mm. acinetobacter-suvulla. Biologisessa fosforinpoistossa suositetaan lähinnä ylimääräistä fosfaatinottoa. (Jørgensen & Pauli 1992, 15)

Täysin aerobisessa laitoksessa fosforia poistuu ainoastaan se määrä, mikä kuluu solumateriaalin kasvattamisessa. Fosforia sitovat bakteerit eivät siis pysty kilpailemaan aerobisissa oloissa. Fosforia poistavissa laitoksissa fosforia sitovia bakteereja suositetaan anaerobisilla alueilla, jolloin niiden osuus kasvaa. Aerobit bakteerit eivät siis pysty lisääntymään anaerobisissa oloissa, mutta ne pysyvät kuitenkin hengissä kunhan hapeton jakso ei ole liian pitkä. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

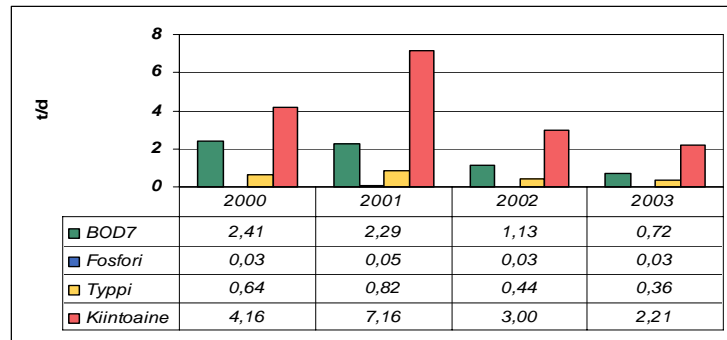
Anaerobisella alueella Poly-P-bakteerit hyödyntävät energialähteenä aerobisella alueella muodostamansa polyfosfaatin hajottamalla sitä poistaessaan helposti biohajoavaa substraattia ja muuttaessaan sitä orgaaniseksi varastopolymeeriksi (PHB). Polyfosfaatit hajoavat ortofosfaatiksi, joka vapautuu jäteveeseen. Olosuhteiden muuttuessa jälleen aerobisiksi Poly-P-bakteerit alkavat lisääntyä välittömästi hyödyntäen PHB-varastojaan ja sitoa edellisessä vaiheessa vapautunutta fosforia. Tässä vaiheessa uudet mikrobisolut sitovat eniten fosforia. (Jouttijärvi & Järvinen 1993)

Prosessin toistuessa Poly-P-bakteerien määrä kasvaa vähitellen tasolle, missä se alkaa vaikuttaa puhdistetun veden fosforipitoisuuteen. Osa fosforista poistuu ylijäämälietteen mukana osan palatessa takaisin prosessiin. (Jouttijärvi & Järvinen 1993) Jälkiselkeytetyn veden liukoinen fosfaattifosforipitoisuus kuvaa varsinaisen biologisen fosforinpoiston tehokkuutta paremmin kuin kokonaisfosforipitoisuus, jossa on mukana myös kiintoaineeseen sitoutunut fosfori. Biologinen fosforinpoisto voidaan katsoa alkaneeksi kun jälkiselkeytetyn veden fosfaattipitoisuus alenee nopeasti. (Kiuru et al. 1996, 61,62)

## **4 KOKEMUKSIA YHTEISPUHDISTUKSESTA**

### **4.1 Case Rauma**

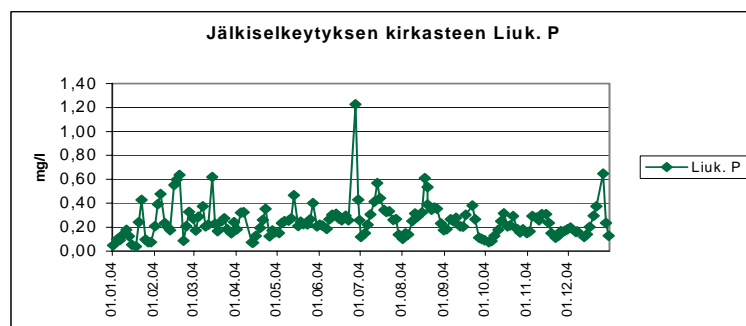
Rauman kaupungin jätevedet on johdettu huhtikuusta 2002 lähtien metsäteollisuusyrityksen jätevedenpuhdistamolle puhdistettaviksi. Puhdistamon hoidosta vastaa UPM-Kymmene Oyj:n Rauman paperitehdas ja kyseisellä puhdistamolla käsitellään myös Oy Metsä-Botnia Ab:n sellutehtaan sekä mäntyöljytislaamo Forchem Oy:n jätevedet. (Hyvärinen 2005) Yhteispuhdistusta on tarkoitus kokeilla viiden vuoden ajan ja päättää tuona aikana mahdollisesta jatkosta (Vatka 2004). Kuvassa 4.1 esitetään puhdistamojen yhteenlaskettu jätevesikuormitus Rauman merialueella vuosien 2000 – 2003 ajalta. Kuvasta on nähtävissä, että jätevesikuormitus Rauman merialueella on vähentynyt yhteispuhdistukseen siirtymisen jälkeen.



Kuva 4.1 Rauman merialueen jätevesikuormitus vuosina 2000 – 2003. (Kirkkala 2004, 7)

Tähän mennessä kokemukset yhteispuhdistuksesta ovat olleet hyviä. Kokonaistyyppikuormitus mereen on puolittunut ja yhdyskuntajätevesien haitallinen ammoniumtyppi on poistunut. Myös suoraan leville käyttökelpoisessa muodossa olevien epäorgaanisten tyyppiyhdisteiden, ammonium-, nitraatti-, ja nitriittitypen, pitoisuudet mereen johdettavassa jätevedessä ovat olleet alle määrittärajän. (Hyvärinen 2005)

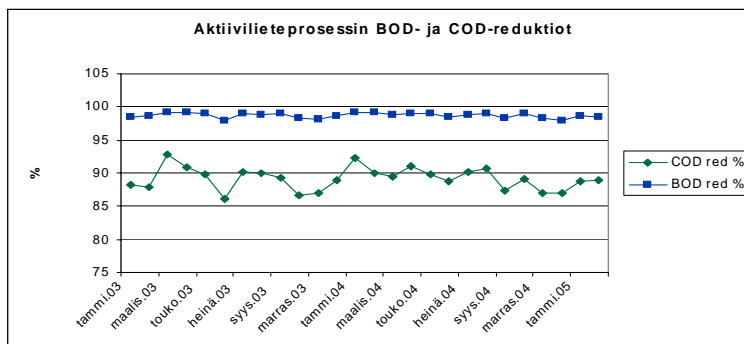
Ennakoitu kokonaisfosforikuormituksen lisääntyminen ei ole toteutunut vaan fosforikuormitus on pysynyt suurin piirtein ennallaan ollen jopa hieman pienempi kuin aiempi puhdistamojen yhteenlaskettu kuormitus, kuten kuvasta 4.1 on havaittavissa. Fosforista on ollut verraten suuri osuus liukoista fosforia, mutta kaikki tästä määrästä ei kuitenkaan ole ollut leville käyttökelpoista fosfaattifosforia (Hyvärinen 2005). Kuvassa 4.2 esitetään liukoisen fosforin pitoisuuden vaihteluita jälkiselkeytyksen kirkasteessa vuonna 2004.



Kuva 4.2 Liukoinen fosfori jälkiselkeyttimen kirkasteessa.

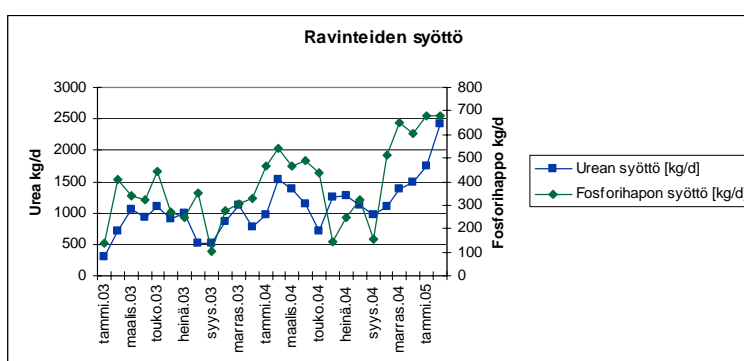
Kuvassa 4.3 esitetään vielä Rauman aktiivilieteprosessin COD- ja BOD -reduktioiden kehitys vuoden 2003 alusta vuoden 2005 alkuun. Kuvasta on todettavissa, että puhdistamo

toimii orgaanisen kuorman vähentäjänä hyvin ja kuten jo kuvasta 4.1 oli havaittavissa, niin BOD-kuorma Rauman edustan merialueelle on pienentynyt.



Kuva 4.3 Aktiiviliete-prosessin reduktioita.

Puhdistustulokset ovat hyviä niin orgaanisen kuormituksen kuin ravinteiden vähentämisen osaltakin mutta fosforihapon ja urean syöttämistä prosessiin ei ole voitu vähentää, kuten ennen yhteispuhdistuksen aloittamista suunniteltiin. Kun Rauman puhdistamolla tehtiin koeajo pilot-laitteella ennen yhteispuhdistukseen siirtymistä vuonna 2000, tultiin siihen tulokseen, että yhdyskuntajätevedet tulisivat korvaamaan typen osalta jonkin verran laitokselle syötettävästä ureasta ja fosforihapon syöttämisestä voitaisiin jopa luopua kokonaan (Hartonen 2001, 54-56). Kuvassa 4.4 esitetään urean ja fosforihapon syöttö vuodesta 2003 vuoden 2005 alkuun.



Kuva 4.4 Urean ja fosforihapon syöttö prosessiin.

Raumalla puhdistamon ravinneannostelua säädetään jälkiselkeytyksen kirkasteen liukoisten fosfori- ja typpipitoisuuksien perusteella. Liukoisen fosforin arvot jälkiselkeyttimen kirkasteessa vaihtelevat kuvan 4.2 perusteella pääsääntöisesti välillä 0,05 – 0,6 mg/l, mutta

kuten jo edellä kävi ilmi, niin tässä tapauksessa kaikki liukoisesta fosforista ei ole kuitenkaan leväravinteeksi kelpaavaa fosfaattifosforia. Tällaista kirkasteessa olevaa fosforia, joka ei ole fosfaattia, saattaa olla jopa 0,5 mg/l ja koska sen kemiallista koostumusta ei tiedetä, ei voida päätellä olisiko se edes voinut sitoutua lietepartikkelien pintaan (Jouttijärvi & Järvinen 1993). Puhdistamot toimivat vielä hyvin kirkasteen fosfaattifosforipitoisuuden ollessa n. 0,2 mg/l (Wirkkala 1992, 15). Taulukossa 4.1 esitetään vuosien 2003 – 2004 keskimääräiset ravinnesuhteet. Taulukon 4.1 BOD-, typpi- ja fosforikuormat ovat kaupungin ja tehtaan esikäsitellyistä jätevesistä.

Taulukko 4.1 Rauman puhdistamon ravinnesuhteet esikäsitellyssä jätevedessä vuosikeskiarvoina.

	BOD [kg/d]	N [kg/d]	P [kg/d]	BOD [%]	N <sup>1</sup> [%]	P <sup>1</sup> [%]	N <sup>2</sup> [%]	P <sup>2</sup> [%]
2003	41627	1075	161	100	2,71	0,41	3,70	0,58
2004	41213	1199	188	100	2,96	0,47	4,32	0,70

<sup>1</sup> Ravinnesuhteen laskennassa ei ole huomioitu ravinnesyöttöä

<sup>2</sup> Ravinteiden syöttö huomioitu ravinnesuhdetta laskettaessa

Sopivana ravinnesuhteena metsäteollisuusjätevesien biologisessa käsittelyssä on pidetty 100:2,5-3,5:0,1-0,5 (Wirkkala 1992, 15), joten tämän laskentatavan ja taulukon 4.1 perusteella Rauman puhdistamolle ei tarvitsisi lisätä ollenkaan fosforihappoa ja typpeäkin näyttäisi riittävän niin paljon, ettei ureaa tarvitsisi syöttää prosessiin ollenkaan. Ravinteiden lisäyksen jälkeen tilanne näyttää taulukon 4.1 perusteella siltä, että ravinteita syötetään prosessiin ylimäärin siihen määrään nähden, mitä orgaanisen kuorman hajotuksessa tarvitaan. Ravinteiden yliannostuksesta ei kuitenkaan voi olla kysymys, koska jälkiselkeyttimen kirkasteen ammoniumtyppi ja liukoisen fosforin pitoisuudet ovat alhaiset.

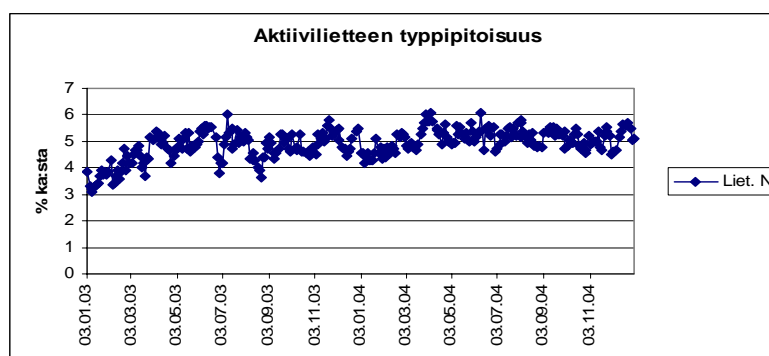
#### 4.1.1 Ravinnetase

Ravinnetase esitetään tarkemmin liitteessä 3, jossa esitetään tehtaan puhdistamon vuoden 2004 ravinnetaseet sankey-diagrammina. Vuoden 2004 kuukausikeskiarvoilla lasketun ravinnetaseen tuloksiksi saatiin seuraavaa:

- Typpitase n. -209 kg/d
- Fosforitase n. 12 kg/d

Tase-ero typen osalta on siinä määrin suuri (tasevajaus 209 kg/d), ettei se todennäköisesti selity pelkästään epätarkkuuksilla vesimäärien mittauksissa ja typpipitoisuuksien määrittämisissä. Näyttää siltä, että prosessiin täytyy tulla tasapainon saavuttamiseksi typpeä vielä jostakin lisää 209 kg/d. Ainoa mahdollinen typpilähde tässä tapauksessa on ilmakehä. Teoriaosuudessa mainittiinkin jo, että typensidonta ilmakehästä orgaaniseksi typeksi vaatii mm. alhaisen happipitoisuuden sekä pienen vapaan typen pitoisuuden. Alhaisen happipitoisuuden osalta typensidonnan vaatimukset täyttyvät kyllä, koska typensidonnan on todettu olevan mahdollista jopa palautuslietteessä (Jørgensen & Pauli 1992, 45) ja tyypestä näyttää ravinnetaseen mukaan olevan puutetta typen määrälle 209 kg/d, joten myös pieni vapaan liukoisen typen vaatimus täyttyy.

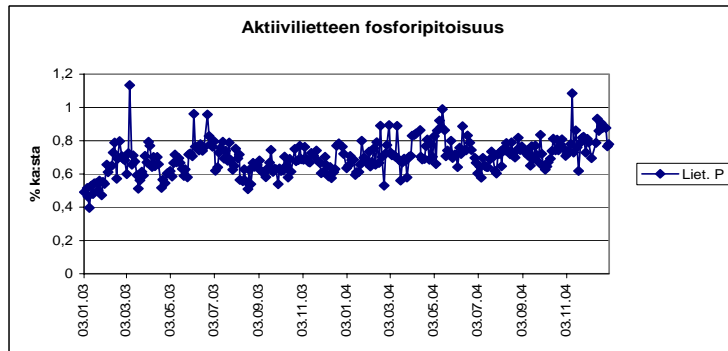
Edellä lasketun ravinnesuhteen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että typpeä tulee prosessiin mikro-organismien tarpeen ylittävä määrä ja kuten myös edellä on todettu, niin puhdistustulokset ovat kuitenkin ammoniumtypen osalta hyviä. Jostakin syystä typpiravinteen tarve on siis lisääntynyt ja kuten kuvasta 4.5 nähdään, ilmastusaltaan lietteen typpipitoisuus onkin noususuunnassa.



Kuva 4.5 Ilmastusaltaan lietteen typpipitoisuus.

Fosforitaseen arvo on niin lähellä nollaa, että erotuksen tulevien ja lähtevien fosforikuormien välillä voidaan olettaa johtuvan mittausvirheistä. Fosforin kohdalla ravinnetase on siis tasapainossa. Edellä lasketun ravinnesuhteen perusteella prosessiin näyttäisi tulevan ylimäärin fosforiravinnetta mutta jälkiselkeytyksen kirkaste ei kuitenkaan sisällä huomattavia määriä liukoista fosforia. Jokin tekijä siis aiheuttaa myös fosforiravinteen lisääntynyttä kulutusta ja tämä näkyy aktiivilietteen fosforipitoisuuden kasvuna, kuten kuvasta 4.6 on nähtävissä.



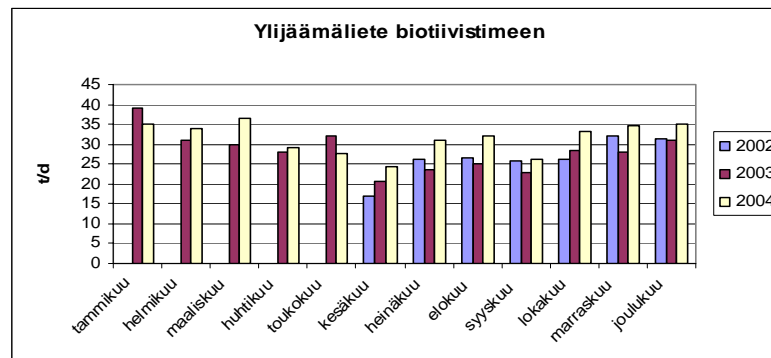


Kuva 4.6 Aktiivilietteen fosforipitoisuus.

#### 4.1.2 Syitä ravinteiden lisääntyneeseen kulutukseen

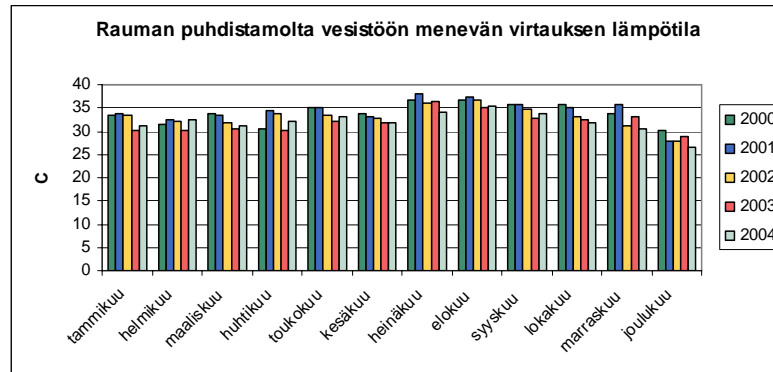
##### 4.1.2.1 Lämpötilan muutoksen vaikutus puhdistamon toimintaan

Kuvassa 4.7 esitetään prosessista poistettavan ylijäämälietteen määrän kehitystä yhteispuhdistukseen siirtymisen jälkeen. Kyseisen kuvan perusteella voidaan todeta, että ylijäämälietteen määrä on lisääntynyt verrattaessa vuoden 2004 arvoja vuosien 2002 ja 2003 arvoihin. Prosessista poistettavan lietteen määrän lisääntymiseen vaikuttavat monet asiat ja merkittävä syy runsaaseen lietteenpoistoon on se, että ajoittain liete on ollut huonosti laskeutuvaa (Vatka 2005).



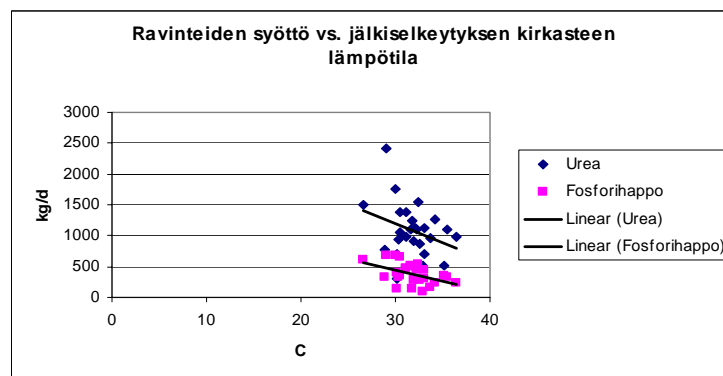
Kuva 4.7 Lietteenkäsittelyyn menevän ylijäämälietteen määrä kesäkuusta 2002 vuoden 2004 joulukuuhun.

Ylijäämälietteen määrän lisääntyminen johtuu osittain myös ilmastusaltaan lämpötilan laskusta, koska lämpötilan lasku vaikuttaa solujen nettotuotannon lisääntymiseen. Solujen nettotuotannon lisääntyminen puolestaan aiheuttaa ravinteiden lisääntynyttä kulutusta. Kuvan 4.8 perusteella voidaan todeta, että yhteispuhdistukseen siirtymisen jälkeen (huhtikuu 2002) puhdistamolta lähtevän jäteveden lämpötila on ollut useimpina kuukausina alhaisempi kuin vuosina 2000 ja 2001.



Kuva 4.8 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen lämpötila 2000-2004.

Kuvan 4.9 avulla voidaan todeta, että lämpötilan kasvaessa prosessiin syötettävien ravinteiden määrä on vähentynyt eli lämpötilan kasvaessa prosessin ravinteiden tarve ei ole niin suuri kuin pienemmissä lämpötiloissa. Rauman puhdistamolla ravinteiden syöttöä valvotaan jälkiselkeytyksen jäännöspitoisuuksien perusteella, joten ravinteiden puutostilaa ei ole päässyt syntymään kuten olisi voinut käydä, jos ravinteita annosteltaisiin pelkästään puhdistamolle tulevan BOD-kuorman perusteella. Rauman puhdistamolla lisääntyneeseen ravinteiden kulutukseen saattaa siis hyvinkin olla yhtenä syynä lämpötilan laskeminen, joka johtuu yhdyskuntajätevesien viilentävästä vaikutuksesta.

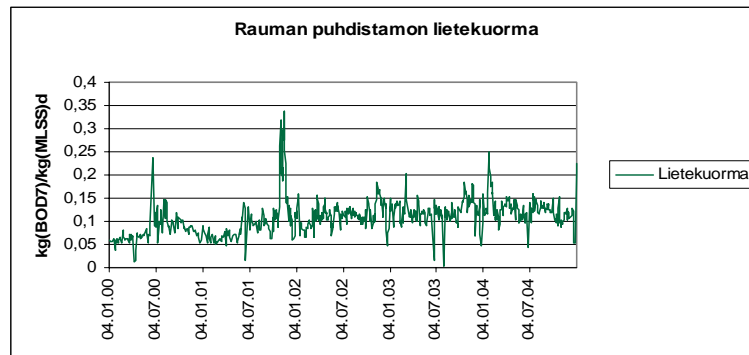


Kuva 4.9 Lämpötilan vaikutus ravinteiden syöttöön aikavälillä 2003-2004.

Raumalla voidaan säätää ilmastusaltaiden lämpötilaa jäähdytystornien avulla. Täten yhdyskuntajätevesien viilentävä vaikutus ei ole haitallinen ravinteiden kulutuksen suhteen, koska tarvittaessa ilmastusaltaan lämpötilaa voidaan lisätä jäähdytystornien toimintaa säätämällä. (Vatka 2005)

#### 4.1.2.2 Lietekuorman muutos

Yhtälöiden 2 ja 3 perusteella huomataan, että prosessista poistettavan biolietteen määrä vaikuttaa tarvittavien ravinteiden määrään. Kuvan 4.7 perusteella oli havaittavissa, että ylijäämälietteen määrä on kasvanut, joten Rauman puhdistamolla eräs syy ravinteiden lisääntyneeseen kulutukseen on prosessista poistettavan ylijäämälietteen määrän kasvu. Ylijäämälietteen määrän lisääntymistä aiheuttaa edellä käsiteltyjen seikkojen lisäksi lietekuorman suureneminen. Kuvassa 4.10 esitetään lietekuorman kehitys Rauman puhdistamolla aikaväliltä 2000 – 2004.



Kuva 4.10 Rauman puhdistamon lietekuorman kehitys 2000 – 2004.

Vuonna 2000 ja osittain vielä vuonna 2001 puhdistamoa on ajettu pitkäilmastusalueella ja vuosina 2002 – 2004 matalakuormitteisella alueella. Pitkäilmastuksessa lietettä syntyy vähemmän kuin matalakuormitteisella ajoalueella ja se on pitkälle mineralisoitunutta. Rauman puhdistamon siirtyminen pitkäilmastusalueelta matalakuormitteiselle alueelle on todennäköisesti aiheuttanut pientä lisääntymistä ylijäämälietteen tuotannossa. Ja kuten edellä todettiin, niin ylijäämälietteen tuotanto vaikuttaa ravinteiden tarpeeseen. Ravinteiden kulutuksen lisääntyminen Rauman puhdistamolla johtuukin sekä lämpötilan laskusta että lietekuorman lisääntymisestä ja erityisesti siitä, että ajoittain huonosti laskeutuvaa lietettä joudutaan poistamaan runsaasti prosessista.

#### 4.1.3 Johtopäätökset

Ravannesuhteen perusteella typpeä ja fosforia tulee mikro-organismien tarpeeseen nähden ylimäärin prosessiin ja ravinnetaseen perusteella oli todettavissa, että typpeä tulee prosessiin vielä jostakin, todennäköisesti ilmasta, lisää n. 209 kg/d täyttämään typpitaseen vaja-

ta. Ylimääräiset ravinteet näyttäisivät kuitenkin sitoutuvan hyvin lietteeseen, koska aktiivilietteen fosfori- ja typpipitoisuudet ovat kasvaneet ja jälkiselkeytyksen kirkasteen liukoiset ravinnepitoisuuden ovat alhaiset. Tästä voidaan päätellä, että eri syistä ravinteiden tarve prosessissa on lisääntynyt.

Fosforin ylimääräistä sitoutumista lietteeseen voisi selittää biologisen fosforinpoiston alkaminen. Ylimääräisen fosforin poisto perustuu Poly-P-bakteerien kykyyn sitoa itseensä huomattavasti assimilaation ylittäviä määriä fosforia, jolloin fosforia alkaa poistua ylijäämälietteen mukana ja puhdistustulos liukoisen fosforin osalta paranee. Poly-P-bakteerit eivät kuitenkaan pysty kilpailemaan muiden bakteerien kanssa täysin aerobisessa laitoksessa, joten Rauman puhdistamolla täytyisi olla anaerobisia kohtia ilmastusaltaassa esimerkiksi lieteflokkien ytimissä. Aktiivilietelaitosta säädetään jälkiselkeytyksen kirkasteen liukoisten ravinnepitoisuuksien perusteella, joten kun ylimääräistä biologista fosforinpoistoa tapahtuu, saattavat kirkasteen fosfaattifosforin arvot näyttää matalilta vaikka prosessiin tuleeekin ylimäärin fosforiravinnetta.

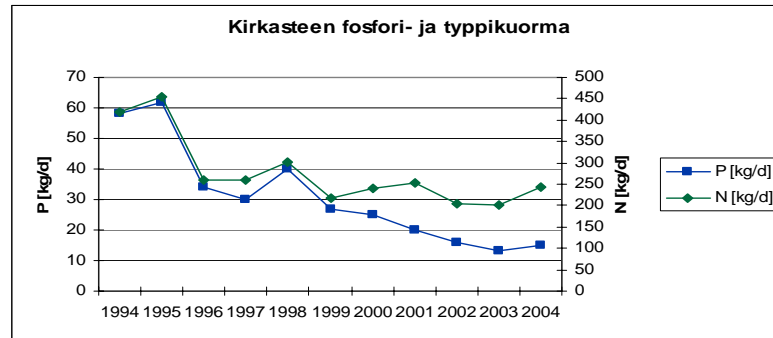
Ravinteiden lisääntynyttä tarvetta Rauman puhdistamolla voidaan selittää ilmastusaltaan lämpötilan laskulla ja lietekuorman lisääntymisellä. Kumpikin aiheuttaa lisääntynyttä ylijäämälietteen tuotantoa, ja sitä kautta lisääntynyttä ravinteiden kulutusta. Prosessista on lisäksi jouduttu poistamaan runsaasti lietettä silloin, kun liete on ollut huonosti laskeutuvaa ja tämä on myös vaikuttanut ravinteiden kulutukseen lisäävästi.

Lisäksi lisääntynyttä ravinteiden kulutusta voi selittää se, että mikro-organismit hyödyntävät mieluummin vapaana olevia liukoisia ravinteita, kuin että hyödyntäisivät orgaanisesti sitoutuneita ravinteita. Tällöin käyttökelpoisia ravinteita poistuu ylijäämälietteen mukana pois prosessista kun ureaa ja fosforihappoa syötetään riittävästi prosessiin.

#### **4.2 Kuusankoskelta tuodut lietteet**

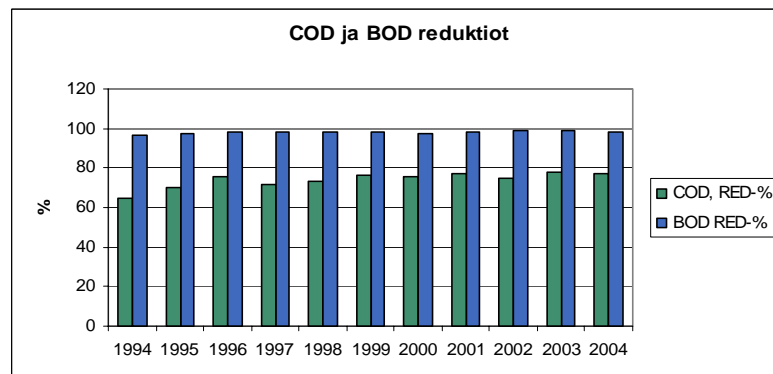
Kymin aktiivilietelaitokselle on tuotu Kuusankosken kaupungin puhdistamon lietteet jo vuodesta 1996 alkaen. Tällä tavoin on pystytty korvaamaan osa aktiivilietelaitoksella tarvittavista ravinteista eli ureasta ja fosforihaposta. Vuonna 2004 kymille tuotiin lietettä Kuusankoskelta yhteensä 2635 tonnia, se sisälsi kuiva-ainetta n. 16,2 %, fosforia n. 2,3 %<sub>ka</sub>

ja typpeä n. 4,9 %<sub>ka</sub>. Kuvassa 4.11 on tarkasteltu Kymin aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen fosfori- ja typpikuormaa vuodesta 1994 lähtien. Kuvasta on nähtävissä, miten kirkasteen fosfori- ja typpikuorma on vähentynyt vuoden 1996 tasosta.



Kuva 4.11 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen fosfori- ja typpikuorma 1994-2004.

Kuvasta 4.12 käy ilmi, miten aktiivilietelaitoksella saavutettavat COD- ja BOD-reduktiot ovat muuttuneet vuodesta 1994 vuoteen 2004 mennessä.



Kuva 4.12 COD- ja BOD –reduktiot ajalta 1994-2004.

Puhdistustulos on COD-reduktion osalta parantunut n. 12,5 %-yksikköä vuoden 1994 tilanteesta, ja BOD:n osalta n. 1,6 %-yksikköä. Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen ravinnepitoisuuksien vähenemisestä ja hyvästä BOD- ja COD-reduktioista päätellen Kymin puhdistamo on siis pystynyt hyödyntämään hyvin Akanojalta tuotavien lietteiden ravinneisällön.

Tämän hetken tilannetta Kymin puhdistamon toiminnasta kuvastaa ehkä parhaiten alla esitettävä taulukko 4.2, jossa on vertailtu Kymin sellu- ja paperitehtaan sekä Voikkaan paperitehtaan Kymijokeen aiheuttamaa kuormitusta BREF-dokumentissa oleviin kuormitusar-

voihin. Taulukossa sininen väri tarkoittaa, että ollaan jopa BAT-arvojen alapuolella, vihreä merkitsee sitä, että tehtaan arvot sijoittuvat vaihteluvälille ja BAT-vaihteluvälin ylitys on merkitty keltaisella. Yksi solu on merkitty oranssilla, koska BREF arvo on annettu integroimattomalle paperitehtaalle. Kymin paperitehdas on integroitu sellutehtaan yhteyteen, joten arvo ei ole täysin vertailukelpoinen. Taulukon 4.2 perusteella voidaan todeta, että Kymin puhdistamo toimii hyvin huolimatta sinne tuotavista Akanojan puhdistamon lietteistä.

