



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

BIOLOGISESTI PUHDISTETTUIJEN AUTONPESUVESIEN REDUKTIOTARKASTELU

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikka
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2012
Nico Id

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää autopesuloiden biologisen jätevedenpuhdistuksen toimivuutta sekä jätevesien kuormituksen reduktiota prosessin aikana. Tutkittavien autopesuloiden jätevedenpuhdistus perustuu aerobiseen kantoaineprosessiin, jossa kantoaineeseen kiinnittynyt mikrobikasvusto puhdistaa jätevettä hajottaen siinä olevia aineita. Tutkimus autopesuloiden jätevedenpuhdistuksesta on osa Vesiturva-hanketta.

Kohteina olivat kaksi autopesulaa, toinen Lahdessa ja toinen Vantaalla. Molemmissa oli käytössä samat autonpesukemikaalit ja samanlaiset prosessit biologiseen jätevedenkäsittelyyn bioreaktoreissa. Pesuihin käytetyn puhdistetun kierrätysveden osuus oli kummassakin pesulassa noin 87 %, ja puhtaan vesijohtoveden osuus noin 13 %.

Analysoinnin kohteina olivat autonpesuprosessista lähtevät jätevedenpuhdistuslaitoksia ja vesistöjä kuormittavat aineet, kuten typpi, fosfori ja tensidit. Näiden lisäksi tutkittiin veden tilaa erilaisten parametrien, kuten sähkönjohtavuus, pH, happipitoisuus, kemiallinen (COD) ja biologinen hapenkulutus (BOD) sekä kiintoainepitoisuus, avulla. Tutkimuksen aikana otettiin näytteitä molemmista autopesuloista kahden viikon välein.

Tutkimuksen keskeisimpänä kohteena oli kuormituksen reduktion laskeminen prosessin aikana. Käytetyistä pesuaineista eniten tulevien anionisten ja ionittomien tensidien kuormitus laski vähintään 90 % prosessin aikana. Kemiallinen hapenkulutus, joka myös johtui pitkälti pesuainekemikaaleista, oli vähentynyt 80 - 97 % syötetyn veden kuormituksesta biologisen jätevedenpuhdistusprosessin läpikäyneen veden kuormitukseen. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet puhdistetussa vedessä johtuivat pitkälti prosessin raivinteidensyötöstä. Pääosin biologinen puhdistusprosessi toimi tänä aikana hyvin.

Autonpesuvesien aiheuttama kuormitus vähenee biologisen jätevedenpuhdistusprosessin aikana huomattavasti, joten suurimpana haasteena veden laadun kannalta on bioreaktoreihin syötettävien ravinteiden määrän optimointi. Autonpesun kannalta puhdistustulos on kuitenkin hyvä, ja siinä käytettävien erilaisten pesuaineiden aiheuttama kuormitus vähenee todella huomattavasti.

Asiasanat: biologinen jätevedenpuhdistus, pesuaineet, autopesula, tensidit, kantoaineprosessi, kuormitus, reduktio

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

ID, NICO: Biological treatment of car wash waste waters – a reduction survey

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 34 pages, 4 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's Thesis was to examine the functionality of biological wastewater treatment in car wash and also to examine the reduction of different kinds of loading during the process. Wastewater treatment of the car washes that were under examination is based on aerobic bioreactors with a carrier substance. The microbe growth or the biofilm that is adhered to the carrier substance purifies wastewater by degrading substances. This research and wastewater treatment process in car wash are part of the Vesiturva project.

There were two target car washes, one is located in Lahti and the other in Vantaa. Both car washes have the same car wash detergents and the same process for biological wastewater treatment in bioreactors. The share of purified and recycled water for car wash is the same for both car washes, about 87 %. The percentage for used tap water is about 13 %.

Wastewater coming out of the car wash process was analysed for substances that are loading wastewater treatment plants and water systems, for example parameters of total nitrogen, total phosphorus and anionic, cationic and nonionic surfactants were examined. In addition, the condition of water was examined by parameters like conductivity, pH, oxygen concentration, total solids, chemical oxygen demand (COD) and biological oxygen demand (BOD). The samples during the research were taken every two weeks.

The main focus for the research was to calculate the reduction of loading during the purification process. The main sources of loading are the anionic and nonionic surfactants and chemical oxygen demand in the detergents used in the car washes. The reduction of surfactant concentrations was at least 90 % and the reduction of chemical oxygen demand was between 80 and 97 % during the process. The concentration of total nitrogen and total phosphorus in the purified water was caused by over input of nutrients to the bioreactor. Wastewater treatment functioned mainly well in both cases during the research.

The examined process reduces levels of input load considerably so the main challenge for the quality of water seems to be optimal nutrient input. For the car washes the purification level is good and the input load of detergents is significantly reduced.

Key words: biological wastewater treatment, car wash, detergents, surfactants, carrier substance, load reduction

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | TAUSTA | 2 |
| 2.1 | Autopesu Suomessa | 2 |
| 2.1.1 | Yleistä | 2 |
| 2.1.2 | Vedenkulutus autopesuloissa | 2 |
| 2.2 | Clewer-puhdistamo | 3 |
| 2.3 | Tensidit | 4 |
| 2.4 | Jäteveden ominaisuuksia | 5 |
| 3 | NÄYTTEENOTTO, KENTTÄMITTAUKSET JA LABORATORIOANALYYSIT | 8 |
| 3.1 | Näytteenottokohteet ja aikataulu | 8 |
| 3.2 | Kenttämittaukset ja laboratorioanalyysit | 11 |
| 4 | REDUKTION LASKEMINEN | 14 |
| 4.1 | Laskumenetelmät | 14 |
| 4.2 | Pesukemikaalien kulutuksen mittaus ”koepesulla” | 15 |
| 5 | MITTAUS- JA ANALYYSITULOKSET SEKÄ TULOSTEN TARKASTELU | 17 |
| 5.1 | Biologinen hapenkulutus | 17 |
| 5.2 | Kemiallinen hapenkulutus | 17 |
| 5.3 | Kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori | 18 |
| 5.4 | Tensidit | 19 |
| 5.5 | Muita tuloksia | 21 |
| 6 | REDUKTIOTULOKSET JA TARKASTELU | 25 |
| 6.1 | Kemiallinen hapenkulutus | 25 |
| 6.2 | Kokonaistyyppi | 26 |
| 6.3 | Kokonaisfosfori | 27 |
| 6.4 | Tensidit | 29 |
| 6.5 | Tensiditulosten tarkastelu | 31 |
| 6.6 | Tekniset vikatilanteet | 31 |
| 7 | YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 33 |
| | LÄHTEET | 35 |
| | LIITTEET | 38 |

1 JOHDANTO

Puhtaan veden rajallisuus asettaa haasteita tulevaisuudessa, joten veden puhdistamiseen ja uudelleen käyttöön tarvitaan kestäviä ratkaisuja. Esimerkiksi teollisissa prosesseissa käytettävän veden ei välttämättä tarvitse olla juomakelpoiseksi luokiteltavan puhdasta vettä.

Tämän opinnäytetyön kohteena ovat autopesuloiden jätevesien puhdistus ja uudelleenkäyttö pesuprosessissa. Biologisen jäteveden puhdistuksen tehokkuutta autopesuvesien puhdistajana tutkittiin ottamalla näytteitä, analysoimalla niitä sekä tekemällä kenttämittauksia. Tulosten perusteella laskettiin puhdistettujen autopesuvesien reduktio sekä arvioitiin lämpötilan vaikutus tensidien biohajoamiseen sekä ravinteiden syötön optimaalisuus. Tutkittavina kohdepesuloina tämän projektin yhteydessä olivat pesulat Lahdessa ja Vantaalla.

Opinnäytetyö on osa VESITURVA-projektia, jonka toteutusaika on 2009 - 2012. Projektissa tutkitaan ja kehitetään analyysijä jätevedessä olevien vierasaineiden poistoon. (Lahden ammattikorkeakoulu 2012.) Tämä työ on jatkoa kahdelle edelliselle autopesuloita käsittelevälle opinnäytetyölle. (Hakala 2011; Valtonen 2012.)

2 TAUSTA

2.1 Autopesu Suomessa

2.1.1 Yleistä

Suomessa pestään yli 10 miljoonaa autoa vuosittain. Noin puolet pesuista tapahtuu autopesuihin tarkoitettujen paikkojen ulkopuolella, eli kotipihoilla ja yksityisissä talleissa, joissa ei useinkaan ole yhteyttä minkäänlaiseen viemärijärjestelmään. Näiden paikkojen kemikaalienkäytön erilaisuus ja jätevesien kulkeutuminen ympäristöön on suurin ongelma ympäristön kannalta. Automaattisten autopesuhallien määrä Suomessa on noin 900, ja kaikista autopesuista noin 25 % on automaattisia pesuja näillä paikoilla. Varteenotettava määrä pesuista on manuaalisia pesuja autonpesukohteissa. Autopesut olisi hyvä tehdä niitä varten tarkoitetuilla paikoilla, joilla jätevesien ohjaaminen tai käsittely sekä kemikaalienkäytön seuraamisen mahdollisuudet olisivat parempaa. Pakollisten öjyn- ja hiekanerottimien lisäksi suomalaisista automaattisista autopesuhalleista vain alle viidessä prosentissa on asennettuna muita jätevedenkäsittelyyn tarkoitettuja yksiköitä, kuten bioreaktoreita. (BAT – car washing facilities, 2007, 9-14.)

2.1.2 Vedenkulutus autopesuloissa

Tehokkaimilla autonpesulinjoilla kokonaisvedenkulutus autoa kohden on 100 - 250 litraa, mutta keskimääräisessä autopesulassa vettä kuluu autoa kohden noin 350 litraa. Automaattisilla autopesuhalleilla vedenkulutuksen säästö on 40 - 50 % luokkaa, jos alustanpesuun käytetään esimerkiksi hiekan- ja öjynerottimen jälkeen uudelleenkäytettävää vettä. Korinpesuun tarvitaan puhtaampaa vettä, jotta maalipinnoite ei kärsi. Tällöin tarvitaan esimerkiksi bioreaktorin tapaista järjestelmää, joka puhdistaa veden paremmin, ja antaa 80 - 90 % säästön vedenkulutuksessa. Tehokkailla ja toimivilla vedenkierrätysjärjestelmillä varustettu autopesula laskee viemäriin noin 20 - 50 litraa käytettyä vettä autoa kohden, satojen litrojen sijaan. (BAT – car washing facilities, 2007, 45.)

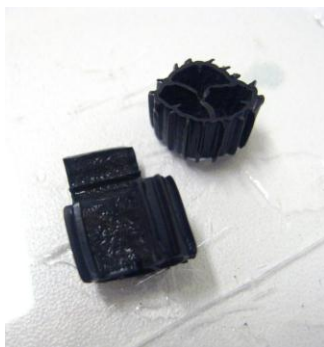
2.2 Clewer-puhdistamo

Opinnäytetyöprojektissa keskeisessä osassa oleva Clewer-yhtiön puhdistamo on jätevedenpuhdistusjärjestelmä, jossa puhdistus tapahtuu biologisesti kantoaineprosessin avulla. Autopesuloiden yhteydessä olevat jätevedenpuhdistamot ovat suuremman mittakaavan puhdistamoja kuin kotitalouksille ja loma-asunnoille tarkoitettu kuviossa 1 esitetty Clewer 800 S-malli. Bioreaktorissa jäteveden puhdistajana toimii kantoaineeseen tarttunut mikrobikasvusto, ja jotta mikrobien määrä olisi mahdollisimman suuri, on kantoaineen pinta-alan tarkoitus olla myös mahdollisimman suuri (kuvio 2).



KUVIO 1. Vasemmalla Clewer 800 S-jätevedenpuhdistamo, oikealla bioreaktorin putkimainen säiliöosa, jossa kuvan vihreät kantoainekset ovat pyörivässä liikkeessä sinne pumpattavan ilman vaikutuksesta.

Reaktoriin syötetään ilmaa veden pitämiseksi pyörivässä liikkeessä. Vain pieni osa ilmakuplista poistuu reaktorista välittömästi kuplien tarttuessa kantoainekappaleisiin ja jatkaessa kiertoaan reaktorin sisällä. Tämä johtaa tehokkaaseen ilmastukseen pienellä energiankulutuksella. (Lindfors 2010.) Aerobista prosessia tehostetaan ravinteiden (fosfori ja typpi) syötöllä, joka vaihtelee vuodenajan mukaan. Kuumimpina kesäkuukausina (kesä-heinäkuu) ei välttämättä tarvitse syöttää lainkaan lisäravinteita, jotta reaktori ei muutu leväkasvattamoksi. Ideaalitilanteessa pienpuhdistamossa kuluvat kaikki sinne kulkeutuneet typpi ja fosfori. (Mäkinen 2012.)



KUVIO 2. Kantoainekappaleita, joihin puhdistusprosessiin tarvittava mikrobikasvusto kiinnittyy.

