TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka ja kemiantekniikka

Tutkintotyö

Kirsi Kontolampi

JÄTEVESIEN INHIBOIVA VAIKUTUS NITRIFIKAATIOON

Työn ohjaaja DI Torolf Öhman
Työn teettäjä Tampereen Vesi, valvojana kemisti-insinööri Harri Jokela
Tampere 2005

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikka
Ympäristötekniikka
Kontolampi, Kirsi Jätevesien inhiboiva vaikutus nitrifikaatioon
Tutkintotyö 45 sivua + 5 liitettä
Työnohjaaja DI Torolf Öhman
Työn teettäjä Tampereen Vesi, valvojana kemisti-insinööri Harri Jokela
Lokakuu 2005
Hakusanat nitrifikaatio, teollisuusjätevedet, jätevedenpuhdistus

TIIVISTELMÄ

Nitrifikaatio on kaksivaiheinen aerobinen prosessi, jossa autotrofiset bakteerit hapettavat ammoniumtypen nitriitin kautta nitraatiksi. Nitraatti on vesistöön päästettäessä haitattomampi yhdiste kuin ammoniumtyppi. Ammoniumtyppi muun muassa kuluttaa vesistöistä happea ja voi olla haitallista kaloille. Nitrifikaatio tapahtuu jätevedenpuhdistamoilla aktiivilietealtaissa, ja se on hyvin toivottu ilmiö. Nitrifikaatiobakteerit ovat erittäin herkkiä muutoksille ja erilaisille inhibiittoreille. Tämän vuoksi haitalliset aineet saattavat estää prosessin toimintaa tai jopa tappaa kyseiset bakteerit.

Kokeellisen osan tarkoituksena oli saada laboratorion käyttöön sopiva menetelmä, jonka avulla voidaan tarkkailla jätevesien inhiboivaa vaikutusta nitrifikaatioon. Kun menetelmä saatiin toimimaan, testattiin erilaisia jätevesiä ja verrattiin niiden vaikutuksia nitrifikaatioon. Menetelmä oli tarkoitus saada toimimaan niin hyvin, että se voidaan tarvittaessa ottaa vakituiseen käyttöön laboratoriossa.

Työn teettäjä on Tampereen Vesi. Nitrifikaatiota on tutkittu vain vähän. Koska ilmiö on tärkeä osa puhdistusprosessia, on hyvä, että asiaan aletaan kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Menetelmäksi valittiin standardi SFS-EN ISO 9509 Water quality, method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water. Aluksi standardi suomennettiin ja sen pohjalta aloitettiin kehittämään sitä laboratoriolle sopivaksi. Menetelmä osoittautui toimivaksi, ja sillä saatiin hyviä tuloksia. Määritys oli testausvaiheen kokeilujen jälkeen loppujen lopuksi helppo tehdä. Sen käyttöönotto ei vaadi laboratoriolta suuria investointeja.

TAMPERE POLYTECHNIC
Chemical Engineering
Environmental Engineering
Kontolampi, Kirsi

Engineering Thesis
Thesis Supervisor
Commissioning Company
October 2005
Keywords

Inhibition effect of the waste waters to nitrification
45 pages, 5 appendices
DI Torolf Öhman
Tampereen Vesi. Supervisor: Harri Jokela

nitrification, industrial waste waters, waste water treatment

ABSTRACT

Nitrification is aerobic process, which occurs in two phases. In that process autotrofic bacterias oxidate ammoniumnitrogen to nitrate. Nitrate is less harmful than ammoniumnitrogen when it goes into waters. Ammoniumnitrogen uses oxygen from the waters that can be harmful for fishes also. Nitrification occurs in waste water treatment plants and is wanted phenomena. Nitrificationbacterias are very sensititive to changes and to different kind of inhibitors, for this reason harmful substances might prevent the process or even kill appropriate bacterias.

Meaning of the experiment was to get suitable way, which can be used to observe inhibition effect of the waste waters to nitrification process. When procedure worked, test samples of different kind of waste waters were used to see how those affect to nitrification process. Procedure was tested so that it can be trustful, and the method can be used in the laboratory when necessary.

Research was made for Tampereen Vesi. Nitrification is almost inexplicable. Phenomena is important part of the cleaning process, so it is good to see that people give more attention to it.