Taulukko 4.2 Ominaiskuormitukset Kymijokeen vuonna 2004. (Jussila 2005a)

		TSS	BOD*	COD	AOX	N	P	Q <sub>pros</sub>
		kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t	m <sup>3</sup> /t
Kymin sellutehdas	Kuorma	0,51	0,27	14,9	0,22	94	4,9	45,4
	<b>BREF</b>	<b>0,6-1,5</b>	<b>0,3-1,5</b>	<b>8-23</b>	<b>&lt;0,25</b>	<b>100-250</b>	<b>10-30</b>	<b>30-50</b>
Kymin paperitehdas	Kuorma	0,25	0,03	0,6		36	1,9	17,2
	<b>BREF</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>0,15-0,25</b>	<b>0,15-1,5<sup>1</sup></b> <b>0,5-2,0<sup>2</sup></b>		<b>50-200</b>	<b>3-10</b>	<b>10-15<sup>3</sup></b>
Voikkaan paperitehdas	Kuorma	0,32	0,23	4,6		49	2,5	22,3
	<b>BREF</b>	<b>0,2-0,5</b>	<b>0,2-0,5</b>	<b>2-5</b>		<b>40-100</b>	<b>4-10</b>	<b>12-20</b>

\* BOD –kuormitukset ilmoitettu skandinaavisen käytännön mukaan BOD<sub>7</sub> arvoina, BREF –luvut ovat puolestaan eurooppalaisen käytännön mukaan BOD<sub>5</sub> arvoina. Metsäteollisuusvesillä BOD<sub>5</sub> arvot kerrotaan luvulla n. 1,2, jotta saadaan BOD<sub>7</sub> arvot

<sup>1</sup> päällystetty hienopaperi, <sup>2</sup> päällystämätön hienopaperi, <sup>3</sup> integroimattoman hienopaperitehtaan prosessivesimäärä

### 4.3 Kouvolasta tuodut lietteet

Vuoden 2004 marras-joulukuussa suoritettiin Kymin aktiivilietelaitoksella kokeilu, jossa Kouvolan yhdyskuntajätevedenpuhdistamolta ajettiin lietettä Kymille ja tarkoituksena oli selvittää pystyttäisiinkö fosforin lisäämisestä aktiivilieteprosessiin luopumaan kokonaan yhdyskuntalietteen tuoman fosforin avulla. Kouvolan puhdistamon asukasvastineluku on n. 40 000 ja siellä syntyneestä lietteestä tuotiin Kymin puhdistamolle marraskuussa n. 69,4 % ja joulukuussa n. 43,9 % (Nyyssönen 2005). Kymin puhdistamolle Kouvolasta tuotu lietemäärä, oli marraskuussa n. 387,1 t ja joulukuussa n. 368,4 t. Kuusankosken kaupungin puhdistamolla syntyvä liete, kuten jo edellä on todettu, on tuotu Kymin puhdistamolle vuodesta 1996 lähtien. Marraskuussa Akanojan puhdistamolta tuotiin lietettä n. 326,9 t ja joulukuussa 229,1 t. Seuraavassa tarkastellaan miten ylimääräisen lietteen tuonti vaikutti puhdistamon toimintaan ravinteiden osalta.

### 4.3.1 Ravinteet

Fosforihapon syöttö aktiivilietelaitokselle lopetettiin kokonaan lietteiden ajon ajaksi, koska lietteen arvioitiin sisältävän prosessin toiminnan kannalta riittävästi fosforia. Kouvolan kaupungilta saadun tiedon mukaan liete sisälsi kuiva-ainetta n. 18,3 %, fosforia n. 2,1 %<sub>ka</sub> ja typpeä n. 4,4 %<sub>ka</sub>. Taulukossa 4.3 on esitetty Kouvolan kaupungin lietteen kuiva-aineen ja ravinteiden määrät:

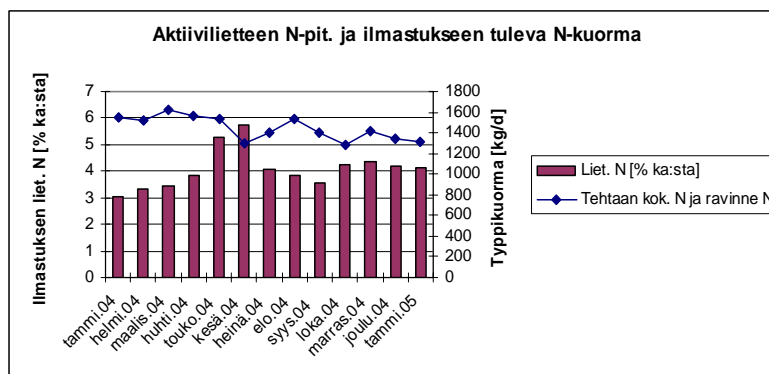
Taulukko 4.3 Kouvolaista tuotujen lietteiden tietoja.

	Märkäpaino [t/kk]	Kuivapaino [t/kk]	Fosfori [t/kk]	Typpi [t/kk]
Marraskuu	387,1	70,8	1,5	3,1
Joulukuu	368,4	67,4	1,4	3,0

#### 4.3.1.1 Typpi

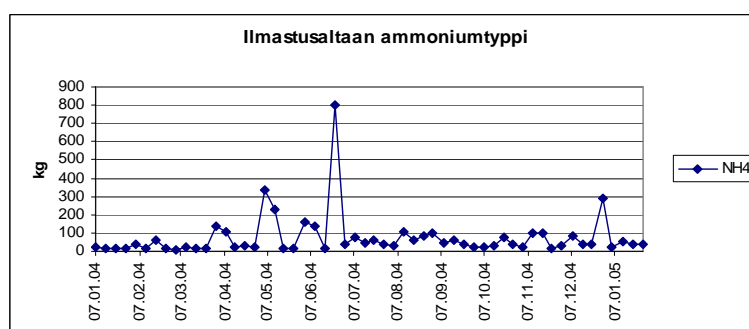
Aktiivilietelaitokselle syötetään typpeä urean muodossa. Ureaa syötetään prosessiin päivittäin n. 2 000 kg/d ja urea sisältää typpeä n. 46,7 % eli päivittäinen typpiannos on 934 kg/d. Kouvolaista tuodun lietteen mukana Kymin puhdistamolle tuli laitoksella syötetyn urean lisäksi typpeä n. 103 kg/d marraskuussa ja n. 97 kg/d joulukuussa. Ureaa syöttämistä täytyi siis jatkaa myös marras- ja joulukuussa melkein normaaliin tapaan.

Kuvassa 4.13 typen syöttöä kuvaavalla käyrällä on huomioitu ravinteena käytetyn urean typpi ja tehtaiden jätevesien sisältämä typpi, kuvaajassa ei siis näy Kouvolan lietteiden tuoma typpilisäys eikä käyrällä ole huomioitu myöskään Kuusankoskelta jatkuvasti tuotavien lietteiden sisältämää typpeä. Kuvan 4.13 perusteella näyttäisi siltä, että Kouvolaista tuotavalla lietteellä ei ole ollut vaikutusta lietteen typpipitoisuuteen ilmastusaltaassa, koska joulukuussa ilmastuksen typpipitoisuus on melkein samalla tasolla, kuin marras- tai loka-kuun arvo. Kouvolan lietteiden mukana tullut typpilisä on pieni verrattuna ilmastukseen tulevaan päivittäiseen typpikuormaan, joten kuvan 4.13 perusteella ei voi päätellä onko lietteiden typpi ollut mikro-organismien hyödynnettävissä.



Kuva 4.13 Aktiivilietteen typpipitoisuus ja ilmastukseen tuleva typpikuorma.

Tarkastellaan seuraavaksi ilmastusaltaan ammoniumtyppimäärän muutosta kuvan 4.14 avulla. Ammoniumtyypen muutos ilmastusaltaassa pääsee hyvin esille, koska tehtaan jätevedet eivät sisällä ammoniumtyppeä lainkaan. Ilmastusaltaaseen on siis kertynyt aikaisemmin ammoniumtyppeä vain Kuusankosken lietteiden mukana ja kuvasta voidaan huomata selvä piikki ammoniumtyypen määrässä joulukuun lopulla. Joulukuussa näkyvä piikki voi olla seurausta siitä, että Kouvolan lietteiden mukana prosessiin tuli ylimäärin typpeä. Kuvasta 4.14 on kuitenkin havaittavissa myös muita ammoniumtyppipiikkejä alkuvuodesta ja kesällä 2004. Kuvan 4.13 perusteella on nähtävissä, että joulukuussa ilmastusaltaan lietteen typpipitoisuus on ollut alhaisempi kuin muutamina aikaisempina kuukausina vuoden 2004 aikana eli tämä viittaa siihen, että mikro-organismeilla olisi vielä ollut kapasiteettia sitoa lisää typpeä lietteiden ajon aikana.



Kuva 4.14 Ilmastusaltaan ammoniumtyppikuorma.

Tarkasteltaessa lietteen mukana tulleen tyypin vaikutusta aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen sisältämään kokonaistyppikuormaan huomataan kuvaa 4.15 katsottaessa, että kokonaistyppipitoisuuden marraskuun arvot näyttäisivät pysyvän normaaleina, mutta joulukuun lopulla esiintyy piikki. Joulukuun piikki ei kuitenkaan ole vuoden 2004 korkein, joten

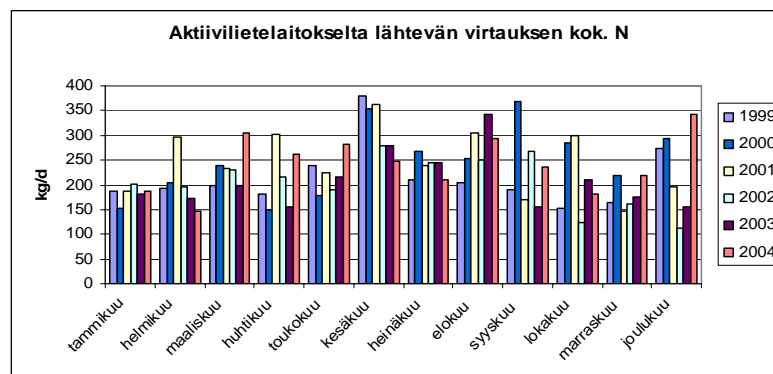


välttämättä tämä ei tarkoita sitä, että kirkasteen mukana karkaisi epänormaalin paljon typpeä. Joulukuun piikki typpipitoisuudessa on muutenkin todennäköisesti seurausta tehtaan jouluseisokista.



Kuva 4.15 Aktiivilietelaitokselta lähtevä kokonaistypikuorma.

Tarkastellaan seuraavaksi vuodesta 1999 lähtien aktiivilietelaitokselta lähtevän typpikuorman arvoja kuvan 4.16 avulla. Syksyn arvoissa ei ole havaittavissa epätavallisia poikkeamia ja marraskuussa karkaavan typen määrä on vain jonkin verran isompi kuin kolmena edellisenä vuotena ollen vuoden 2000 tasoa eikä joulukuussa 2004 aktiivilietelaitokselta lähtevän kirkasteen typpikuorma ole myöskään poikkeuksellisen suuri verrattaessa joulukuun arvoa vuosien 1999 ja 2000 arvoihin vastaavana ajankohtana tai muiden vuosien kesän arvoihin. Kuvassa 4.15 näkyvä typpikuormituksen piikki joulukuussa on todennäköisesti seurausta vuotuisesta jouluseisokista, koska joulukuun 2004 arvo ei poikkea merkittävästi verrattaessa typpikuormituksen arvoa vuosien 1999 – 2004 historiatietoihin.

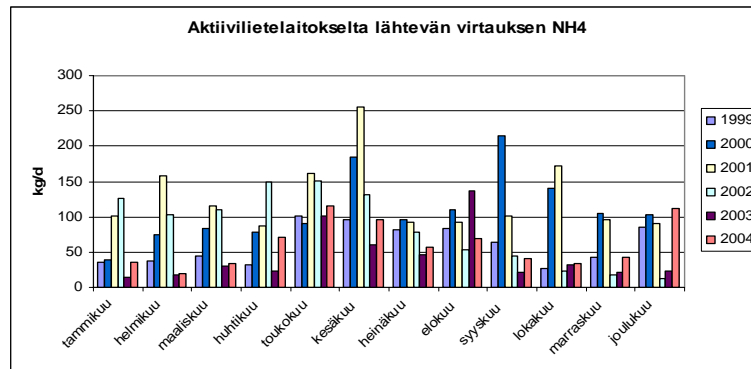


Kuva 4.16 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen kok. typpikuorma.

Kouvolasta tuodut lietteet sisältävät melko vähän typpeä verrattuna tehtaalta tulevaan ja urean muodossa syötetyn typen määrään. Aktiivilietelaitokselta ei karkaa joulu- tai mar-

raskuussa mitenkään huomattavia määriä typpeä, joten Kouvolasta tuotujen lietteiden mukana ei tullut aktiivilieteprosessiin liikaa typpeä.

Kuvan 4.17 avulla voidaan tarkastella, miten ammoniumtyppi on käyttäytynyt aktiivilietelaitokselta lähtevässä virtauksessa loppuvuodesta 2004 verrattuna edellisiin vuosiin vastaavana ajankohtana. Kuvasta on nähtävissä, että ammoniumtyppikuorma on marraskuussa 2004 hieman suurempi kuin muutamana edellisenä vuotena mutta joulukuun kuorma on suurempi kuin viiden edellisen vuoden joulukuun arvot. Joulukuun arvon ei kuitenkaan voida sanoa olevan epänormaalin suuri, koska ammoniumtyppikuorma on tuolloin miltei vuosien 1999-2001 arvojen tasalla. Lisäksi aikavälillä 1999 – 2004 on esiintynyt suurempiakin kuormia. Aktiiviliete satoi tehokkaasti ylimääräisten lietteiden tuoman typpilisäyksen, koska ammoniumtyppeä ei karkaa huomattavaa määrää puhdistamolta.



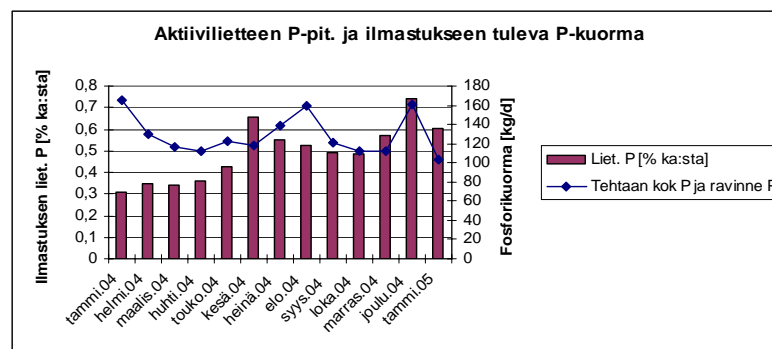
Kuva 4.17 aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen ammoniumtyppikuorma.

#### 4.3.1.2 Fosfori

Fosforihappoa ( $H_3PO_4$ ) syötetään aktiivilieteprosessiin keskimäärin n. 100 kg/d ja fosforihappo (tässä tapauksessa pitoisuudeltaan 72 %) sisältää n. 22,8 % fosforia eli päivittäinen fosforiravinneannos on n. 22,8 kg/d. Kouvolasta tuotu liete sisälsi fosforia marraskuussa n. 1500 kg/kk ja joulukuussa n. 1400 kg/kk, joten päivittäinen annos oli n. 50 kg/d marraskuussa ja n. 45 kg/d joulukuussa. Oletuksena Kouvolan lietteen sisältämän fosforin kohdalla oli, että noin puolet lietteen sisältämästä fosforista olisi mikro-organismien hyödynnettävissä. Fosforihapon syöttö aktiivilieteprosessiin lopetettiin heti marraskuun alussa, eikä syöttöä aloitettu ennen kuin lietteiden tuonti aktiivilietelaitokselle lopetettiin.

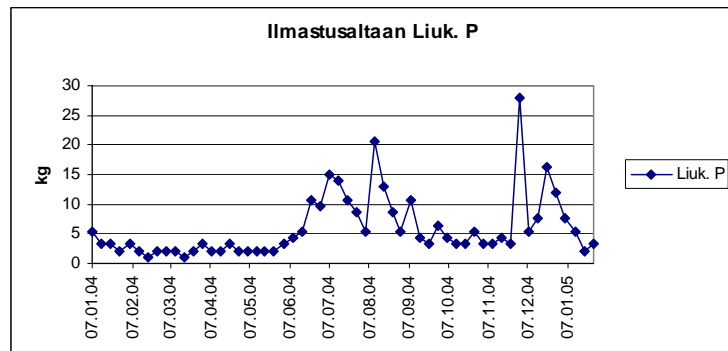
Kuvassa 4.18 esitetään ilmastusaltaan lietteen fosforipitoisuus sekä ilmastukseen tuleva fosfori, joka sisältää sekä tehtaalta jätevesien mukana tulevan fosforin että fosforihapon muodossa syötetyn fosforin. Kouvolan lietteiden tuoma fosforilisäys ei siis näy kuvassa fosforinsyöttökäyrällä ja käyrältä on jätetty pois myös Kuusankoskelta ajettavien lietteiden tuoma fosforilisäys.

Aktiivilietteen fosforipitoisuus näyttäisi lähtevän nousuun marraskuussa. Ilmastuksen fosforipitoisuuden nousu kyseisenä ajankohtana näyttäisi johtuvan tehtaiden jätevesien lisääntyneestä fosforikuormasta. Toisaalta Kouvolan lietteen mukana tullut fosforimäärä on kuitenkin noin kaksinkertainen siihen määrään nähden mitä yleensä syötetään ilmastukseen fosforihapon muodossa, joten ilmastusaltaan lietteen fosforipitoisuuden lisääntyminen voi olla myös seurausta Kouvolasta tuodun lietteen sisältämästä fosforista. Tämä puolestaan tarkoittaisi sitä, että suurin osa lietteiden sisältämästä fosforista oli hyödynnettävissä.



Kuva 4.18 Aktiivilietteen fosforipitoisuus ja aktiivilietelaitokselle tuleva fosforikuorma.

Ilmastusaltaan liukoisen fosforin käyttäytyminen esitetään kuvassa 4.19 vuoden 2004 ja tammikuun 2005 osalta. Liukoisen fosforin määrä on noussut radikaalisti marraskuun lopulla ja saavuttanut tuolloin myös vuoden huippulukemansa. Joulukuun arvot ovat myös hieman koholla, mutta kesällä on esiintynyt korkeampiakin arvoja. Kesä- ja joulukuun arvoihin vaikuttavat tehtaan seisokit, jotka osuvat kyseisille ajankohdille mutta mikro-organismeilla on ilmeisesti ollut marraskuussa hankaluuksia sitoa kaikkea ilmastukseen tullutta fosforia. Joulukuussa ilmastukseen tuli lietteiden mukana n. 100 kg vähemmän fosforia kuin marraskuussa, joten myös tämä vaikuttaa siihen, että marraskuussa liukoisen fosforin arvot ovat korkeammat.



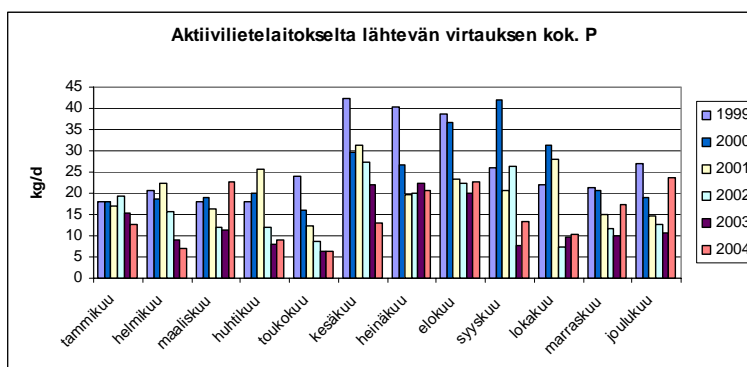
Kuva 4.19 ilmastusaltaan liukoisen fosforin kuorma.

Kuvassa 4.20 näkyy aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen mukana karkaava kokonaisfosforimäärä vuonna 2004 ja tammikuussa 2005. Kokonaisfosforikuorma joului- ja marraskuun osalta ei näytä poikkeavan mitenkään erikoisesti vuoden 2004 arvoista. Tämä viittaa siihen, että Kouvolan lietteiden mukana tullut fosfori on sitoutunut tehokkaasti aktiivilietteeseen.



Kuva 4.20 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen kok. fosforikuormitus.

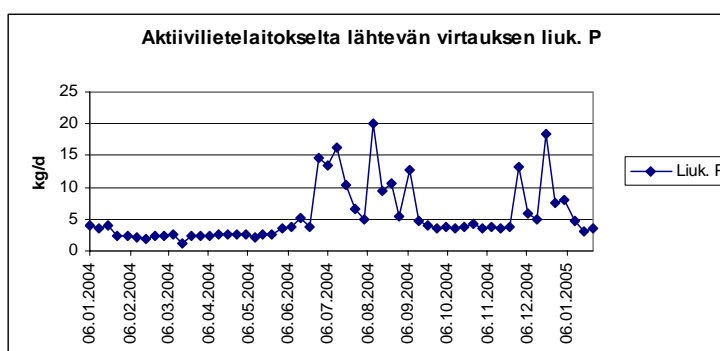
Tarkasteltaessa pidemmän aikavälin trendiä kokonaisfosforin arvoista kuvan 4.21 avulla huomataan, että kokonaisfosforikuorma joulukuussa 2004 aktiivilietelaitokselta lähtevässä virtauksessa on suurempi kuin neljänä edellisenä vuotena. Joulukuun 2004 arvo on kuitenkin pienempi kuin vuoden 1999 kokonaisfosforikuorma kyseisenä ajankohtana ja vuosien 1999 – 2004 aikana on esiintynyt muulloinkin korkeampia arvoja kuin joulukuussa 2004. Marraskuun kokonaisfosforikuormituksen arvot ovat jonkin verran korkeammat kuin kolmena edellisenä vuotena mutta marraskuun 2004 arvo ei myöskään eroa mitenkään poikkeuksellisesti.



Kuva 4.21 Aktiivielätelaitokselta lähtevän virtauksen kok. fosforikuormitus.

Kokonaisfosforikuorma ei kuitenkaan kerro koko totuutta siitä, ovatko mikro-organismit pystyneet hyödyntämään fosforin tehokkaasti, koska kokonaisfosforipitoisuudessa on mukana kiintoaineeseen sitoutunut sekä liukoinen fosfori, joten tarkastellaan seuraavaksi liukaisen fosforikuormituksen käyttäytymistä.

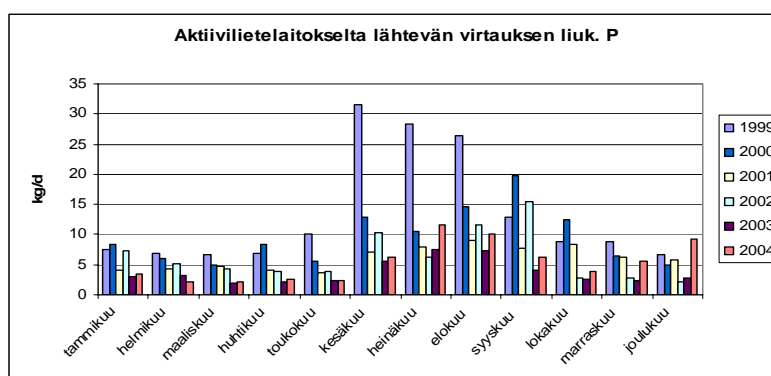
Kuvassa 4.22 näkyy aktiivielätelaitokselta lähtevän virtauksen liukaisen fosforin kuormitus vuodelta 2004 ja tammikuussa 2005. Kesän arvoissa on nähtävissä muutamia piikkejä, jotka voivat johtua tehtaan vuotuisesta kesäseisokista ja joulukuussa havaittava piikki puolestaan jouluseisokista, mutta toisaalta myös marraskuun lopulla on havaittavissa melko korkea piikki, joka saattaisi johtua siitä, että prosessiin on tullut liikaa fosforia lietteiden mukana.



Kuva 4.22 Aktiivielätelaitokselta lähtevän virtauksen liuk. fosforikuormitus.

Tarkasteltaessa kuvaa 4.23, joka esittää aktiivielätelaitokselta lähtevän virtauksen liukaisen fosforipitoisuuden muutosta huomataan, että marraskuun 2004 arvo on jonkin verran suurempi kuin muutamana edellisena vuotena ollen kuitenkin pienempi kuin vuosien 1999 –

2001 arvot. Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen liukoisen fosforin arvo on joulukuussa 2004 suurempi kuin viiden edellisen vuoden arvot vastaavana ajankohtana, mutta verrattaessa vuosien 1999 – 2004 muiden kuukausien arvoihin joulukuun 2004 arvo ei ole poikkeuksellisen suuri. Liukoisen fosforin pitoisuusmuutokset poistuvassa virtauksessa johtuvat siitä, miten hyvin ilmastusaltaassa olevat bakteerit pystyvät hyödyntämään fosforia. Liukoisen fosforin arvot aktiivilietelaitokselta lähtevässä virtauksessa eivät lisääntyneet huomattavasti, joten ylimääräinen lietteenajo ei tuonut aktiivilieteprosessiin ylimäärin fosforia.

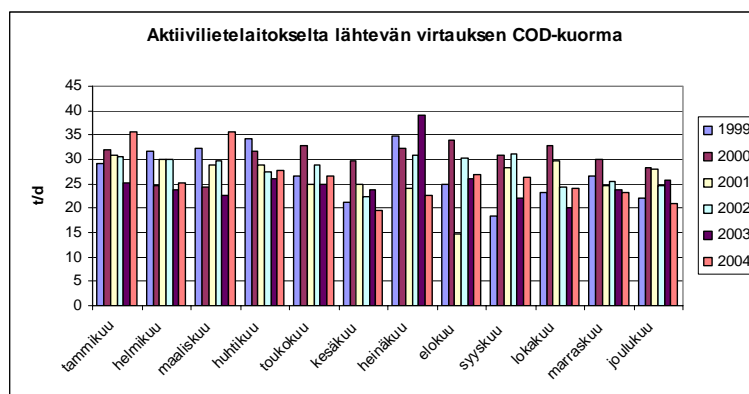


Kuva 4.23 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen liuk. fosforikuormitus.

#### 4.3.2 Puhdistustulos

Vaikka puhdistamolle ajettiin ylimääräistä lietettä, jonka kuivapaino oli marraskuussa yhteensä 70,8 t/kk ja joulukuussa 67,4 t/kk, pysyi puhdistustulos hyvänä, kuten kuvasta 4.24 on nähtävissä. Kymin puhdistamolle johdettiin, huomioimatta Kouvolasta tuotua lietettä, jätevettä n. 118639 m<sup>3</sup>/d marraskuussa ja sen kiintoainekuorma oli n. 12,6 t/d. Joulukuun vastaavat arvot olivat 109481 m<sup>3</sup>/d ja 11,7 t/d. Kouvolasta tuotu lietemäärä oli siis varsin vähäinen verrattuna Kymin omaan puhdistettavaan jätevesi- ja sen sisältämään kiintoainemäärään.

COD-kuorma vesistöön on ollut vuoden 2004 marras- ja joulukuun osalta pienin verrattuna edellisiin viiteen vuoteen. Tästä voidaan päätellä, että mikro-organismit pystyivät hyödyntämään tehokkaasti lietteiden mukana tulleen fosfori- ja typpiannoksen, koska erityisesti fosforin puutteen on todettu vaikuttavan huomontavasti COD:n poistoon (Jouttijärvi & Järvinen 1993).



Kuva 4.24 Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen COD-kuorma.

### 4.3.3 Ravinnetase

Ravinnetase muodostuu seuraavasti: aktiivilietelaitokselle tulevat ravinteet - laitokselta lähtevät ravinteet = 0. Tase pätee kuitenkin yleensä vain teoriassa eikä nytkään nollaksi kuten pitäisi ja tämä on seurausta monista tekijöistä, kuten mittausvirheistä, raportoitujen lukemien pyöristyksistä, kaupunkien puhdistamoilta tuotavien lietteiden ravinnemäärien epätarkkuudesta jne. Kymin puhdistamon ravinnetaseet vuoden 2004 loka-joulukuulta esitetään Sankey diagrammeina liitteessä 4 ja taseiden tulokset taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4 Puhdistamon ravinnetaseet loka-joulukuussa 2004.

	Typpitase [kg/d]	Fosforitase [kg/d]
Lokakuu	7	-14
Marraskuu	471	65
Joulukuu	89	30

Negatiiviset arvot tarkoittavat sitä, että aktiivilieteprosessiin täytyy tulla vielä jostakin lisää kyseistä ravinnetta taseen tasapainon saavuttamiseksi. Typen tapauksessa tämä tarkoittaa sitä, että typpeä tulee ilmasta lisää prosessiin taseen typpivajausta vastaava määrä, mutta fosforia ei voi tulla typen lailla mistään lisää prosessiin. Positiivinen arvo tarkoittaa puolestaan sitä, että prosessista täytyy taseen tasapainon saavuttamiseksi poistua kyseistä ravinnetta taseen ilmoittama määrä. Typpi- ja fosforitaseet ovat lokakuussa melko lähellä nollaa, joten taseen vajoaus menee todennäköisesti määrittämisvirheiden sisään. Eli lokakuun ravinnetase on tasapainossa.

Marras- ja joulukuussa sekä typpi että fosforitaseet ovat positiivisia, joten tämä tarkoittaa sitä, että prosessista täytyy taseen tasapainon saavuttamiseksi poistua kyseistä ravinnetta taseen ilmoittama määrä. Tyypeä voi haihtua ilmakehään nitrifikaation ja sitä seuraavan denitrifikaation seurauksena taseen ilmoittama määrä, mutta fosforitaseen tasapainottamiseksi ei tällaista vaihtoehtoa ole.

Fosforia ei voi haihtua ilmaan kuten tyypeä, joten ainoa vaihtoehto selittää fosforitaseen melko suurta epätasapainoa ovat määritysvirheet. Todennäköisesti myös tyypitaseen epätasapainoa selittävät osittain biologisen tyypenpoiston lisäksi määritysvirheet.

#### **4.3.4 Johtopäätökset**

Kouvolan lietteiden mukana tullut fosfori ja typpi olivat sellaisessa muodossa, että mikro-organismit pystyivät ne hyödyntämään, koska puhdistustulos pysyi hyvänä. Aktiivilietelaitokselta lähtevän virtauksen liukoisen fosfori- ja ammoniumtyppikuorman ei voida sanoa lisääntyneen merkittävästi, joten aktiiviliete sitoi tehokkaasti ylimääräisten lietteiden mukana tulleet ravinteet. Yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilta tuotavilla lietteillä pystytään siis korvaamaan sellu- ja paperiteollisuuden aktiivilietelaitoksilla käytettäviä ravinteita ja kyseisen koeajon aikana lietteiden sisältämä fosfori korvasi puhdistamolla käytettävän fosforihapon.

#### **4.4 Case Blandin**

UPM-Kymmene Oyj hankki vuonna 1997 omistukseensa Blandin Paper:n, joka sijaitsee USA:ssa, Minnesotan n. 7700 asukkaan Grand Rapids:ssa. Blandinin paperintuotantokapasiteetti on n. 350 000 tonnia päällystettyä aikakauslehtipaperia (UPM-Kymmene Oyj) ja myös tämän tehtaan jätevedet puhdistetaan yhdessä kunnallisten jätevesien kanssa. Puhdistus tosin ei tapahdu tehtaan puhdistamolla, vaan Grand Rapids:n kaupungin yhdyskuntajätevesien käsittelylaitoksella. Yhdyskuntajätevesien virtaama on vain n. 10 % tehtaan jätevesivirtaamasta. (Minnesota Department of Natural Resources 2004) Taulukkoon 4.5 on koottu Blandinin tehtaan jätevesivirtaaman tunnuslukuja:



Taulukko 4.5 Tehtaan jäteveden ominaisuuksia. (Minnesota Department of Natural Resources 2004, 27)

	Arvo
pH	6-9
TSS	32 t/d
BOD <sub>7</sub>	15 t/d
CBOD	31 t/d
Virtaama	31 000 m <sup>3</sup> /d (maksimi)
Virtaama	22 000 m <sup>3</sup> /d (keskiarvo)
Lämpötila	44 °C (keskiarvo)
Lämpötila	52 °C (maksimi)

Tehtaan jätevedet johdetaan kaupungin puhdistamolle, jossa ne ohjataan esikäsittelyn kautta biologiseen puhdistukseen. Grand Rapids:n puhdistamo koostuu kahdesta erillisestä alueesta, jotka ovat n. mailin päässä toisistaan. Toisella alueella suoritetaan jätevesien esikäsittely ja toisella biologinen puhdistus. Esikäsittelyä käytetään lähinnä tehtaan jätevesien käsittelyssä, koska ainoastaan tehtaan jätevedet menevät esiselkeytykseen, ja yhdyskunta-jätevedet pelkästään välpätään.

Esikäsittelyn jälkeen yhdyskunta- ja teollisuusjätevedet puhdistetaan yhdessä aktiiviliete-prosessissa. Prosessissa on kaksi ilmastusallasta joista nykyisin vain toinen on käytössä tehtaan pienentyneiden jätevesivirtaamien vuoksi. Aktiiviliete erotetaan vedestä kolmessa jälkiselkeytysaltaassa, joista jätevesi jatkaa vielä kolmeen isoon laskeutusaltaaseen ja purkautuu vasta tämän vaiheen jälkeen Mississippi-jokeen.