Puhdistusprosessissa jätevesi kulkee ensin hiekanerottimeen, josta vesi ohjataan pyörivään bioreaktoriin. Lieke, joka puhdistusprosessissa muodostuu, kerätään flotaatioaltaisiin. Siellä pienet ilmakuplat erottelevat kiintoainesta nostamalla niihin tarttuneet epäpuhtaudet pintaan mekaanisesti poistettaviksi. (Clewer 2011.)

2.3 Tensidit

Autopesuloissa käytetään pinta-aktiivisia aineita, eli tensidejä sisältäviä pesuaineita. Tensidit alentavat veden pintajännitystä, jolloin lika irtaantuu nopeammin ja tehokkaammin sekä pysyy pesuliuoksessa. Eräillä tensideillä on desinfioivia sekä sähköisyyttä poistavia ominaisuuksia. Tensidit ovat heterogeeninen ryhmä, joten ne eroavat kemiallisilta rakenteiltaan paljon toisistaan. Sähkökemiallisen luonteen perusteella tensidit jaotellaan anionisiin, ionittomiin, kationisiin ja amfoteerisiin.

Anioniset tensidit irrottavat hyvin hiukkaslikaa, kun taas ionittomat tensidit irrottavat hyvin rasvalikaa. Ionittomien tensidien etuna on se, että ne toimivat hyvin jo alhaisissa lämpötiloissa, ne eivät ole herkkiä veden kovuudelle, ja ne liukenevat hyvin veteen. Kationisia tensidejä käytetään desinfiointiin sekä vähentämään sähköisyyttä. Amfoteerisia tensidejä käytetään myös desinfiointiin, mutta ne myös lisäävät valmisteiden viskositeettia ja parantavat vaahdon pysyvyyttä. (Heikkilä 1996, 9.)

Korkeissa pitoisuuksissa jäteveden tensidit voivat aiheuttaa ongelmallista vaahtoamista ja estää joidenkin mikro-organismien toimintaa. Tensidien myrkyllisyys näkyy siinä, että ne haittaavat solukalvojen toimintaa kasvattaen niiden läpäisevyyttä, tensidien adsorbtio johtaa ravinteiden vastaanottamisen vähenemiseen, ja muuttaa myös luovutettavien aineiden kulkua. Tensidit voivat kiinnittyä proteiineihin estäen joidenkin entsyymiproteiinien toimintaa. Biologisessa käsittelyssä tensidien pitoisuus liuoksessa ei saa ylittää 1000 mg/l, pitoisuus yli tämän rajan on myrkyllistä mikro-organismeille, ja aiheuttaa vaahtoutumista ilmastetuissa bioreaktoreissa. (Aloui, Kchaou & Sayadi 2009, 353-354.)

Kaikkien tensidiluokkien on havaittu läpikäyvän ensisijaista biohajoamista aerobisissa olosuhteissa. Kaikki yhdisteet eivät kuitenkaan läpikäy lopullista biohajoamista, vaan niiden biohajoamistuotteissa voi olla hyvin pysyviä yhdisteitä, joilla on potentiaalia aiheuttaa vakavia ongelmia. (González, Petrovic & Barceló 2007, 336.)

Lineaarinen alkyylibentseenisulfonaatti(LAS) on laajalti käytetty anioninen pinta-aktiivinen aine, jonka biohajoamista on tutkittu niin aerobisissa kuin anaerobisissakin olosuhteissa. Anaerobisissa olosuhteissa sen biohajoavuus on heikkoa, mutta aerobisissa olosuhteissa se biohajoaa helposti. Tämä osaltaan vahvistaa sitä, että orgaanisten yhdisteiden hajoamisessa aerobinen biohajoaminen on keskeisempää kuin anaerobinen. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2009.)

Tutkimuksessa mukana olevissa autopesuloissa käytetään Pinelinen pesuaineita, jotka ovat ympäristömerkittyjä, eli niissä käytetyt tensidit ovat biohajoavia. EU:n parlamentti ja neuvosto ovat tehneet päätöksen, jonka mukaan biohajoavuuden tulee saavuttaa 70 prosentin väheneminen 28 vuorokaudessa. (EU:n asetus No 648/2004.)

2.4 Jäteveden ominaisuuksia

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Määrittäminen tehdään suodattamalla tietty vesimäärä tiheän kalvon läpi, joka kuivataan ja

punnittan. Tulos ilmoitetaan milligrammoina litrassa. Puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Kiintoainepitoisuutta lisää muun muassa näytteessä oleva runsas biomassa, esimerkiksi levät. (Oravainen 1999.)

Sameusarvo kurvaa vedessä esiintyvää sameutta, ja sen yksikkönä on FTU (Formazin Turbidity Unit). Kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1,0 FTU, ja lievästi samean veden välillä 1-5 FTU, joskaan sameus ei ole vielä tässä vaiheessa selvästi silminnähtävää. (Oravainen 1999.) Vaihtoehtoisesti voidaan sameutta kuvata NTU-yksiköissäkin (Nephelometric Turbidity Unit), yksi FTU vastaa yhtä NTU:ta. (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

Aineita, jotka hajoavat vesiliuoksessa muodostaen sähköisesti varautuneita hiukkasia eli ioneja, sanotaan elektrolyyteiksi. Elektrolyytit tekevät vesiliuoksen sähköä johtavaksi. Sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden suolojen määrää: mitä suurempi arvo, sitä suurempi pitoisuus. Jätevedet sisältävät enemmän suoloja kuin järvivesi, ja sähkönjohtavuuden avulla voidaankin selvittää esimerkiksi jätevesien kulkeutumista vesistöissä. Sähkönjohtavuuden mittayksikkönä käytetään joko mS/m (millisiemensia metriä kohti) tai $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikrosiemensia senttimetriä kohti). (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

pH eli happamuusaste kuvaa vedessä olevien vapaiden vetyionien määrää. Vetyionit aiheuttavat veden happamuuden. Neutraalin veden pH-arvo on 7. Esimerkiksi luonnonvesissä levätuotanto voi kohottaa hieman pintaveden pH-tasoa. pH-asteikko on logaritminen, eli pH:n laskiessa yhden yksikön vetyionikonsentraatio kymmenkertaistuu. Vetyionikonsentraatio ilmaistaan mooleina litrassa (mol/l). Näytteen huonon säilyvyyden takia määrittäminen tulisi tehdä kentällä tai mahdollisimman pian laboratoriossa. (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

Biokemiallisella hapenkulutuksella (BOD) tarkoitetaan sitä happimäärää, joka kuluu määrityissä oloissa ja tiettyinä aikana (yleensä 5 tai 7 vuorokautta) näytteessä olevien orgaanisten aineiden biologiseen hajotukseen happipitoisessa tilassa. Menetelmällä saadaan tietoa veden sisältämän helposti hajoavan orgaanisen aineen määrästä. Hapen kulutus johtuu siitä, että bakteerit käyttävät vedessä olevaa orgaanista (eloperäistä) ainetta energianlähteenään, jolloin kuluu

happea. ATU-menetelmässä on estetty ammoniumtypen nitrifikaatiosta johtuva hapen kulutus, näin saadaan tulos pelkästään orgaanisen aineen aiheuttamasta hapen kulutuksesta. Näytteen happipitoisuus mitataan kokeen alussa sekä lopussa, ja niiden erotus on biokemiallinen hapenkulutus. Mittausten väli on yleensä 7 vuorokautta (siitä lyhenne BOD₇). (Oravainen 1999.) Biokemiallisen hapenkulutuksen yksikkönä käytetään mg/l O₂. Yli 20 mg/l O₂ olevat arvot ovat jätevesille tyypillisiä, ja vesistöissä tilanne alkaa häiriintyä jo 5-15 mg/l O₂ arvoilla. (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

Kemiallinen hapenkulutus (COD) mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. Se määritetään hapettimen kulutuksena happamassa liuoksessa. Hapettimena voi olla joko permanganaatti (COD_{Mn}) tai dikromaatti (COD_{Cr}). Kaikki orgaaninen aines ei hapetu, joten tulos on suhteellinen. Kemiallisen hapenkulutuksen mittayksikkönä on mg/l O₂. (Oravainen 1999.)

Kokonaistyyppipitoisuus sisältää kaikki typen eri esiintymismuodot, orgaanisen typen ja epäorgaaniset muodot, kuten nitraatti, nitriitti ja ammonium. Kokonaistypen mittayksikkönä jätevesissä käytetään mg/l. (Oravainen 1999.)

Fosfori esiintyy vesissä yleensä erittäin pieninä pitoisuuksina ja sitoutuneena monenlaisiksi yhdisteiksi. Kokonaisfosforilla tarkoitetaan veden sisältämän fosforin eri muotojen kokonaismäärää. Fosfori on typen ohella vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Kokonaisfosforin mittayksikkönä käytetään µg/l. (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

Happi on tärkein veteen liuenneista kaasuista ja tärkeimpiä kaikista vesiympäristössä esiintyvistä aineista. Happi on vesissä osallisena hyvin monissa kemiallisissa ja biologisissa prosesseissa, ja sillä on keskeinen merkitys veden kemiallisen laadun kannalta. Hapen liukoisuus veteen paranee lämpötilan laskiessa. Vaikka happea liukenee veteen ja sitä mahdollisesti vapautuu veteen levien perustuotannon sivutuotteena, niin se voi silti kulua loppuun mahdollisten vesieliöiden hengitys- ja hajotustoiminnoissa. Veden happipitoisuus ilmoitetaan milligrammoina litraa kohden(mg/l). (Valtion ympäristöhallinto 2012.)

3 NÄYTTEENOTTO, KENTTÄMITTAUKSET JA LABORATORIOANALYYSIT





3.1 Näytteenottokohteet ja aikataulu

Opinnäytetyössä oli mukana kaksi autopesulaa, joista toinen on Lahdessa ja toinen Vantaalla (kuvio 3). Näytteitä otettiin kahden viikon välein yhteensä kuusi kertaa (kuvio 4). Näytteet otettiin puhdistetun veden säiliöistä, johon biologisen puhdistuksen ja flotaation läpikäynyt vesi johdetaan ja josta sitä käytetään autopesuun. Molemmissa kohdepesuloissa on käytössä biologinen puhdistamo. Pesuvedestä noin 87 % on uudelleenkäytettävää puhdistettua vettä, ja noin 13 % vesijohtovettä lopulliseen huuhteluun autonpesun päätteeksi. Yhtä autoa kohden pesussa kuluu noin 400 litraa kierrätettyä vettä ja noin 60 litraa vesijohtovettä (Palo 2012). Lahden pesulalle on myönnetty Joutsenmerkki eli pohjoismainen ympäristömerkki:

Jotta autopesulalle voidaan myöntää Joutsenmerkki, tulee sen täyttää tiukat vaatimukset, jotka koskevat mm. vedenkulutusta, kemikaalien käyttöä, jäteveden puhdistuslaitteistoa, jätehuoltoa ja pesutulosta. (Hesburger 2012.)



KUVIO 3. Oikealla edessä pesukemikaalisäiliöitä, takana puhdistusprosessin läpikäyneen veden säiliöitä.

| Helmikuu | Maaliskuu | Huhtikuu | Toukokuu | Toimenpiteet |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Ke 2 To 3 Pe 4 La 5 Su | 1 To 2 Pe 3 La 4 Su | 1 Su | 1 Ti 2 Ke 3 To 4 Pe 5 La 6 Su |  Valmistelu  Näytteenotto Lahti  Näytteenotto Vantaa  Analyysi |
| 6 Ma 7 Ti 8 Ke 9 To 10 Pe 11 La 12 Su | 5 Ma 6 Ti 7 Ke 8 To 9 Pe 10 La 11 Su | 2 Ma 3 Ti 4 Ke 5 To 6 Pe 7 La 8 Su | 7 Ma 8 Ti 9 Ke 10 To 11 Pe 12 La 13 Su | |
| 13 Ma 14 Ti 15 Ke 16 To 17 Pe 18 La 19 Su | 12 Ma 13 Ti 14 Ke 15 To 16 Pe 17 La 18 Su | 9 Ma 10 Ti 11 Ke 12 To 13 Pe 14 La 15 Su | 14 Ma 15 Ti 16 Ke 17 To 18 Pe 19 La 20 Su | |
| 20 Ma 21 Ti 22 Ke 23 To 24 Pe 25 La 26 Su | 19 Ma 20 Ti 21 Ke 22 To 23 Pe 24 La 25 Su | 16 Ma 17 Ti 18 Ke 19 To 20 Pe 21 La 22 Su | 21 Ma 22 Ti 23 Ke 24 To 25 Pe 26 La 27 Su | |
| 27 Ma 28 Ti 29 Ke | 26 Ma 27 Ti 28 Ke 29 To 30 Pe 31 La | 23 Ma 24 Ti 25 Ke 26 To 27 Pe 28 La 29 Su 30 Ma | 28 Ma 29 Ti 30 Ke 31 To | |

KUVIO 4. Projektin kevään 2012 näytteenottoaikataulu, jossa pyritti näytteenottoon kahden viikon välein.

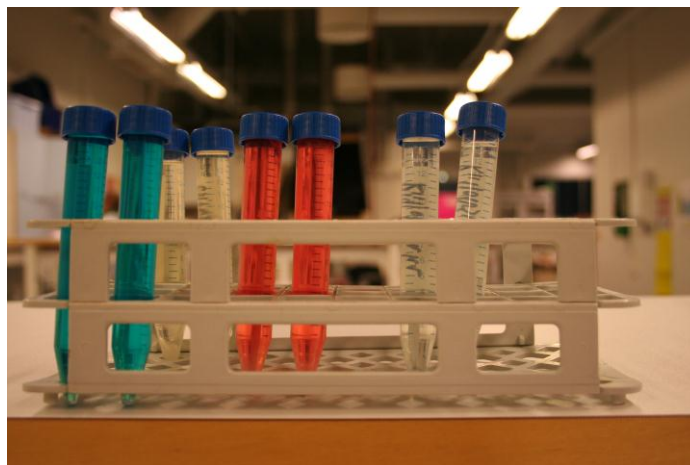
Molemmissa autopesuloissa on käytössä Tekno-Forest Oy:n Pinline-pesuaineet (taulukko 1 ja kuvio 6). Pesuaineiden käyttöliuosten pitoisuutta voidaan vaihdella vuodenajan mukaan niiden pumppaukseen ja annosteluun käytettävällä laitteistolla (kuvio 5). Pesuaineasetuksen mukaan pesuaineiden sisällön pitoisuudet on ilmoitettu pakkausmerkinnöissä, jos niitä on lisätty tuotteeseen yli 0,2 painoprosenttia. Ainesosien vähimmäistarkkuus on seuraava: alle 5 %, 5 - 15 %, 15 - 30 %, yli 30 %. (Teknokemian yhdistys 2012.) Pesuissa käytössä olevat Pinline-autonhoitotuotteet ovat myös joutsenmerkittyjä. (Hesburger 2012.)

TAULUKKO 1. Pesuloissa käytetyt pesuaineet, ja niiden sisältö. (Pinline 2012)

| Pesuaine | Sisältö |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| SMART Esipesuaine C | Silikaatit alle 5 % |
| SMART Esipesuaine D | Ionittomat tensidit yli 30 % Natriumhydroksidi alle 2% |
| SMART Harjashampoo | Anioniset tensidit yli 30 % 2-Propanoli alle 3 % |
| SMART Huuhteluvaha | Kationiset tensidit 5-15 % 2-Butoksietanoli alle 5 % |
| SMART Kiillotusvaha | Amfoteeriset tensidit alle 5 % 2-Butoksietanoli alle 5 % |



KUVIO 5. Pesukemikaalien pumppaukseen ja annosteluun tarkoitettua laitteistoa.



KUVIO 6. Käytetyt pesukemikaalit pesuprosessissa vasemmalta oikealle: huuhteluvaha, esipesuaine, harjashampoo ja kiillotusvaha.

3.2 Kenttämittaukset ja laboratorioanalyysit

Näytteenoton yhteydessä määritettiin jokaisella näytteenottokerralla veden lämpötila, pH, sähkönjohtavuus sekä happipitoisuus. Lämpötila mitattiin tavallisella lämpömittarilla ja pH, sähkönjohtavuus ja happipitoisuus WTV Multi 3410-kenttämittarilla (kuvio 7).



KUVIO 7. WTV Multi 3410-kenttämittari mittausantureineen.

Laboratoriossa analysoitiin biokemiallinen hapenkulutus (BOD), kemiallinen hapenkulutus (COD), anioniset, kationiset ja ionittomat tensidit, sekä kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori. Biokemiallinen hapenkulutus määritettiin Oxitop-laitteistolla ohjeen mukaan (kuvio 10 ja liite 2). Muiden osalta määritykset tehtiin Hach-Langen kyvettitesteillä (kuvio 9), Hach-Langen spektrofotometrillä DR 2800 sekä Hach-Langen pikapolttohauteella HT 200S (kuvio 8). Anionisille, kationisille ja ionittomille tensideille on käytössämme kyvettitestit, mutta amfoteerisille ei.

Kiintoaine määritettiin standardin SFS-EN 872 mukaan ja suodattimina käytettiin Whatmannin Glass Microfibre Filters GF/C 47 mm.



KUVIO 8. Vasemmalla Hach-Langen spektrofotometri DR 2800, oikealla Hach-Langen pikapolttohaude HT 200S.



KUVIO 9. Laboratorioanalyysissä käytettyjä kyvettejä.



KUVIO 10. Laboratoriossa aloittamassa biologisen hapenkulutuksen määrittämistä Oxitop-laitteiston avulla.

4 REDUKTION LASKEMINEN

4.1 Laskumenetelmät

Reduktion laskemista varten tarvittiin tiedot autopesujen aiheuttamasta kuormituksesta. Pesuaineiden aiheuttama kuormitus määritettiin samoilla kyvettitesteillä, kuin vesinäytteidenkin (liite 3). Esimerkiksi pesuaineen sisältämä anionisten tensidien kuormitus kerrottiin määrällä, joka pesuainetta oli kulunut kahden viikon aikajakson aikana. Kulutus saatiin kertomalla pesuainetta sisältävien pesumäärien lukumäärä yhtä pesua kohti käytetävällä määrällä. Pesuvaihtoehdot ja niiden sisältämät pesuaineet näkyvät taulukossa 2. Lahden pesulasta mittasimme pesua kohti käytettävien pesuaineiden määrän itse (taulukko 4), Vantaan vastaavat luvut saimme autopesuloiden yhteisestä tukipalvelusta. Vantaan pesuainekulutuksista oli mittaustulokset kulutuksista pesua kohden vuoden 2011 keväältä, niistä laskimme keskiarvokulutukset laskuja varten (taulukko 5). Vantaalla esipesuaineen laskuissa käytetty kulutus oli noin 80 % Lahden pesulan mitatusta kulutuksesta. Harjashampoon kohdalla Vantaan kulutus oli noin 80 %, kuivausvahan 200 %, painevahan noin 50 % sekä kiillotusvahan noin 83 % Lahden vastaavasta. Pesuloiden myyntitiedot molemmista autopesuloista saatiin myös tukipalvelusta. Pesuaineesta tai pesuaineista aiheutuvan anionisten tensidien kuormitukseen lisättiin kierrätysveden anionisten tensidien kuorma. Tämä yhteenlaskettu kokonaiskuormitus, joka bioreaktoreihin päätyi, jaettiin kuluneen veden määrällä. Vedenkulutustiedot autopesuloista saatiin Seppo Palolta. Kulunut vesi sisälsi sekä vesijohtoveden että kierrätysveden, jonka kuormitus oli huomioitu.

Pesuista aiheutuvan kuormituksen reduktio biologisen jätevedenpuhdistusprosessin aikana laskettiin vertaamalla autopesujen aiheuttamaa kuormitusta puhdistetun veden analyysituloksiin.

TAULUKKO 2. Käytetyt pesuaineet eri pesuvaihtoehtojen yhteydessä (Seppo Palo)

| Pesuvaihtoehdot | Käytetyt pesuaineet |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Harjapesu | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha |
| Harjapesu+vahaus | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha + painevaha |
| Harjaton pesu | esipesuaine + kuivausvaha |
| Harjakiiltopesu | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha + painevaha + kiillotusvaha |
| Harjapesu+vaha+alust | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha + painevaha |
| Harjapesu+alusta | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha |
| Harjaton pesu+alusta | esipesuaine + kuivausvaha |
| Harjaton pesu+vahaus | esipesuaine + kuivausvaha + painevaha |
| Harjaton+vaha+alusta | esipesuaine + kuivausvaha + painevaha |
| Kurahuuhtelu | ei pesuaineita |
| Boxi+harja+vaha | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha + painevaha |
| Boxi+harja+vaha+alus | esipesuaine + harjashampoo + kuivausvaha + painevaha |
| Boxi+ei harja+vaha | esipesuaine + kuivausvaha + painevaha |
| Boxi+ei harja+vaha+a | esipesuaine + kuivausvaha + painevaha |

TAULUKKO 3. Pesumäärien kasvu edelliseen kahden viikon mittausajanjaksoon verrattuna

| Pesumäärien kasvu | 7.2. - 20.2. | 21.2. - 5.3. | 6.3. - 19.3. |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| Vantaa | 25,6 % | 97,7 % | 14,8 % |
| Lahti | 29,7 % | 113,5 % | 27,3 % |

4.2 Pesukemikaalien kulutuksen mittaus ”koepesulla”

Pesukemikaalien kulutus yhtä autonpesua kohden mitattiin Lahden autopesulassa (taulukko 4). Mittaukseen käytettiin 100 ja 500 millilitran mitta-astioita, jotka täytettiin pesukemikaaleilla sekä pientä keittiövaakaa, joka mittaa yhden gramman tarkkuudella. Pesuaineiden pumppaukseen tarkoitetut imuletkujen päät siirrettiin

mitta-astioihin, ja pesuohjelma käynnistettiin. Koepesuun sisältyi kaikkia pesuaineita, joita opinnäytetutkimuksessa oli mukana. 100 ml mitta-astioista arvioitiin silmämääräisesti kulunut pesuaineen määrä (virherajana +/- 2 ml). 500 ml mitta-astiat punnittiin ennen ja jälkeen pesuohjelman, jolloin saatiin tarkempi arvio kuin silmämääräinen tarkastelu.

TAULUKKO 4. Pesuaineiden keväällä 2012 mitatut kulutukset pesua kohden Lahden pesulassa

| Pesuaine | Kulutus/pesu ml |
|-----------------|------------------------|
| Esipesuaine | 72,5 |
| Harjashampoo | 100 |
| Kuivausvaha | 30 |
| Painevaha | 32 |
| Kiillotusvaha | 48 |

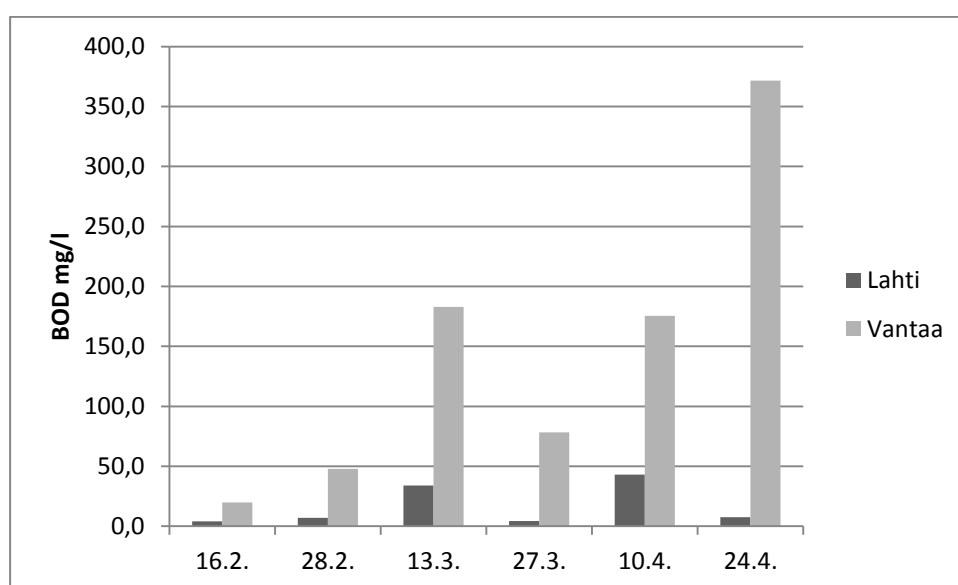
TAULUKKO 5. Laskuissa käytetyt pesuaineiden kulutukset pesua kohden Vantaan pesulassa

| Pesuaine | Kulutus/pesu ml |
|-----------------|------------------------|
| Esipesuaine | 58,5 |
| Harjashampoo | 80 |
| Kuivausvaha | 60 |
| Painevaha | 15 |
| Kiillotusvaha | 40 |

5 MITTAUS- JA ANALYYSITULOKSET SEKÄ TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Biologinen hapenkulutus

Biologisen hapenkulutuksen piikit alussa osuvat pesusesongin alkuun ja keväisten säiden alkamisiin (kuvio 11). 13.3. ja 10.4. tapahtuneita näytteenottokertoja edelsi keväinen lumien sulamisen jälkeinen poutasää, jolloin autonpesumäärät lähtivät selvään nousuun. Näitä pesusesongin aiheuttamia piikkejä edeltänyt talvisempi aika antoi huomattavasti pienemmät biologisen hapenkulutuksen tulokset.