## **5 YHTEISPUHDISTUKSEN TOTEUTTAMINEN KUUSANKOSKELLA**

### **5.1 Etuja ja haittoja**

#### **5.1.1 Jätteenpolttodirektiivi**

Euroopan Unionin parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteenpoltosta (2000/76/EY) tuli voimaan vuoden 2000 lopulla ja se on sovitettu Suomen lainsäädäntöön jätteenpolttoasetuksella ja ympäristönsuojeluasetuksen muutoksella. Asetus on tullut voimaan kesäkuussa 2003, mutta nykyisille poltto- ja rinnakkaispolttolaitoksille sovelletaan kumottuja säädöksiä vuoden 2005 loppuun asti. (Ympäristöministeriö 2003; Lohiniva et al. 2001, 25)

Jätteenpolttoasetuksella ja ympäristönsuojeluasetuksen muutoksella säädetään vaatimukset, poikkeukset lukuun ottamatta, kaikelle jätteenpoltolle. Vaatimukset perustuvat parhaaseen

käytettävissä olevaan tekniikkaan ja koskevat poltettavan jätteen laadun selvittämistä, poltto-olosuhteita, päästöjä ilmaan ja veteen, päästöjen mittaamista, toimintaa häiriötilanteissa ja poltossa syntyvän jätteen käsittelemistä ja hyödyntämistä. Yhdyskuntajätteenpolttolaitoksille tulee uutena vaatimuksena typenoksidipäästöjen päästöarvo sekä nykyistä tiukemmat päästöjen mittausvaatimukset. (Ympäristöministeriö 2003)

Asetuksen vaikutukset yhdyskuntajätteen polttoon ovat huomattavat, joten nykyisillä laitoksilla pienimuotoinen yhdyskuntajätteen energiahyötykäyttö tulee päättymään. Ongelma-  
jätteiden ja teollisuuden jätteenpolton toiminnalle asetuksella ei ole juurikaan vaikutusta (Ympäristöministeriö 2003). Jätteenpolttodirektiivin piiriin eivät esimerkiksi kuulu laitokset, joissa käsitellään ainoastaan seuraavia jätteitä (EUR-Lex 2000):

- maa- ja metsätalouden kasviperäinen jäte;
- ensiömassan tuotannon ja massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvä kuituainetta sisältävä kasviperäinen jäte, jos rinnakkaispoltto tapahtuu tuotantopaikalla ja syntyvä lämpö hyödynnetään

Yhdyskuntajätevesien ja sellu- ja paperitehtaanjätevesien yhteiskäsittelyn kannalta onkin siis kyseenalaista voidaanko jätevesien aktiivilietekäsittelyssä syntyvä liete edelleen polttaa metsäteollisuuden voimalaitosten kattiloissa kasviperäisen jätteenpolttoaineen seassa ilman, että lietteenpoltto siirtyy jätteenpolttodirektiivin alaiseksi. Lietteenpolton siirtyminen direktiivin alaiseksi tietäisi käytössä oleville laitoksille suuria kustannuksia jouduttaessa investoimaan uusiin polttoaineen syöttöjärjestelmiin ja savukaasunpuhdistuslaitteistoon (Lohiniva et al. 2001, 25).

Voimalaitosten lupahakemuksissa voi anoa lupaa pienimuotoiselle yhdyskuntajätevesistä peräisin olevan lietteen rinnakkaispolttolle, jotta lietteenpoltto ei menisi jätteenpolttodirektiivin alaiseksi. Jos lupaa ei myönnetä, tällöin jää nähtäväksi kuinka halukkaita metsäteollisuusyritykset ovat tekemään investointeja kuorikattiloiden mittausjärjestelyihin jne. vain sen takia, että tehtaan puhdistamon biolietteen seassa oleva pieni määrä yhdyskuntalietettä voidaan polttaa kuoren sekä bio- ja primäärilietteen seassa kuorikattilassa.

UPM:n Rauman tehtaan voimalaitos on jo saanut uuden ympäristölainsäädännön mukaisen ympäristöluvan Länsi-Suomen ympäristölupavirastolta (Dnro LSY-2003-Y-100), jolla tehtaan voimalaitokselle on annettu lupa polttaa sekalietettä kiertopeti- ja leijukerroskattilassa muiden polttoaineiden seassa. Sekalietteellä tarkoitetaan lietettä mikä on peräisin UPM:n Rauman aktiivilietelaitokselta, eli se sisältää sellu- ja paperitehtaan sekä Rauman kaupungin jätevesien puhdistuksessa syntynyttä lietettä. Lietteen kuiva-aineesta n. 3 % on peräisin kaupungin jätevesien kiintoaineesta. Lupapäättöstä on tältä osin perusteltu seuraavasti:

"Paperi- ja sellutehtaan jätevedenpuhdistamolta peräisin olevan lietteen ei ole katsottu kuuluvan jätteenpolttoasetuksen soveltamisalaan, vaikka se sisältää ensiomassan tuotannon ja paperin tuotannon yhteydessä syntyvän kuituaineen lisäksi yhdyskuntajätevesistä peräisin olevaa lietettä, ottaen huomioon, että yhdyskuntajätevedestä peräisin olevan lietteen osuus lietteen kokonaismäärästä on vain noin 3 % ja että metsäteollisuuden ja kaupunginjätevesien yhteispuhdistus vähentää merkittävästi mereen joutuvaa typpipäästöä." (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2004)

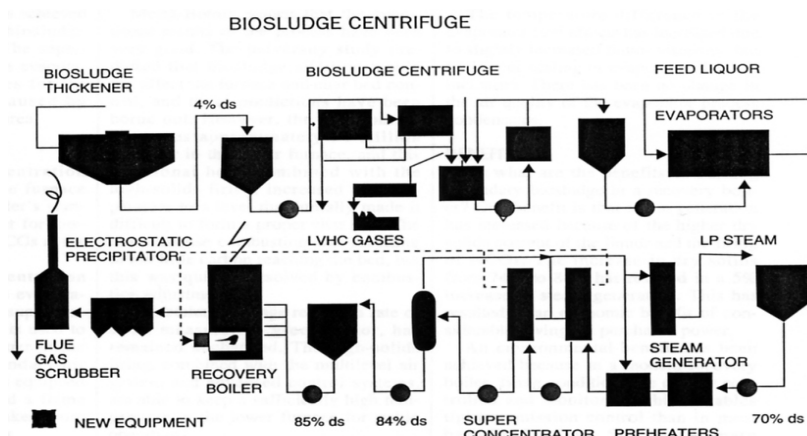
### **5.1.1.1 Lietteenpoltto**

Yleisin tapa jätevesien biologisessa puhdistuksessa syntyvän ylijäämälietteen hävittämiseksi on sekoittaa se kuitulietteeeseen ja puristaa seos mahdollisimman kuivaksi, jonka jälkeen kuivattu liete poltetaan kiinteän polttoaineen kattilassa. Tällaisen lietteenkäsittelyn kustannukset ovat melko suuret ja ilmapäästöt vaihtelevat kattilatyypeittäin. (Harila & Knuutila 1994, 396) Myös Kymillä on käytössä kyseinen menetelmä, jossa puristamalla kuivattua primääri- ja ylijäämälietteen seosta poltetaan kuorikattilassa.

Puhdistamalla syntyvää ylijäämälietettä voidaan kuorikattiloiden lisäksi polttaa soodakattilassa. Menetelmä ylijäämälietteen poltolle soodakattilassa kehitettiin Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtaalla, jossa ylijäämäliete on poltettu soodakattilassa vuodesta 1993 lähtien (Kaila & Isoniemi 1995, 36). Metsä-Botnia polttaa myös Joutsenon tehtaallaan ylijäämälietteen soodakattilassa (Oy Metsä-Botnia Ab 2004, 6). Seuraavassa esitetään Metsä-Botnian Kemin tehtaiden tapa hävittää bioliete soodakattilassa.

Jätevedenpuhdistamolta, biolietteen tiivistimistä, tuleva 3 – 4 %:nen ylijäämäliete pumpataan säiliöön, joka toimii välivarastona ja ajojen tasaajana. Säiliöstä bioliete pumpataan lingoille, jossa lietteestä poistetaan vettä taloudellisemman käsittelyn aikaansaamiseksi. Lingottu bioliete käsitellään fysikaalisesti ja kemiallisesti, jonka jälkeen liete syötetään säiliön kautta haihduttamolle. Bioliete pumpataan heikkomustalipeän mukana haihduttamolle, jossa se väkevöidään haihduttamalla n. 70 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Haihduttamolta lipeä/bioliete pumpataan vahvalipeäsäiliöön. Soodakattilasta tuleva tuhkasuola sekoitetaan lipeään säiliön erillisessä lipeäkierrossa ennen sen johtamista superväkevöintiin. (Harila & Knuutila 1994, 397)

Superväkevöinnissä biolietteen ja tuhkasuolan sisältämä vahvalipeä esilämmitetään lämmönvaihtimissa. Seuraavaksi seos menee kaksivaiheiseen superväkevöintiin. Molemmat superväkevöintiyksiköt käyttävät 8 bar:n höyryä haihdutukseen. Superväkevöinnin jälkeen lipeä johdetaan paisunta-astiaan, jonka jälkeen se ohjataan varastosäiliöön. Paisunta-astiassa lipeä väkevöityy lopulliseen polttoväkevyyteen ja sen lämpötila säädetään sopivaksi polttoa varten. Superväkevöity lipeä pumpataan polttoliipeäsäiliöstä soodakattilan normaaliin lipeärenkaaseen ja edelleen lipeäsuuttimen kautta kattilassa poltettavaksi. (Harila & Knuutila 1994, 397-398) Prosessikuva biolietteen polttamiseksi soodakattilassa esitetään kuvassa 5.1.



Kuva 5.1 Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtaassa ylijäämälietteen hävitysmenetelmä. (Kaila & Isoniemi 1995, 36)

Biolietteen mustalipeäkäsittelyn käyttöönotto muuttaa mustalipeän kemiallista koostumusta (alkuaineet, tuhka), kuiva-ainepitoisuutta, kiintoainepitoisuutta, viskositeettia ja lämpöarvoa (Liimatainen 1994, 111). Metsä-Botnian Kemin tehtaalla biolietteen lisääminen mus-

talipeän joukkoon on nostanut hieman lipeän kuiva-ainepitoisuutta (Kaila & Isoniemi 1995, 37), väkevöidyn lipeän lämpöarvon on todettu nousseen mustalipeään lisätyn biolietteen seurauksena ja viskositeetin on havaittu muuttuvan hieman, jos biolietteen pitoisuus on muuttunut (Harila & Kivilinna 1999, 191). Suurissa kuiva-ainepitoisuuksissa bioliete suurentaa mustalipeän viskositeettia, joka yleensä vaikuttaa lämpöpintojen lämmönsiirtokertoimiin vähentävästi, mikä puolestaan lisää haihdutuksen tehonkulutusta (Liimatainen 1994, 112). Kemin tehtailla mustalipeän palamisominaisuudet (kuivumisaika, pyrolyysiaika, hiilen palamisaika, turpoaminen) ovat muuttuneet vain vähän ja biolietteen ei ole todettu aiheuttavan likaantumista haihduttamalla (Harila & Kivilinna 1999, 191).

Metsä-Botnian Kemin tehtailla biolietteen polton ei ole todettu vaikuttavan tulipintojen likaantumiseen eivätkä nokeentuminen tai kattilan tukokset ole lisääntyneet. Biolietteen poltto ei ole lisännyt ilmapäästöjä eikä sillä ole ollut vaikutusta dioksiinipäästöihin. Bioliete näyttääkin soveltuvan hyvin poltettavaksi soodakattilassa mustalipeän seassa. (Harila & Kivilinna 1999, 191)

Metsä-Botnian Kemin tehtaalla mustalipeän kuiva-ainevirta on n. 2 900 t/d ja biologisen lietteen määrä (kuiva-aine) puolestaan n. 15 t/d eli biolietteen osuus mustalipeän määrästä on vain n. 0,5 % (Harila & Knuutila 1994, 397). Kymillä soodakattilaan 1 menevä mustalipeän kuiva-ainevirta on n. 700 t/d ja kattilaan 2 n. 1 800 t/d. Mustalipeä syötetään soodakattilaan n. 75 %:n kuiva-ainepitoisuudessa. Ylijäämälietteen määrä puolestaan on n. 33 t/d (kuivatonna). Täten biologisen lietteen osuus mustalipeästä on n. 1,3 %. Kymin soodakattiloihin biolietteen poltto mustalipeän seassa toisi yhteensä n. 3,2 t/d tuhkalisäyksen.

Määrällisesti biolietteen osuus ei siis ole suuri mustalipeän seassa, mutta jos Kymin soodakattiloissa alettaisiin polttaa myös biolietettä, niin haihdutustarve todennäköisesti lisääntyy. Sillä, että puhdistamon ylijäämäliete sisältää myös yhdyskuntajätevesistä peräisin olevaa lietettä, ei todennäköisesti ole merkitystä.

Biolietteen sisältämät alkuaineet voivat rikastua kemikaalikiertoon (Liimatainen 1994, 70-71), joten tarkastellaan seuraavaksi taulukon 5.1 avulla yhdyskuntalietteiden ja sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitoksen biolietteen koostumusta eräiden metallien osalta. Kymin

biolietenäytteet on otettu 13.4.1999, 27.5.1997 sekä 3.6.1997 ja Akanojan lietenäyte 13.1.2004.

Taulukko 5.1 Biolietteiden metallipitoisuuksia.

	Kymi <sup>(1)</sup>	Kymi <sup>(2)</sup>	Kymi <sup>(3)</sup>	Akanoja <sup>(4)</sup>	Vertailu 1 <sup>(5)</sup>	Vertailu 2 <sup>(5)</sup>	Vertailu 3 <sup>(5)</sup>
	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>	% <sub>ka</sub>
Fe	0,24	0,13	0,15	11,0	0,15	0,25	1,3
Zn	0,042	0,011	0,007	0,03			
Ca	2,9	2,0	2,4	0,19	1,1	1,9	1,8
Mg	0,24	0,27	0,24	0,16	0,66	0,99	0,98

<sup>1</sup> näyte otettu 13.4.1999

<sup>2</sup> näyte otettu 27.5.1997

<sup>3</sup> näyte otettu 3.6.1997

<sup>4</sup> näyte otettu 13.1.2004

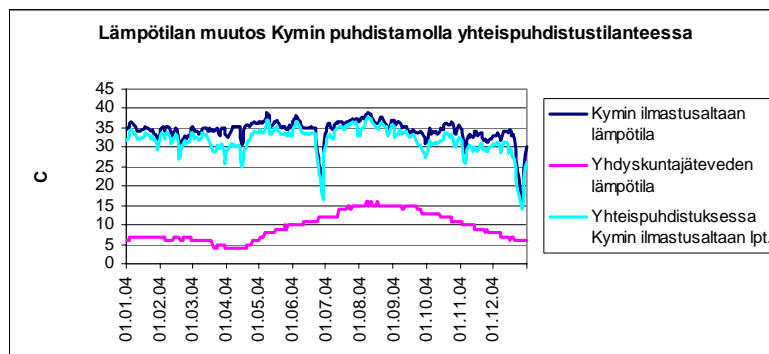
<sup>5</sup> Biolietteiden metallipitoisuuksia eräiltä valkaisuamatonta selluloosaa tuottavilta tehtailta (Liimatainen 1994, 12)

Rautapitoisuus yhdyskuntajätevesistä peräisin olevassa lietteessä on huomattavasti suurempi, kuin Kymin puhdistamolla syntyvässä biolietteessä, mikä on seurausta Akanojan puhdistamolla käytettävästä saostuskemikaalista ferrikloridisulfaatista. Kymin biolietteen rautapitoisuus on kyseisillä näytteenotto-kerroilla ollut korkeimmillaan 0,24 %<sub>ka</sub>, kun se on yhdyskuntalietteissä 11 %<sub>ka</sub>. Vaikka taulukossa 5.1 Kymin bioliete sisältää myös Akanojan lietteet, ei rautapitoisuus Kymin lietteessä kuitenkaan sisällä huomattavaa määrää rautaa verrattaessa vertailukohteiden rautapitoisuuksien arvoihin. Tämä johtuu siitä, että kunnallisella aktiivilietelaitoksella syntyvän yhdyskuntalietteen määrä on vähäinen verrattuna Kymin aktiivilietelaitoksen ylijäämälietteen määrään, joten yhdyskuntalietteiden rauta tai muidenkaan metallien määrät eivät juuri erotu Kymin lietteiden seassa. Tästä voidaan päätellä, että yhdyskuntalietteet eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia kemikaalikierrossa sen enempää, kuin pelkkä sellu- ja paperitehtaan jätevesistä peräisin oleva ylijäämäliete. Mutta jos tulevaisuudessa päätetään aloittaa biolietteen polttaminen soodakattilassa, täytyy lietteiden raskasmetallipitoisuudet selvittää perusteellisemmin.

### 5.1.2 Lämpötilan muuttuminen tehtaalla puhdistamolla

Kymin puhdistamon ilmastuksen keskimääräinen lämpötila vuonna 2004 oli n. 34,3 °C eli laitos toimii mesofiilisten bakteerien toiminta-alueella, joiden optimi lämpötila-alue on 25 – 40 °C. Kaupungin jätevedet puolestaan ovat huomattavasti viileämpiä ja vuonna 2004 Akanojan puhdistamolle tulevien jätevesien keskimääräinen lämpötila oli vain n. 9,5 °C.

Kuvassa 5.2 esitetään, puhdistamojen vuoden 2004 tietojen avulla, miten lämpötila saattaa tulla muuttumaan Kymin aktiivilietelaitoksen ilmastuksessa yhteispuhdistukseen siirryttäessä.



Kuva 5.2 Tehtaan ilmastuksen, Akanojalle tulevan jäteveden sekä yhteispuhdistustilanteen lämpötilat vuoden 2004 kuukausikeskiarvoina.

Kuvassa 5.2 esitettävä yhteispuhdistuksen lämpötilakäyrä on muodostettu tehtaan ilmastusaltaan ja Akanojan puhdistamolle tulevan jäteveden lämpötilojen perusteella siten, että lämpötilat on painotettu kummallekin puhdistamolle tulevilla jätevesivirtaamilla. Kymin ilmastusaltaaseen menevä jätevesivirtaama oli vuonna 2004 n. 123 000 m<sup>3</sup>/d ja Akanojan puhdistamon käsittelemä jätevesimäärä oli vastaavasti n. 13 800 m<sup>3</sup>/d.

Kuvitteellisessa yhteispuhdistustilanteessa kyseisenä vuonna, Kymin ilmastusaltaan lämpötila olisi vuosikeskiarvona ollut n. 31,9 °C eli lämpötila olisi laskenut n. 2,4 °C:lla. Lämpötila olisi kuitenkin pysynyt mesofiilisten bakteerien optimitoiminta-alueen sisäpuolella, joten bakteerien toimintakyky säilyy hyvänä. Yhteispuhdistustilanteen alhaisin lämpötila 14,2 °C olisi saavutettu 27.12.2004 ja toiseksi alhaisin 28.6.2004 n. 16,4 °C. Joulukuun arvo on alhainen, koska tehtaalla pidetään seisokki joulukuun loppupuolella ja kesäkuun arvo on alhainen samasta syystä.

Teoriaosuudessa mainittiin, että lämpötilan lasku ilmastuksessa saattaa aiheuttaa kiintoaineen määrän lisääntymistä puhdistamolta lähtevässä jätevedessä. Akanojan puhdistamon viileät jätevedet saattavat siis joulukuun ja kesäkuun seisokkiaikana aiheuttaa sen, että tehtaan puhdistamolta karkaa normaalia enemmän kiintoainetta Kymijokeen mutta huomattavaa muutosta tuskin kuitenkaan tapahtuu kiintoainepäästön suhteen tarkasteltaessa asiaa vuosi-

tasolla. Lämpötilan lasku voi myös aiheuttaa ravinteiden lisääntyntä kulutusta, kuten teoriaosuudessa ja kohdassa 4.1.2.1 todettiin.

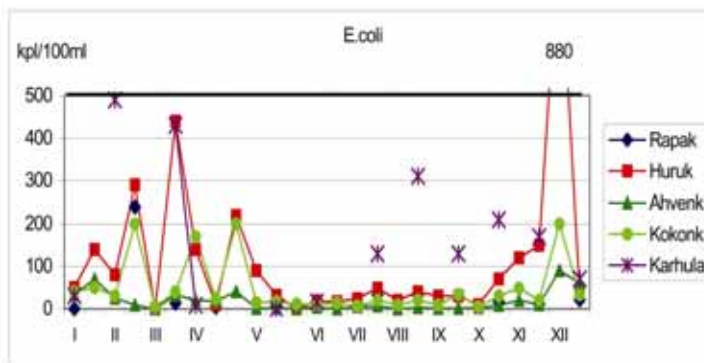
Kriittisintä aikaa Kymin puhdistamolla lämpötilojen kannalta ovat kesäkuukaudet, koska tuolloin ilmastuksen lämpötilat saattavat nousta liian korkealle. Korkein lämpötila Kymin ilmastuksessa on ollut kyseisenä vuonna 8. elokuuta, jolloin lämpötila oli 39,1 °C. Tuolloin ollaan jo oltu lähellä mesofiilisten bakteerien toimintakyvyn lamaanuttavaa lämpötilaa. Yhteispuhdistustilanteessa tuona päivänä lämpötila olisi ollut n. 37,9 °C. Kymin puhdistamon ilmastusaltaan lämpötila vuoden 2004 kesäkuussa oli n. 33,0 °C, heinäkuussa n. 36,2 °C ja elokuussa n. 37,1 °C. Yhteispuhdistustilanteessa lämpötila olisi ollut kesäkuussa n. 31,3 °C, heinäkuussa 34,5 °C ja elokuussa 35,6 °C. Lämpötiloissa tapahtuu siis n. 1,7 – 1,5 °C lasku. Esi-ilmastusaltaassa olevat pintailmastimet pystyvät laskemaan jäteveden lämpötilaa n. 2 °C, joka vastaa yhdyskuntajätevesien aiheuttamaa lämpötilan laskua.

### **5.1.3 Kymijokeen kohdistuvat hygieeniset riskit**

Uimavesi ei saa aiheuttaa terveyshaittoja vedessä uiville, joten uimaveden laadun tulee täyttää tietyt laatuvaatimukset. Fekaalisia koleja täytyy olla alle 500/100 ml ja fekaalisia enterokokkeja alle 200/100 ml. Koliformisten bakteerien määrän täytyy olla alle 10 000/100 ml uimarannoilla, joilla on päivittäin yli sata käyttäjää. Kunnat seuraavat veden hygieenistä laatua alueensa uimarannoilla. (Åkerberg 2004a)

Kuvassa 5.3 on nähtävissä *Escherichia colien* määrät Kymijoen alaosan tarkkailupaikoilla vuonna 2002. *E. colien* määrä oli suurimmillaan Hurukselassa joulukuussa ja toisinaan vedessä ei todettu lainkaan *E. colia*. Huomioitavaa on nyt myös se, että kesäaikaan pitoisuudet ovat olleet pieniä, joten tämä viittaa bakteerien kuolemisnopeuden kiihtymiseen veden lämmitessä. (Åkerberg 2004a) Kymin puhdistamolalta lähtevän jäteveden lämpötila on korkeampi kuin Akanojan puhdistamolalta lähtevän virtauksen eli tämä saattaa hieman pienentää bakteerikuormitusta.





Kuva 5.3 Escherichia colien määrä Kymijoen näyteasemilla vuonna 2002. (Åkerberg 2004a)

Yhdyskuntajätevesien johtaminen Kymin aktiivilietelaitokselle aiheuttaisi siis sen, että puhdistamon purkupaikalle ilmaantuisi myös yhdyskuntajätevesistä peräsin olevia bakteereita ja viruksia, jotka aikaisemmin purkautuivat Akanojan purkupaikalle. Tosin Kymin puhdistamolle on tuotu Akanojan lietteet vuodesta 1996 lähtien, joten huomattavaa muutosta jokialueen vedenlaatuun on tuskin odotettavissa. Akanojan puhdistamolta purkautuvaa puhdistettua jätevettä ei nykyisin enää kloorata, koska ympäristön kannalta siitä olisi enemmän haittaa kuin hyötyä (Kuskelin 2005). Tämäkin seikka puoltaa sitä oletusta, että Kuusankosken jokialueen hygieeniseen tilaan tuskin on odotettavissa muutosta, koska yhdyskuntajätevesiä ei kloorata tälläkään hetkellä vaikka Akanojan puhdistamolla valmius siihen onkin.

Keskustelussa ympäristönvalvonnan johtajan Arja Arvosen kanssa selvisi kuitenkin, että Kuusankosken keskustan jokialueen bakteeritilanteen muuttumiseen yhteispuhdistuksella ei todennäköisesti ole vaikutusta, mutta veden laatu saattaa silti huonontua yhteispuhdistukseen siirryttäessä ja häitätä joen virkistyskäyttöä. Veden laatu keskustan jokialueella on ollut hyvällä tasolla aktiivilietelaitosten aloitettua toimintansa ja tilannetta saattaa muuttaa huonompaan suuntaan yhdyskuntajätevesien sisältämät virukset. Ennen yhteispuhdistuksen aloittamista olisikin syytä tehdä yhdyskuntajätevedelle virusanalyysyjä, joiden perusteella voidaan päätellä miten yhteispuhdistustilanne tulee muuttamaan joen virkistyskäyttöä. (Arvonen 2005)

### 5.1.4 Kymijokeen kohdistuvan kuormituksen muutos

Kymin puhdistamon Kymijokeen aiheuttamaa kuormitusta yhteispuhdistustilanteessa voidaan arvioida excel-pohjaisella "Kuusanniemen sellutehtaan päästöjen simulointi" simulointimallilla. Mallilla voidaan arvioida tehtaiden puhdistamolle aiheuttamaa kuormitusta ja puhdistamolta Kymijokeen aiheutuvaa kuormitusta käyttäen lähtötietoina tehtaiden tuotanto- ja prosessivesitietoja sekä puhdistamolle tulevaa yhdyskuntajätevesikuormaa.

Akanojan puhdistamon vuoden 2004 tulokuormitus oli seuraava: virtaama 13 800 m<sup>3</sup>/d, BOD<sub>7</sub>-kuorma 2 400 kg/d, COD-kuorma 5 600 kg/d, fosforikuorma 91 kg/d, typpikuorma 570 kg/d ja kiintoainekuorma 4 500 kg/d. Taulukkoon 5.2 on koottu simulointimalliin sijoitettavat tiedot tehtaiden tuotantojen aiheuttaman jätevesikuorman määrittämiseksi. Kyseisessä taulukossa esitetään tehtaiden nykyiset tuotannot, kaksi ennustetta tehtaiden tuotantojen kehittymisestä tulevaisuudessa sekä tehtaiden prosessivesikulutukset.

Todennäköinen tuotantoennuste, jonka voisi olettaa lähivuosina toteutuvan, on ennusteen 1 mukainen. Kymille haettavassa ympäristöluvassa tuotannot on ilmoitettu ennusteen 1 mukaisilla luvuilla mutta ennusteen toteutuminen vaatii kuitenkin talteenottolinjan osittaista uusimista. Toinen ennuste tuotannoille, joka voi toteutua vuoteen 2014 mennessä, on ennusteen 2 mukainen. Ennusteen 2 toteutuminen edellyttää ainakin talteenotto- ja kuitulinjan tiettyjen osien uusimista. (Jussila 2005b)

Taulukko 5.2 Tehtaiden tuotantoja ja prosessivesikulutukset. (Jussila 2005b)

	Nykyinen tuotanto <sup>1</sup>	Ennuste 1 <sup>1</sup>	Ennuste 2 <sup>1</sup>	Prosessivesikulutus <sup>2</sup>
Sellu	495 000 t/a	600 000 t/a	700 000 t/a	39,6 m <sup>3</sup> /t <sub>sellua</sub>
Kymin paperi (PK 7-9)	780 000 t/a	1 000 000 t/a	1 200 000 t/a	13,8 m <sup>3</sup> /t <sub>paperia</sub>
Kymin paperi (PK 1-2)	20 000 t/a			140 m <sup>3</sup> /t <sub>paperia</sub>
Voikkaan paperi	380 000 t/a	450 000 t/a	500 000 t/a	18,4 m <sup>3</sup> /t <sub>paperia</sub>

<sup>1</sup> Käyntipäiviä 350

<sup>2</sup> Ajanjaksolla 1.1.2005 – 31.3.2005

Yhdyskuntajäteveden COD-, ja BOD-kuormat ovat vähäisiä verrattuna tehtaiden jätevesien Kymin aktiivilietelaitokselle aiheuttamaan kuormaan. Typpeä ja fosforia yhdyskuntajätevedet sisältävät orgaaniseen kuormaansa nähden enemmän, kuin tehtaiden jätevedet. Akanojan puhdistamolle vuonna 2004 mennyt keskimääräinen kuormitus verrattuna tehtai-

den Kymin puhdistamolle aiheuttamaan kuormaan esitetään liitteessä 5. Tehtaiden aiheuttama jätevesikuorma on määritetty simulointimallilla, johon on lähtötiedoiksi sijoitettu tehtaiden nykyisen tuotannon arvot, prosessivesikulutukset sekä ennusteiden 1 ja 2 arvot. Simulointimalli saattaa antaa hieman liian alhaisia tuloksia tehtaiden ravinne- ja kiintoainekuormalle.

Edellä esitettyjä lähtötietoja hyödyntäen voidaan mallilla simuloida myös Kymin puhdistamolta jokeen aiheutuvaa kuormitusta. Simulointimallissa lähtötietoina käytettävät yhdyskuntajätevesien eri virtaama-arvojen sisältämät kiintoaine-, BOD-, COD-, fosfori-, ja typipikuormat on määritetty Akanojan puhdistamon kuukausitarkkailutiedoista aikaväliltä 2002-2004 ja ensimmäiseltä vuosineljännekseltä 2005. Akanojan puhdistamon tarkkailutiedot edellä mainituista epäpuhtauspitoisuuksista jätevesivirtaaman funktiona esitetään liitteessä 6. Liitteen 6 kuvaajista on siis määritetty simulointimalliin sijoittamista varten eri yhdyskuntajätevesivirtaamille niiden sisältämät kiintoaine-, COD-, BOD- ja ravinnekuormat.

Simulointimallin antamat tulokset jokeen kohdistuvalle kuormitukselle yhteispuhdistustilanteessa eri tehtaiden tuotantovaihtoehdoilla sekä kaupungin jätevesivirtaaman arvoilla 13 800 m<sup>3</sup>/d, 15 000 m<sup>3</sup>/d, 17 000 m<sup>3</sup>/d ja 22 000 m<sup>3</sup>/d esitetään liitteessä 8 pylväskuvaajina. Liitteen 8 kuvaajien muodostamisessa käytetty yhdyskuntajäteveden virtaama 13 800 m<sup>3</sup>/d on vuoden 2004 todellinen Akanojan puhdistamolle puhdistukseen mennyt keskimääräinen virtaama ja sen sisältämät epäpuhtauskuormat on esitetty edellä. Muut yhdyskuntajäteveden virtaamien sisältämät epäpuhtauskuormat on siis määritetty liitteen 6 kuvaajien perusteella.

Liitteen 8 kuvaajissa on vertailukohtana käytetty erillispuhdistusta eli tilannetta, jolloin puhdistamot toimivat nykyisellä tavalla erikseen. Tällöin kuvaajien muodostuksessa on ainoastaan laskettu yhteen puhdistamojen jokeen aiheuttamat kuormat vastaavilla tehtaiden tuotantomäärillä sekä yhdyskuntajätevesien virtaamilla. Akanojan puhdistamon Kymijokeen aiheuttama kuorma eri virtaamilla esitetään liitteessä 7. Liitteen 7 kuvaajat on muodostettu vastaavasti kuin liitteen 6 kuvaajat.

Liitteen 8 kuvaajista on nähtävissä, että yhteispuhdistustilanteessa kiintoainekuormitus jokeen saattaa hieman suurentua, COD-kuormitus pysyy melkein ennallaan, mutta typpi-, fosfori-, ja BOD-kuorma tulevat vähenemään. Erityisesti typpikuorma tulee vähenemään runsaasti. Yhdyskuntajäteveden virtaaman vaihtelu ei näyttäisi vaikuttavan yhteispuhdistustilanteessa puhdistamolta lähtevään kiintoaine-, COD-, BOD-, typpi- tai fosforikuormaan kovinkaan paljoa.

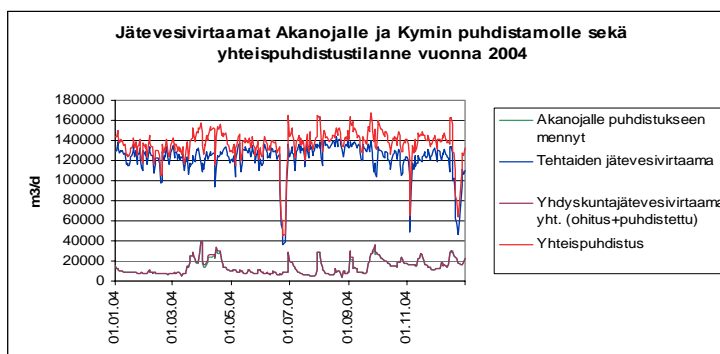
Yhdyskuntajätevesimäärän kasvaessa 13 800 m<sup>3</sup>/d:sta esimerkiksi 22 000 m<sup>3</sup>/d:oon jäteveden puhdistamolle tuomat epäpuhtauskuormat eivät lisäänty kovinkaan paljoa. Tämä johtuu siitä, että yhdyskuntajäteveden virtaaman kasvaessa sen sisältämät epäpuhtauspitoisuudet pienenevät, joten virtaaman kasvaessa epäpuhtauskuormitus ei pääse lisääntymään kuin tiettyyn virtaaman arvoon asti. Tämä on nähtävissä liitteen 6 kuvaajista, jossa epäpuhtauspitoisuus pienenee virtaaman kasvaessa. Tästä voidaankin päätellä, että Kymin puhdistamon kapasiteetti riittää kyllä poistamaan yhdyskuntajäteveden sisältämät epäpuhtaudet riittävän hyvin, joten yhteispuhdistusta mahdollisesti rajoittava tekijä Kymin puhdistamolla on jälkiselkeytyskapasiteetin riittämättömyys. Kymin puhdistamolle vaadittavat muutokset tulevatkin yhteispuhdistustilanteessa koskemaan siis lähinnä jälkiselkeytyksen laajentamista.

Simulointimallin antamat tulokset eri kuormille poikkeavat todellisista Kymijokeen kohdistuvista kuormista jonkin verran. Eniten poikkeaa fosforikuorma, mutta tämä johtuu siitä, että simulointimalli laskee fosforikuorman malliin annetun puhdistetun jäteveden jäännöspitoisuuden perusteella. Tällöin simulointimallin antamaan tulokseen fosforikuormasta vaikuttaa eniten puhdistamolta lähtevä virtaama enemmän kuin puhdistukseen tullut fosforikuorma tai fosforireduktio ja todellisuudessa puhdistamolta lähtevän jäteveden fosforimäärä ei ole vakio. Malli saattaa antaa fosforikuorman arvot todellisuutta suurempina. Jäännöspitoisuuden perusteella määräytyvät myös typpi- ja kiintoainekuormat. BOD- ja COD-kuormat simulointimalli laskee reduktioprosenttien perusteella, ja ne vastaavat melko hyvin puhdistamolta todellisuudessa lähtevää kuormaa. Mutta vaikka simulointimallin antamat tulokset eivät välttämättä vastaa yhteispuhdistuksen Kymijokeen aiheuttamia todellisia kuormia, voidaan sen antamalla tuloksilla kuitenkin määrittää mihin suuntaan Kymijokeen kohdistuva kuormitus tulee muuttumaan verrattuna erillispuhdistukseen.

## 5.2 Kymin puhdistamon kapasiteetti

### 5.2.1 Virtaamien simulointi

Akanojalta tulevan jätevesimäärän vastaanottokyky Kymin puhdistamolla riippuu tehtaiden aiheuttamasta jätevesikuormasta. Kymin sellu- ja paperitehtaalta sekä Voikkaan paperitehtaalta tulevat jätevesimäärät riippuvat tehtaiden tuotantomääristä sekä prosessivesimääristä. Kuvassa 5.4 esitetään jätevesivirtaamat vuodelta 2004 Akanojan ja Kymin puhdistamoille sekä yhdyskuntajäteveden kokonaismäärä, kun ohitukset on laskettu mukaan. Kuvassa näkyy myös käyrä, josta näkyy jätevesimäärä jos kaikki Akanojalle puhdistukseen mennyt jätevesi olisi johdettu Kymin puhdistamolle vuonna 2004.



Kuva 5.4 Kymin ja Akanojan puhdistamoille puhdistukseen mennyt jätevesivirtaama vuonna 2004.

Excel-pohjaisella "Kuusanniemen sellutehtaan päästöjen simulointi" simulointimallilla voidaan, edellä kohdassa 5.1.4 esitettyjä tuotanto- ja prosessivesitietoja käyttäen, ennakoida tehtaalta tuleva jätevesikuorma puhdistamolle. Simulointimallin avulla saadut tulokset nykytilanteen sekä ennusteiden 1 ja 2 jätevesivirtaamista esitetään liitteessä 9. Liitteen 9 pylväskuvaajien ensimmäinen pylväs kuvaa tilannetta, jossa Kymin puhdistamolle tulevat ainoastaan tehtaiden jätevedet nykytuotannoilla ja ennusteilla 1 ja 2. Muissa pylväissä on kuvattu tehtaiden vakioina pysyvät jätevesivirtaamat sekä Kymin puhdistamolle yhteispuhdistustilanteessa tulevat yhdyskuntajätevedet virtaamilla 13 800 – 28700 m<sup>3</sup>/d.

Kymin aktiivilietelaitoksen jälkiselkeyttimet on mitoitettu virtaamalle 110 000 m<sup>3</sup>/d (maksimi 140 000 m<sup>3</sup>/d) ja jälkiselkeytyksen yhteispinta-ala on 10 045 m<sup>2</sup> eli hydraulinen pintakuorma on mitoitusvirtaamalla laskettuna n. 0,46. Jälkiselkeyttimiä on viisi, joten yhden selkeyttimen läpivirtaamaksi on mitoitettu n. 22 000 m<sup>3</sup>/d. Tehtaiden nykyinen jätevesi-

kuorma on n. 123 000 m<sup>3</sup>/d eli puhdistukseen menevän jätevesivirtaaman mitoitusvirtaama ylitetään jo tälläkin hetkellä.

Yhteispuhdistustilannetta simuloitaessa tämänhetkisillä tuotannoilla ja nykyisillä prosessivesien kulutuksella sekä kaupungin jätevesivirtaaman vuoden 2004 keskiarvolla 13 800 m<sup>3</sup>/d, jätevesimäärä aktiivilietelaitokselle on n. 136 000 m<sup>3</sup>/d. Tällöin jälkiselkeytyksen kannalta on menty reilusti yli mitoitusarvon. Kaupungin jätevesien keskimääräiselle virtaamalle ei siis tällä hetkellä ole tilaa puhdistamolla. Kaupungin virtaaman kasvaessa 17 000 m<sup>3</sup>/d, jälkiselkeytykseen menevä virtaama on yhteensä n. 140 000 m<sup>3</sup>/d eli tuolloin on saavutettu jälkiselkeytyskapasiteetin maksimi.

Simuloitaessa ennusteen 1 lukujen perusteella, miten jälkiselkeytyksen hydraulinen kapasiteetti riittää tehtaiden tuotantojen kasvaessa, saatiin tulokseksi seuraavaa. Vaikka kaupungilta ei otettaisi yhtään jätevettä vastaan, niin tehtailta tuleva jätevesivirtaama on jo n. 140 200 m<sup>3</sup>/d. Tulos siis ylittää jälkiselkeytyksen kapasiteetin maksimiarvon. Ennusteessa 2 pelkästään tehtaalta tuleva jätevesikuorma on n. 164 000 m<sup>3</sup>/d. Jos siis tehtaan tuotantoa lisätään ennusteissa esitetyllä tavalla, nykyinen jälkiselkeytyskapasiteetti ei riitä edes tehtailta tulevan jätevesikuorma käsittelemiseen ja tällöin ei myöskään kaupungin jätevesiä voida vastaanottaa ollenkaan. Tehtaalta aiheutuvaa jätevesivirtaamaa voidaan tosin vähentää uusimalla mm. talteenotto- ja kuitulinjaa mutta tämän vaikutusta tehtaan jätevesimääriin ei tässä työssä oteta huomioon.

### **5.2.2 Jälkiselkeytyskapasiteetin lisäys**

Tehtaiden tuotanto tulee hyvin todennäköisesti nousemaan ennusteen 1 mukaisiin lukemiin lähivuosina, joten jälkiselkeytyskapasiteettia tarvitaan lisää, jo pelkästään tehtaan käyttöön mikäli prosessivesimäärää ei vähennetä. Rakentamalla yksi jälkiselkeytin (n. 2000 m<sup>2</sup>) lisää, puhdistamolle pystyttäisiin johtamaan lisää jätevettä n. 22 000 m<sup>3</sup>/d. Tällöin puhdistamon uusi mitoitusvirtaama olisi n. 132 000 m<sup>3</sup>/d ja maksimivirtaama 162 000 m<sup>3</sup>/d.

Simuloitaessa ennusteen 1 tiedoilla puhdistamolle aiheutuvaa jätevesikuormaa, pelkästään tehtaiden puhdistamolle aiheuttama jätevesikuorma (140 200 m<sup>3</sup>/d) ylittää puhdistamon uuden mitoitusarvon (132 000 m<sup>3</sup>/d) vaikka yhdyskuntajätevesiä ei otettaisi vastaan yhtään.

Maksimivirtaama (162 000 m<sup>3</sup>/d) ylittyy, kun Kymin puhdistamolle tulee tehtaiden jätevesien lisäksi 22 000 m<sup>3</sup>/d yhdyskuntajätevettä. Yhden jälkiselkeyttimen lisäys riittää siis kattamaan ennusteen 1 mukaisen jätevesikuorman suurenemisen ja lisäksi yhdyskuntajätevesiä 22 000 m<sup>3</sup>/d asti, jos laitosta ajetaan maksimivirtaamalla. Ennusteen 2 arvoilla simuloitaessa, kuten jo edellä on mainittu, saatiin pelkästään tehtaalta tulevan jätevesivirtaaman arvoksi n. 164 000 m<sup>3</sup>/d. Tällainen tuotannon lisäys aiheuttaa puhdistamon maksimivirtaaman ylityksen eli yhden jälkiselkeyttimen rakentaminen ei riitä. Ennusteen 2 toteutuminen ei ole kuitenkaan niin varmaa kuin ennusteen 1. Paras ratkaisu yhteispuhdistuksen toteuttamisen ja myös tehtaiden tuotantojen kasvattamisen kannalta onkin siis yhden uuden jälkiselkeyttimen rakentaminen.

### **5.2.2.1 Mitoitusvirtaama**

Vuosien 2002 – 2004 sekä ensimmäisen vuosineljänneksen 2005 kuukausitarkkailun suurin Akanojan puhdistamolle puhdistukseen menneen jätevesivirtaaman arvo oli 28 700 m<sup>3</sup>/d. Suurin yksittäinen puhdistukseen mennyt päivävirtaama vuonna 2004 oli n. 36 000 m<sup>3</sup>/d. Kymin puhdistamolla ei kuitenkaan riitä jälkiselkeytyksen hydraulinen kapasiteetti tällaisten jätevesimäärien käsittelemiseen, jos ennusteen 1 tehtaiden tuotannot toteutuvat ja rakennetaan vain yksi jälkiselkeytin lisää. Tällöin yhteispuhdistustilanteessa ja esim. rankkasateen sattuessa osa Kymin puhdistamolle tulevasta yhdyskuntajätevedestä joudutaan mahdollisesti ohjaamaan esikäsittelyn jälkeen Kymijokeen.

Kymin puhdistamolle puhdistukseen johdettavan yhdyskuntajätevesivirtaaman optimi saadaan määritettyä liitteen 6 kuvaajien yhtälöiden, ohitusvirtaamatietojen (vuosi 2004) sekä Akanojan puhdistamolle tulevan jäteveden virtaamatietojen perusteella (vuosi 2004). Näistä tiedoista saadaan laskettua ohitukseen menevän virtaaman sisältämät epäpuhtauskuormat. Ohitusten epäpuhtauskuormien vuosikeskiarvojen sekä leikkausvirtaamien avulla voidaan piirtää kuvaajat, joista nähdään kuinka suuren kuorman ohitus aiheuttaa puhdistamon purkuvesistöön. Leikkausvirtaamalla tarkoitetaan nyt sitä virtaaman arvoa, jolla Kymin puhdistamolle tuleva virtaus aiotaan jakaa puhdistukseen ja ohitukseen menevän virtaaman välillä. Eli leikkausvirtaamaa pienemmät virtaamat menevät puhdistukseen ja leikkausvirtaamaa suuremmat arvot ohitukseen esikäsittelyn jälkeen. Leikkausvirtaamaa suuremmatkin määrät voidaan toki ottaa vastaan mikäli puhdistamon kapasiteetti kyseisenä ajankoh-

tana riittää. Mutta jos puhdistamolle ei voida ottaa enempää kuin leikkausvirtaaman verran täytyy loput ohjata esikäsittelyn jälkeen Kymijokeen.

Liitteessä 10 esitetään excel-laskentataulukko, jossa on laskettu esimerkiksi leikkausvirtaaman arvolla 15 000 m<sup>3</sup>/d ohitukseen menevä kuormitus, jos vuonna 2004 olisi toteutettu yhteispuhdistus kyseisellä leikkausvirtaamalla. Liitteessä 10 esitetään lisäksi laskentataulukon perusteella saatavat kuvaajat. Laskentataulukon tulosten perusteella voidaan siis määrittää kuinka suuren kuorman tietty epäpuhtaus aiheuttaa purkuvesistöön eri leikkausvirtaamien arvoilla, jotka tässä tapauksessa ovat 10 000 – 25 000 m<sup>3</sup>/d.

Jos vuonna 2004 yhteispuhdistus olisi ollut käytössä, ja Kymin puhdistamolle tulevan yhdyskuntajäteveden mitoitusvirtaamaksi olisi päätetty ottaa 15 000 m<sup>3</sup>/d, niin tällöin liitteen 10 kuvaajien perusteella määritettynä tämä olisi merkinnyt ohituspäivien vuosikeskiarvona Kymijokeen seuraavia kuormituksia:

- Kiintoainekuorma 1196 kg/d
- COD-kuorma 1487 kg/d
- BOD-kuorma 645 kg/d
- Kok. N-kuorma 75 kg/d
- Kok. P-kuorma 24 kg/d

Ennen yhteispuhdistuksen aloittamista täytyy Kymin puhdistamolle hakea uusi ympäristölupa. Tällöin määräytyvät myös puhdistamon luparajat uudelleen, ja niissä tulee huomioida mahdollisesta ohitustarpeesta aiheutuva kuormituslisä purkuvesistöön. Uusia luparajoja muodostettaessa voidaan vasta tehdä lopullinen päätös Kymin puhdistamolle johdettavasta yhdyskuntajätevesimäärästä. Liitteen 10 ennusteet ohituksen aiheuttamasta kuormasta vesistöön ovat suuntaa antavia ja tarkemman ennusteen ohivirtaaman kuormille saa, kun ennusteen tekemisessä käytetään jatkuvatoimisen tarkkailun tuloksia Akanojan puhdistamolle tulevista jätevesistä. Jatkuvatoimisen tarkkailun tuloksia ei nyt ole voitu käyttää, koska Akanojan puhdistamon tulevasta ja lähtevästä jätevedestä analysoidaan kokoomanäyte vain kerran kuukaudessa.



Todennäköisesti ympäristöviranomaiset määräävät myös laskentatavan, jonka perusteella ohituksista aiheutuva kuorma purkuvesistöön arvioidaan. Toinen tapa laskea ohituksista aiheutuva kuorma vesistöön on käyttää laskennassa ohitusvirtaaman ja kokonaisvirtaaman suhdetta sekä puhdistamon tulokuormaa (Ritari 2005). Edellä esitetyllä tavalla, kuvaajien perusteella määritettynä, saadaan kuitenkin parempi kuva ohituksista aiheutuvan kuormituksen määrästä, koska tällöin otetaan huomioon myös se, että rankkasateen aikana vesimäärät lisääntyvät huomattavasti, mutta epäpuhtauspitoisuus samalla laimenee.

### 5.2.3 Johtopäätökset

Tehtaan tämänhetkinen tuotanto aiheuttaa puhdistamolle n. 123 000 m<sup>3</sup>/d jätevesikuorman. Tämä määrä ylittää puhdistamon mitoitusarvon (110 000 m<sup>3</sup>/d), mutta ei kuitenkaan maksimiarvoa (140 000 m<sup>3</sup>/d). Jos vuonna 2004 puhdistamolle olisi johdettu Akanojan jätevedet, niin keskimääräinen yhdyskuntajätevesivirtaama (13 800 m<sup>3</sup>/d) olisi yhdessä tehtaiden jätevesikuorman kanssa aiheuttanut puhdistamolle 136 000 m<sup>3</sup>/d virtaaman. Tällöin olisi ylitetty jo reilusti puhdistamon mitoitusvirtaama. Kaupungin jätevesivirtaaman kasvaessa 17 000 m<sup>3</sup>/d, olisi saavutettu puhdistamon maksimivirtaaman raja.

Tehtaiden tuotantojen kasvaessa ennusteen 1 tai 2 mukaisiin lukemiin ei puhdistamolla ole tilaa ottaa vastaan yhtään yhdyskuntajätevesiä, jos prosessivesimäärät säilyvät ennallaan. Tehtaiden jätevesikuormat aiheuttavat ennusteessa 1 puhdistamolle menevän jätevesivirtaaman määräksi n. 140 000 m<sup>3</sup>/d ja ennusteessa 2 n. 164 000 m<sup>3</sup>/d.

Akanojan puhdistamon mitoitusarvo on 15 400 m<sup>3</sup>/d ja vuoden 2004 keskimääräinen puhdistukseen mennyt yhdyskuntajätevesivirtaama oli n. 13 800 m<sup>3</sup>/d. Jos rakennetaan yksi uusi jälkiselkeytin ja tehtaan tuotanto on nykyinen, pystytään tietenkin ottamaan Akanojan yhdyskuntajätevedet vastaan. Jos tuotantoa kasvatetaan ennusteen 1 mukaisiin lukemiin, yhdyskuntajätevesiä ei pystytä vastaanottamaan yhtään ilman, että rakennetaan lisää jälkiselkeytyskapasiteettia. Ennusteen 2 tuotannoilla yhden jälkiselkeyttimen lisäys ei tule riittämään edes tehtaan jätevesikuormalle. Mutta tämän vaihtoehdon tuotantojen saavuttaminenkin on kaukana tulevaisuudessa ja todennäköisesti myös tehtaan prosessivesien kuluusta pystytään vähentämään edelleen, joka siis vaikuttaa vähentävästi tehtaiden jätevesikuormiin.

### **5.3 Yhteispuhdistukseen siirtymisen kustannukset**

#### **5.3.1 Liityntäinvestointi**

Jätevesien johtamiseksi Kymin puhdistamolle päädyttiin seuraavan ratkaisuun: jätevedet pumpataan Kymille Akanojan puhdistamon pääpumppaamolta (Kaaritien pumppaamo), jonka kautta kulkee 90 % vesistä. Tämä vaatii n. 3 km mittaisen PEH-putken mitoittamista ja johtamista osittain Kymijoen pohjaa pitkin Kymin tehtaalle. Loppujen 10 %:n johtamista varten tarvitsee rakentaa pieni pumppaamo ja n. 1,8 km:n mittainen PEH-putki Akanojan puhdistamolta Kaaritien pumppaamolle.

Kuusankosken kaupungin tekniseltä osastolta saadun tiedon mukaan Kaaritien pumppaamolta Kymille vedettävän PEH-putken halkaisijan täytyy olla 630 mm ja Akanojan puhdistamolta Kaaritien pumppaamolle vedettävän PEH-putken halkaisija 560 mm. Nämä kaksi jätevesiputkea sekä pieni pumppaamo tulevat asennuskustannuksineen maksamaan n. 2,7 milj. €.

#### **5.3.2 Esikäsittelykustannus**

Ennen jätevesien johtamista Kymin puhdistamon ilmastukseen vesistä täytyy erottaa kaikista karkein aines välppäyksen ja sitä seuraavan hiekanerotuksen avulla. Vedet on suunniteltu johdettavaksi Kymille Akanojan puhdistamon pääpumppaamolta ilman, että niitä on mitenkään käsitelty. Tämän vuoksi Kymin tehdasalueelle tarvitsisi rakentaa välppäämö ja hiekanerotusallas sekä esikäsitellylle vedelle ohivirtausmahdollisuus. Toisena vaihtoehtona on se, että Akanojan puhdistamolle rakennetaan uusi pumppaamo välppäyksen ja hiekanerotusvaiheen jälkeen, josta jätevedet pumpataan Kymin puhdistamolle. Puhdistusprosessin huollon ja tarkkailun kannalta on kuitenkin parempi keskittää kaikki puhdistustoiminnot samaan paikkaan, joten valitaan tässä tapauksessa tarkastelun kohteeksi Kymin tehdasalueelle rakennettava uusi välppäämö ja hiekanerotusallas. Tällöin pystyttäisiin myös luopumaan kokonaan Akanojan puhdistamon käytöstä.

Akanojan puhdistamolla jätevesien esikäsittely suoritetaan välppäyksellä sekä kahden ilmastetun hiekanerotusaltan avulla, joiden yhteistilavuus on 238 m<sup>3</sup>. Erään toisen suomalaisen tehdaspaikkakunnan laskelmia soveltaen voidaan arvioida esikäsitteystä aiheutuvat

investointikustannukset Kuusankosken tapauksessa. Esikäsittelyn investointikustannukseksi tulee n. 690 000 €. Hinta sisältää rakennus- ja koneistokustannukset esikäsittelyrakennuksen osalta, sähkö ja automaatiokustannukset sekä suunnittelun.

Esikäsittelyn investointikustannusten arvioinnissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Välppäys, hiekanerotus ja ohitusmahdollisuus rakennetaan Kymin puhdistamon yhteyteen siten, että kaikki Akanojalta tuleva jätevesi menee esikäsittelyn läpi. Tällöin myös ohitukseen menevä virtaus esikäsitellään ennen sen joutumista Kymijokeen.
- Hiekanerotusvaiheen jälkeen varaudutaan rakentamaan nostopumppaamo.
- Akanojalle juuri hankittu uusi välppä (33 000 €) voidaan hyödyntää uudella esikäsittelyalueella.

### **5.3.3 Jälkiselkeyttimen lisäys Kymin puhdistamolle**

Tehtaiden tämänhetkisestä tuotannosta aiheutuva jätevesivirtaama on n. 123 000 m<sup>3</sup>/d eli puhdistamon jälkiselkeytyksen nykyinen hydraulinen pintakuorma on 0,51 m/h, jolla puhdistamo toimii hyvin. Mitoituspintakuorma on 0,46 m/h ja maksimipintakuorma 0,58 m/h. Jos uusi jälkiselkeytin rakennetaan ja puhdistamolle otetaan kaupungin virtaama 13 800 m<sup>3</sup>/d ja tehtaiden tuotanto kasvaa todennäköisemmän ennusteen 1 mukaisesti puhdistamolle tuleva jätevesivirtaama on yhteensä n. 154 000 m<sup>3</sup>/d, josta tehtaan osuus on siis 140 200 m<sup>3</sup>/d, niin uudeksi hydrauliseksi pintakuormaksi tulisi virtaaman 154 000 m<sup>3</sup>/d avulla lasketuna n. 0,53 m/h. Pintakuorma tulee siis hieman kasvamaan, mutta on kuitenkin alle maksimipintakuorman (0,58 m/h).

Uuden jälkiselkeyttimen investointikustannus on n. 325 000 € mutta hinta ei sisällä sähköistystä (paitsi moottoreiden ja lämpökaapeloinnin osalta), rakennusteknisiä töitä, instrumentointia ja automaatiota (Taskinen 2005). Kymin rakennusosastolta saadun tiedon mukaan rakennustekniset työt (maankaivu ja betonointi) tuovat hintaa lisää n. 404 650 € eli investointikustannus yhteensä n. 730 000 €. Uuden jälkiselkeyttimen investointikustannukset kannattaa todennäköisesti jakaa puoliksi kaupungin ja tehtaan kesken.

## 5.4 Yhteispuhdistukseen siirtymisen säästöt

### 5.4.1 Akanojan typenpoistokustannus ja käyttökustannukset

Typenpoistokustannusten selvittäminen vaatii ensin Akanojan puhdistamolle vaadittavien muutosten tarkastelua. Typenpoistomenetelmäksi on tässä työssä valittu erittäin matalakuormitteinen D/N/D -aktiivilieteprosessi ja taulukossa 5.3 esitetään altaiden mitoituksessa käytettyjä alkuarvoja ja laskettuja tuloksia. Liitteessä 11 esitetään mitoituksen laskentaesimerkki.

Taulukko 5.3 Akanojan altaiden alkuperäisiä ja laskettuja mitoitus tietoja.

Parametri	Yksikkö	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>
Virtaama	m <sup>3</sup> /d	15400	13800
Mitoitusvirtaama	m <sup>3</sup> /h	850	760
BOD <sub>7</sub> -kuorma	kg/d	3000	2400
Ilmastusaltaat			
- alkuperäinen tilavuus	m <sup>3</sup>	3036	3036
- laskettu tilavuus	m <sup>3</sup>	6000	5320
- viipymä	h	7	7
Selkeytysaltaiden pinta-ala			
- alkup. tilavuus	m <sup>2</sup>	864	864
- laskettu tilavuus	m <sup>2</sup>	1940	1730
Selkeytysaltaiden hydr. pinta-ala			
- alkuperäinen	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	0,98	0,98
- laskettu	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	0,44	0,44

<sup>1</sup> Mitat on määritetty virtaaman 15 400 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille altaille

<sup>2</sup> Mitat on määritetty virtaaman 13 800 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille altaille

Typenpoistosta aiheutuvat kustannukset on laskettu Paavo Ristola Oy:n vuonna 1995 Kuusankosken kaupungille tekemää jätevedenpuhdistamon tehostamisen yleisselvitystä hyödyntäen, jossa on esitelty erilaisia malleja puhdistusprosessin tehostamisesta ja laskettu eri vaihtoehdoille kustannuksia. Investointikustannusten laskennassa on huomioitu rakennuskustannusindeksi, joka on vuodelle 2004 117,1, kun vuosi 1995 on 100. Energiakustannukset on laskettu Akanojan puhdistamon vuoden 2004 sähkökustannusten (45 000 €/a) sekä vuoden 2004 sähkönkulutuksen (834 195 kWh/a) avulla jakamalla kyseinen kustannus puhdistamon tilavuuksia kohti ja laskemalla saatujen suhdelukujen perusteella arvio uusien altaiden vaatimasta energiasta. Nitrifikaation aiheuttaman kalkin tarpeen kemikaalikustan-

nukset on laskettu kalkin kulutuksella 41 g/m<sup>3</sup> (Kiuru et al. 1994, 138) ja sammutetun kalkin hinnalla 145 €/t (Kilpinen 2005). Tällä tavalla saadaan suuntaa antavia tuloksia typenpoistosta aiheutuvista kustannuksista. Kustannuslaskelmien tulokset esitetään taulukossa 5.4 ja liitteessä 12 esitetään kustannukset eriteltyinä tarkemmin.

Taulukko 5.4 Typenpoiston kustannukset.

	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>
<b>Investointikustannus [Milj. €]</b>	<b>3,21</b>	<b>2,46</b>
Rakennusteknisten töiden vuosikustannus 6 % 30 v. [€/a]	102 100	77 200
Koneistoteknisten töiden vuosikustannus 6 % 15 v. [€/a]	186 300	143 500
Käyttökustannuslisä yht. [€/a]	118 200	95 900
<b>Kokonaisvuosikustannusten lisäys yhteensä [€a]</b>	<b>406 700</b>	<b>316 600</b>

<sup>1</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 15 400 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille altaille

<sup>2</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 13 800 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille altaille

Typenpoiston toteuttamisen kustannukset riippuvat ensisijaisesti siitä, mille virtaukselle puhdistamo mitoitetaan. Jos halutaan käyttää puhdistamon alkuperäistä mitoitusvirtaamaa (15 400 m<sup>3</sup>/d) tulee hanke investointikustannuksiltaan n. 0,75 milj. € kalliimmaksi kuin vaihtoehto, jossa kustannusten laskennassa on käytetty vuoden 2004 puhdistukseen mennyttä keskimääräistä virtaamaa (13 800 m<sup>3</sup>/d). Valittava virtaama vaikuttaa luonnollisesti myös puhdistamon käyttökustannuksiin, jotka tulevat lisääntymään virtaamalla 15 400 m<sup>3</sup>/d n. 118 200 €/a ja virtaamalla 13800 m<sup>3</sup>/d n. 95 900 €/a. Vuonna 2004 Akanojan puhdistamon käyttökustannukset olivat n. 303 000 €.

#### 5.4.2 Ravinnesäästö tehtaan puhdistamolla

Kymin aktiivilietelaitoksella kulutettiin vuonna 2004 keskimäärin ureaa (N-pit. 46,7 %) n. 2032 kg/d ja fosforihappoa (P-pit. 22,8 %) n. 97 kg/d. Urean kulutus vuonna 2004 oli yhteensä 736 000 kg/a ja fosforihapon 27 000 kg/a, joten urean hinnalla 249,47 €/t ja fosforihapon 390,00 €/t vuosittainen ravinnekustannus vuonna 2004 oli fosforin osalta 11 000 € ja urean 184 000 € eli yhteensä 195 000 €/a. Taulukossa 5.5 esitetään Kymin puhdistamon

tulokuormat ravinnesuhteen laskentaa varten vuodelta 2004, kun tehtailta tulevaan ravinnemäärään on lisätty Akanojan lietteiden mukana tuleva ravinnelisäys ja Akanojan puhdistamon tulokuorma, jotta nähdään kuinka paljon ravinteita Kymin puhdistamolle tulee yhteispuhdistustilanteessa yhdyskuntajätevesien mukana. Oletetaan, että lietteiden sisältämää fosforista noin puolet on käyttökelpoisessa muodossa.

Taulukko 5.5 Kymin ja Akanojan puhdistamojen tulokuormat vuonna 2004.

	Tulokuorma (Kymi)	Tulokuorma (Akanoja)
BOD [t/d]	38,7	2,4
N [kg/d]	560,7 <sup>1</sup>	570
P [kg/d]	120,4 <sup>1</sup>	91

<sup>1</sup> Tehtailta tulevaan ravinnekuormaan on lisätty Akanojan puhdistamon lietteiden mukana tuleva ravinnemäärä.

Kymin puhdistamon ravinnesuhde (BOD:N:P) vuonna 2004, edellä olevia tietojen perusteella laskettuna on 100:3,9:0,4. Jos kyseisenä vuonna Akanojalta olisi johdettu jätevedet Kymin puhdistamolle niin ravinnesuhde, ilman urean- ja fosforihaponsyöttöä laskettuna ja Akanojan lietteiden ravinnelisäystä huomioimatta, olisi ollut 100:2,6:0,5. Kuvitellussa yhteispuhdistustilanteessa fosforihappoa ei tarvitse syöttää yhtään. Jos yhteispuhdistustilanteessa ravinnesuhteessa typen osuutta nostetaan lukemaan 3,9, kuten Kymin puhdistamolla vuonna 2004 typen osuus on ollut, niin ureaa olisi tällöin tarvinnut syöttää prosessiin n. 1134 kg/d.

Vuonna 2004 olisi siis säästetty kokonaan kulutettu fosforihappomäärä 27 000 kg/a ja urean päivittäinen kulutus olisi ollut vain 1134 kg/d. Ureaa olisi kulunut vuodessa n. 414 000 kg/a. Ravinnekustannukset olisivat tällöin olleet urean osalta n. 103 000 € ja fosforihapon 0 €. Säästöä erillispuhdistukseen verrattuna olisi kertynyt n. 92 000 €/a.

Samanaikaisesti Akanojan puhdistamolla käytettiin ferrikloridisulfaattia (PIX) n. 326 540 kg ja polyalumiinikloridia (PAX) n. 65 480 kg fosforin saostuksessa jätevesistä. PIX:n hinta on n.72,22 €/t ja PAX:n 262,64 €/t. Fosforinpoistokustannus Akanojalla oli siis n. 40 800 €.

### 5.4.3 Kymin puhdistamon käyttökustannukset yhteispuhdistustilanteessa

Kymin puhdistamon muuttuvat ja kiinteät kustannukset sekä hallintokulut ovat yhteensä 3 254 000 €/a. Kun tästä vähennetään tuotot 232 000 €/a, saadaan puhdistamon vuoden 2004 käyttökustannus, joka on 3 022 000 €/a. Tämä luku sisältää kuitenkin sellaisia kuluja (kauhakonekustannus paperitehtaan lingottua primäärilietettä varten ja käytettävät ravinnemäärät) ja myös tuloja (polttoliete), jotka eivät yhteispuhdistustilanteessa kuulu Kuusankosken kaupungille. Lisäksi täytyy huomioida puhdistettavan vesimäärän lisääntyminen Kymin puhdistamolla, joka otetaan huomioon vähentämällä Akanojan puhdistamolta Kymin ilmastusaltaaseen tuotujen lietteiden käsittelystä saatavat tulot, joilla on muutenkin vain pyrittävä kattamaan lietteiden käsittelystä aiheutuvat kustannukset.

Yhteispuhdistustilanteessa kaupungin ja tehtaiden välillä jaettava käyttökustannus on n. 3 012 000 €/a. Virtaamien suhteen jaettuna kaupungin (13 800 m<sup>3</sup>/d) osuus olisi vuonna 2004 ollut n. 304 000 € ja tehtaiden osuus yhteensä 2 708 000 €. Tehtaiden osuuteen pitää vielä lisätä kaupungille kuulumattomat tuotot ja kulut eli tällöin tehtaiden kustannus on 2 950 000 €. Tehtaiden kustannuksesta voidaan vielä vähentää edellä laskettu kustannussäästö ravinteissa 92 000 €, jolloin tehtaiden osuudeksi jää enää 2 858 000 €.