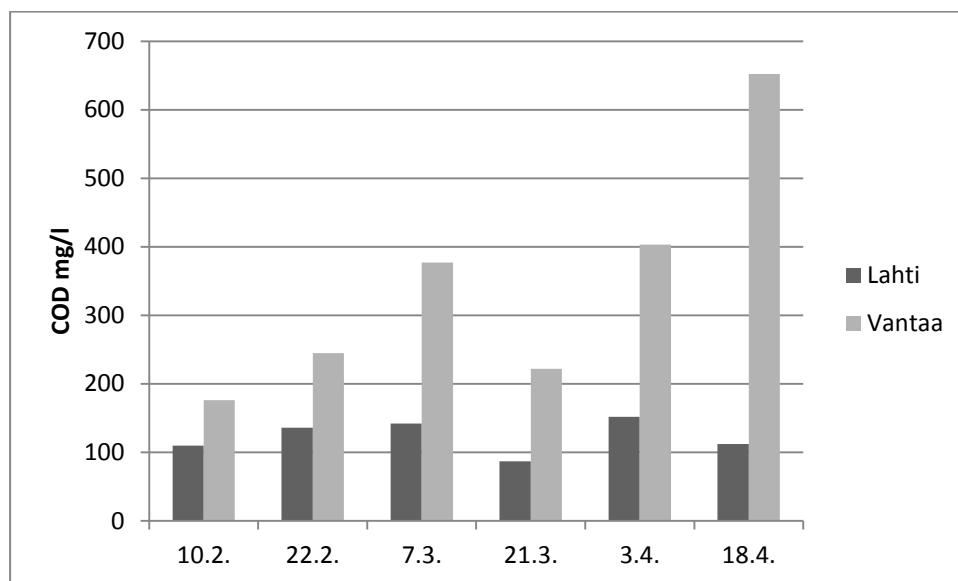


KUVIO 11. Kohdepesuloiden veden biologinen hapenkulutus

5.2 Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallinen hapenkulutus kasvoi tasaisesti pesumäärien noustessa kevään sesongin alkaessa (kuvio 12). Pesumäärien kasvu kevään pesusesongin alkaessa näkyy taulukossa 3. Kemiallinen hapenkulutus aiheutuu pitkälti pesukemikaaleista, joten niiden käytön kasvaminen näkyy näin selvästi. Suurimpien piikkien välissä on pienempi pitoisuus, joka luultavasti johtuu viileämmän ja talvisemman sään hetkisestä paluusta, jolloin pesumäärät eivät jatkaneet nousuaan. Lahden pesulan kohdalla ei esiintynyt selviä piikkejä kemiallisen hapenkulutuksen kohdalla kuten Vantaalla, mutta Lahden pesumäärät

ovat vain 16 – 21 % Vantaan pesumääristä ja sitä kautta pesukemikaalien ajautuminen prosessiin on vähäisempää.

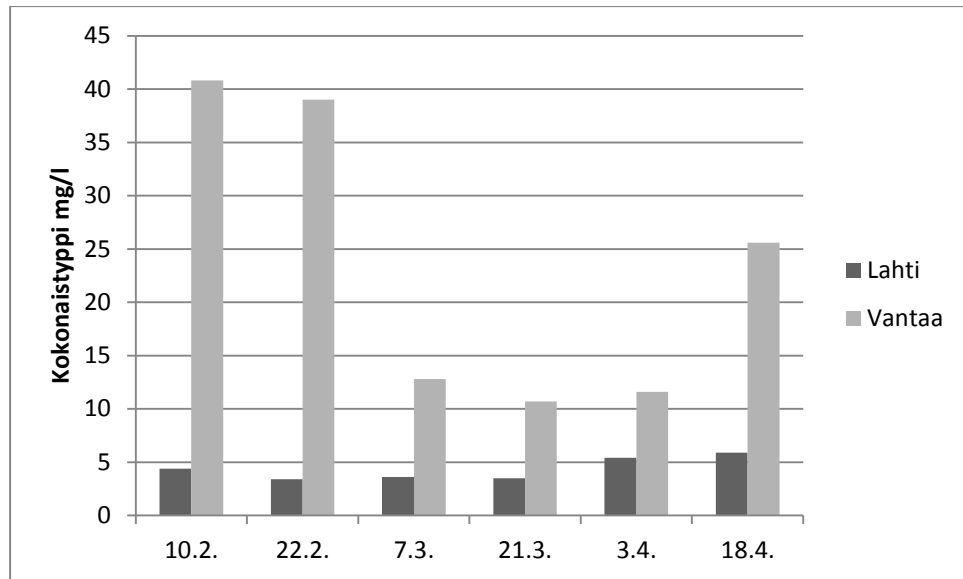


KUVIO 12. Kohdepesuloiden veden kemiallinen hapenkulutus

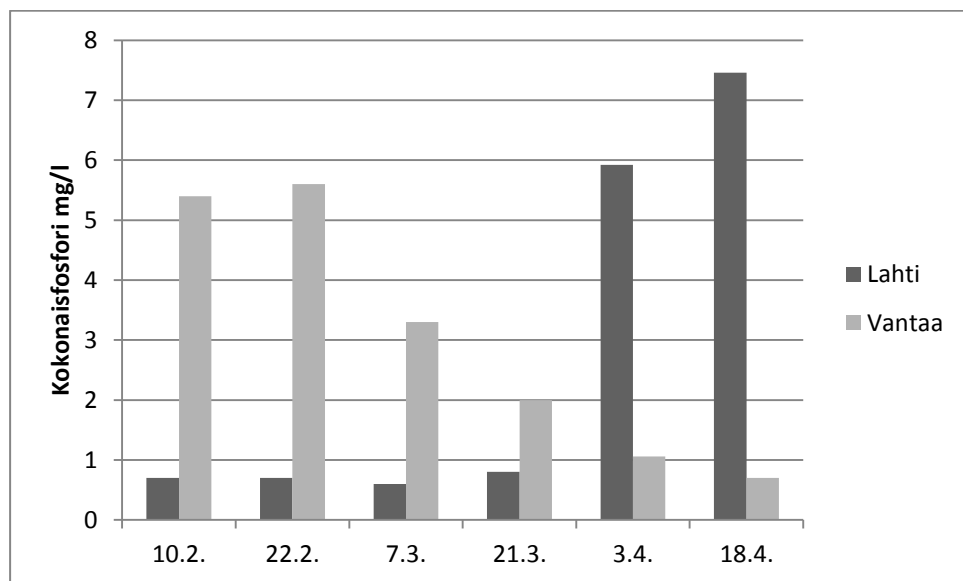
5.3 Kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori

Kokonaistypen pitoisuus Lahden autopesulan kierrätysvedessä pysyi tutkimuksen aikana tasaisen matalana, mikä kertoo melko optimaalisesta ravinteidensyötöstä (kuvio 13). Suurempia tyypipitoisuuksia ei pitäisi itse pesuprosessista kulkeutua bioreaktoreihin. Vantaan osalta tulokset olivat aluksi korkeita kokonaistypen pitoisuuksia, mikä kertoo ravinteidensyötön epätasapainosta. Talviaikana ravinteita oli havaittavissa suurempina pitoisuuksina, kevään ja autonpesusesongin alkaessa tyypipitoisuus laski lähemmäs Lahden vastaavia (kuvio 13).

Kokonaisfosforin pitoisuuksien osalta tilanne Vantaalla oli hyvin samankaltainen kun kokonaistypen vastaavilla. Ravinteidensyötön mahdollinen vaikutus näkyi Vantaalla kokonaisfosforipitoisuuksienkin kohdalla. Lahden kokonaisfosforipitoisuudet pysyivät matalina samoin kuin kokonaistypenkin, lukuun ottamatta kahden viimeisen analyysikerran pitoisuuspiikkejä. Sen kertaisten kokonaisfosforipitoisuuksien muutos ei kuitenkaan korreloinut kokonaistypen pitoisuuksien vastaavien kanssa (kuvio 14).



KUVIO 13. Kohdepesuloiden veden kokonaistyppi

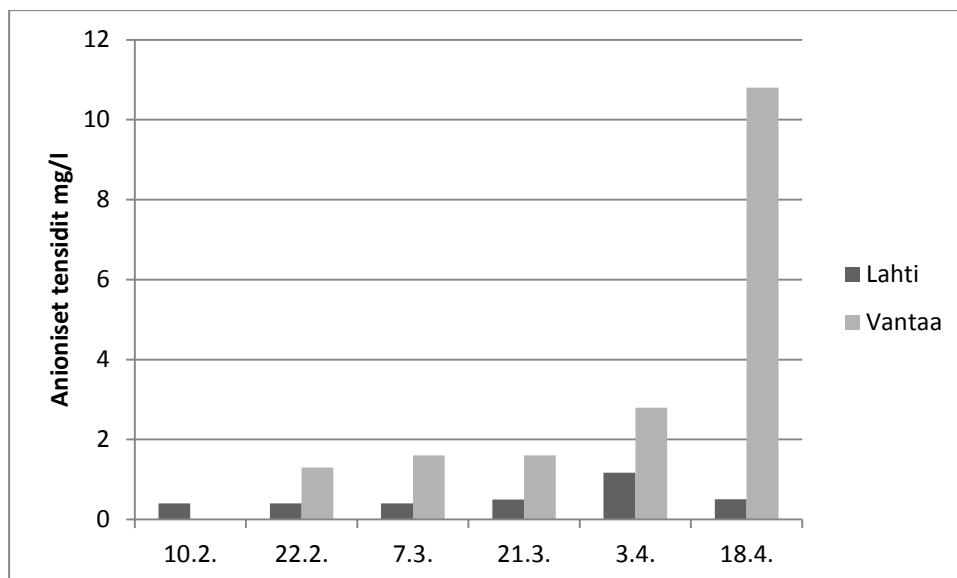


KUVIO 14. Kohdepesuloiden veden kokonaisfosfori

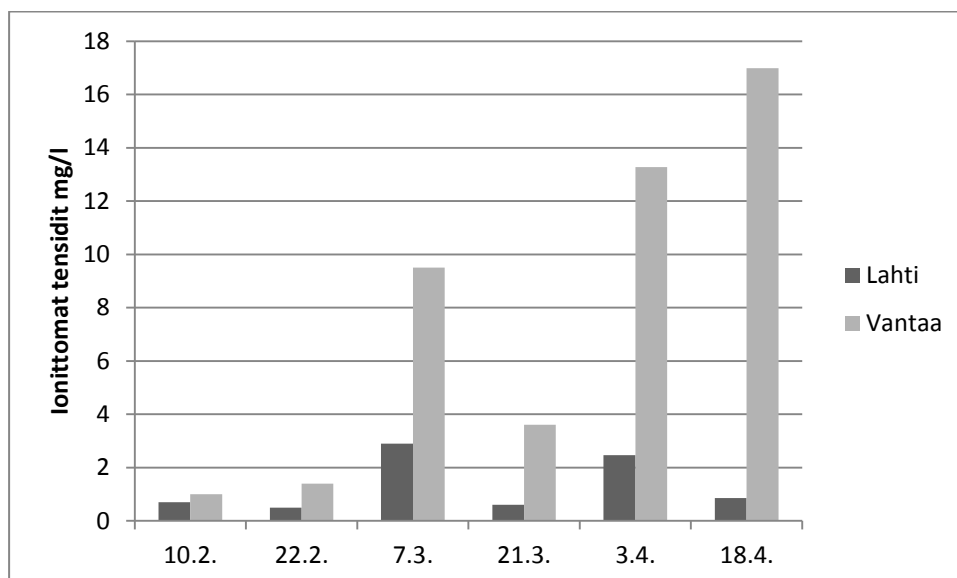
5.4 Tensidit

Tensideistä mitattiin anionisten, kationisten ja ionittomien tensidien pitoisuuksia. Amfoteerisiä tensidejä varten ei ollut käytössä testiä, mutta niiden määräksi kiillotusvahassa ilmoitettiin vain alle 5 %, ja lisäksi kiillotusvahan osuus pesukemikaalien määrissä oli selvästi pienin. Kationisten tensidien pitoisuudet näyttivät jokaisella analyysikerralla alle määrittäysrajan, eli alle 2mg/l pitoisuuksia.

Niistä ei siis kertynyt juuri lainkaan kuormitusta prosessiin. Tensidikuormitukset johtuivat anionisista ja ionittomista tensideistä, joita oli selvästi eniten pesukemikaaleissa. Etenkin anionisten tensidien pitoisuus korreloi molempien paikkakuntien autopesuloiden kierrätysvesissä pesumäärien kanssa (kuvio 15 ja taulukko 3). Pesusesongin käynnistyessä ja pesujen lisääntyessä lisääntyy luonnollisesti pesuainekemikaalien käyttö ja näin myös tensidien kulkeutuminen prosessiin. Vantaalla pitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin Lahdessa, mutta siellä myös pesumäärät ovat selvästi suurempia. Etenkin viimeisin Vantaan anionisten tensidien pitoisuus oli yli viisinkertainen maaliskuun pitoisuuksiin nähden. Ensimmäisen analyysikerran tulos Vantaan kierrätysveden anionisten tensidien pitoisuuksi epäonnistui kyvetin vaahtoutuessa liikaa. Silloin on voinut olla korkea pitoisuus, tai sitten itse testi on epäonnistunut. Pesujen määrä tätä näytteenottoa edeltävänä aikana on ollut vähäinen, joten myös pesuainekemikaaleja on kulkeutunut prosessiin vähemmän kuin pesusesonkiaikana. Ionittomien tensidien pitoisuus ensimmäisillä kahdella analyysikerralla oli molempien paikkakuntien kierrätysvesissä todella pieni. Kelien alkaessa puoltaa autonpesuun, molemmissa pesuloissa havaittiin pitoisuuksien kasvu (kuvio 16). Lahden pitoisuustulokset tasaantuivat pesumäärien kanssa, mutta Vantaan vastaavat jatkoivat kasvuaan. Vantaan selvästi suuremmat pesumäärät ja sitä kautta pesukemikaalien kulkeutuminen bioreaktoreihin voivat olla osallisena korkeisiin pitoisuuksiin.