## 5.5 Kustannusvertailu

Taulukkoihin 5.6 ja 5.7 on koottu edellä esitetyt kustannukset. Niiden perusteella voidaan tarkastella typenpoistovaihtoehdon edullisuutta suhteessa yhteispuhdistukseen.

Taulukko 5.6 Yhteispuhdistuksen kustannuksia.

Kustannus	Akanoja	Kymin puhdistamo
Käyttökustannus		
- nykyinen	303 000 €/a	3 022 000 €/a
- yhteispuhdistuksessa	304 000 €/a	2 858 000 €/a
Investointikustannukset		
- liityntä	2 700 000 €	
- esikäsittely	690 000 €	
- jälkiselkeytin	365 000 €	365 000 €
Yhteensä	3 755 000 €	365 000 €

Taulukko 5.7 Typenpoiston kustannukset.

Kustannus	Akanoja
Käyttökustannus	
- nykyinen	303 000 €/a
- lisäys typenpoistoajossa	
- A <sup>1</sup>	118 200 €/a
- B <sup>2</sup>	95 900 €/a
Investointikustannukset	
- A <sup>1</sup>	3 210 000 €
- B <sup>2</sup>	2 460 000 €

<sup>1</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 15 400 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille alueille

<sup>2</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 13 800 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille alueille

Vaihtoehtojen vertailu voidaan suorittaa korottoman takaisinmaksuajan mallia hyödyntäen. Yhteispuhdistustilanteessa Akanojan nykyisiin käyttökustannuksiin tulee vain pieni muutos, joka on n. 1 000 €/a. Typenpoistoajossa sen sijaan käyttökustannukset nousevat reilusti vaihtoehdossa A n.118 200 €/a ja B 95 900 €/a. Täten yhteispuhdistus tulee käyttökustannuksiltaan halvemmaksi eli säästöä kertyy n. 117 200 €/a tai 94 900 €/a.

Koroton takaisinmaksuaika voidaan laskea investointikustannusten ja säästöjen perusteella seuraavasti:

$$n_A = \frac{I}{S} = \frac{3\,755\,000\ \text{€}}{117\,200\ \text{€/a}} = 32,0\ \text{a}$$

$$n_B = \frac{I}{S} = \frac{3\,755\,000\ \text{€}}{94\,900\ \text{€/a}} = 39,6\ \text{a}$$

Typenpoistoajossa käyttökustannukset nousevat reilusti, joten korottoman takaisinmaksuajan perusteella arvioituna yhteispuhdistukseen käytetyt investoinnit maksavat itsensä takaisin 32,0 – 39,6 vuodessa. Investointikustannuksiltaan yhteispuhdistukseen siirtyminen on kalliimpaa (0,5 milj. € tai 1,3 milj. €), mutta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna edullisempi vaihtoehto Kuusankosken kaupungin kannalta olisi siirtyminen yhteispuhdistukseen. Yhteispuhdistukseen siirtymisen tekee vieläkin edullisemmaksi se seikka, että 1970-luvulla rakennetulle Akanojan puhdistamolle alkaa olla tarpeellista tehdä muitakin uusintatöitä. Yhteispuhdistukseen siirtymisestä aiheutuviin kustannuksiin on myös mahdollista saada



valtiolta tukea, jos hanke menee valtion vesihuoltotyöksi. Valtion vesihuoltotöiksi luetaan mm. jäteveden käsittelyn keskittäminen, jota varten maa- ja metsätalous- ja ympäristöministeriö myöntävät alueellisille ympäristökeskuksille rahoitusta (Ympäristöhallinto 2004d).

Kymin puhdistamolle jätevetensä johtavien tehtaiden kannalta olisi myös hyötyä siitä, jos yhteispuhdistus toteutettaisiin. Investointi uuteen jälkiselkeytysaltaaseen on kuitenkin jossakin vaiheessa edessä ja siirryttäessä yhteispuhdistukseen voidaan uuden selkeyttimen kustannukset jakaa kaupungin ja tehtaiden välillä. Kymin puhdistamolla säästettäisiin myös ravinnekustannuksissa, jolloin vuosittaiset käyttökustannukset pienenevät. Ravinnekustannusten pieneneminen ei kuitenkaan ole täysin varmaa, kuten kohdassa 5.1.2 ja 4.1.2.1 todettiin.

## **6 YHTEENVETO**

Yhdyskuntajätevesien yhteispuhdistuksesta sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitoksessa on saatu hyviä kokemuksia mm. Raumalta, jossa UPM-Kymmene Oyj Rauman paperitehtaan aktiivilietelaitoksella puhdistetaan myös Rauman kaupungin jätevedet yhdessä UPM:n paperitehtaan, Metsä-Botnian sellutehtaan sekä mäntyöljytislaamo Forchem Oy:n jätevesien kanssa. Kokonaistyyppikuormitus Rauman merialueelle on puolittunut ja myös fosforikuormitus on hieman vähentynyt. Lisäksi BOD-kuorma Rauman merialueelle on pienentynyt. Ravinteiden tarve ei ole kuitenkaan yhteispuhdistukseen siirtymisen jälkeen vähentynyt aktiivilietelaitoksella ennakoidulla tavalla. Ravinteiden lisääntyntä kulutusta Rauman puhdistamolla voidaan selittää monella tekijällä. Saatavilla olleista Rauman puhdistamon tarkkailutuloksista oli tämän työn puitteissa mahdollista huomata, että lämpötilan lasku ja lietekuorman lisääntymisen vaikuttavat ravinteiden kulutukseen lisäävästi.

Kymin puhdistamolle on tuotu Akanojan puhdistamon ylijäämäliete vuodesta 1996 lähtien eli eräänlaista yhteispuhdistusta on Kymillä suoritettu jo jonkin aikaa hyvällä menestyksellä. Vuoden 2004 marras- ja joulukuussa Kymin puhdistamolle tuotiin Akanojan lietteiden lisäksi kokeilumielessä osa Kouvolan puhdistamolla syntyneistä lietteistä. Kyseisen koeajon aikana fosforihappoa ei tarvinnut syöttää lainkaan aktiivilieteprosessiin, joten koeajon perusteella voidaan todeta, että yhdyskuntajätevesilietteiden tuonnilla voidaan korvata puhdistamolla muuten tarvittavaa fosforihappoa.

Ennen yhteispuhdistukseen siirtymistä tulee huomioida uuden jätteenpolttodirektiivin vaikutus ylijäämälietteen polttoon tehtaan voimalaitoksessa ja jätevesien yhteispuhdistuksen vaikutukset Kymin aktiivilietelaitoksessa sekä jätevesikuormituksen muutokset Kymijokeen. Yhdyskuntajätevesistä peräisin olevan lietteen polttaminen tehtaan voimalaitoksessa muiden polttoaineiden seassa ei ole aiheutunut ongelmia Raumalla, koska Länsi-Suomen ympäristökeskus on myöntänyt tälle toiminnalle luvan eli pienimuotoinen yhdyskuntalietteiden poltto muiden polttoaineiden seassa ei ole mennyt jätteenpolttodirektiivin alaiseksi. Todennäköisesti Kymilläkään ei tule olemaan ongelmia ylijäämälietteen polton kanssa tässä asiassa.

Yhteispuhdistukseen siirtyminen aiheuttaa muutoksen Kymin aktiivilietelaitoksen lämpötiloille. Yhdyskuntajätevedet ovat huomattavasti viileämpiä kuin sellu- ja paperitehtaan jätevedet, joten erityisesti kesäaikana yhdyskuntajätevesien viilentävä vaikutus estää tehtaan puhdistamalla lämpötilan nousemisen liian korkeaksi. Ilmastusaltaan lämpötilan noustessa yli 40 °C:een mesofiilisten bakteerien toiminta alkaa lamaanua hyvinkin nopeasti. Kymin puhdistamalla voidaan pintailmastimien avulla saavuttaa n. 2 °C:een lämpötilan lasku. Yhteispuhdistukseen siirryttäessä ilmastusaltaan lämpötila laskee n. 1,5 – 1,7 °C:tta, joka vastaa pintailmastimilla saavutettavaa lämpötilan laskua. Toisaalta lämpötilan lasku saattaa aiheuttaa lisääntyntä ravinteiden kulutusta ja seisokkiaikoina lämpötila saattaa laskea niin alas, että kiintoainetta karkaa puhdistamolta normaalia enemmän.

Yhteispuhdistustilanteessa Kymin puhdistamolta Kymijokeen kohdistuvaa kuormitusta arvioitiin excel-pohjaisen simulointimallin avulla, jossa lähtötietoina käytettiin tehtaiden nykyisiä ja ennustettuja tuotantomääriä sekä prosessivesimääriä ja Akanojan puhdistamon tarkkailutietoja. Simulointimallin tulosten perusteella jätevesikuormitus Kymijokeen tulee pienenevän erityisesti typen osalta ja myös BOD- ja fosforikuormat pienenevät. COD-kuormitus pysyy melkein ennallaan ja kiintoainekuorma saattaa lisääntyä hiukan. Ympäristövalvonnan johtaja Arja Arvosen mukaan bakteeritilanne ei todennäköisesti tule muuttumaan Kuusankosken keskustan jokialueella yhteispuhdistukseen siirryttäessä mutta virustilanteen muuttumisen selvittäminen vaatii virusanalyysien tekemistä yhdyskuntajätevesistä.

Kymijokeen aiheutuu jätevesikuormitusta yhteispuhdistustilanteessa myös ohituksista, jos yhdyskuntajätevesimäärä ylittää hetkellisesti esimerkiksi rankkasateen sattuessa Kymin puhdistamolle johdettavan mitoitusvirtaaman arvon. Tällöin mitoitusvirtaaman ylittävä määrä esikäsiteltyä yhdyskuntajätevettä menisi sellaisenaan Kymijokeen. Työssä laadittiin laskentamalli, jolla voidaan määrittää eri leikkausvirtaamilla ohituksista Kymijokeen aiheutuva kuorma. Työssä esitettiin esimerkkinä ohituksista aiheutuva kuorma, jos Kymin puhdistamolle johdettavan yhdyskuntajäteveden mitoitusvirtaama olisi vuonna 2004 ollut 15 000 m<sup>3</sup>/d. Tämä olisi merkinnyt ohituspäivien vuosikeskiarvona seuraavia kuormituksia Kymijokeen: kiintoainekuorma 1196 kg/d, COD-kuorma 1487 kg/d, BOD-kuorma 645 kg/d, kok. N-kuorma 75 kg/d ja kok. P-kuorma 24 kg/d. Työssä esitetyllä laskentamallilla saatavat ennusteet ohituksen aiheuttamasta kuormasta vesistöön ovat suuntaa antavia. Paremman ennusteen ohitusvirtaaman aiheuttamalle jätevesikuormalle saa, jos käytävissä on Akanojan puhdistamon jatkuvatoimisen tarkkailun tuloksia. Nyt laskentamalli muodostettiin saatavilla olleista kerran kuukaudessa suoritettavista velvoitetarkkailun tuloksista.

Akanojan puhdistamon muuntamisesta typenpoistoon sopivaksi aiheutuu kaupungille mitoitusvirtaamasta riippuen n. 3,21 milj. € tai 2,46 milj. € investointikustannus. Puhdistamon käyttökustannukset tulisivat typenpoistoajon myötä nousemaan 118 200 €/a tai 95 900 €/a. Vaihtoehtona typenpoistoinvestoinnin tekemiselle on johtaa yhdyskuntajätevedet puhdistukseen sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitokselle. Tällöin Kuusankosken kaupunki joutuu rakentamaan liityntäputken tehtaan puhdistamolle ja vastaamaan myös esikäsitelyjärjestämisestä yhdyskuntajätevesille.

Yhdyskuntajäteveden sisältämä orgaaninen kuorma on vähäinen verrattaessa sellu- ja paperitehtaiden jätevesien orgaaniseen kuormaan, joten yhteispuhdistukseen siirryttäessä Kymin puhdistamolla ongelmia aiheutuisi lähinnä jälkiselkeytyksen hydraulisen kapasiteetin riittämättömyydestä. Kymin puhdistamon kapasiteetin riittävyyden arvioinnissa yhteispuhdistustilanteessa osoittautui, että jälkiselkeytyksen kapasiteettia täytyy tässä tapauksessa lisätä rakentamalla uusi jälkiselkeytin. Yhteispuhdistukseen siirryttäessä investointikustannuksia aiheutuu tällöin myös Kymille.

Kaupungille tulee yhteispuhdistukseen siirtymisen hankinnoista yhteensä n. 3 755 000 € investointikustannus ja Kymille n. 365 000 € kustannus olettaen, että tehdasalueelle hankit-

tavan uuden jälkiselkeyttimen kustannus menee tasan kummallekin osapuolelle. Kaupungille käyttökustannukset säilyvät melkein ennallaan ja Kymillä voidaan teoriassa säästää ravinnekustannuksissa n. 92 000 €/a.

Investointikustannuksiltaan yhteispuhdistukseen siirtyminen tulee kaupungille n. 0,5 milj. € tai 1,3 milj. € kalliimmaksi mutta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna edullisempi vaihtoehto Kuusankosken kaupungin kannalta olisi siirtyminen yhteispuhdistukseen. Typenpoistoinvestointiin verrattuna yhteispuhdistukseen siirtymisen tekee edullisemmaksi halvempien käyttökustannusten lisäksi se seikka, että Akanojan puhdistamolle alkaa olla tarpeellista tehdä muitakin uusintatöitä. Yhteispuhdistukseen siirtymällä ei näitäkään uusintainvestointeja tarvitsisi tehdä lainkaan. Lisäksi yhteispuhdistukseen siirtymisestä aiheutuviin kustannuksiin on mahdollisesti saatavissa valtiolta tukea, jos hanke menee valtion vesihuolto-työksi.

## LÄHTEET

Alavakeri M. 1988. Nitrifikaatio ja sen tehostamisessa käytettävät väliaineet. Julkaisussa: Fosforin- ja typenpoiston tehostaminen jätevesistä. Painomerkki Oy, Helsinki. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 23 s. (INSKO 123-88 XI).

Arvonen A. 2005. Yhteispuhdistuksesta aiheutuvat hygieeniset riskit Kuusankosken keskuksen jokialueelle. [puhelinkeskustelu] 04.05.2005.

Eckenfelder W. W., Grau P. 1992. Activated sludge process design and control: theory and practice. Technomic Publishing Company Inc, Lancaster. 266 s. ISBN 87762-889-0.

Esite. Kuusankosken kaupungin Akanojan jätevedenpuhdistamon esite.

EUR-Lex. 2000. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti nro L 332 28/12/2000 [verkkolehti]. Jätteenpolttodirektiivi 2000/76/EY. [viitattu 21.02.2005] Saatavissa: [http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=FI&numdoc=32000L0076&model=guichett](http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=FI&numdoc=32000L0076&model=guichett)

Gill M. D., Ross D. M. 1990. Nutrients and temperature affect effluent suspended solids. TAPPI proceedings. Environmental conference. s. 515-524.

Grady Jr C. P. L., Daigger G. T., Lim H. C. 1999. Biological Wastewater treatment. 2. painos. Marcel Dekker Inc, New York. 1076 s. ISBN 0-8247-8919-9.

Harila P., Kivilinna V-A. 1999. Biosludge incineration in a recovery boiler. Konferenssi-julkaisu: 6<sup>th</sup> IAWQ Symposium, Tampere. ss. 189-194.

Harila P., Knuutila M. 1994. Biolietteen käsittely, haihdutus ja superväkevointi yhdessä mustalipeän kanssa sekä poltto soodakattilassa. Paperi ja Puu – Paper and Timber Vol. 76, No. 6-7/1994, s. 396-398.

Hartonen R. 2001. Yhdyskunta- ja metsäteollisuusjätevesien yhteispuhdistus metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamolla. Pro gradu. Turun yliopisto, kemian laitos. 90 s. + liit. 44 s.

Holm, R. 1991. Nitrifikaation toteuttaminen kylmillä vesillä. Julkaisussa: Typen poisto jätevesistä. Copy-Set Oy, Helsinki. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. 28 s. (INSKO 43-91 V).

Hyvärinen. 2005. Yhdyskuntajätevesien ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistuskokeilu. [Rauman kaupungin www-sivut] [viitattu 7.4.2005] Saatavissa: <http://www.rauma.fi/ymparisto/yhtpuhd.htm>

Hägglom-Ahnger U., Komulainen P., Seppälä M. J. (toim.). 2001. Paperin ja kartongin valmistus. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 290 s. ISBN 952-13-1280-7.

Isoaho S., Valve M. 1988. Vesikemian perusteet. 2. painos. Kyriiri Oy, Helsinki. 264 s. + liit. 9 s. ISBN 951-672-048-X.

Jouttijärvi T., Järvinen R. 1993. Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab. Julkaisematon seloste.

Jussila H. 2005a. Kymin ja Voikkaan tehtaiden jätevesikuormien vertailu BREF-dokumenttiin. Tiedonanto 11.4.2005.

Jussila H. 2005b. Tehtaiden tuotantoennusteet. Henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2005.

Jussila H. 2004. Jätevedenkäsittelyn toimintaperiaate ja päästöjen vaikutukset, UPM Kymi ja Voikkaa. Sisäinen koulutusmateriaali.

Järvinen R., Priha M. 1991. Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab. Julkaisematon seloste.

Jørgensen K., Pauli A. 1992. Fosforin ja typen mikrobiologiset transformaatiot metsäteollisuuden jätevesien mikrobiologisessa puhdistuksessa. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 85 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. SYTYKE 1.

Kaila J., Isoniemi M. 1995. Secondary sludge, Kemi Mills burns it in the recovery boiler. Papermaker Vol. 58, No. 1995:7, s. 36-37.

Kangas A., Rantanen P., Sikow M., Valve M. 1993. Typenpoisto yhdyskuntien jätevesistä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki. 65 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro. 479. ISBN 951-47-7345-4.

Kilpinen E. 2005. Kalkin hinta. [sähköpostiviesti] Vastaanottaja Marja Valtonen. Lähetetty 23.3.2005.

Kirkkala T. 2004. Rauman merialueen kuormitus ja veden tila vuonna 2003. Turku. 45 s. + liit. 36 s. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n tutkimusseloste 239 (2004).

Kiuru H., Rautiainen J., Pelkonen M., Renko E. 1994. Typenpoisto suuren biomassakonsentraation aktiivilietelaitoksessa. 182 s. + liit. 27 s. Teknillisen korkeakoulun vesihuoltotekniikan laboratorion julkaisu No 13. ISBN 951-222130-6.

Kiuru H., Rautiainen J., Renko E. K., Pelkonen M. 1996. Biologinen ravinteiden poisto suuren biomassakonsentraation aktiivilietelaitoksessa. 169 s. + liit. 15 s. Teknillisen korkeakoulun vesihuoltotekniikan laboratorion julkaisu No 18. ISBN 951-22-3237-5.

Kiuru H. 1997. Typenpoisto kunnallisista jätevesistä prosessiteknisin keinoin. Seminaariaineisto: Typen merkitys vesiensuojelussa ja typenpoistotekniikat 26.2.1997, Otaniemi. Teknillisen korkeakoulun ympäristönsuojelutekniikan laboratorion julkaisu 1/1997. ISBN 951-22-3480-7.

Klemetti U., Kortelainen V-A., Lyytikäinen J., Siitonen H., Sironen R., Seppälä M. J. (toim.). 2004. Paperimassan valmistus. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi. 196 s. ISBN 952-13-1142-8.

Krogerus M., Hynninen P. 1992. Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjen käsittelyvaihtoehdot ja kustannukset. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 142 s. + liit. 84 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja, sarja A, 114. SYTYKE 19. ISBN 951-47-6552-4.

Kuskelin I. 2005. Jäteveden klooraus. [puhelinkeskustelu] 9.5.2005.

Lammi, R. 1991. Biologisen puhdistuslaitoksen käytöntarkkailu. Kurssimateriaali: Jätevesien biologisen puhdistamisen kurssi 5. -6.9 ja 19. -20.9.1991, Lappeenranta.

Liimatainen M. 1994. Menetelmä biolietteen polttamiseksi soodakattilassa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, prosessi- ja materiaalitekniikan osasto. 120 s. + liit. 21 s.

Lohiniva E., Sipilä K., Mäkinen T., Hietanen L. 2001. Jätteiden energiakäytön vaikutukset GHG-päästöihin. Tutkimusselostus ENE1/48/2001. [pdf-tallenne] [viitattu 22.02.2005] Saatavissa: [www.tekes.fi/julkaisut/jateener.pdf](http://www.tekes.fi/julkaisut/jateener.pdf)

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. 2004. UPM-Kymmene Oyj:n Rauman tehtaan voimalaitosta koskeva ympäristölupapäätös dnro: LSY-2003-Y-100, päätös pvm: 9.3.2004.

Marttila E. 2000. Nestemäisten päästöjen hallinta. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, energia- ja ympäristötekniikan osasto.

Mennola R. 2002. Teknillisen biokemian perusteet. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, kemiantekniikan osasto.

Minnesota department of natural resources. 2004. Environmental Assessment Worksheet: UPM/Blandin Paper Thunderhawk Project. 58 s.

Nestemäisten päästöjen hallinta. 2001. Laskuharjoitukset. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Energiatekniikan osasto.

Niemelä A. 1991. Typenpoiston tekniikka ja talous. Julkaisussa: Typen poisto jätevesistä. Copy-Set Oy, Helsinki. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. 13 s. (INSKO 43-91 VIII).



Nyyssönen V. 2005. Kouvolan puhdistamolta tuotujen lietteiden osuus puhdistamalla syntyneen lietteen kokonaismäärästä. [puhelinkeskustelu] 29.3.2005.

Oy Metsä-Botnia Ab. 2004. Botnian ympäristötilinpäätös. [Oy Metsä-Botnia Ab:n www-sivuilla] [viitattu 16.6.2005] Saatavissa: [www.metsabotnia.com/default.asp?path=1;66;79;80;844;884](http://www.metsabotnia.com/default.asp?path=1;66;79;80;844;884)

Prosessiteollisuuden ympäristönsuojelu. 2002. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, kemiantekniikan osasto.

Rantanen P., Aurola A-M., Hakkila K., Hernesmaa A., Jørgensen K., Laukkanen R., Melasniemi H., Meriluoto J., Nikander S., Pelkonen M., Renko E., Valve M., ja Pauli A. 1999. Biologisen fosforin- ja typenpoiston tehokkuus, prosessiohjaus ja mikrobiologia. Oy Edita Ab, Helsinki. 148 s. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu No 318. ISBN 352-11-0508-9.

Rintala J., Hänninen K., 2001. Jätevesien käsittelyprosessit ja -laitokset I [verkkodokumentti]. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. [viitattu 24.3.2005]. Luentomoniste. Saatavissa: [www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp321sl01.doc](http://www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp321sl01.doc)

Rintala J., Hänninen K., Veijanen A., 2001. Ympäristötekniikan perusteet [verkkodokumentti]. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. [viitattu 26.3.2005]. Luentomoniste. Saatavissa: <http://www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp110moniste.pdf>

Ritari J. 2005. Ohituskien epäpuhtauskuormien laskenta. [sähköpostiviesti] Vastaanottaja Marja Valtonen. Lähetetty 16.6.2005.

Ritari J. 2004. Kuusankosken Akanojan jätevedenpuhdistamon neljännesvuosiyhteenveto loka-joulukuu ja vuosiyhteenveto 2004. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n raportti.

Saarinen R. 1993. Nitrifikaatio. Seminaariaineisto: Vesipäivä 21.10.1993, Biologinen ravinteiden poisto. Helsinki.

Taskinen M. 2005. Jälkiselkeyttimen hinta. [sähköpostiviesti] Vastaanottaja Harri Jussila. Lähetetty 19.5.2005.

Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D., Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4. painos. McGraw-Hill Companies Inc, New York. 1819 s. ISBN 0-07-112250-8.

UPM-Kymmene Oyj. UPM tuotantolaitokset. [UPM-Kymmene Oyj:n www-sivuilla] [viitattu 18.4.2005] Saatavissa: [http://w3.upm-kymme-ne.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/\\$all/417d32564c24f984c2256e670046f86e?OpenDocument&qm=menu,6,8,0&smtitle=USA](http://w3.upm-kymme-ne.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/$all/417d32564c24f984c2256e670046f86e?OpenDocument&qm=menu,6,8,0&smtitle=USA)

Vallila E., Toivikko S., Väänänen P. 1998. Metsäteollisuuden ja yhdyskuntien jätevesien yhteiskäsittely. Kemia-Kemi Vol. 25, No. 1/1998, s. 27-30. ISSN 0355-1628.

Vatka S. 2005. Case Rauma. [sähköpostiviesti] Vastaanottaja Marja Valtonen. Lähetetty 26.6.2005.

Vatka S. 2004. Lausunto Länsi-Suomen ympäristölupavirastolle 21.6.2004.

Wirkkala R-S. 1992. Sellutehtaan jätevesien typpi- ja fosforikuormituksen vähentäminen aktiivilietekäsittelyn yhteydessä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki. 43 s. + liit. 32 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 340. ISBN 951-47-4703-8.

Ympäristöhallinto. 2004a. Kokonaistyyppi. [valtion ympäristöhallinnon www-sivut]. Päivitetty 15.4.2004, [viitattu 4.4.2005]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=73194&lan=FI>

Ympäristöhallinto. 2004b. Yhdyskuntien fosforikuormitus. [Valtion ympäristöhallinnon www-sivut]. Päivitetty 9.11.2004, [viitattu 5.4.2005]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=104497&lan=FI>

Ympäristöhallinto. 2004c. Fosfaattifosfori. [Valtion ympäristöhallinnon www-sivut]. Päivitetty 15.4.2004, [viitattu 5.4.2005]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=73190&lan=FI>

Ympäristöhallinto. 2004d. Valtion vesihuoltotyöt. [Valtion ympäristöhallinnon www-sivut]. Päivitetty 28.1.2004, [viitattu 10.6.2005]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=9857&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2003. Tiedote 15.5.2003: Polttolaitosten säädökset tiukentuvat. [valtion ympäristöhallinnon www-sivut] [viitattu 21.02.2005] Saatavissa: [www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=34695&clan=fi](http://www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=34695&clan=fi)

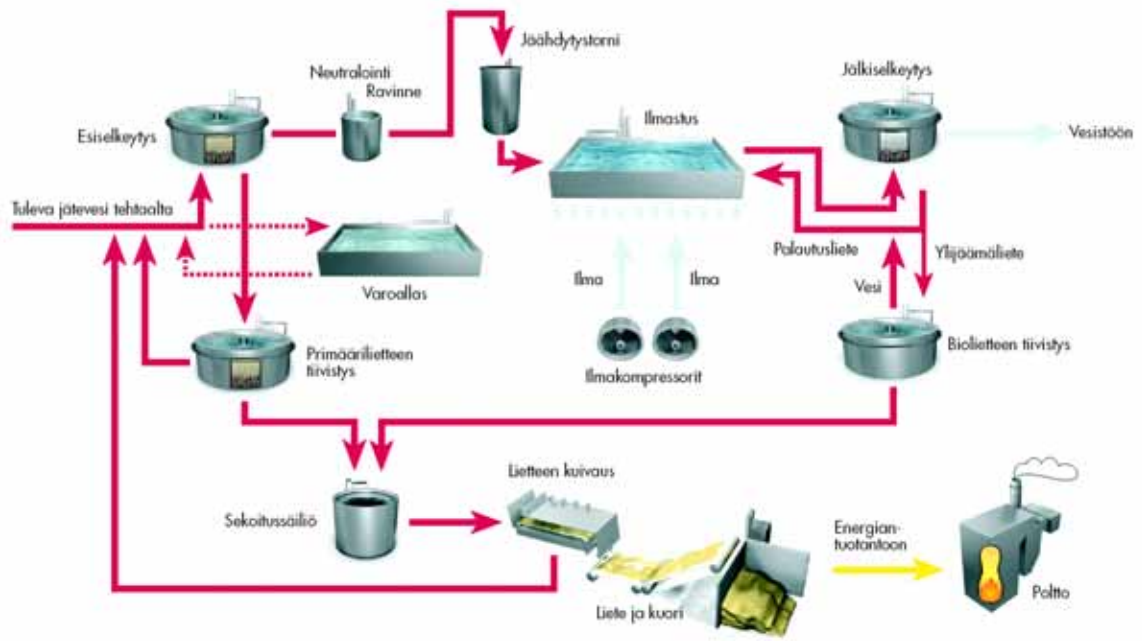
Åkerberg A. 2004a. Ympäristölupahakemuksen yhteiset asiakirjat 2004.

Åkerberg A. 2004b. Kymijoen alaosan yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 2003. 34 s. + liit. 23. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu No 113/2004. ISSN 1458-8064.