KUVIO 15. Kohdepesuloiden veden anioniset tensidit

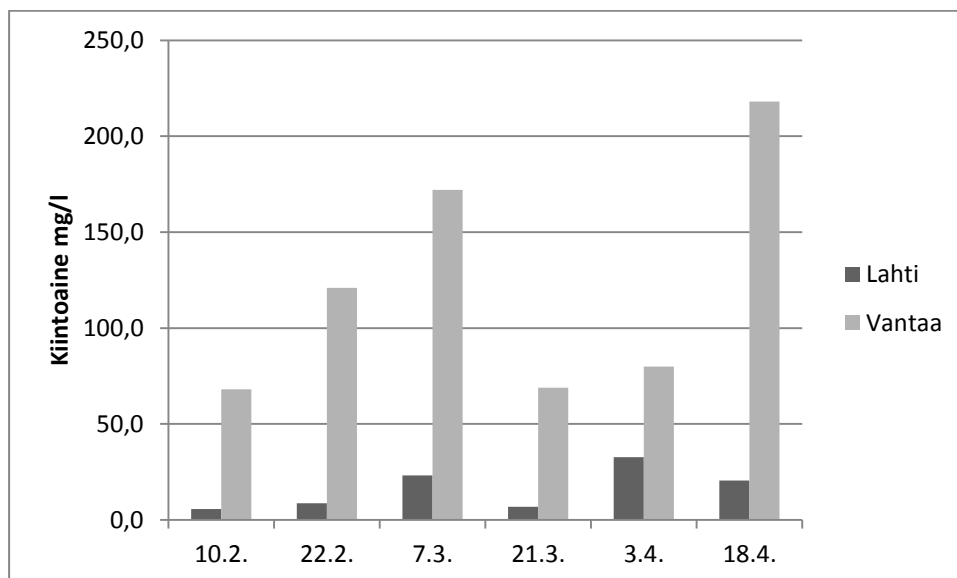


KUVIO 16. Kohdepesuloiden veden ionittomat tensidit

5.5 Muita tuloksia

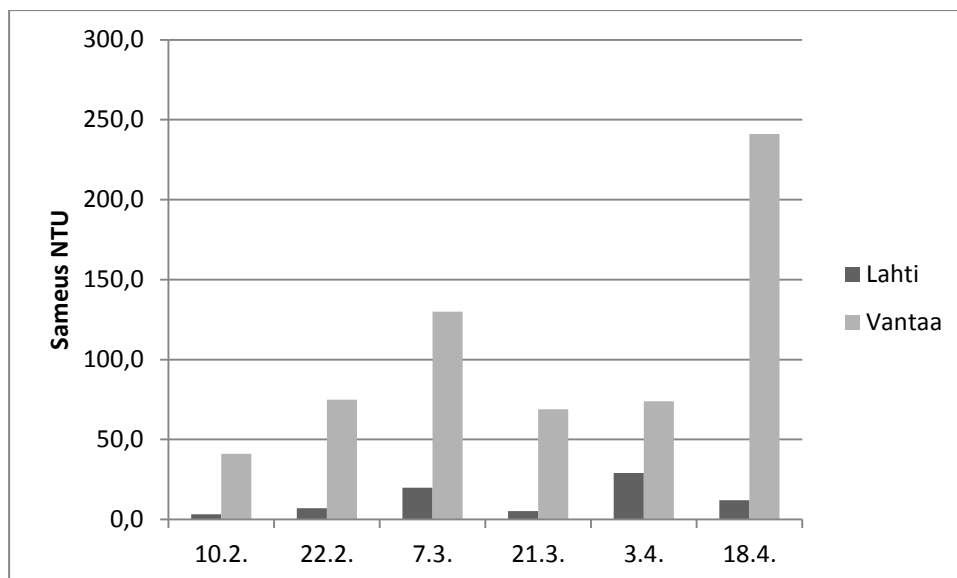
Kiintoaineen pitoisuudet olivat Lahden pesulan analyysituloksissa selvästi matalempia kuin Vantaan vastaavissa (kuvio 17). Lahden pesulan kiintoainepitoisuudet olivat 7 - 14 % Vantaan vastaavista, lukuun ottamatta 3.4. tulosta, jolloin se oli noin 40 % Vantaan kiintoainepitoisuudesta. Vantaan ja Lahden tuloksissa näkyy kasvua helmikuulta maaliskuun alkuun, minkä jälkeen pitoisuudet taas laskevat ja lähtevät uudelleen kasvuun. Ainoastaan

näytteenottojakson viimeisen eli 18.4. kerran tulos näyttää Lahden pitoisuudessa pientä laskua ja Vantaan vastaavassa selvää kasvua.



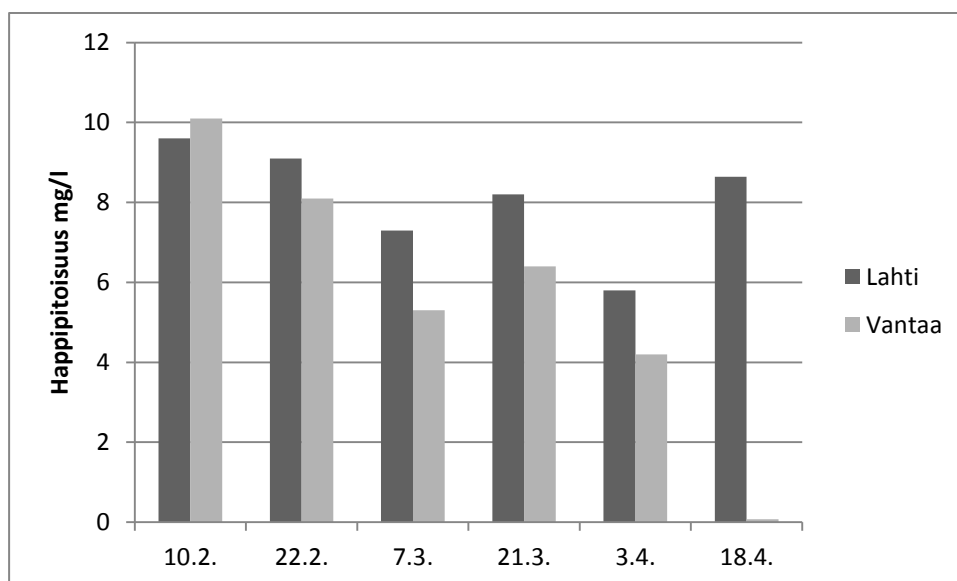
KUVIO 17. Kohdepesuloiden veden kiintoaine

Kierrätysveden sameuden muutokset näkyivät samankaltaisina molempien autopesuloiden kierrätysvesien analyyseissä (kuvio 18). Talvikaudelta siirryttäessä pesusesongin aikaan sameusarvot kasvoivat jopa kolminkertaisiksi. Etenkin Vantaalla maaliskuun alusta alkanut pesumäärien kasvu näkyi veden kasvavana sameutena, joka laski taas pesumäärien suurimman kasvun taittuessa. Kiintoaineen pitoisuutta havainnoivassa kuviossa 17, ja sameutta havainnoivassa kuviossa 18 on lähes täysin samanlainen trendi.



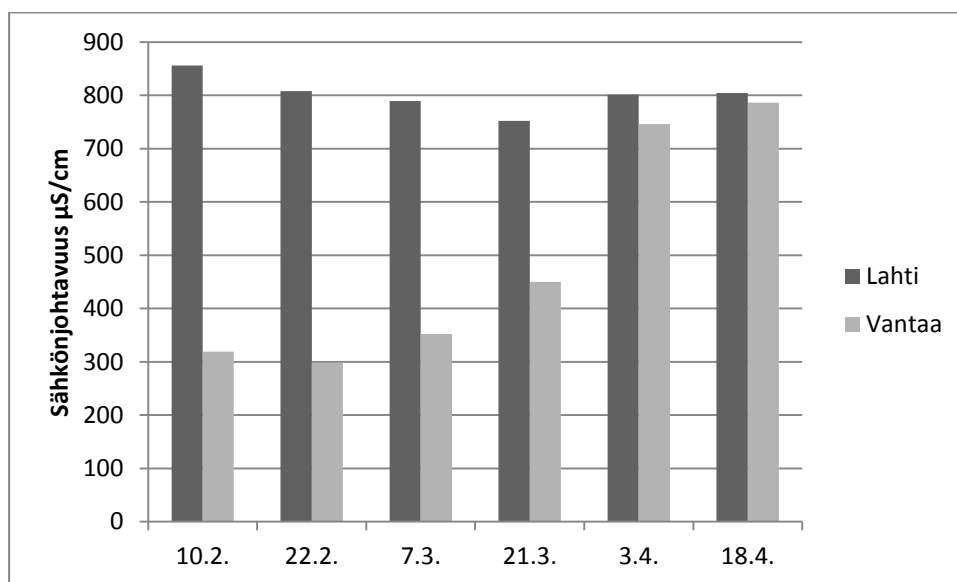
KUVIO 18. Kohdepesuloiden veden sameus

Kierrätysveden happipitoisuuksissa ei ollut suuria vaihteluja pesuloiden välillä, lukuun ottamatta 18.4. tuloksia, jolloin happipitoisuus Vantaan pesulassa oli romahtanu lähes nollaan (kuvio 19). Tähän on ollut osallisena rikkiäinen bioreaktorin ilmastuspuhallin. (Salmela 2012). Happipitoisuudet kääntyivät laskuun pesumäärien kasvaessa selvästi. Huhtikuun alussa pitoisuudet olivat noin 50 % pienempiä kuin helmikuun alussa, jolloin pesumäärät olivat pienempiä.



KUVIO 19. Kohdepesuloiden veden happipitoisuus

Sähkönjohtavuuslukemien kohdalla Lahden tulokset olivat mittausten alkaessa selvästi, jopa yli puolet suurempia kuin Vantaan tulokset (kuvio 20). Lahden tulokset laskivat hyvin hitaasti kohti huhtikuuta pysyen lähes samalla tasolla. Vantaan sähkönjohtavuuslukemat taas lähtivät helmikuulta lievään nousuun pesumäärien samaan aikaan kasvaessa kuitenkin niin, että maaliskuu-huhtikuun taitteessa tulokset olivat jo lähes Lahden lukemien tasolla. Tiesuolauksen vaikutus sähkönjohtavuustuloksiin on olemassa, ja Lahden suurempien lukemien taustalla voisi olla esimerkiksi suurempi tiesuolan käyttö. Pesumäärien kasvaessa kuitenkin myös Vantaalla lukemat saavuttavat melkein Lahden tasot, joten kloridimääritykset vesistä voisivat antaa lisää tietoa.