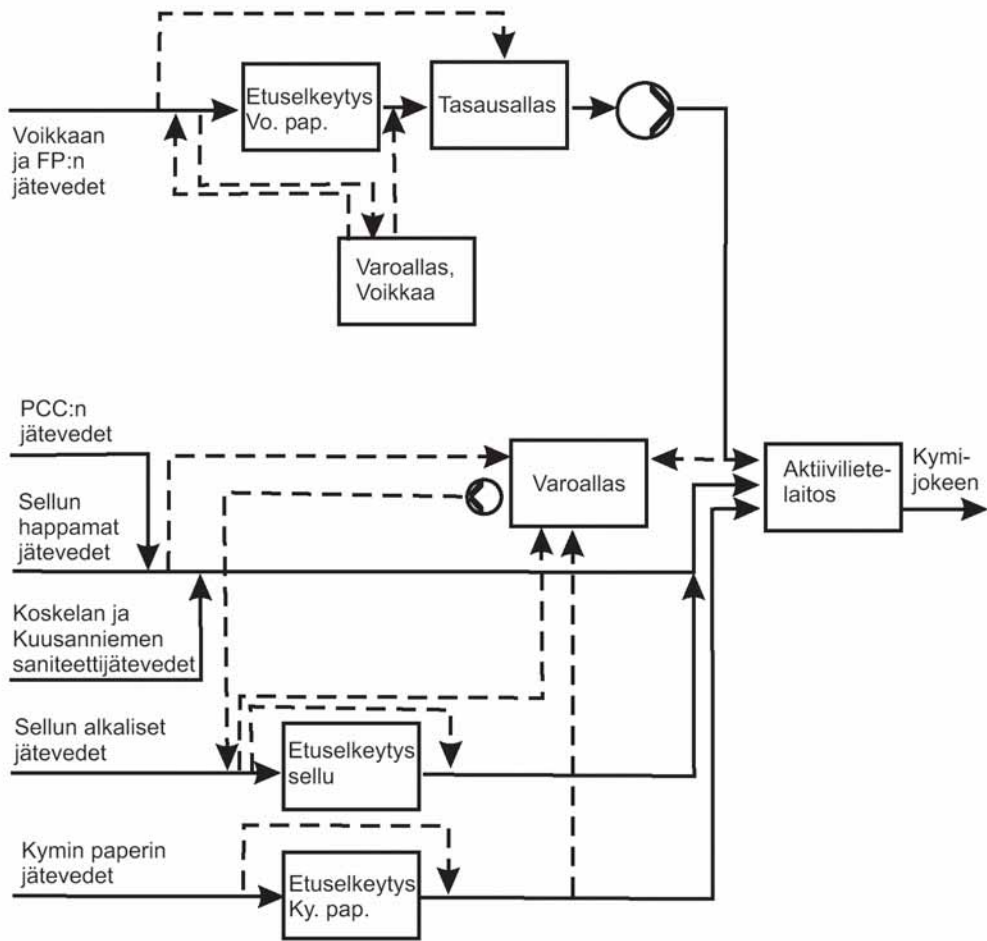
## LIITELUETTELO

- Liite 1 Jäteveden käsittelyn periaate aktiivilietelaitoksessa
- Liite 2 Kuusankosken tehtaiden jäteveden käsittelyn kytkentä
- Liite 3 Rauman tehtaiden puhdistamon vuoden 2004 ravinnetaseet
- Liite 4 Kymin puhdistamon ravinnetaseet vuoden 2004 loka-joulukuussa
- Liite 5 Yhdyskuntajätevesien kuormitus verrattuna simuloituihin tehtaiden kuormituksiin
- Liite 6 Akanojan puhdistamolle tulevan jäteveden tarkkailutiedot aikaväliltä 2002-2004 sekä vuoden 2005 ensimmäiseltä vuosineljännekseltä
- Liite 7 Akanojan puhdistamolta lähtevän virtaaman tarkkailutiedot aikaväliltä 2002-2004 sekä vuoden 2005 ensimmäiseltä vuosineljännekseltä
- Liite 8 Kymijokeen kohdistuva kuormitus erillis- ja yhteispuhdistuksessa
- Liite 9 Kymin puhdistamolle menevä jätevesivirtaama erillis- ja yhteispuhdistustilanteessa.
- Liite 10 Optimivirtaaman määrittämisen excel-tilasto ja tulosten perusteella piirretyt kuvaajat
- Liite 11 Akanojan puhdistamon mitoitus typenpoistoon sopivaksi
- Liite 12 Akanojan puhdistamolle typenpoistosta aiheutuvat kustannukset

Liite 1. Jäteveden käsittelyn periaate aktiivilietelaitoksessa (Jussila 2004)

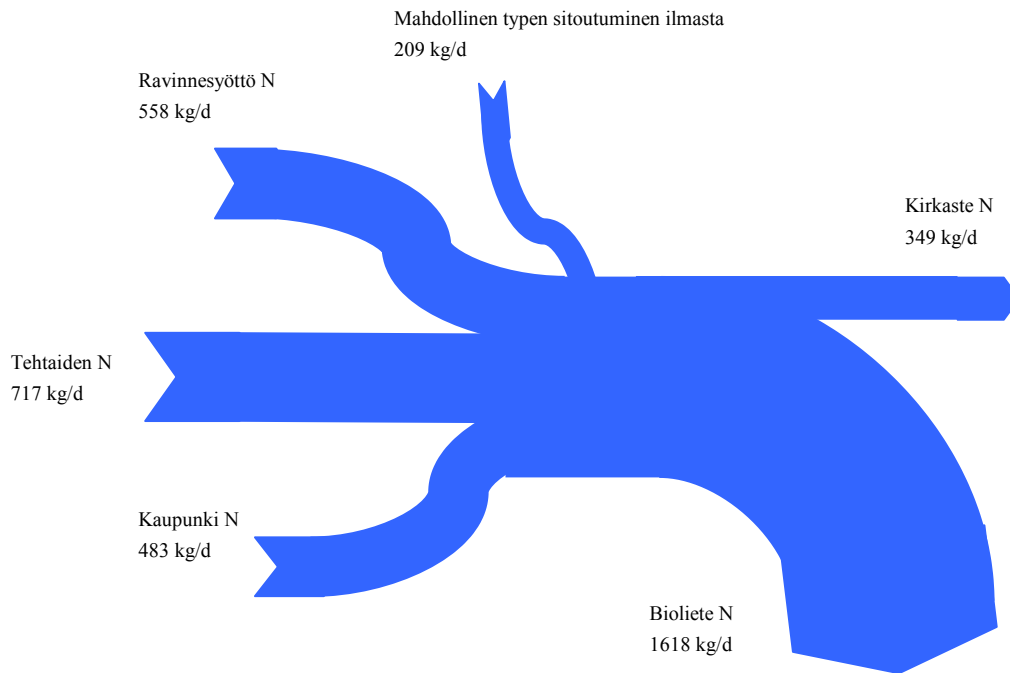


Liite 2. Kuusankosken tehtaiden jäteveden käsittelyn kytkentä (Jussila 2004)

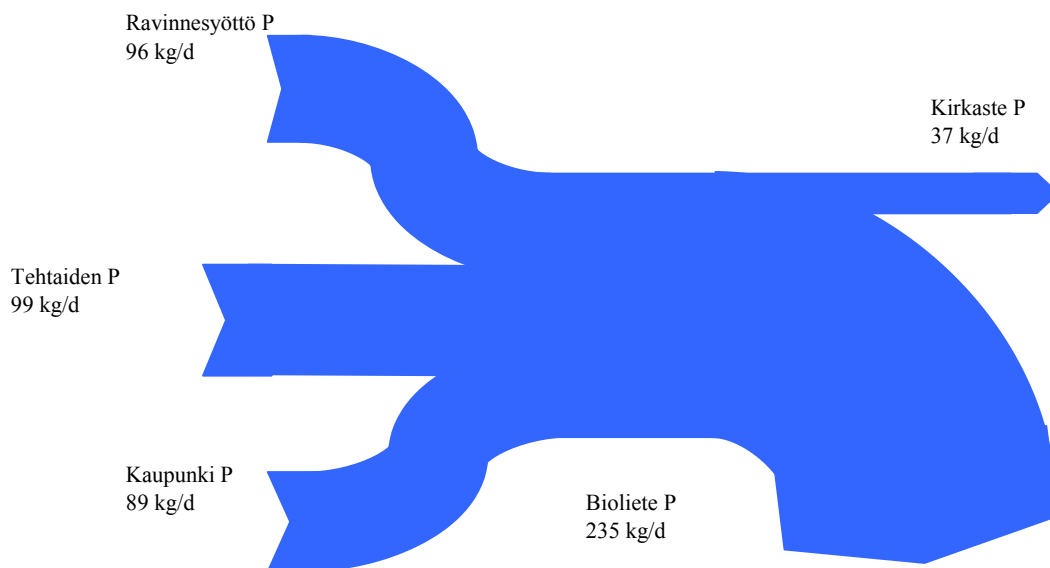


### Liite 3. Rauman tehtaiden puhdistamon vuoden 2004 ravinnetaseet

#### Typpitase

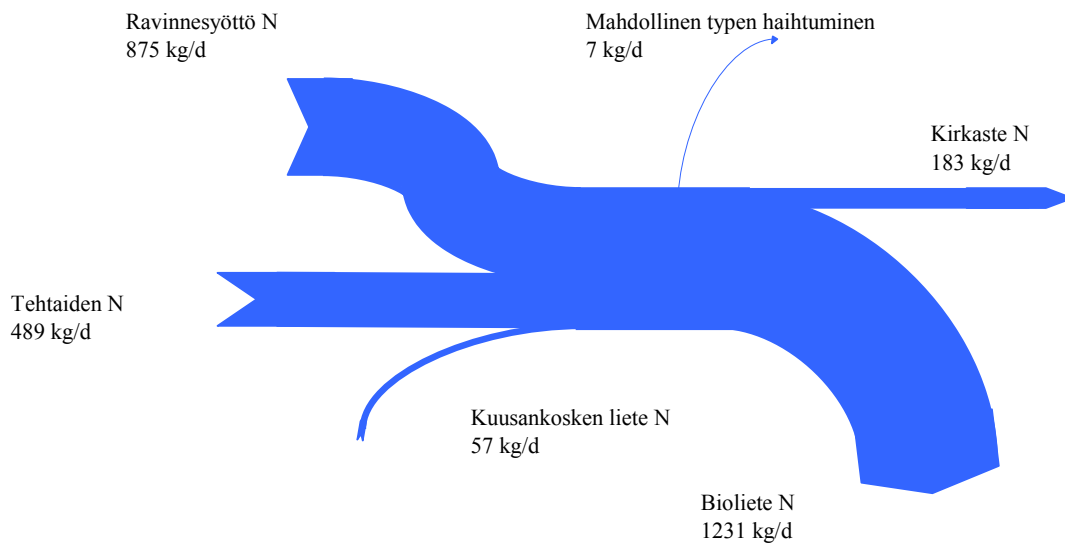


#### Fosforitase

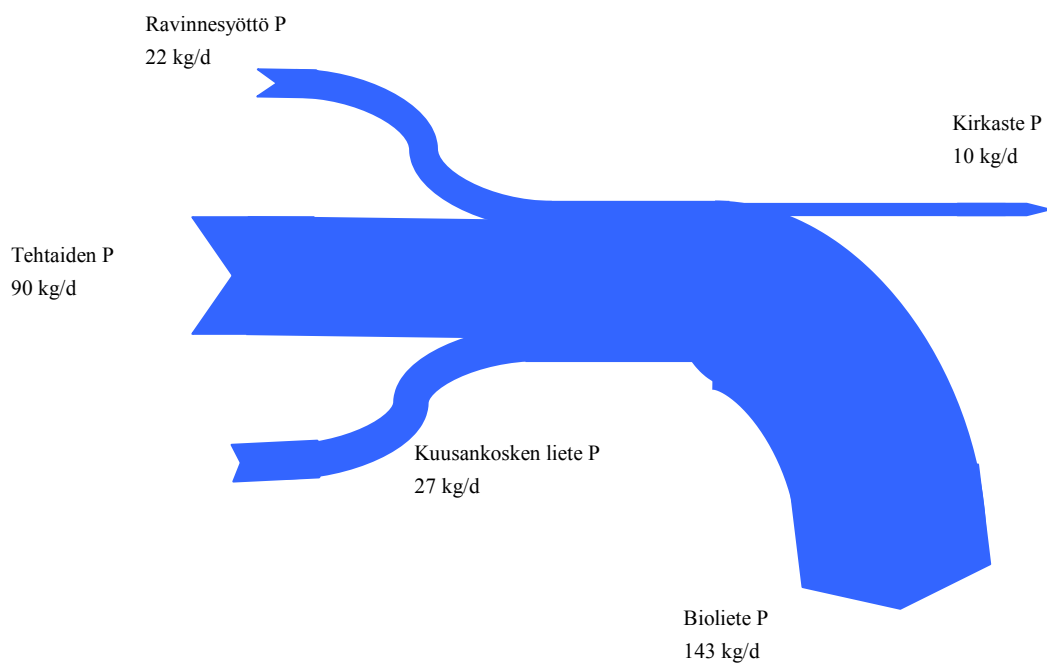


## Liite 4. Kymin puhdistamon ravinnetaseet vuoden 2004 loka-joulukuussa

### Typpitase lokakuussa



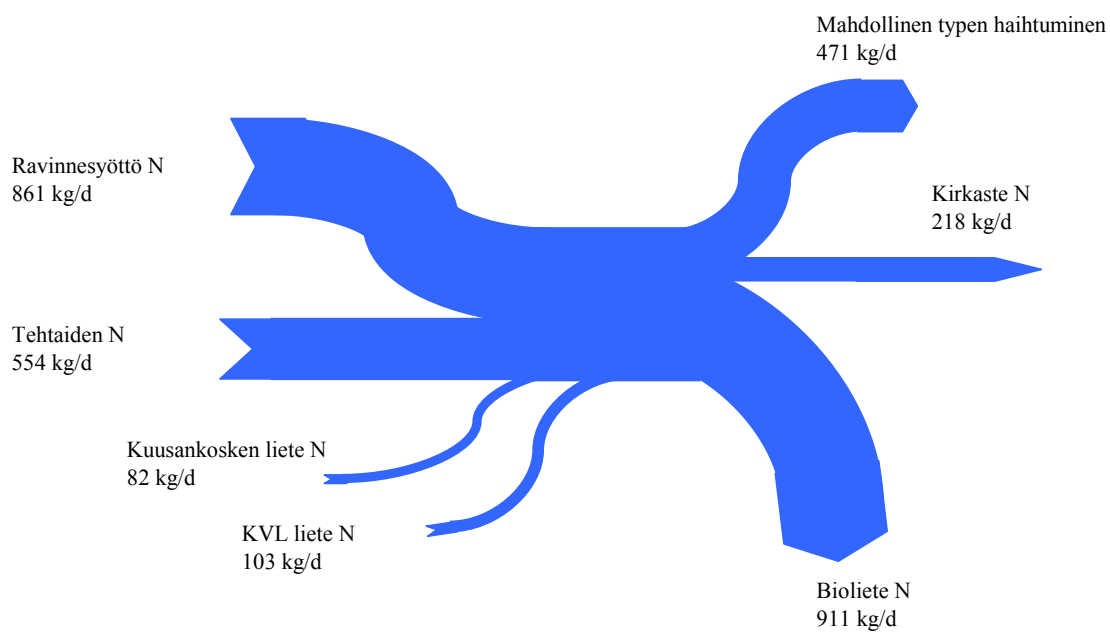
### Fosforitase lokakuussa



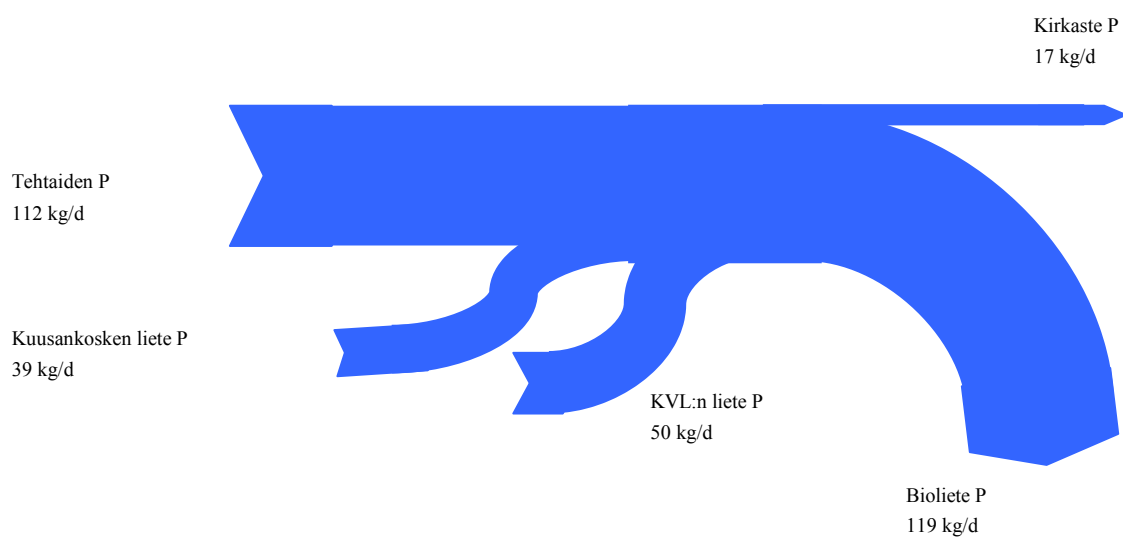
jatkuu



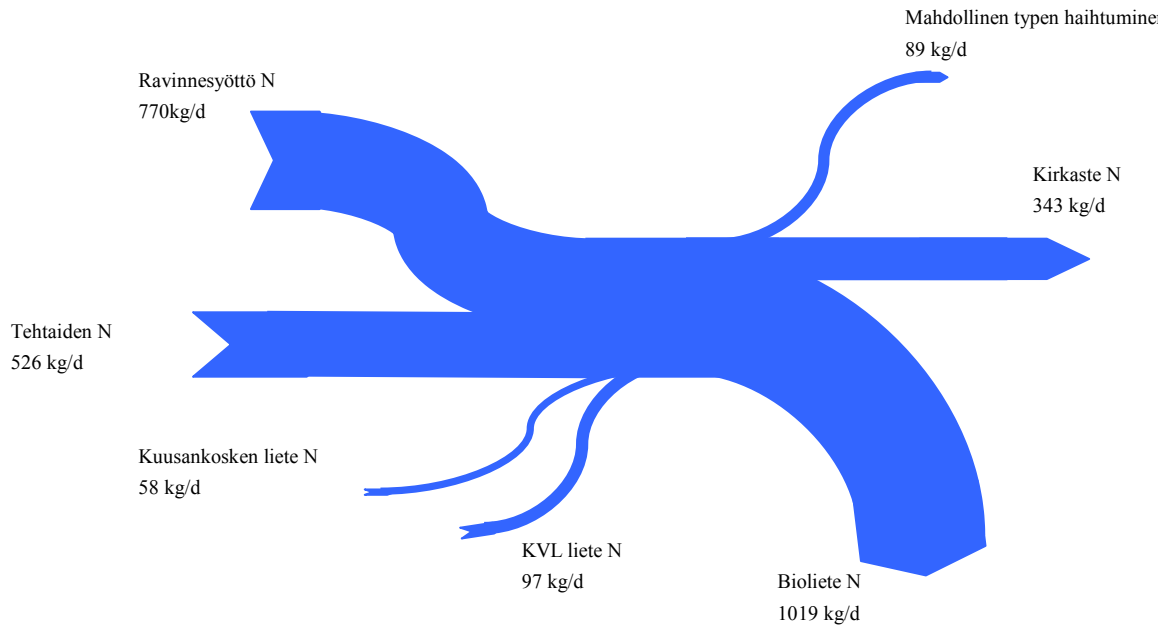
Typpitase marraskuussa



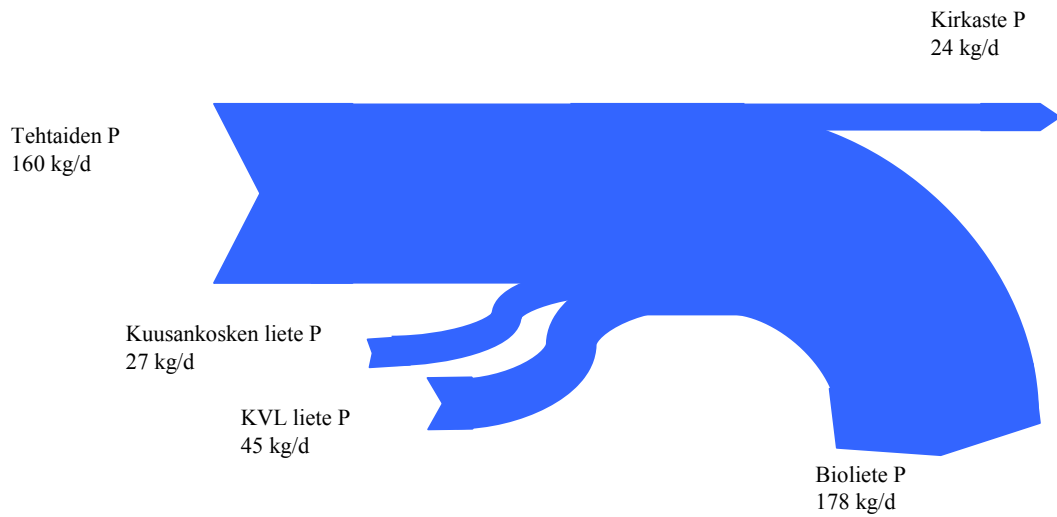
Fosforitase marraskuussa



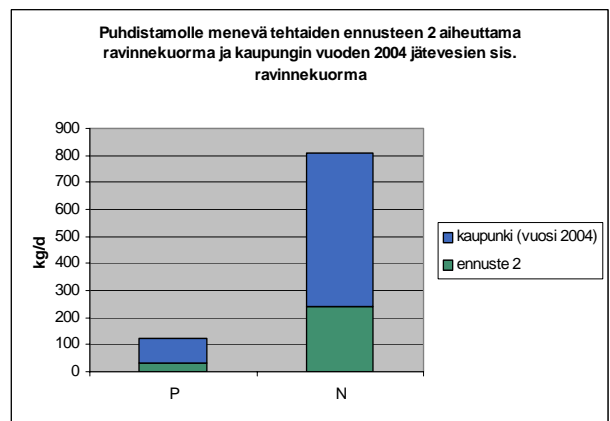
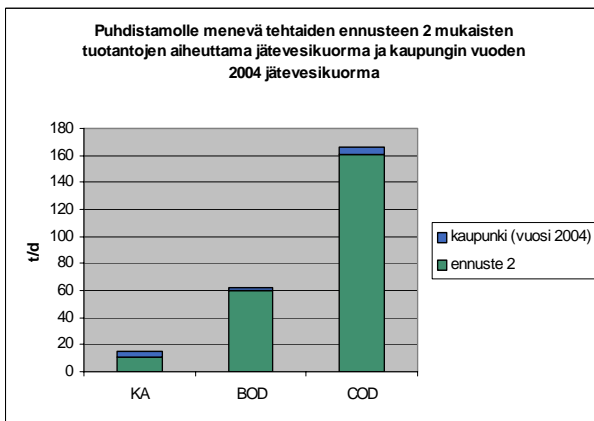
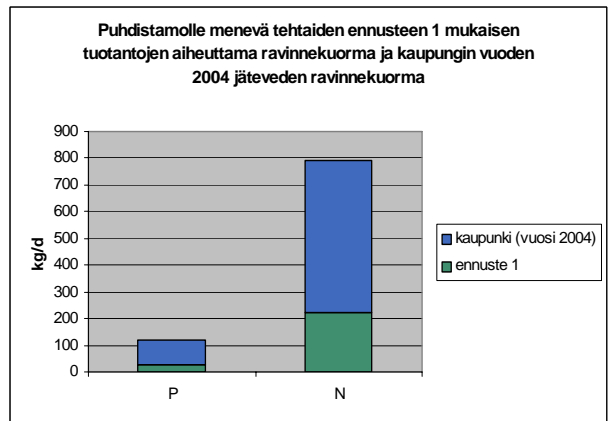
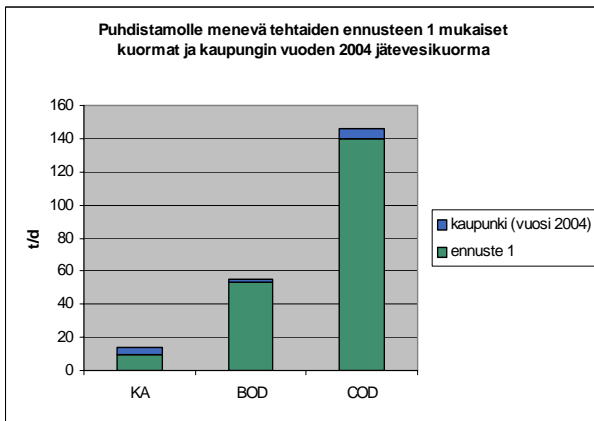
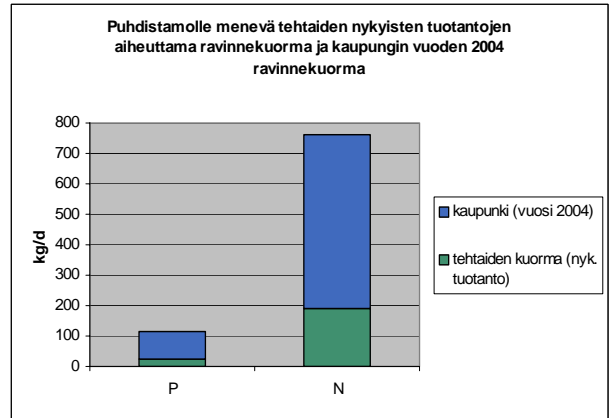
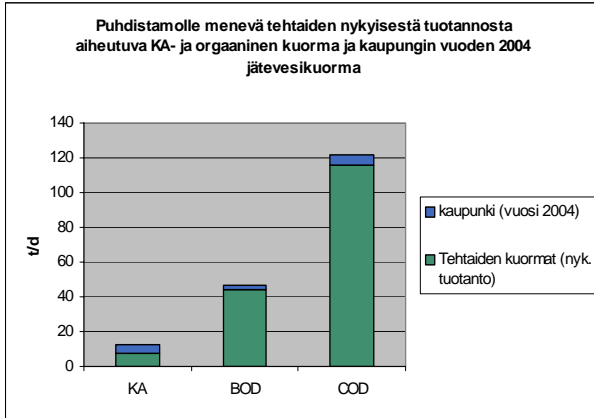
### Typpitase joulukuussa



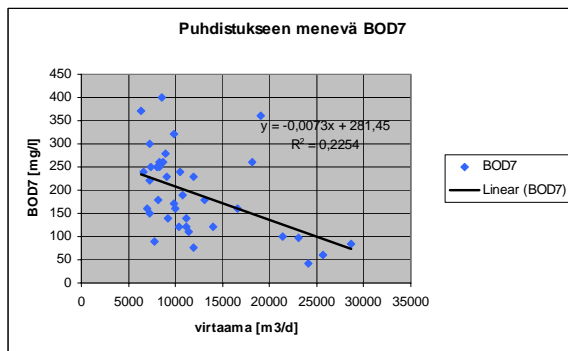
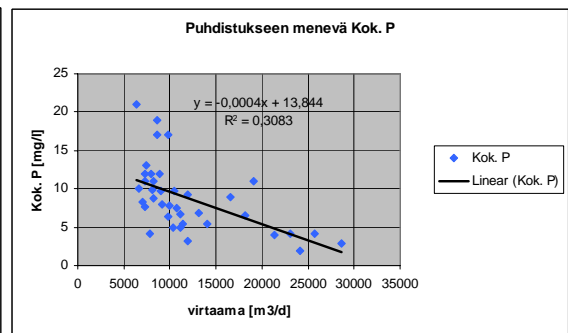
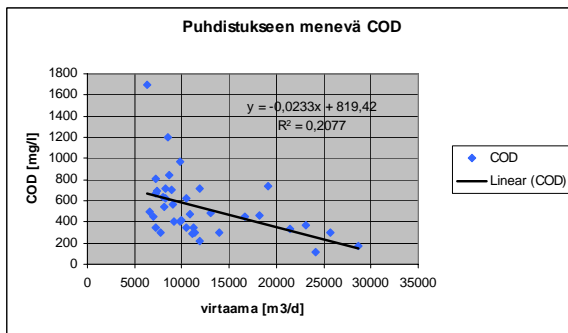
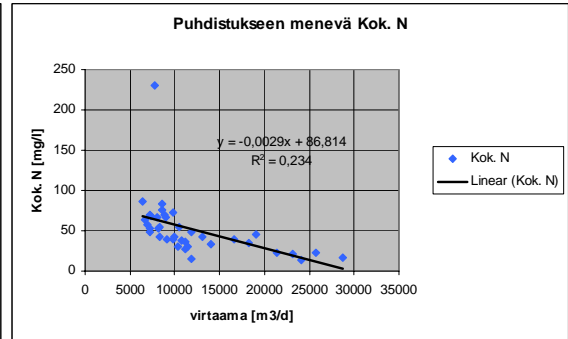
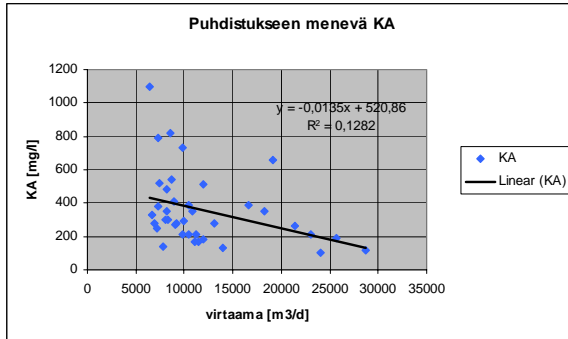
### Fosforitase joulukuussa



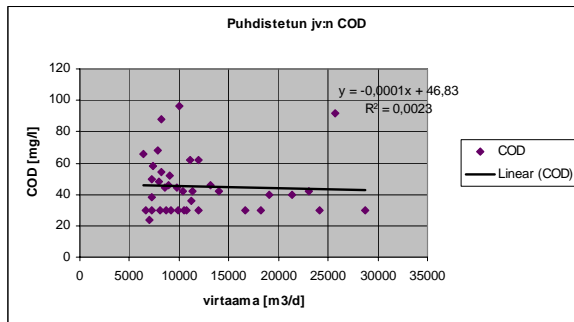
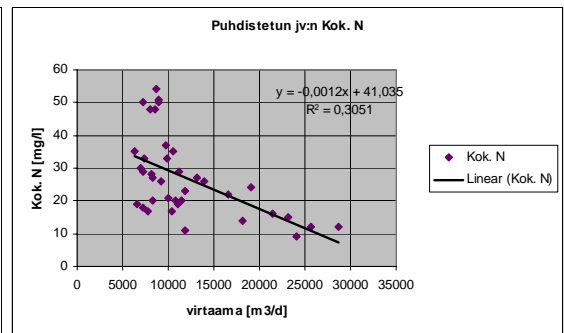
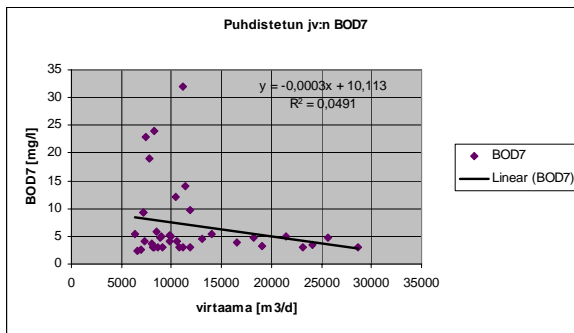
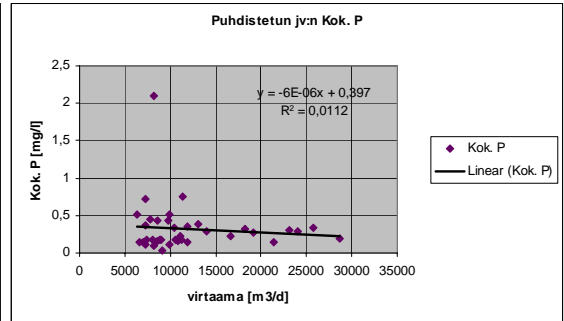
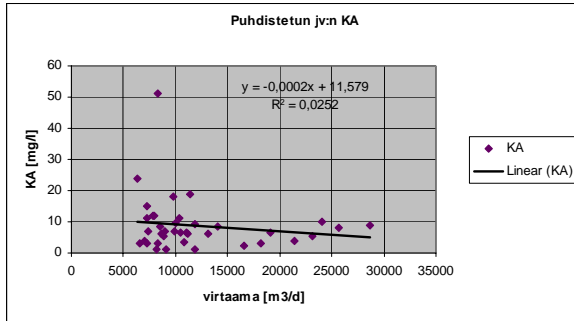
Liite 5. Yhdyskuntajätevesien kuormitus verrattuna simuloituihin tehtaiden kuormitukseen



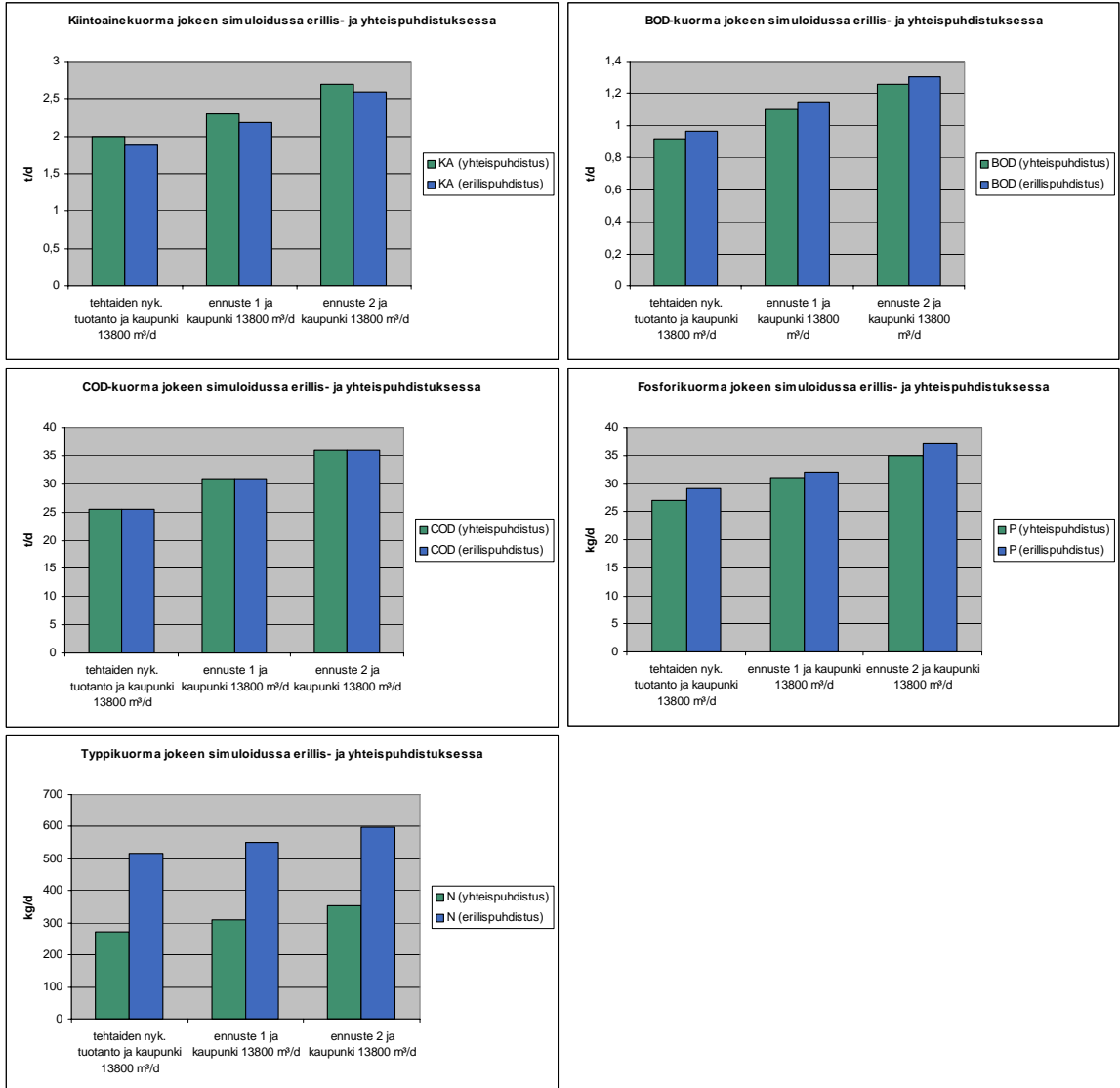
Liite 6. Akanojan puhdistamolle tulevan jäteveden tarkkailutiedot aikaväliltä 2002-2004 sekä vuoden 2005 ensimmäiseltä vuosineljännekseltä



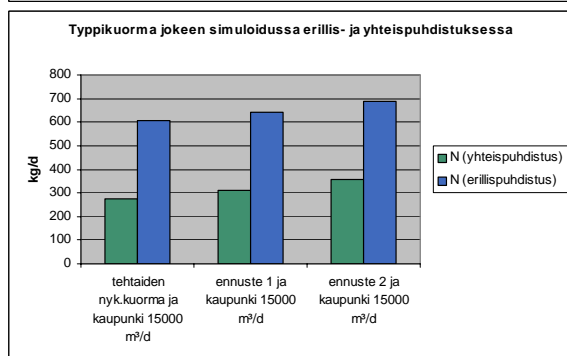
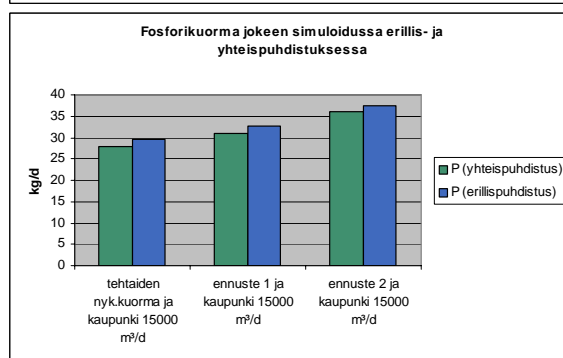
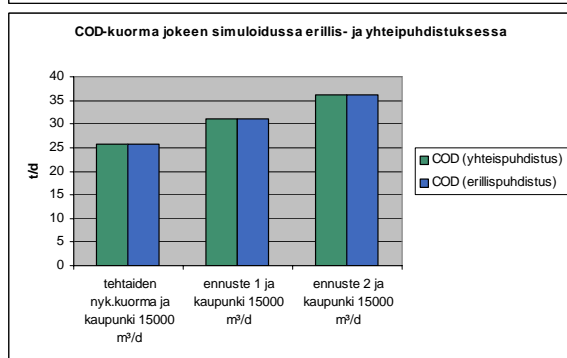
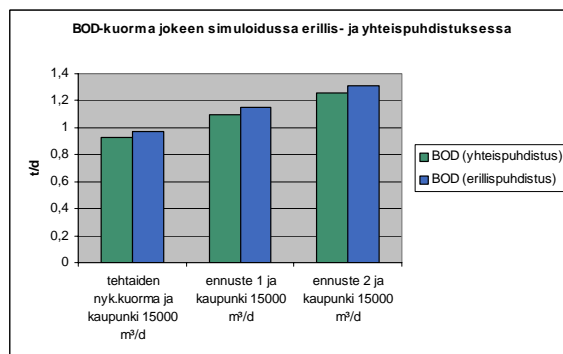
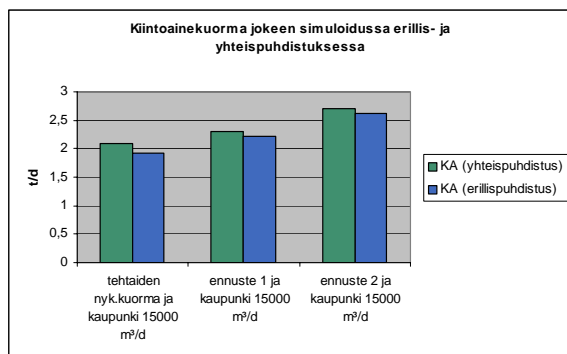
Liite 7. Akanojan puhdistamolta lähtevän virtaaman tarkkailutiedot aikaväliltä 2002-2004 sekä vuoden 2005 ensimmäiseltä vuosineljännekseltä

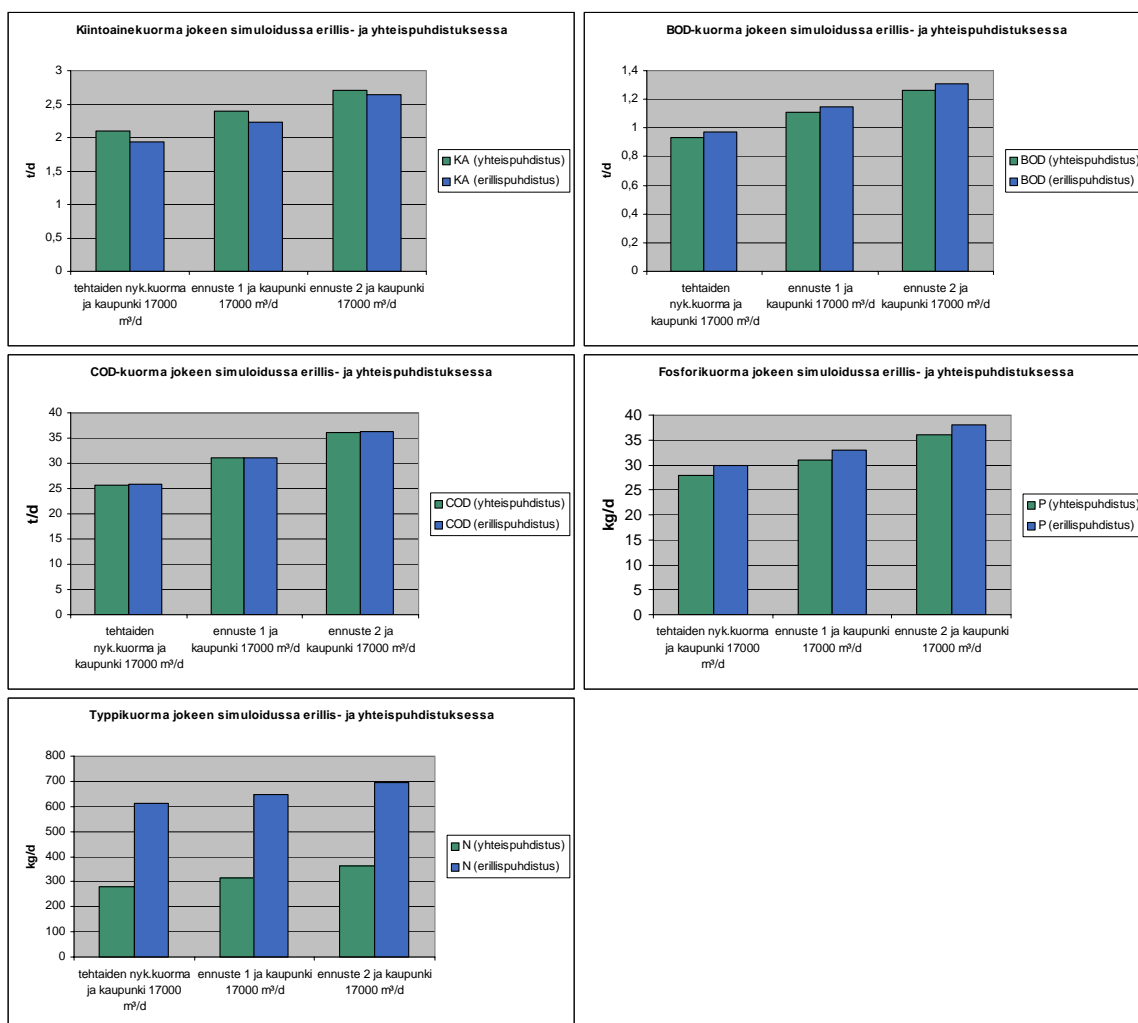


## Liite 8. Kymijokeen kohdistuva kuormitus erillis- ja yhteispuhdistuksessa

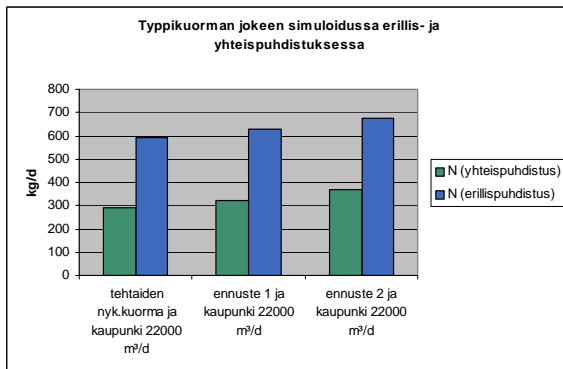
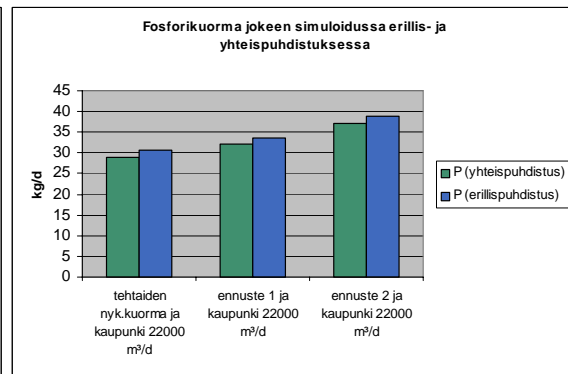
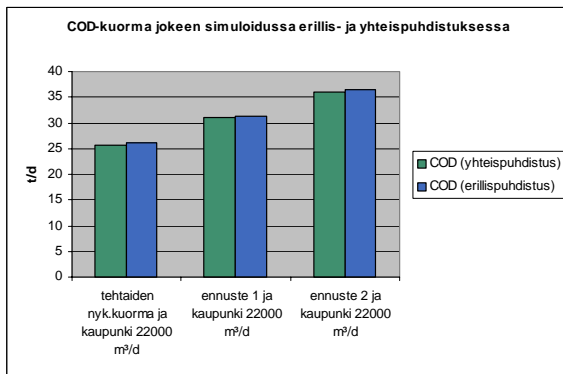
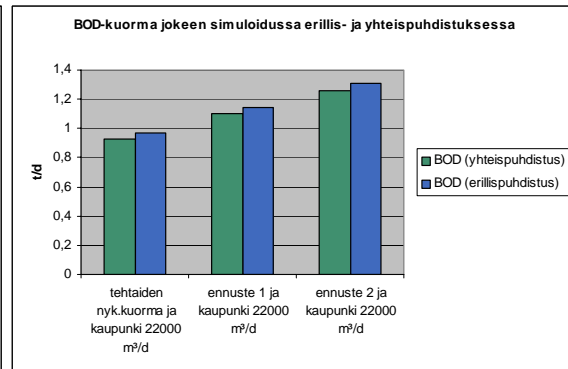
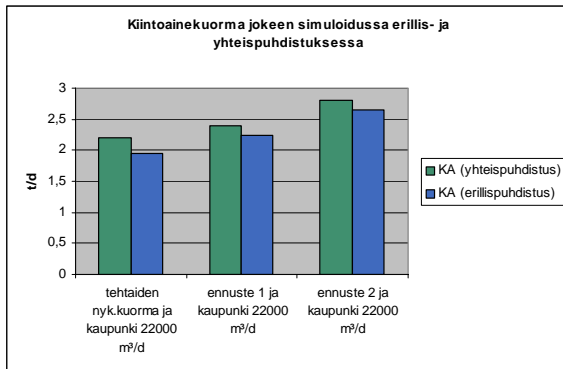


jatkuu



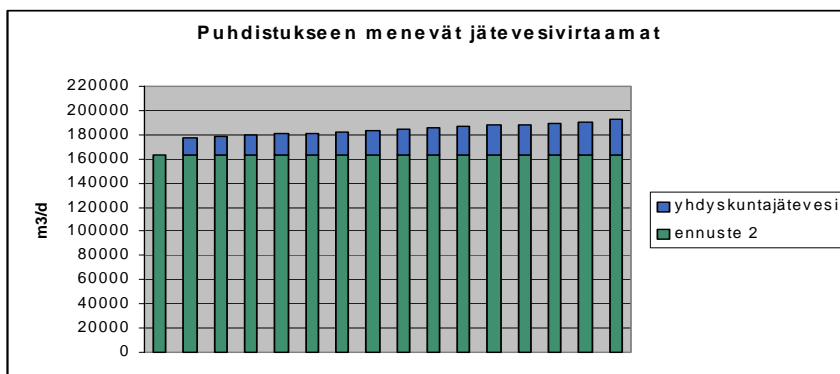
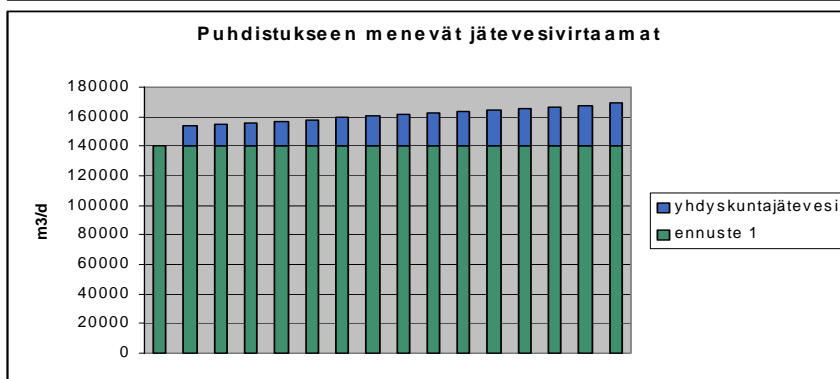
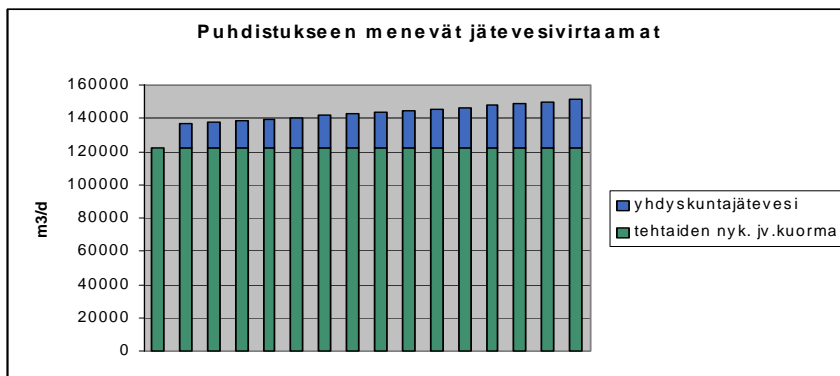






Liite 9. Kymin puhdistamolle menevä jätevesivirtaama erillis- ja yhteispuhdistustilantees-  
sa.

Kuvaajissa tehtaan jätevesivirtaama pysyy vakiona, ja yhdyskuntajäteveden virtaama kas-  
vaa yhteispuhdistuksessa välillä 13 800 m<sup>3</sup>/d – 28 700 m<sup>3</sup>/d. Ensimmäinen pylväs kuvaa  
erillispuhdistustilannetta (yhdyskuntajätevesivirtaama 0 m<sup>3</sup>/d) Kymin puhdistamolla ja sitä  
seuraavat yhteispuhdistusta. 2. pylväässä yhdyskuntajätevesivirtaama on 13 800 m<sup>3</sup>/d ja  
seuraavassa 15 000 m<sup>3</sup>/d. Yhdyskuntajäteveden määrä lisääntyy siitä lähtien 1 000  
m<sup>3</sup>/d:llä. Viimeisen pylvään yhdyskuntajätevesimäärä kasvaa on 1 700 m<sup>3</sup>/d:lla.



Liite 10. Optimivirtaaman määrittämisen excel-taulukko ja tulosten perusteella piirretyt kuvaajat

Leikkausvirtaama 15000 m<sup>3</sup>/d

päivä	Kok. Virtaama [m <sup>3</sup> /d]	Ohitus [m <sup>3</sup> /d]	Ohituksen BOD mg/l	Ohituksen BOD, kg/d	Ohituksen COD mg/l	Ohituksen COD, kg/d	Ohituksen KA mg/l	Ohituksen KA, kg/d	Ohituksen N mg/l	Ohituksen N, kg/d	Ohituksen P mg/l	Ohituksen P, kg/d
01.01.2004	14803	0	173,4		474,5		321,0		43,9		7,9	
02.01.2004	12927	0	187,1		518,2		346,3		49,3		8,7	
03.01.2004	12113	0	193,0		537,2		357,3		51,7		9,0	
04.01.2004	11096	0	200,4		560,9		371,1		54,6		9,4	
05.01.2004	10297	0	206,3		579,5		381,9		57,0		9,7	
06.01.2004	10297	0	206,3		579,5		381,9		57,0		9,7	
07.01.2004	10160	0	207,3		582,7		383,7		57,4		9,8	
08.01.2004	10030	0	208,2		585,7		385,5		57,7		9,8	
09.01.2004	9254	0	213,9		603,8		395,9		60,0		10,1	
10.01.2004	9253	0	213,9		603,8		395,9		60,0		10,1	
11.01.2004	9253	0	213,9		603,8		395,9		60,0		10,1	
12.01.2004	9100	0	215,0		607,4		398,0		60,4		10,2	
13.01.2004	9011	0	215,7		609,5		399,2		60,7		10,2	
14.01.2004	9069	0	215,2		608,1		398,4		60,5		10,2	
15.01.2004	8960	0	216,0		610,7		399,9		60,8		10,3	
16.01.2004	8781	0	217,3		614,8		402,3		61,3		10,3	
17.01.2004	8670	0	218,2		617,4		403,8		61,7		10,4	
18.01.2004	8166	0	221,8		629,2		410,6		63,1		10,6	
19.01.2004	8271	0	221,1		626,7		409,2		62,8		10,5	
20.01.2004	8332	0	220,6		625,3		408,4		62,7		10,5	
21.01.2004	8253	0	221,2		627,1		409,4		62,9		10,5	
22.01.2004	8247	0	221,2		627,3		409,5		62,9		10,5	
23.01.2004	8106	0	222,3		630,6		411,4		63,3		10,6	
24.01.2004	8106	0	222,3		630,6		411,4		63,3		10,6	
25.01.2004	8107	0	222,3		630,5		411,4		63,3		10,6	
26.01.2004	8080	0	222,5		631,2		411,8		63,4		10,6	
27.01.2004	7935	0	223,5		634,5		413,7		63,8		10,7	
28.01.2004	8290	0	229,9		626,3		408,9		62,8		10,5	
29.01.2004	7505	0	226,7		644,6		419,5		65,0		10,8	
30.01.2004	7472	0	226,9		645,3		420,0		65,1		10,9	
31.01.2004	7473	0	226,9		645,3		420,0		65,1		10,9	
01.02.2004	7133	0	229,4		653,2		424,6		66,1		11,0	
02.02.2004	7097	0	229,6		654,1		425,1		66,2		11,0	
03.02.2004	7545	0	226,4		643,6		419,0		64,9		10,8	
04.02.2004	9485	0	212,2		598,4		392,8		59,3		10,1	
05.02.2004	11073	0	200,6		561,4		371,4		54,7		9,4	
06.02.2004	8463	0	219,7		622,2		406,6		62,3		10,5	
07.02.2004	8463	0	219,7		622,2		406,6		62,3		10,5	
08.02.2004	8463	0	219,7		622,2		406,6		62,3		10,5	
09.02.2004	7861	0	224,1		636,3		414,7		64,0		10,7	
10.02.2004	8155	0	221,9		629,4		410,8		63,2		10,6	
11.02.2004	8307	0	220,8		625,9		408,7		62,7		10,5	
12.02.2004	8000	0	223,1		633,0		412,9		63,6		10,6	
13.02.2004	7424	0	227,3		646,4		420,6		65,3		10,9	
14.02.2004	7424	0	227,3		646,4		420,6		65,3		10,9	
15.02.2004	7424	0	227,3		646,4		420,6		65,3		10,9	
16.02.2004	7523	0	226,5		644,1		419,3		65,0		10,8	
17.02.2004	7452	0	227,1		645,8		420,3		65,2		10,9	
18.02.2004	7551	0	226,3		643,5		418,9		64,9		10,8	
19.02.2004	7533	0	226,5		643,9		419,2		65,0		10,8	
20.02.2004	7101	0	229,6		654,0		425,0		66,2		11,0	
21.02.2004	7101	0	229,6		654,0		425,0		66,2		11,0	
22.02.2004	7102	0	229,6		653,9		425,0		66,2		11,0	
23.02.2004	6990	0	230,4		656,6		426,5		66,5		11,0	
24.02.2004	6295	0	235,5		672,7		435,9		68,6		11,3	
25.02.2004	6863	0	231,4		659,5		428,2		66,9		11,1	
26.02.2004	7157	0	229,2		652,7		424,2		66,1		11,0	
27.02.2004	7120	0	229,5		653,5		424,7		66,2		11,0	
28.02.2004	7120	0	229,5		653,5		424,7		66,2		11,0	
29.02.2004	7120	0	229,5		653,5		424,7		66,2		11,0	
01.03.2004	7420	0	227,3		646,5		420,7		65,3		10,9	
02.03.2004	8374	0	220,3		624,3		407,8		62,5		10,5	
03.03.2004	8100	0	222,3		630,7		411,5		63,3		10,6	
04.03.2004	7800	0	224,5		637,7		415,6		64,2		10,7	
05.03.2004	8200	0	221,6		628,4		410,2		63,0		10,6	
06.03.2004	8200	0	221,6		628,4		410,2		63,0		10,6	
07.03.2004	8200	0	221,6		628,4		410,2		63,0		10,6	
08.03.2004	8100	0	222,3		630,7		411,5		63,3		10,6	
09.03.2004	7800	0	224,5		637,7		415,6		64,2		10,7	
10.03.2004	4437	0	249,1		716,0		461,0		73,9		12,1	
11.03.2004	7244	0	228,6		650,6		423,1		65,8		10,9	
12.03.2004	7488	0	226,8		644,9		419,8		65,1		10,8	
13.03.2004	7140	0	229,3		653,1		424,5		66,1		11,0	
14.03.2004	7141	0	229,3		653,0		424,5		66,1		11,0	
15.03.2004	9136	0	214,8		606,6		397,5		60,3		10,2	
16.03.2004	14964	0	172,2		470,8		318,8		43,4		7,9	
17.03.2004	13950	0	179,6		494,4		332,5		46,4		8,3	
18.03.2004	19360	4360	140,1	610,9	368,3	1605,9	259,5	1131,4	30,7	133,7	6,1	26,6
19.03.2004	25220	10220	97,3	994,9	231,8	2368,9	180,4	1843,6	13,7	139,8	3,8	38,4
20.03.2004	25220	10220	97,3	994,9	231,8	2368,9	180,4	1843,6	13,7	139,8	3,8	38,4

jatkuu

## liite 10 jatkoa

päivä	Kok.		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen	
	Virtaama [m³/d]	Ohitus [m³/d]	BOD mg/l	BOD kg/d	COD mg/l	COD kg/d	KA mg/l	KA kg/d	N mg/l	N kg/d	P mg/l	P kg/d		
21.03.2004	25220	10220	97,3	994,9	231,8	2368,9	180,4	1843,6	13,7	139,8	3,8	38,4		
22.03.2004	28215	13215	75,5	997,5	162,0	2141,0	140,0	1849,5	5,0	65,9	2,6	33,8		
23.03.2004	23185	8185	112,2	918,4	279,2	2285,3	207,9	1701,4	19,6	160,2	4,6	37,4		
24.03.2004	21662	6662	123,3	821,5	314,7	2096,5	228,4	1521,8	24,0	159,8	5,2	34,5		
25.03.2004	20561	5561	131,4	730,5	340,3	1892,7	243,3	1352,9	27,2	151,2	5,6	31,3		
26.03.2004	18541	3541	146,1	517,3	387,4	1371,8	270,6	958,0	33,0	117,0	6,4	22,8		
27.03.2004	18341	3341	147,6	493,0	392,1	1309,9	273,3	912,9	33,6	112,3	6,5	21,7		
28.03.2004	20183	5183	134,1	695,1	349,2	1809,7	248,4	1287,4	28,3	146,6	5,8	29,9		
29.03.2004	27092	12092	83,7	1011,8	188,2	2275,4	155,1	1875,7	8,2	99,7	3,0	36,4		
30.03.2004	39840	24840	-9,4	-233,0	-108,9	-2703,9	-17,0	-421,8	-28,7	-713,5	-2,1	-52,0		
31.03.2004	38730	23730	-1,3	-30,4	-83,0	-1969,3	-2,0	-47,3	-25,5	-605,2	-1,6	-39,1		
01.04.2004	19642	4642	138,1	640,9	361,8	1679,3	255,7	1186,9	29,9	138,6	6,0	27,8		
02.04.2004	16052	1052	164,3	172,8	445,4	468,6	304,2	320,0	40,3	42,4	7,4	7,8		
03.04.2004	16052	1052	164,3	172,8	445,4	468,6	304,2	320,0	40,3	42,4	7,4	7,8		
04.04.2004	16053	1053	164,3	173,0	445,4	469,0	304,1	320,3	40,3	42,4	7,4	7,8		
05.04.2004	18527	3527	146,2	515,7	387,7	1367,6	270,7	954,9	33,1	116,7	6,4	22,7		
06.04.2004	21457	6457	124,8	805,9	319,5	2062,8	231,2	1492,8	24,6	158,8	5,3	34,0		
07.04.2004	24761	9761	100,7	982,9	242,5	2366,9	186,6	1821,3	15,0	146,5	3,9	38,5		
08.04.2004	25792	10792	93,2	1005,5	218,5	2357,7	172,7	1863,4	12,0	129,7	3,5	38,1		
09.04.2004	25792	10792	93,2	1005,5	218,5	2357,7	172,7	1863,4	12,0	129,7	3,5	38,1		
10.04.2004	25793	10793	93,2	1005,5	218,4	2357,7	172,7	1863,5	12,0	129,7	3,5	38,1		
11.04.2004	25793	10793	93,2	1005,5	218,4	2357,7	172,7	1863,5	12,0	129,7	3,5	38,1		
12.04.2004	26031	11031	91,4	1008,5	212,9	2348,5	169,4	1869,1	11,3	124,9	3,4	37,9		
13.04.2004	26473	11473	88,2	1011,9	202,6	2324,4	163,5	1875,5	10,0	115,2	3,3	37,3		
14.04.2004	24318	9318	103,9	968,4	252,8	2355,7	192,6	1794,3	16,3	151,8	4,1	38,4		
15.04.2004	33812	18812	34,6	651,3	31,6	594,5	64,4	1211,5	-11,2	-211,5	0,3	6,0		
16.04.2004	29760	14760	64,2	947,6	126,0	1859,9	119,1	1757,9	0,5	7,5	1,9	28,6		
17.04.2004	29760	14760	64,2	947,6	126,0	1859,9	119,1	1757,9	0,5	7,5	1,9	28,6		
18.04.2004	29760	14760	64,2	947,6	126,0	1859,9	119,1	1757,9	0,5	7,5	1,9	28,6		
19.04.2004	30055	15055	62,0	934,1	119,1	1793,6	115,1	1733,1	-0,3	-5,2	1,8	27,4		
20.04.2004	28310	13310	74,8	995,4	159,8	2126,9	138,7	1845,8	4,7	62,8	2,5	33,5		
21.04.2004	19475	4475	139,3	623,3	365,7	1636,3	257,9	1154,3	30,3	135,8	6,1	27,1		
22.04.2004	16780	1780	159,0	282,9	428,4	762,6	294,3	523,9	38,2	67,9	7,1	12,7		
23.04.2004	13193	0	185,1		512,0		342,8		48,6		8,6			
24.04.2004	13193	0	185,1		512,0		342,8		48,6		8,6			
25.04.2004	13194	0	185,1		512,0		342,7		48,6		8,6			
26.04.2004	11858	0	194,9		543,1		360,8		52,4		9,1			
27.04.2004	11684	0	196,2		547,2		363,1		52,9		9,2			
28.04.2004	11366	0	198,5		554,6		367,4		53,9		9,3			
29.04.2004	10612	0	204,0		572,2		377,6		56,0		9,6			
30.04.2004	9422	0	212,7		599,9		393,7		59,5		10,1			
01.05.2004	9422	0	212,7		599,9		393,7		59,5		10,1			
02.05.2004	9422	0	212,7		599,9		393,7		59,5		10,1			
03.05.2004	11659	0	196,3		547,8		363,5		53,0		9,2			
04.05.2004	11504	0	197,5		551,4		365,6		53,5		9,2			
05.05.2004	10846	0	202,3		566,7		374,4		55,4		9,5			
06.05.2004	11019	0	201,0		562,7		372,1		54,9		9,4			
07.05.2004	9202	0	214,3		605,0		396,6		60,1		10,2			
08.05.2004	9202	0	214,3		605,0		396,6		60,1		10,2			
09.05.2004	9202	0	214,3		605,0		396,6		60,1		10,2			
10.05.2004	10980	0	201,3		563,6		372,6		55,0		9,5			
11.05.2004	10288	0	206,3		579,7		382,0		57,0		9,7			
12.05.2004	9512	0	212,0		597,8		392,4		59,2		10,0			
13.05.2004	8920	0	216,3		611,6		400,4		60,9		10,3			
14.05.2004	8100	0	222,3		630,7		411,5		63,3		10,6			
15.05.2004	8100	0	222,3		630,7		411,5		63,3		10,6			
16.05.2004	8100	0	222,3		630,7		411,5		63,3		10,6			
17.05.2004	7985	0	223,2		633,4		413,1		63,7		10,7			
18.05.2004	10390	0	205,6		577,3		380,6		56,7		9,7			
19.05.2004	10627	0	203,9		571,8		377,4		56,0		9,6			
20.05.2004	10628	0	203,9		571,8		377,4		56,0		9,6			
21.05.2004	9157	0	214,6		606,1		397,2		60,3		10,2			
22.05.2004	9157	0	214,6		606,1		397,2		60,3		10,2			
23.05.2004	9157	0	214,6		606,1		397,2		60,3		10,2			
24.05.2004	7387	0	227,5		647,3		421,1		65,4		10,9			
25.05.2004	7927	0	223,6		634,7		413,8		63,8		10,7			
26.05.2004	7741	0	224,9		639,1		416,4		64,4		10,7			
27.05.2004	7594	0	226,0		642,5		418,3		64,8		10,8			
28.05.2004	7570	0	226,2		643,0		418,7		64,9		10,8			
29.05.2004	10657	0	203,7		571,1		377,0		55,9		9,6			
30.05.2004	10658	0	203,6		571,1		377,0		55,9		9,6			
31.05.2004	11292	0	199,0		556,3		368,4		54,1		9,3			
01.06.2004	9915	0	209,1		588,4		387,0		58,1		9,9			
02.06.2004	8885	0	216,6		612,4		400,9		61,0		10,3			
03.06.2004	8437	0	219,9		622,8		407,0		62,3		10,5			
04.06.2004	7167	0	229,1		652,4		424,1		66,0		11,0			
05.06.2004	7167	0	229,1		652,4		424,1		66,0		11,0			
06.06.2004	7168	0	229,1		652,4		424,1		66,0		11,0			
07.06.2004	8237	0	221,3		627,5		409,7		62,9		10,5			
08.06.2004	7402	0	227,4		647,0		420,9		65,3		10,9			
09.06.2004	7136	0	229,4		653,2		424,5		66,1		11,0			
10.06.2004	6691	0	232,6		663,5		430,5		67,4		11,2			