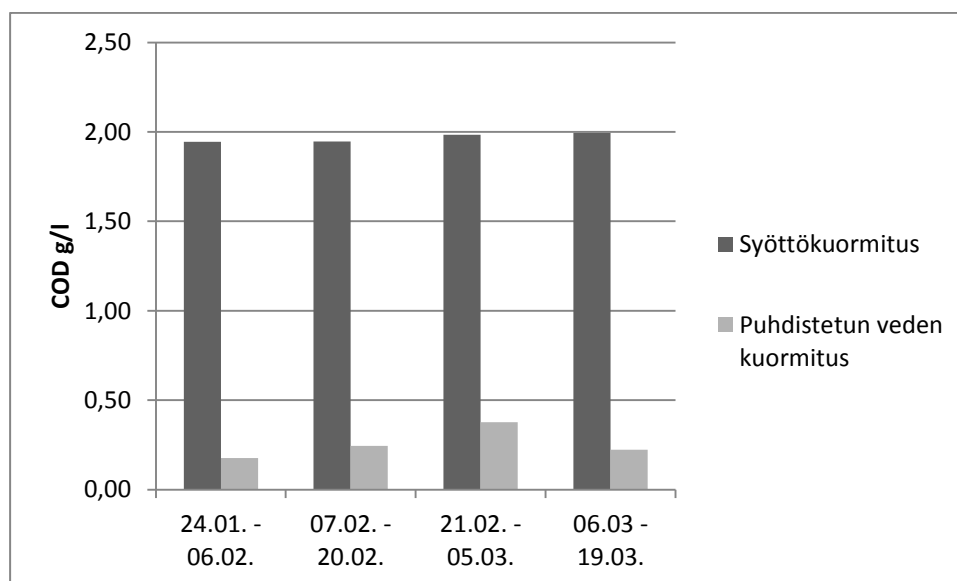
KUVIO 20. Kohdepesuloiden veden sähkönjohtavuus

6 REDUKTIOTULOKSET JA TARKASTELU

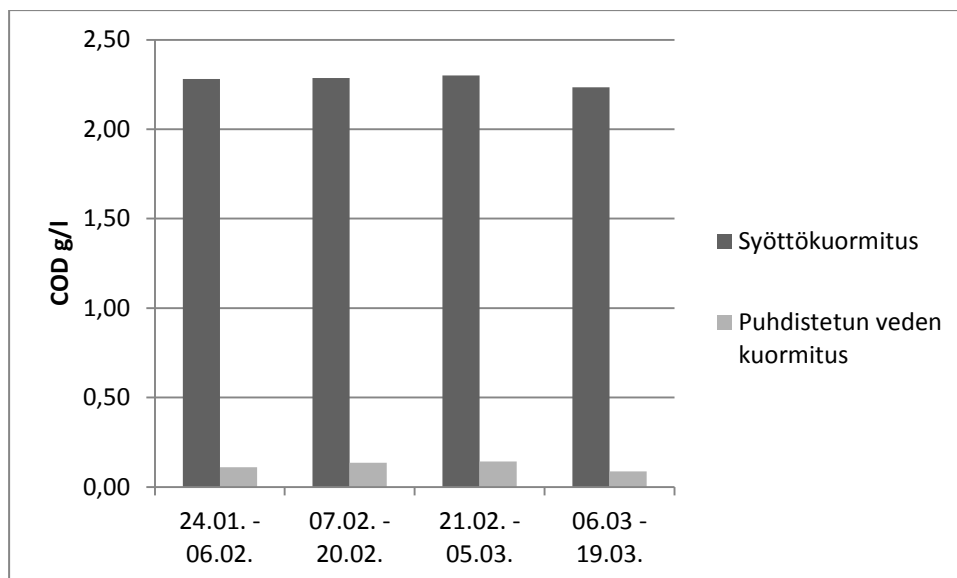
Reduktiotulosten kuvioissa näkyvä aikajakso kuvaa kahden viikon aikaväliä, jolta prosessiin syötetyn autonpesuveden kuormitus laskettiin. Heti kahden viikon aikajakson jälkeen oli näytteenotto puhdistetusta vedestä, jonka tulosta verrattiin syötetyn jäteveden tuloksiin, ja näin saatiin laskettua reduktiomääriä.

6.1 Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuudet puhdistetun veden näytteissä olivat 0,1 – 0,4 g/l välillä. Nämä pitoisuudet lisättynä pesukemikaalien aiheuttamaan kuormitukseen aiheuttivat prosessiin syötettävään jäteveeseen 1,8 – 2,2 g/l kemiallisen hapenkulutuksen kuormituksen. Kuormituksen reduktio oli parhaimmillaan 95 % Lahden pesulassa tutkimuksen loppuvaiheen tulosten mukaan (kuvio 22). Vantaalla reduktio oli heikoimmillaankin noin 80 % (kuvio 21).



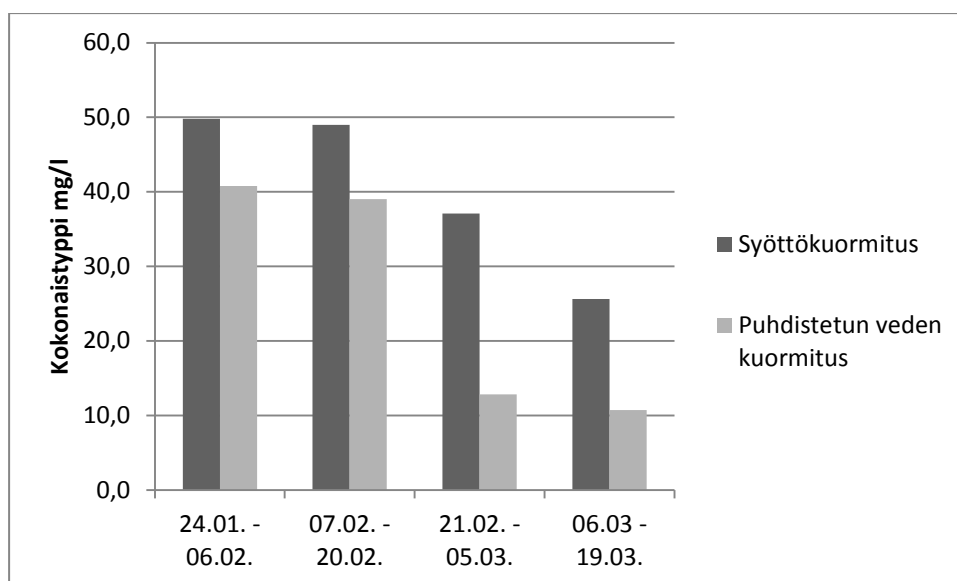
KUVIO 21. Vantaan autopesulan kemiallisen hapenkulutuksen reduktio



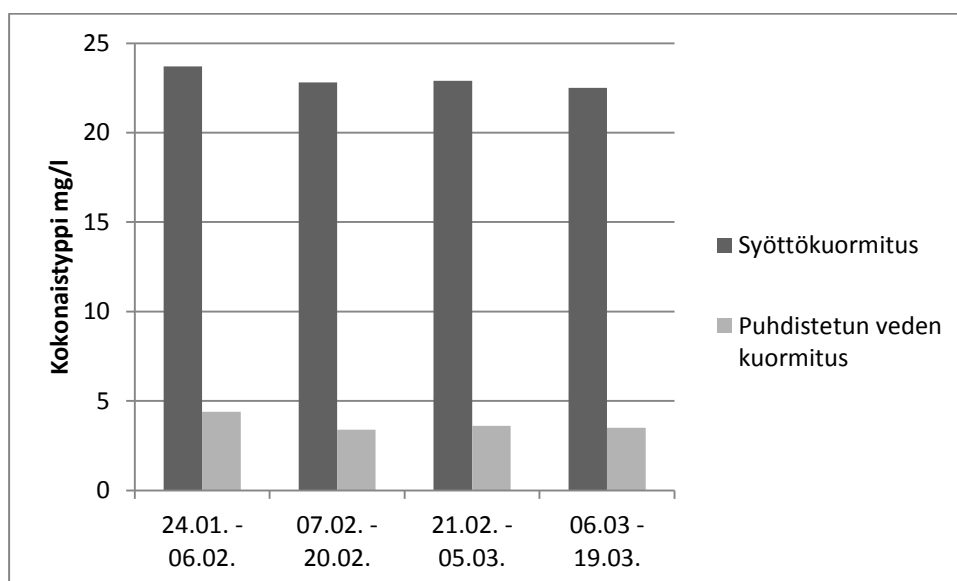
KUVIO 22. Lahden autopesulan kemiallisen hapenkulutuksen reduktio

6.2 Kokonaistyyppi

Kuvioissa 23 ja 24 näkyvät kokonaistypen syöttökuormitukset ja puhdistetun veden kuormitukset. Syöttökuormituksissa on huomioitu kierrätysveden typpipitoisuudet, ja niiden osuus onkin huomattava. Huomattava osa prosessiin menevästä kokonaistyyppipitoisuudesta johtuu ravinteidensyötöstä. Todellista kokonaistypen puhdistustehoa ei nähdä ilman, että tiedetään, paljonko ravinteita tarkalleen prosessiin syötetään. Pitoisuudet silti laskevat jonkin verran prosessin aikana. Vantaalla ne parhaimmillaan yli puolittuvat, mutta Lahdessa kokonaistypen pitoisuudet eivät puhdistetussa vedessä ole niin suuria ilmeisesti optimaalisemman ravinteidensyötön takia, jolloin myös kuormitus jää selvästi pienemmäksi, ja myös kemikaaleista aiheutuva typpikuormitus tulee esille.



KUVIO 23. Vantaan autopesulan kokonaistypen reduktio

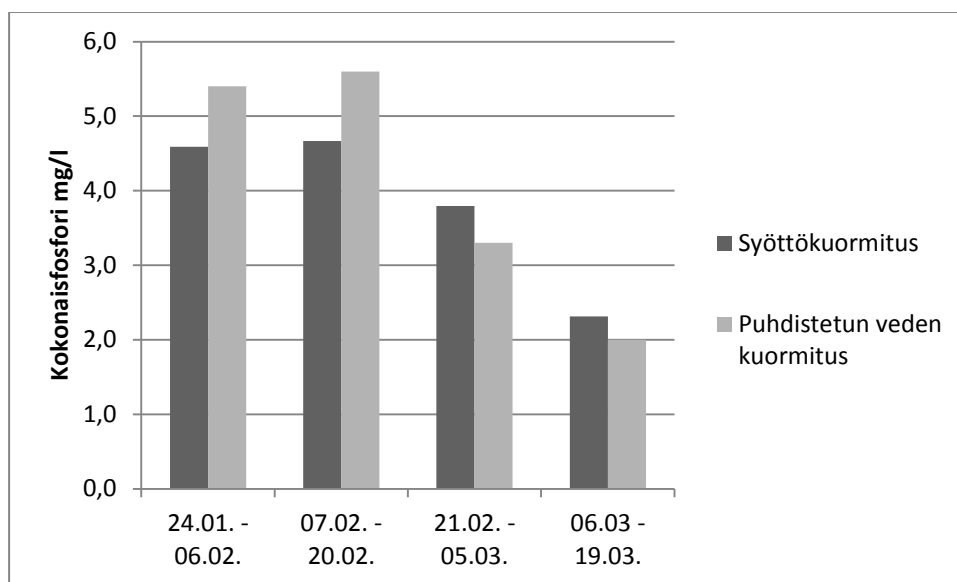


KUVIO 24. Lahden autopesulan kokonaistypen reduktio

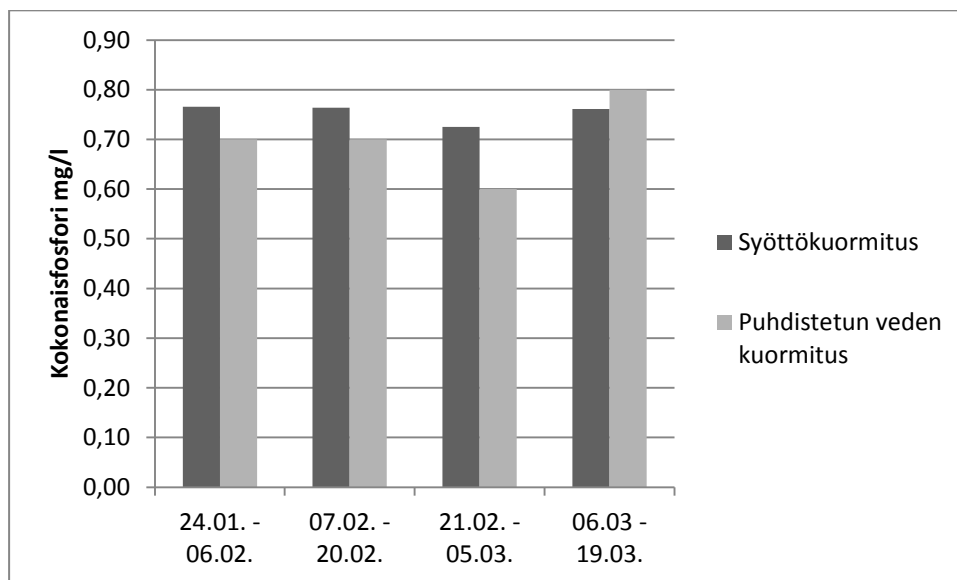
6.3 Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforipitoisuuksien analyysituloksissa näkyy tyypeäkin selvemmin kierrätysveden pitoisuuksien osuus prosessiin syötettävässä kuormituksessa (kuviot 25 ja 26). Fosforia menee pesukemikaalien kautta prosessiin todella vähän, ja lähes koko kuormitus tulee ravinteidensyötön kautta puhdistettuun veteen kulkeutuneesta kokonaisfosforimäärästä. Fosforipitoisuudet laskevat vain

hieman prosessin aikana, ja joskus jopa hieman kasvavat. Ravinteidensyötön optimoinnin tärkeys korostuu etenkin, jos halutaan saada fosforipitoisuudet minimoitua puhdistetussa vedessä.



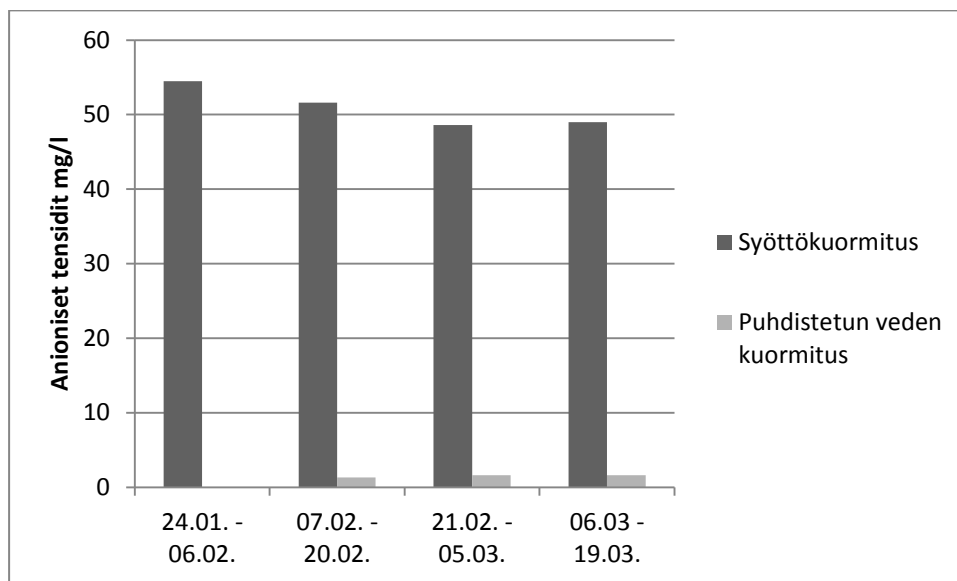
KUVIO 25. Vantaan autopesulan kokonaisfosforin reduktio



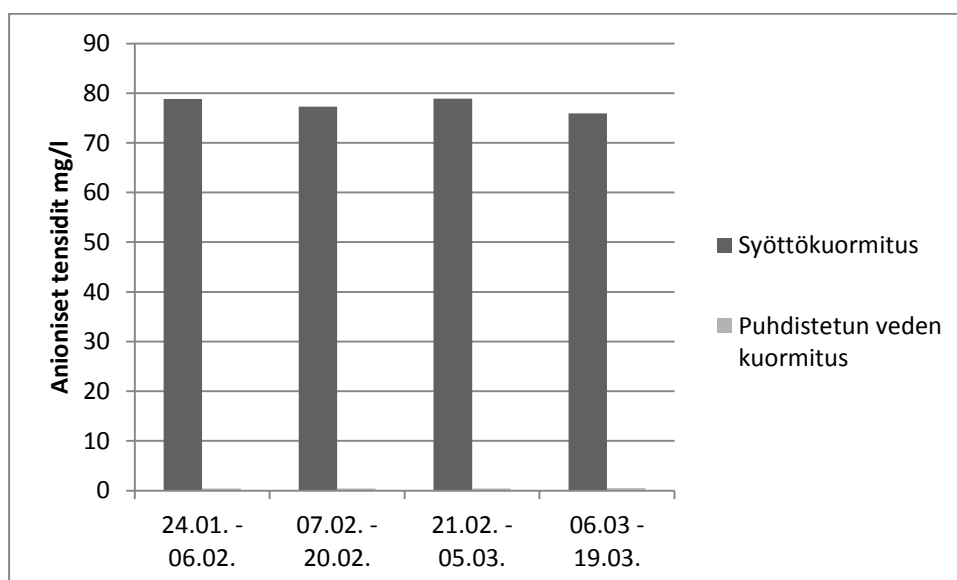
KUVIO 26. Lahden autopesulan kokonaisfosforin reduktio

6.4 Tensidit

Anionisten tensidien pitoisuudet olivat todella pieniä molempien pesuloiden puhdistetussa vedessä, korkeintaan joitain miligrammoja litrassa. Kuitenkin syöttökuormitus prosessiin oli Vantaalla noin 45 - 55 mg/l (kuvio 27) ja Lahdessa jopa lähes 80 mg/l (kuvio 28). Anionisten tensidien pitoisuuden reduktio aerobisessa käsittelyssä oli lähes täydellistä, aina reilusti yli 90 %.

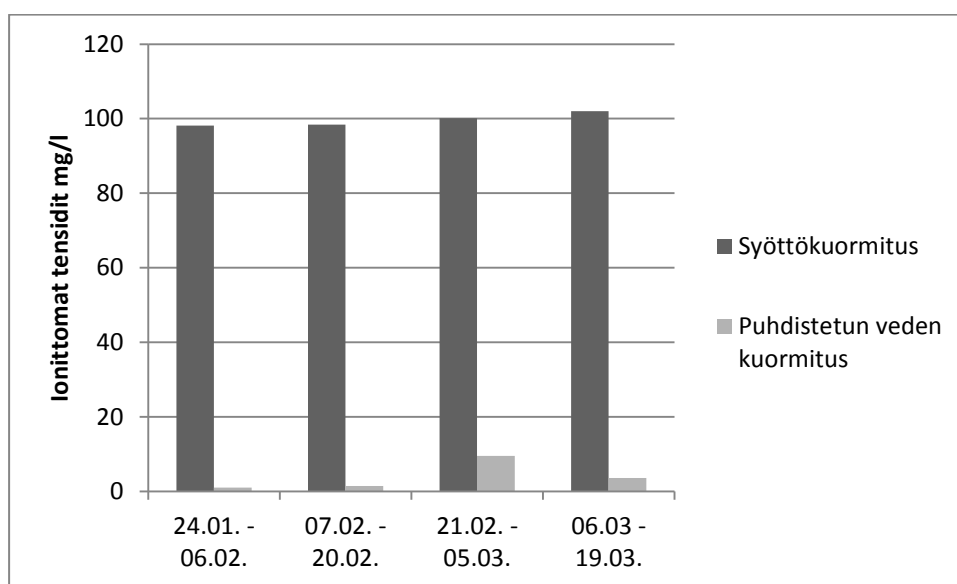


KUVIO 27. Vantaan autopesulan anionisten tensidien reduktio

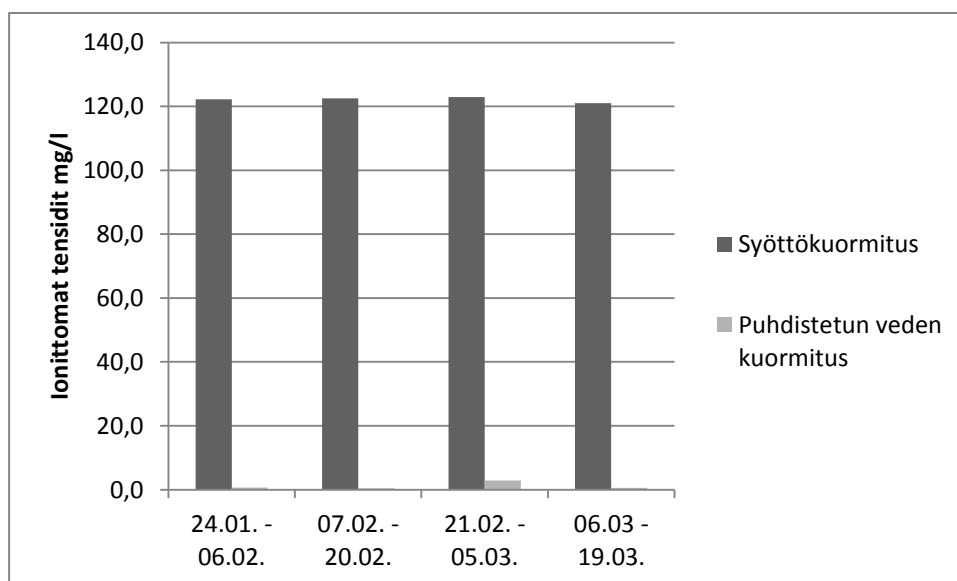


KUVIO 28. Lahden autopesulan anionisten tensidien reduktio

Ionittomien tensidien pitoisuudet olivat hyvin vähäisiä puhdistetussa vedessä molempien pesuloiden osalta, korkeimmillaankin selvin kuormituspiikki näytti alle 10 mg/l. Lahden pesulassa syöttökuormitus oli anionisten tensidien ohella raskaampaa kuin Vantaalla. Lahdessa kuormitus oli noin 120 mg/l (kuvio 29), ja Vantaalla noin 100 mg/l (kuvio 30). Ionittomien tensidienkin kohdalla kuormituksen reduktio oli lähes täydellistä, heikoimmillaan noin 90 %.



KUVIO 29. Vantaan autopesulan ionittomien tensidien reduktio



KUVIO 30. Lahden autopesulan ionittomien tensidien reduktio

6.5 Tensiditulosten tarkastelu

Kyvettitesteillä ja spektrofotomerin avulla saatavia tensidipitoisuuksia tulkittaessa on otettava huomioon joitain mahdollisia häirttekijöitä koskien eri tensidilajien läsnäolon vaikutusta tiettyjen tensidien analyysituloksiin. Anionisten, kationisten ja ionittomien tensidien kohdalla tätä asiaa on tutkittu, tosin analyysimenetelmänä ionittomille tensideille oli kaksivaihetitraus(sodium tetrakis[4-fluorophenyl]borate), anionisille tensideille metyleenisininen-menetelmä, ja kationisille Hach-Langen kyvettitesti. Kolmea eri tensidilajia käytettäessä tehtiin seitsemän eri liuosta, joissa oli yhtä tai useampaa tensidilajia. Ionittomien ja/tai anionisten tensidien läsnäolo liuoksessa antoi hyvinkin tarkan pitoisuustuloksen oikeaan pitoisuuteen nähden ja vain erittäin pientä yliarviointia oli havaittavissa. Kationisten tensidien läsnä ollessa ionittomien tensidien pitoisuus näkyi aina huomattavasti yliarvioituna jopa niiden kokonaan puuttuessa. Sekä anionisten että kationisten tensidien ollessa läsnä liuoksessa olivat niiden pitoisuudet selvästi alakanttiin todellisista. Tämä johtuu siitä, että ollessaan vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, ne muodostavat hiutaleita, joita analyysimenetelmät eivät määritä. (Boussu, Kindts, Vandecasteele & Van der Bruggen 2007, 141-142.)

Omien tulostemme mukaan kationisten tensidien pitoisuus oli joka kerta alle määritysrajan, joten niiden mahdollinen osuus epätarkkojen tulosten suhteen on hyvin pieni, joskin mahdollinen. Saimme tuloksia vain anionisten ja ionittomien tensidien pitoisuuksista niiden ollessa yleisimmin käytettyjä, joten siinä mielessä epätarkkuuden ei pitäisi olla niin todennäköistä, kuin että jos kationisten tensidien osuus olisi ollut suurempi. On pieni mahdollisuus, että äärimmäisen vähäisenkin kationisten tensidien läsnäolo aiheuttaisi tuloksissamme yliarviota ionittomien tensidien pitoisuudelle ja aliarvioita anionisten tensidien vastaavalle. Kationisten tensidien vähäiseen pitoisuuteen tuloksissa voi vaikuttaa vuorovaikutus anionisten tensidien kanssa. Tulokset eivät kuitenkaan vaikuttaisi suuresti eroavan oletetuista määristä, joita pesukemikaalien sisältötiedot ilmoittavat.

6.6 Tekniset vikatilanteet

Vikatilanteita tutkimuksen aikana ei ilmoitettu kuin kolme: helmikuun puolessavälissä pesulan jumituneet ovet pakkasen vuoksi, maaliskuun

taitteessa lyhytkestoinen pesujärjestelmän häiriö, sekä huhtikuussa rikkinäinen bioreaktorin ilmastuspuhallin Vantaalla. Kahden ensiksi mainitun vikatilanteen aikana pesuja ei ollut, joten kemikaali- eikä likakuormitusta kertynyt silloin. Nämä ongelmat olivat myös varsin lyhytkestoisia.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia autopesuloiden biologisen jätevedenkäsittelyn toimivuutta ja pesukemikaalien aiheuttaman kuormituksen vähenemistä prosessin aikana. Opinnäytetyöprojekti oli jatkoa kahdelle muulle opinnäytetyölle. Näytteenotto opinnäytetyötä varten tapahtui kahden viikon välein helmikuun lopusta huhtikuun alkuun, ja projektin osalta se jatkuu vielä siten, että toukokuussa on yksi näytteenottokerta. Näytteenottokohteina oli kaksi autopesulaa, joista toinen Lahdessa ja toinen Vantaalla. Molemmissa on käytössä biologinen jätevedenkäsittelymenetelmä, jonka avulla voidaan käyttää puhdistettua vettä autonpesuun. Molemmissa kohteissa oli käytössä myös samat pesukemikaalit ja pesuohjelmat, ja molemmissa kierrätettävän puhdistetun veden osuus oli noin 87 %, ja vesijohtoveden osuus noin 13 %. Laboratorioanalyysissä vesinäytteistä tutkittiin biologinen ja kemiallinen hapenkulutus, kiintoainepitoisuus, pH, lämpötila, happipitoisuus, sameus, sähkönjohtavuus sekä anionisten, kationisten ja ionittomien tensidien pitoisuudet.