jatkuu

## Liite 10 jatkoa

päivä	Kok.	Ohitus [m³/d]	Ohituksen									
	Virtaama [m³/d]		BOD mg/l	BOD, kg/d	COD mg/l	COD, kg/d	KA mg/l	KA, kg/d	N mg/l	N, kg/d	P mg/l	P, kg/d
11.06.2004	8121	0	222,2		630,2		411,2		63,3		10,6	
12.06.2004	8121	0	222,2		630,2		411,2		63,3		10,6	
13.06.2004	8121	0	222,2		630,2		411,2		63,3		10,6	
14.06.2004	10227	0	206,8		581,1		382,8		57,2		9,8	
15.06.2004	8352	0	220,5		624,8		408,1		62,6		10,5	
16.06.2004	9156	0	214,6		606,1		397,3		60,3		10,2	
17.06.2004	8214	0	221,5		628,0		410,0		63,0		10,6	
18.06.2004	6824	0	231,6		660,4		428,7		67,0		11,1	
19.06.2004	6824	0	231,6		660,4		428,7		67,0		11,1	
20.06.2004	6824	0	231,6		660,4		428,7		67,0		11,1	
21.06.2004	6902	0	231,1		658,6		427,7		66,8		11,1	
22.06.2004	6785	0	231,9		661,3		429,3		67,1		11,1	
23.06.2004	7240	0	228,6		650,7		423,1		65,8		10,9	
24.06.2004	8546	0	219,1		620,3		405,5		62,0		10,4	
25.06.2004	8546	0	219,1		620,3		405,5		62,0		10,4	
26.06.2004	8546	0	219,1		620,3		405,5		62,0		10,4	
27.06.2004	8546	0	219,1		620,3		405,5		62,0		10,4	
28.06.2004	9240	0	214,0		604,1		396,1		60,0		10,1	
29.06.2004	8705	0	217,9		616,6		403,3		61,6		10,4	
30.06.2004	29208	14208	68,2	969,4	138,9	1973,1	126,6	1798,1	2,1	30,0	2,2	30,7
01.07.2004	19896	4896	136,2	666,9	355,8	1742,2	252,3	1235,1	29,1	142,5	5,9	28,8
02.07.2004	18993	3993	142,8	570,2	376,9	1504,9	264,5	1056,0	31,7	126,7	6,2	24,9
03.07.2004	18993	3993	142,8	570,2	376,9	1504,9	264,5	1056,0	31,7	126,7	6,2	24,9
04.07.2004	18993	3993	142,8	570,2	376,9	1504,9	264,5	1056,0	31,7	126,7	6,2	24,9
05.07.2004	14886	0	172,8		472,6		319,9		43,6		7,9	
06.07.2004	13784	0	180,8		498,3		334,8		46,8		8,3	
07.07.2004	12402	0	190,9		530,5		353,4		50,8		8,9	
08.07.2004	10629	0	203,9		571,8		377,4		56,0		9,6	
09.07.2004	8928	0	216,3		611,4		400,3		60,9		10,3	
10.07.2004	8928	0	216,3		611,4		400,3		60,9		10,3	
11.07.2004	8928	0	216,3		611,4		400,3		60,9		10,3	
12.07.2004	7752	0	224,9		638,8		416,2		64,3		10,7	
13.07.2004	7908	0	223,7		635,2		414,1		63,9		10,7	
14.07.2004	7175	0	229,1		652,2		424,0		66,0		11,0	
15.07.2004	6779	0	232,0		661,5		429,3		67,2		11,1	
16.07.2004	6351	0	235,1		671,4		435,1		68,4		11,3	
17.07.2004	6351	0	235,1		671,4		435,1		68,4		11,3	
18.07.2004	6351	0	235,1		671,4		435,1		68,4		11,3	
19.07.2004	6093	0	237,0		677,5		438,6		69,1		11,4	
20.07.2004	5895	0	238,4		682,1		441,3		69,7		11,5	
21.07.2004	5884	0	238,5		682,3		441,4		69,8		11,5	
22.07.2004	5621	0	240,4		688,5		445,0		70,5		11,6	
23.07.2004	5207	0	243,4		698,1		450,6		71,7		11,8	
24.07.2004	5207	0	243,4		698,1		450,6		71,7		11,8	
25.07.2004	5207	0	243,4		698,1		450,6		71,7		11,8	
26.07.2004	5310	0	242,7		695,7		449,2		71,4		11,7	
27.07.2004	5376	0	242,2		694,2		448,3		71,2		11,7	
28.07.2004	6593	0	233,3		665,8		431,9		67,7		11,2	
29.07.2004	11380	0	198,4		554,3		367,2		53,8		9,3	
30.07.2004	28909	13909	70,4	979,4	145,8	2028,5	130,6	1816,4	3,0	41,4	2,3	31,7
31.07.2004	28909	13909	70,4	979,4	145,8	2028,5	130,6	1816,4	3,0	41,4	2,3	31,7
01.08.2004	28910	13910	70,4	979,4	145,8	2028,3	130,6	1816,3	3,0	41,4	2,3	31,7
02.08.2004	25678	10678	94,0	1003,7	221,1	2361,1	174,2	1860,2	12,3	131,8	3,6	38,2
03.08.2004	18091	3091	149,4	461,8	397,9	1229,9	276,6	855,1	34,4	106,2	6,6	20,4
04.08.2004	13776	0	180,9		498,4		334,9		46,9		8,3	
05.08.2004	11241	0	199,4		557,5		369,1		54,2		9,3	
06.08.2004	10209	0	206,9		581,6		383,0		57,2		9,8	
07.08.2004	7458	0	227,0		645,6		420,2		65,2		10,9	
08.08.2004	7459	0	227,0		645,6		420,2		65,2		10,9	
09.08.2004	7270	0	228,4		650,0		422,7		65,7		10,9	
10.08.2004	7197	0	228,9		651,7		423,7		65,9		11,0	
11.08.2004	7028	0	230,1		655,7		426,0		66,4		11,0	
12.08.2004	6562	0	233,5		666,5		432,3		67,8		11,2	
13.08.2004	5999	0	237,7		679,6		439,9		69,4		11,4	
14.08.2004	5999	0	237,7		679,6		439,9		69,4		11,4	
15.08.2004	6000	0	237,7		679,6		439,9		69,4		11,4	
16.08.2004	5917	0	238,3		681,6		441,0		69,7		11,5	
17.08.2004	8826	0	217,0		613,8		401,7		61,2		10,3	
18.08.2004	11914	0	194,5		541,8		360,0		52,3		9,1	
19.08.2004	9374	0	213,0		601,0		394,3		59,6		10,1	
20.08.2004	10596	0	204,1		572,5		377,8		56,1		9,6	
21.08.2004	10596	0	204,1		572,5		377,8		56,1		9,6	
22.08.2004	10596	0	204,1		572,5		377,8		56,1		9,6	
23.08.2004	7783	0	224,6		638,1		415,8		64,2		10,7	
24.08.2004	7438	0	227,2		646,1		420,4		65,2		10,9	
25.08.2004	3929	0	252,8		727,9		467,8		75,4		12,3	
26.08.2004	9649	0	211,0		594,6		390,6		58,8		10,0	
27.08.2004	10068	0	208,0		584,8		384,9		57,6		9,8	
28.08.2004	7234	0	228,6		650,9		423,2		65,8		11,0	
29.08.2004	7234	0	228,6		650,9		423,2		65,8		11,0	
30.08.2004	7241	0	228,6		650,7		423,1		65,8		10,9	
31.08.2004	8752	0	217,6		615,5		402,7		61,4		10,3	

jatkuu

## Liite 10 jatkoa

päivä	Kok.	Ohituksen virtaama [m³/d]	Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen		Ohituksen	
	Virtaama [m³/d]		BOD mg/l	BOD, kg/d	COD mg/l	COD, kg/d	KA mg/l	KA, kg/d	N mg/l	N, kg/d	P mg/l	P, kg/d		
01.09.2004	9056	0	215,3		608,4		398,6		60,6		10,2			
02.09.2004	30399	15399	59,5	916,8	111,1	1711,2	110,5	1701,2	-1,3	-20,7	1,7	25,9		
03.09.2004	23378	8378	110,8	928,2	274,7	2301,5	205,3	1719,6	19,0	159,3	4,5	37,6		
04.09.2004	23378	8378	110,8	928,2	274,7	2301,5	205,3	1719,6	19,0	159,3	4,5	37,6		
05.09.2004	23378	8378	110,8	928,2	274,7	2301,5	205,3	1719,6	19,0	159,3	4,5	37,6		
06.09.2004	12169	0	192,6		535,9		356,6		51,5		9,0			
07.09.2004	13852	0	180,3		496,7		333,9		46,6		8,3			
08.09.2004	13003	0	186,5		516,5		345,3		49,1		8,6			
09.09.2004	12585	0	189,6		526,2		351,0		50,3		8,8			
10.09.2004	8909	0	216,4		611,8		400,6		61,0		10,3			
11.09.2004	8340	0	220,6		625,1		408,3		62,6		10,5			
12.09.2004	8340	0	220,6		625,1		408,3		62,6		10,5			
13.09.2004	8600	0	218,7		619,0		404,8		61,9		10,4			
14.09.2004	8864	0	216,7		612,9		401,2		61,1		10,3			
15.09.2004	8187	0	221,7		628,7		410,3		63,1		10,6			
16.09.2004	8640	0	218,4		618,1		404,2		61,8		10,4			
17.09.2004	8087	0	222,4		631,0		411,7		63,4		10,6			
18.09.2004	8087	0	222,4		631,0		411,7		63,4		10,6			
19.09.2004	8087	0	222,4		631,0		411,7		63,4		10,6			
20.09.2004	8504	0	219,4		621,3		406,1		62,2		10,4			
21.09.2004	17875	2875	151,0	434,0	402,9	1158,4	279,5	803,7	35,0	100,6	6,7	19,2		
22.09.2004	19955	4955	135,8	672,8	354,5	1756,4	251,5	1246,0	28,9	143,4	5,9	29,0		
23.09.2004	22552	7552	116,8	882,2	294,0	2220,0	216,4	1634,3	21,4	161,7	4,8	36,4		
24.09.2004	27935	12935	77,5	1002,8	168,5	2180,0	143,7	1859,2	5,8	75,1	2,7	34,5		
25.09.2004	27935	12935	77,5	1002,8	168,5	2180,0	143,7	1859,2	5,8	75,1	2,7	34,5		
26.09.2004	30435	15435	59,3	914,9	110,3	1702,2	110,0	1697,7	-1,4	-22,3	1,7	25,8		
27.09.2004	33048	18048	40,2	725,5	49,4	891,6	74,7	1348,4	-9,0	-162,9	0,6	11,3		
28.09.2004	36127	21127	17,7	374,4	-22,3	-472,0	33,1	700,3	-18,0	-379,3	-0,6	-12,8		
29.09.2004	29333	14333	67,3	964,9	136,0	1948,7	124,9	1789,7	1,7	25,1	2,1	30,3		
30.09.2004	28860	13860	70,8	980,9	147,0	2037,2	131,3	1819,1	3,1	43,2	2,3	31,9		
01.10.2004	26678	11678	86,7	1012,5	197,8	2310,2	160,7	1876,7	9,4	110,3	3,2	37,1		
02.10.2004	26678	11678	86,7	1012,5	197,8	2310,2	160,7	1876,7	9,4	110,3	3,2	37,1		
03.10.2004	26678	11678	86,7	1012,5	197,8	2310,2	160,7	1876,7	9,4	110,3	3,2	37,1		
04.10.2004	23196	8196	112,1	918,9	279,0	2286,3	207,7	1702,4	19,5	160,2	4,6	37,4		
05.10.2004	22557	7557	116,8	882,5	293,8	2220,6	216,3	1634,9	21,4	161,7	4,8	36,4		
06.10.2004	22877	7877	114,4	901,5	286,4	2255,9	212,0	1670,1	20,5	161,2	4,7	37,0		
07.10.2004	21690	6690	123,1	823,6	314,0	2100,9	228,0	1525,6	23,9	160,0	5,2	34,6		
08.10.2004	20379	5379	132,7	713,7	344,6	1853,5	245,7	1321,9	27,7	149,1	5,7	30,6		
09.10.2004	20378	5378	132,7	713,6	344,6	1853,3	245,8	1321,7	27,7	149,1	5,7	30,6		
10.10.2004	20378	5378	132,7	713,6	344,6	1853,3	245,8	1321,7	27,7	149,1	5,7	30,6		
11.10.2004	18211	3211	148,5	476,9	395,1	1268,7	275,0	883,1	34,0	109,2	6,6	21,1		
12.10.2004	17684	2684	152,4	408,9	407,4	1093,4	282,1	757,2	35,5	95,4	6,8	18,2		
13.10.2004	17235	2235	155,6	347,8	417,8	933,9	288,2	644,1	36,8	82,3	7,0	15,5		
14.10.2004	16471	1471	161,2	237,1	435,6	640,8	298,5	439,1	39,0	57,4	7,3	10,7		
15.10.2004	15381	381	169,2	64,5	461,0	175,7	313,2	119,3	42,2	16,1	7,7	2,9		
16.10.2004	15380	380	169,2	64,3	461,1	175,2	313,2	119,0	42,2	16,0	7,7	2,9		
17.10.2004	15380	380	169,2	64,3	461,1	175,2	313,2	119,0	42,2	16,0	7,7	2,9		
18.10.2004	14705	0	174,1		476,8		322,3		44,2		8,0			
19.10.2004	14670	0	174,4		477,6		322,8		44,3		8,0			
20.10.2004	14382	0	176,5		484,3		326,7		45,1		8,1			
21.10.2004	14159	0	178,1		489,5		329,7		45,8		8,2			
22.10.2004	18139	3139	149,0	467,8	396,8	1245,5	276,0	866,3	34,2	107,4	6,6	20,7		
23.10.2004	18139	3139	149,0	467,8	396,8	1245,5	276,0	866,3	34,2	107,4	6,6	20,7		
24.10.2004	18139	3139	149,0	467,8	396,8	1245,5	276,0	866,3	34,2	107,4	6,6	20,7		
25.10.2004	19304	4304	140,5	604,8	369,6	1590,9	260,3	1120,1	30,8	132,7	6,1	26,4		
26.10.2004	24104	9104	105,5	960,4	257,8	2347,0	195,5	1779,4	16,9	154,0	4,2	38,3		
27.10.2004	21695	6695	123,1	824,0	313,9	2101,7	228,0	1526,3	23,9	160,0	5,2	34,6		
28.10.2004	19951	4951	135,8	672,4	354,6	1755,4	251,5	1245,3	29,0	143,4	5,9	29,0		
29.10.2004	17854	2854	151,1	431,3	403,4	1151,4	279,8	798,6	35,0	100,0	6,7	19,1		
30.10.2004	17854	2854	151,1	431,3	403,4	1151,4	279,8	798,6	35,0	100,0	6,7	19,1		
31.10.2004	17854	2854	151,1	431,3	403,4	1151,4	279,8	798,6	35,0	100,0	6,7	19,1		
01.11.2004	17228	2228	155,7	346,9	418,0	931,3	288,3	642,3	36,9	82,1	7,0	15,5		
02.11.2004	16490	1490	161,1	240,0	435,2	648,5	298,2	444,4	39,0	58,1	7,2	10,8		
03.11.2004	16440	1440	161,4	232,5	436,4	628,4	298,9	430,4	39,1	56,4	7,3	10,5		
04.11.2004	15850	850	165,7	140,9	450,1	382,6	306,9	260,9	40,8	34,7	7,5	6,4		
05.11.2004	16454	1454	161,3	234,6	436,0	634,0	298,7	434,4	39,1	56,8	7,3	10,6		
06.11.2004	16454	1454	161,3	234,6	436,0	634,0	298,7	434,4	39,1	56,8	7,3	10,6		
07.11.2004	16454	1454	161,3	234,6	436,0	634,0	298,7	434,4	39,1	56,8	7,3	10,6		
08.11.2004	16558	1558	160,6	250,2	433,6	675,6	297,3	463,2	38,8	60,4	7,2	11,3		
09.11.2004	16072	1072	164,1	175,9	444,9	477,0	303,9	325,8	40,2	43,1	7,4	7,9		
10.11.2004	15413	413	168,9	69,8	460,3	190,1	312,8	129,2	42,1	17,4	7,7	3,2		
11.11.2004	15585	585	167,7	98,1	456,3	266,9	310,5	181,6	41,6	24,3	7,6	4,5		
12.11.2004	22418	7418	117,8	873,8	297,1	2203,7	218,2	1618,7	21,8	161,7	4,9	36,2		
13.11.2004	22918	7918	114,1	903,8	285,4	2260,0	211,5	1674,4	20,4	161,1	4,7	37,0		
14.11.2004	22918	7918	114,1	903,8	285,4	2260,0	211,5	1674,4	20,4	161,1	4,7	37,0		
15.11.2004	27747	12747	78,9	1005,7	172,9	2204,1	146,3	1864,6	6,3	80,9	2,7	35,0		
16.11.2004	26509	11509	87,9	1012,0	201,8	2322,1	163,0	1875,8	9,9	114,4	3,2	37,3		
17.11.2004	24990	9990	99,0	989,2	237,2	2369,2	183,5	1833,1	14,3	143,3	3,8	38,4		
18.11.2004	20660	5660	130,6	739,4	338,0	1913,3	242,0	1369,4	26,9	152,3	5,6	31,6		
19.11.2004	16850	1850	158,4	293,1	426,8	789,6	293,4	542,8	37,9	70,2	7,1	13,1		

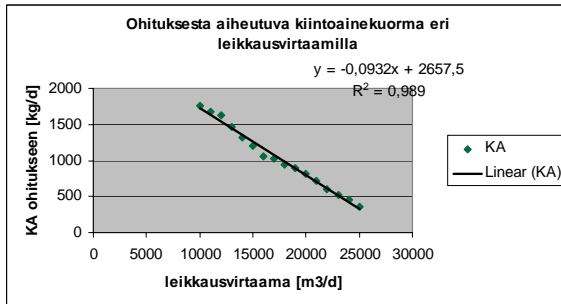
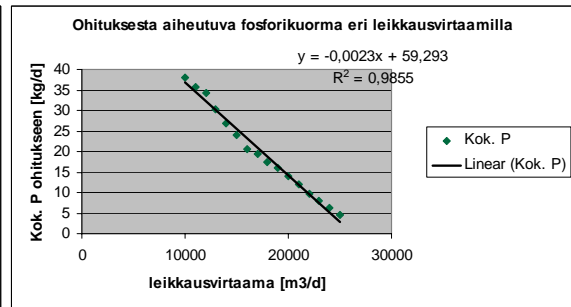
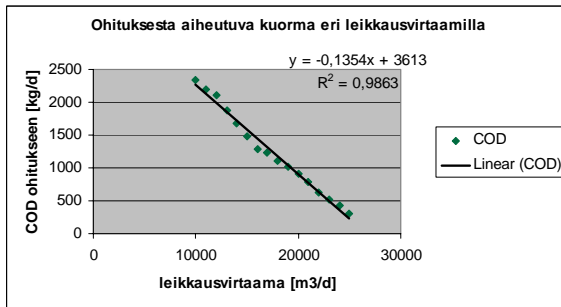
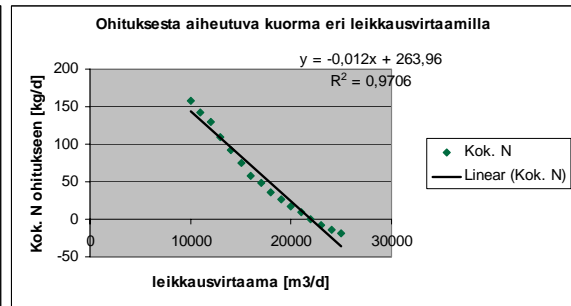
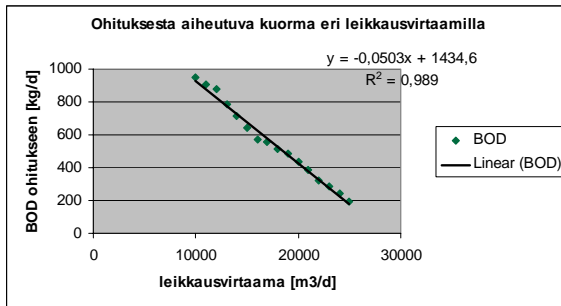
jatkuu

Liite 10 jatkoa

päivä	Kok.	Ohitus [m³/d]	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen	Ohituksen
	Virtaama [m³/d]		BOD mg/l	BOD, kg/d	COD mg/l	COD, kg/d	KA mg/l	KA, kg/d	N mg/l	N, kg/d	P mg/l	P, kg/d
20.11.2004	16850	1850	158,4	293,1	426,8	789,6	293,4	542,8	37,9	70,2	7,1	13,1
21.11.2004	16850	1850	158,4	293,1	426,8	789,6	293,4	542,8	37,9	70,2	7,1	13,1
22.11.2004	15170	170	170,7	29,0	466,0	79,2	316,1	53,7	42,8	7,3	7,8	1,3
23.11.2004	14040	0	179,0		492,3		331,3		46,1			8,2
24.11.2004	13740	0	181,1		499,3		335,4		47,0			8,3
25.11.2004	13240	0	184,8		510,9		342,1		48,4			8,5
26.11.2004	12580	0	189,6		526,3		351,0		50,3			8,8
27.11.2004	11545	0	197,2		550,4		365,0		53,3			9,2
28.11.2004	11545	0	197,2		550,4		365,0		53,3			9,2
29.11.2004	11810	0	195,2		544,2		361,4		52,6			9,1
30.11.2004	11820	0	195,2		544,0		361,3		52,5			9,1
01.12.2004	12491	0	190,3		528,4		352,2		50,6			8,8
02.12.2004	11894	0	194,6		542,3		360,3		52,3			9,1
03.12.2004	11980	0	194,0		540,3		359,1		52,1			9,1
04.12.2004	11980	0	194,0		540,3		359,1		52,1			9,1
05.12.2004	11980	0	194,0		540,3		359,1		52,1			9,1
06.12.2004	11980	0	194,0		540,3		359,1		52,1			9,1
07.12.2004	18775	3775	144,4	545,1	382,0	1441,9	267,4	1009,4	32,4	122,2	6,3	23,9
08.12.2004	17565	2565	153,2	393,0	410,2	1052,0	283,7	727,8	35,9	92,0	6,8	17,5
09.12.2004	15515	515	168,2	86,6	457,9	235,8	311,4	160,4	41,8	21,5	7,6	3,9
10.12.2004	15912	912	165,3	150,7	448,7	409,2	306,0	279,1	40,7	37,1	7,5	6,8
11.12.2004	14679	0	174,3		477,4		322,7		44,2			8,0
12.12.2004	14679	0	174,3		477,4		322,7		44,2			8,0
13.12.2004	14115	0	178,4		490,5		330,3		45,9			8,2
14.12.2004	16005	1005	164,6	165,4	446,5	448,7	304,8	306,3	40,4	40,6	7,4	7,5
15.12.2004	27310	12310	82,1	1010,5	183,1	2253,9	152,2	1873,3	7,6	93,7	2,9	35,9
16.12.2004	29060	14060	69,3	974,5	142,3	2001,0	128,6	1807,4	2,5	35,7	2,2	31,2
17.12.2004	29973	14973	62,6	938,0	121,0	1812,5	116,2	1740,2	-0,1	-1,6	1,9	27,8
18.12.2004	30473	15473	59,0	912,9	109,4	1692,7	109,5	1693,9	-1,6	-24,1	1,7	25,6
19.12.2004	30473	15473	59,0	912,9	109,4	1692,7	109,5	1693,9	-1,6	-24,1	1,7	25,6
20.12.2004	25606	10606	94,5	1002,5	222,8	2363,0	175,2	1857,9	12,6	133,2	3,6	38,2
21.12.2004	23701	8701	108,4	943,5	267,2	2324,8	200,9	1748,0	18,1	157,3	4,4	38,0
22.12.2004	23311	8311	111,3	924,8	276,3	2296,1	206,2	1713,4	19,2	159,7	4,5	37,6
23.12.2004	22372	7372	118,1	870,9	298,2	2198,0	218,8	1613,3	21,9	161,7	4,9	36,1
24.12.2004	17114	2114	156,5	330,9	420,7	889,3	289,8	612,7	37,2	78,6	7,0	14,8
25.12.2004	17114	2114	156,5	330,9	420,7	889,3	289,8	612,7	37,2	78,6	7,0	14,8
26.12.2004	17114	2114	156,5	330,9	420,7	889,3	289,8	612,7	37,2	78,6	7,0	14,8
27.12.2004	16842	1842	158,5	292,0	427,0	786,5	293,5	540,6	38,0	69,9	7,1	13,1
28.12.2004	16397	1397	161,8	226,0	437,4	611,0	299,5	418,4	39,3	54,8	7,3	10,2
29.12.2004	16590	1590	160,3	254,9	432,9	688,3	296,9	472,1	38,7	61,5	7,2	11,5
30.12.2004	19354	4354	140,2	610,3	368,5	1604,3	259,6	1130,2	30,7	133,6	6,1	26,6
31.12.2004	22040	7040	120,6	848,7	305,9	2153,5	223,3	1572,2	22,9	161,2	5,0	35,4

AVG			645,1		1487,0		1195,7		75,1			23,9
-----	--	--	-------	--	--------	--	--------	--	------	--	--	------

jatkuu





## Liite 11. Akanojan puhdistamon mitoitus typenpoistoon sopivaksi

Laskennassa tarvittavia Akanojan puhdistamon mitoitusarvoja ovat taulukossa 1 esitettävät arvot. Mitoitusarvoiksi on päätetty valita puhdistamon alkuperäiset suunnitteluarvot vaikka puhdistamolle tuleva keskiarvoinen virtaama (1996-2004) on n. 11500 m<sup>3</sup>/d. Vuonna 2004 jätevesivirtaama puhdistamolle oli tosin n. 13800 m<sup>3</sup>/d. Typenpoistoa varten aktiiviliete-prosessin altaita ei kannata mitoittaa liian pieniksi käyttämällä keskiarvoista virtaamaa, vaan jättää tulevaisuutta varten jätevesivirtaamalle kasvuvaraa.

Taulukko 1 Akanojan puhdistamon mitoitusarvoja (Esite; Ritari 2004)

Parametri	Yksikkö	Arvo
Mitoitusvirtaama	m <sup>3</sup> /d	15400
BOD <sub>7</sub> -kuorma	kg/d	3000
Ilmastusaltaan tilavuus	m <sup>3</sup>	3036
Ilmastusaltaan tilakuorma	kg <sub>BOD7</sub> /m <sup>3</sup> d	0,99
Selkeytysaltaiden pinta-ala	m <sup>2</sup>	864
Selkeytysaltaiden hydr. pintakuorma	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	0,98
Mitoitusvirtaama	m <sup>3</sup> /h	850

Akanojan puhdistamon ilmastusaltaiden mitoittaminen nitrifioivaksi vaatii myös muita kirjallisuudesta selvitettävissä olevia arvoja. Tällaisia ovat ilmastuksen lietepitoisuus sekä lietekuorma. Nitrifikaation toteuttaminen vaatii 6-10 kg/m<sup>3</sup> lietepitoisuuden ja täydellinen nitrifikaatio edellyttää erittäin matalakuormitteista prosessia, joten lietekuormalle *LK* täytyy käyttää arvoja alueella 0,02-0,06 kg<sub>BOD7</sub>/kg<sub>MLSS</sub>d. (Kiuru et al. 1996, 41)

Lasketaan yhtälön 5 sekä edellä ilmoitettujen alkuarvojen perusteella pystytäänkö Akanojalla suorittamaan täydellinen nitrifikaatio nykyisellä ilmastustilavuudella, kun lietepitoisuudeksi valitaan 9 kg/m<sup>3</sup>.

$$LK = \frac{Q_{\text{BOD}_7}}{V_a \cdot MLSS_a} = \frac{3000 \text{ kg}_{\text{BOD}_7}/\text{d}}{3036 \text{ m}^3 \cdot 9 \text{ kg}_{\text{MLSS}}/\text{m}^3} = 0,110 \text{ kg}_{\text{BOD}_7} / \text{kg}_{\text{MLSS}}\text{d}$$

jatkuu

Puhdistamolla voidaan nykyisellä ilmastustilavuudella toteuttaa osittainen nitrifikaatio, koska lietekuorma on alueella 0,10-0,15 kg<sub>BOD7</sub>/kg<sub>MLSSd</sub> (Kiuru et al. 1996, 41). Vaihetaan edellä olevassa yhtälössä ilmastustilavuus 6000 m<sup>3</sup>, jolloin saadaan lietekuormaksi 0,056 kg<sub>BOD7</sub>/kg<sub>MLSSd</sub>, joka on täydellisesti nitrifioivan prosessin alueella. Ilmastustilavuutta täytyy siis rakentaa lisää n. 3000 m<sup>3</sup>.

Tarkistetaan vielä onko jäteveden viipymä riittävän pitkä ilmastusaltaassa. Viipymän tulisi olla n. 7 h. Jäteveden viipymä ilmastusaltaassa saadaan laskettua yhtälöstä 4.

$$t_d = \frac{V_a}{Q_t} = \frac{6000 \text{ m}^3}{850 \text{ m}^3/\text{h}} = 7,1 \text{ h}$$

Huomataan, että viipymä on n. 7 h, joten hyväksytään ilmastusaltaiden kokonaistilavuudeksi 6000 m<sup>3</sup>. Keskivirtaamalla laskettuna viipymäajaksi saadaan n. 9h.

Tarkastellaan seuraavaksi mitä vaikutuksia täydellisen nitrifikaation toteuttamisella olisi jälkiselkeyttimien kokoon. Mitoituksessa on otettu lähtökohdiksi, että lietetilavuuskuorma tavanomaisissa vaaka- ja pystyselkeytysaltaissa saa olla enintään 0,3 m/h ja lieteindeksille (SVI) käytetään arvoa 75, joka on erittäin matalakuormitteiselle aktiivilieteprosessille (lietekuorma alle 0,1 kg<sub>BOD7</sub>/kg<sub>MLSSd</sub>) annettu ohjearvo normaalia asumisjätevettä käsiteltäessä (Kiuru et al. 1994, 117, 131).

Ensin täytyy laskea selkeyttimen hydraulinen pintakuorma yhtälön 9 ja mitoitusvirtaaman avulla.

$$HPK = \frac{Q_t}{A_s} = \frac{850 \text{ m}^3/\text{h}}{864 \text{ m}^2} = 0,98 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

Hydraulinen pintakuorma saa olla enintään 0,5 m/h silloin, kun ilmastusaltaiden mitoituslietepitoisuus on yli 7 kg<sub>MLSS</sub>/m<sup>3</sup>. Lasketaan hydraulinen pintakuorma uudelleen selkeyttimen pinta-alalla 1700.

$$HPK_2 = \frac{Q_t}{A_{s2}} = \frac{850 \text{ m}^3 / \text{h}}{1700 \text{ m}^2} = 0,50 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ h}$$

Selkeyttämän lietepintakuorma saadaan laskettua yhtälöstä 10, selkeyttämön nykyisen hydraulisen pintakuorman sekä ilmastuksen lietepitoisuuden perusteella:

$$LPK = HPK_2 \cdot MLSS_a = 0,50 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ h} \cdot 9 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^3 = 4,50 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^2 \text{ h}$$

Seuraavaksi määritetään lietetilavuuskuorma SVI:n, edellä lasketun LPK:n, sekä yhtälön 11 avulla:

$$LTK = LPK \cdot SVI = 4,50 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^2 \text{ h} \cdot 0,075 \text{ m}^3 / \text{kg}_{\text{MLSS}} = 0,338 \text{ m/h}$$

Lietetilavuuskuorma on nykyisille selkeyttimille liian iso, joten niiden pinta-alaa täytyy laajentaa. Lietetilavuuskuorma tavanomaisissa vaaka- ja pystyselkeytysaltaissa saa olla enintään tässä tapauksessa 0,3 m/h. Valitaan selkeyttämön pinta-alaksi 1940 m<sup>2</sup> ja lasketaan uudet arvot hydrauliselle pintakuormalle, lietepintakuormalle sekä lietetilavuuskuormalle.

Hydraulinen pintakuorma saadaan yhtälön 9 ja valitun selkeyttämön pinta-alan avulla:

$$HPK_3 = \frac{Q_t}{A_{s3}} = \frac{850 \text{ m}^3 / \text{h}}{1940 \text{ m}^2} = 0,44 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ h}$$

Lasketaan seuraavaksi lietepintakuorma uuden hydraulisen pintakuorman avulla seuraavasti:

$$LPK_2 = HPK_3 \cdot MLSS_a = 0,44 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{h} \cdot 9 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^3 = 3,960 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^2 \text{h}$$

Nyt voidaan määrittää jälleen uusi lietetilavuuskuorma, jolloin nähdään onko valittu selkeyttämön pinta-ala tarpeeksi iso.

$$LTK_2 = LPK_2 \cdot SVI = 3,960 \text{ kg}_{\text{MLSS}} / \text{m}^2 \text{h} \cdot 0,075 \text{ m}^3 / \text{kg}_{\text{MLSS}} = 0,297 \text{ m/h}$$

Lietetilavuuskuorma saa olla enintään 0,3 m/h, eli nyt pinta-ala on tarpeeksi iso. Selkeyttämön pinta-alaa täytyy laajentaa vähintään 1076 m<sup>2</sup>.

Liite 12. Akanojan puhdistamolle typenpoistosta aiheutuvat kustannukset

Akanojan puhdistamolle typenpoistosta aiheutuvat kustannukset esitetään taulukossa 1

Taulukko 1 Akanojalle typenpoistosta aiheutuvat kustannukset

<b>TYPENPOISTON KUSTANNUKSET</b>	<b>A<sup>1</sup></b>	<b>B<sup>2</sup></b>
<b>Investointikustannukset [Milj. €]</b>	<b>3,21</b>	<b>2,46</b>
<b>Rakennustekniset työt [Milj. €]</b>		
ilmastus	0,51	0,39
jälkiselkeytyk	0,89	0,67
<b>Koneistotekniset työt [Milj. €]</b>		
ilmastus	0,43	0,33
jälkiselkeytyk	0,34	0,26
Sähkötyöt	0,22	0,17
Automaatio ja instrumentointi	0,39	0,31
Arvaamattomat kulut, Suunnittelu 15 %	0,42	0,32
<b>Investointien vuosikustannukset [Milj. €/a]</b>		
Rakennusteknisten töiden vuosikustannus 6 % 30 v.	0,10	0,08
Koneistoteknisten töiden vuosikustannus 6 % 15 v.	0,19	0,14
<b>Investointien vuosikustannus yhteensä [Milj. €/a]</b>	<b>0,29</b>	<b>0,22</b>
<b>Käyttökustannuslisät [€/a]</b>	<b>118 200</b>	<b>95 900</b>
Kemikaalit (Kalkki)	33 400	29 900
Energia (ilmastus, pumppaukset, sekoitus)	50 000	39 200
Kunnossapito (rakenteet 0,5 %, koneisto 2 % investoinnista)	34 800	26 800
<b>Kokonaisvuosikustannusten lisäys yhteensä [€/a]</b>	<b>407 000</b>	<b>317 000</b>

<sup>1</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 15 400 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille alueille

<sup>2</sup> Kustannukset on laskettu virtaaman 13 800 m<sup>3</sup>/d perusteella mitoitetuille alueille