Autopesuloiden yhtedessä biologisesti puhdistettava vesi antaa mahdollisuuden huomattavaan vesijohtoveden säästöön. Tällä menetelmällä saadaan niin puhdasta vettä, että sitä voidaan uudelleenkäyttää hyvin monipuolisesti autonpesussa. Tutkimuksissa pesukemikaaleista syntyi suuri kemiallisen hapenkulutuksen sekä anionisten ja ionittomien tensidien kuormitus puhdistusprosessiin, mutta niiden määrä laski 70 – 97 % prosessin läpikäyneeseen veteen nähden. Kemikaalien aiheuttama kuorma saatiin siis huomattavasti vähentymään, mutta ravinteidensyötön tulisi olla optimaalisempaa, jotta kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet kierrätysvedessä olisivat pienempiä. Niitä ei pääse pesukemikaaleista prosessiin kuin hyvin vähän. Biologinen hapenkulutus kierrätysvedessä nousi moninkertaiseksi pesumäärien kasvaessa pesusesonkien aikana, mutta alkupitoisuudet olivat todella vähäisiä. Tämä kuormitus tulee prosessin itsensä sisältä.

Kaiken kaikkiaan biologinen puhdistusprosessi puhdistaa vedestä sinne autonpesussa välttämättömien prosessien kautta joutunutta kuormitusta erittäin hyvin. Talviajan puhdistustulokset olivat myös hyviä. Pesumäärät ovat silloin tosin pienempiä, mutta lämpötilan vaikutus ei juuri näy puhdistustuloksissa.

Ravinteidensyötön ollessa optimaalista, typen ja fosforin pitoisuuksia ei pitäisi juurikaan havaita, joten sen ollessa kunnossa kierrätysveden puhtaus voisi vielä parantua.

Jatkossa olisi hyödyllistä saada mahdollisimman paljon jatkuvatoimista mittaristoa prosessin valvontaan, ja tutkimukseen. Esimerkiksi Clewerin oma sameusanturi, joka on optinen mittalaite, mittaa veden sameutta. Sameuden kasvaminen kertoo ongelmasta biologisessa vedenpuhdistusprosessissa. Anturi on veteen upotettava, itsestäänpuhdistuva optinen mittainstrumentti. Puhdistuminen perustuu patentoituun puhdistusmenetelmään, jossa tarkoitukseen suunnitellut puhdistusainekappaleet ovat pyörivässä liikkeessä laitteen mittakammion sisällä. Pyörintäliike saadaan aikaan paineilmalla, ja se pysäytetään mittauksen ajaksi. Laite on suunniteltu ensisijaisesti käytettäväksi Clewer-pienpuhdistamotuotteissa, mutta sitä voidaan käyttää sameuden mittaukseen myös muissa kohteissa.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

Aloui, F., Kchaou, S. & Sayadi, S. 2009. Physicochemical treatments of anionic surfactants wastewater: Effect on aerobic biodegradability. *Journal of hazardous materials* 164 (2009), 353-359.

BAT – car washing facilities. 2007. *TemaNord* 2007:587. Kööpenhamina: Pohjoismaiden ministerineuvosto.

Boussu, K., Kindts, C., Vandecasteele, C. & Van der Bruggen, B. 2007. Applicability of nanofiltration in the carwash industry. *Separation and Purification Technology* 54 (2007), 137-146.

González, S., Petrovic, M. & Barceló, D. 2007. Removal of a broad range of surfactants from municipal wastewater – Comparison between membrane bioreactor and conventional activated sludge treatment. *Chemosphere* 67 (2007), 335-343.

Heikkilä, T. 1996. *Siivousaineet ja ympäristö*. Helsinki: Teknokemian Yhdistys

SFS-EN 872. 1996. *Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sähköiset lähteet

Clewer Oy. 2012. Jätevedenpuhdistamot RBBR – Rotating Bed Biofilm Reactor Patentoitua jätevedenpuhdistustekniikkaa. Esite. Saatavissa:

http://www.clewer.com/wp-content/uploads/2011/05/Clewer_esite_FI_WEB.pdf

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) No 648/2004. Saatavissa:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004R0648:EN:NOT>

Euroopan Yhteisöjen Komissio. Komission kertomus Euroopan Parlamentille ja Neuvostolle anaerobisesta biohajoavuudesta. 2009. Bryssel. Saatavissa: <http://eurlex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=fi&ihmlang=fi&lng1=fi,fi&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=495672:cs&page=>

Hesburger Oy. 2012. Ympäristölle ystävällistä pesua. Saatavissa:

http://www.hesepesu.fi/hesepesu/ymparistolle_ystavallista_pesua

Lahden ammattikorkeakoulu. 2012. Vesiturva – biologisen jätevedenpuhdistuksen tehon parantaminen. Saatavissa:

<http://www.lamk.fi/tekniikka/tutkimus/hankkeet/vesiturva.html>

Lindfors, P. 2010. Recovery of microbial activity in a biofilm wastewater treatment process. Hämeen ammattikorkeakoulu. Visamäki. Bio- ja elintarviketekniikan opinnäytetyö. Saatavissa:

http://www.clewer.com/wp-content/uploads/2010/11/Thesis_-final-version-24_8.pdf

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. Saatavissa:

<http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>

Pipeline. 2011. Pipeline tuotteet. Tuotelistasta tuotenumeroineen. Saatavissa:

<http://www.pipeline.info/tuotelist.php?ulkoasu=0&kieli=0>

Teknokemian yhdistys. 2012. Pakkausmerkinnät. Saatavissa:

<http://www.teknokem.fi/pakkausmerkinnat>

Valtion ympäristöhallinto. 2012. Happi vedenlaatua kuvaavana muuttujana.

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17447&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2012. Kaivovedestä tutkittavat aineet ja ominaisuudet.

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=13095&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2012. Veden ominaisuuksia. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=9572&lan=fi>

Suulliset lähteet

Lahtinen, T. 2012. Tuotekehityskemisti. Tekno-Forest Oy. Suullinen tiedonanto helmi-huhtikuu 2012.

Mäkinen, M. 2012. Tukipalvelu. Hesburger. Suullinen tiedonanto helmi-huhtikuu 2012.

Palo, S. 2012. Hesburger. Suullinen tiedonanto tammi-huhtikuu 2012.

Roine, J. 2012. R&D manager. Clewer Oy. Suullinen tiedonanto tammi-maaliskuu 2012.

Salmela, N. 2012. Käyttöpäällikkö. Hesburger. Suullinen tiedonanto tammi-huhtikuu 2012.

LIITTEET

LIITE 1/2

Kyvettitestien ohjeet

Kokonaistyyppi

LCK 238

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14792858/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/COyibNN8e0unEO-NsVVG6Vb3c1E/M/NN8vKQ/AD_238_N_Druckf_burgund.pdf

LCK 138

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14793900/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/COyibNN8e0unEO-NsVVG6Vb3c1E/M/MxR09g/AD_138_K_Druckf_burgund.pdf

Kokonaisfosfori

LCK348

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14793922/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/COyibNN8e0unEO-NsVVG6Vb3c1E/M/EV-GkQ/AD_348_P_Druckf_schwarz.pdf

LCK 349

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14792589/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/COyibNN8e0unEO-NsVVG6Vb3c1E/M/-25Tag/AD_349_P_Druckf_blau.pdf

LIITE 2/2

Kemiallinen hapenkulutus(COD)

LCK 514

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14787121/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/COyibNN8e0unEO-NsVVG6Vb3c1E/M/HaSpuw/AD_514_M_Druckf_burgund.pdf

Anioniset tensidit

LCK 332

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14793816/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/rgdb0XiClk0E9h-QkBDmofDqzfw/M/ndK4Uw/AD_332_K_Druckf_burgund.pdf

Kationiset tensidit

LCK 331

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14793766/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/rgdb0XiClk0E9h-QkBDmofDqzfw/M/JvgHBQ/AE_331_F_Druckf_blau.pdf

Ionittomat tensidit

LCK 333

http://www.hach-lange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14793593/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/qjijtHpIK8E4ADKvgwCyCFENbQ40/M/TqirAw/AD_333_G_Druckf_burgund.pdf

LIITE 2

OXITOP KÄYTTÖOHJE

BOD-MITTAUS (routine BOD ja standard BOD)

Näytteen valmistelu

– Näytemäärä kannattaa valita niin, että ”vahvoja” näytteitä (paljon orgaanista hajoavaa ainetta) laitetaan vähän ja ”laimeita” (vähän orgaanista hajoavaa ainetta) näytteitä paljon. Valitse sopiva näytemäärä TAULUKOSTA 1.

TAULUKKO 1. Näytemäärät ja BOD-alue (eli esim. - 40mg/l, mittaa BOD - arvoja vain 40 mg/l saakka)

| BOD-alue (mg/l) | näytetilavuus (ml) |
|-----------------|--------------------|
| – 40 | 432 |
| – 400 | 164 |
| – 80 | 365 |
| – 200 | 250 |
| – 800 | 97 |
| – 2000 | 43,5 |
| – 4000 | 22,7 |

- Laita magneettisekoittaja pulloon.
- Tarvittaessa voit laittaa pulloon myös ATU(allyylitiourea)-tippoja, jotka estävät nitrifikaation. Tippoja laitetaan **20** näytelitraa kohden.
- Aseta musta kumisäiliö pullon suuaukkoon, ja laita **3 kpl NaOH -pellettejä** säiliöön.
- Varmista että pullon suuaukko, kumisäiliön suuaukko ja mittapää ovat puhtaita
- Ruuvaa mittapää tiukasti paikoilleen (älä rasvaa pullon suuta, mittapää voi vahingoittua!)
- Käynnistä kontrollisäädin painamalla **ON/OFF** painiketta

LIITE 3

Pesuaineista määritetyt kuormitustulokset taulukoituna

| Anioniset tensidit | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|
| 7% esipesuaine | LCK 332 (0,2-2,0 mg/l) | 1:10 / 1:500 | * / 300,25 mg/l | 25,75 mg/l |
| harjashampoo | | 1:1 000 000 / 1:500 000 | 374,0 g/l | 36,0 g/l |
| huuhteluvaha | | 1:10 / 1:100 | * / 121,0 mg/l | 17,0 mg/l |
| kiillotusvaha | | 1:10 / 1:100 | * / ali määr.rajan | |
| Kationiset tensidit | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
| 7% esipesuaine | LCK 331 (0,2-2,0 mg/l) | 1:1 / 1:100 | * / ali määr.rajan | |
| harjashampoo | | 1:1 / 1:100 | * / ali määr.rajan | |
| huuhteluvaha | | 1:1 / 1:100 | * / ali määr.rajan | |
| kiillotusvaha | | 1:1 / 1:100 | * / ali määr.rajan | |
| Ionittomat tensidit | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
| 7% esipesuaine | LCK 333 (0,2-6,0 mg/l) | 1:10 000 / 1:100 000 | 50,6 g/l | 6,0 g/l |
| harjashampoo | | 1:20 000 | 89,3 g/l | 7,3 g/l |
| huuhteluvaha | | 1:100 000 | 132,5 g/l | 2,5 g/l |
| kiillotusvaha | | 1:5000 | 4,58 g/l | 0,07 g/l |
| Kokonaistyyppi | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
| 7% esipesuaine | LCK 238 (5-40 mg/l) | 1:1000 | 7,11 g/l | 1,8 g/l |
| harjashampoo | | 1:1000 | 9,48 g/l | 0,38 g/l |
| huuhteluvaha | | 1:1000 | 7,18 g/l | 0,17 g/l |
| kiillotusvaha | | 1:100 | 2,17 g/l | 0,09 g/l |
| Kokonaisfosfori | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
| 7% esipesuaine | LCK 348 (0,5-5,0 mg/l) | 1:10 | 39,85 mg/l | 1,95 mg/l |
| harjashampoo | | 1: 200 | 445,0 mg/l | 49,0 mg/l |
| huuhteluvaha | | 1:1 / 1:10 | * ei mitattavissa | |
| kiillotusvaha | | 1:10 | 8,385 mg/l | 0,595 mg/l |
| COD | Testi | Laimennos | Tulos ka. | Keskihajonta |
| 7% esipesuaine | LCK 014 (1000-10000 mg/l) | 1:100 | 618,4 g/l | 5,7 g/l |
| harjashampoo | | 1:1000 | 2276 g/l | 8,0 g/l |
| huuhteluvaha | | 1:1000 | 1763 g/l | 7,0 g/l |
| kiillotusvaha | | 1:100 | 402,4 g/l | 3,8 g/l |
| BOD | Testi | Laimennos | Määrittysraja | Tulos |
| 7% esipesuaine | Oxitop (3.2.2012) | 1:100 | 40 mg/l | 0 mg/l |
| harjashampoo | | 1:100 | 40 mg/l | 0 mg/l |
| huuhteluvaha | | 1:100 | 40 mg/l | 0 mg/l |
| kiillotusvaha | | 1:100 | 40 mg/l | 0 mg/l |

* = ei mitattavissa sakeuden takia