Used method was standard SFS-EN ISO 9509 Water quality, method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water. At first standard were translated to finish and, based to standardized method, the new method to do experiments were done. Results, what can be get when using method, were good. New method is easy to do and purchase costs of the materials and machines are low.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYSLUETTELO 4
1 JOHDANTO 6
2 JÄTEVESIEN KÄSITTELY 7
2.1 Fysikaalinen ja kemiallinen käsittely 7
2.2 Biologinen käsittely 7
2.3 Puhdistetun jäteveden laatuvaatimukset Viinikanlahden ja Raholan puhdistamoilla 9
2.4 Teollisuusjätevedet 10
2.4.1 Teollisuusjätevesien vaikutus biologisiin puhdistusprosesseihin 11
2.4.2 Teollisuusjätevesiä koskeva sopimus 12
3 TYPEN POISTO 15
3.1 Typpiyhdisteiden vaikutus vesistöihin 15
3.1.1 Kokonaistyppi 15
3.1.2 Ammoniumtyppi 16
3.1.3 Rehevöityminen 17
3.2 Nitrifikaatio-denitrifikaatio 17
3.3 Denitrifikaatio 18
4 NITRIFIKAATIO 19
4.1 Nitrifikaatiobakteerit 19
4.2 Hapetusprosessi 20
4.3 Olosuhteet 20
4.4 Nitrifikaatiota häiritsevät tekijät 21
4.4.1 Inhibiitio 21
4.4.2 Inhiboivat tekijät 21
4.5 Nitrifikaationopeus 22
5 TUTKITTAVAT NÄYTTEET JA NÄYTTEENOTTO 23
6 TUTKIMUSMENETELMÄ 26
6.1 Menetelmän kuvaus 26
6.2 Tutkimusjärjestelyt 27
6.3 Aktiivilietteenottopaikan valitseminen 28
6.4 Aktiivilietteen nitrifiointiaktiivisuuden määritys 30
6.5 Lietteen käsittely ennen käyttöä 31
7 TUTKIMUKSEN SUORITUS 32
7.1 Suoritus 32
7.2 Värjäys 33
7.3 Työn teettäjä ja tutkimuspaikka 35
7.3.1 Tampereen Vesi 35
7.3.2 Viemärilaitoksen laboratorio 36
8 TULOKSET 36
8.1 Käytetyt kaavat 36
8.2 Tulosten laskeminen 37
9 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET 39
LÄHTEET 43

LIITTEET

1 Aktiivilietteen nitrifikaatiota estäviä orgaanisia yhdisteitä
2 Spektrofotometrin tuloste
3 Lasketut inhibiitioprosentit
4 Tutkimustodistus
5 Lietteiden vertailu

1 JOHDANTO

Nitrifikaatio on mikrobiologinen prosessi, jossa nitrifikaatiobakteerit hapettavat ammoniumtypen nitriitin kautta nitraatiksi. Nitrifikaatio on erittäin tärkeä ilmiö jätevedenpuhdistamoilla, koska se muuttaa typen muodon ammoniumtypestä vaarattomammaksi nitraatiksi.

Ammoniumtyppi kuluttaa vesistöissä happea, ja se voi olla vaarallista kaloille. Tämän vuoksi puhdistamoiden on pyrittävä mahdollisimman hyvään nitrifikaatioon. Nitrifikaatioasteelle on useimmilla puhdistamoilla annettu raja-arvo.

Tietyt jätevedet ja niiden sisältämät yhdisteet kuitenkin vaikuttavat inhiboivasti nitrifikaatioon. Tämän vuoksi on tärkeää, että inhiboivaa vaikutusta tutkitaan ja siihen voidaan siten tarvittaessa vaikuttaa.

Työosuudessa otettiin käyttöön menetelmä, jolla voidaan tarkkailla jätevesien inhiboivaa vaikutusta nitrifikaatioon. Kun menetelmä saatiin toimimaan, määritettiin erilaisten teollisuusjätevesien ja synteettisten jätevesien inhiboivaa vaikutusta nitrifikaatioon. Lisäksi vertailtiin Viinikanlahden ja Raholan puhdistamoiden aktiivilietteitä.

Kirjallisessa osassa tarkasteltiin jäteveden puhdistamista, erityisesti biologista puhdistusta ja aktiivilieteprosessia. Perehdyttiin myös puhdistetun veden laatuvaatimuksiin, teollisuusjätevesien sisältämiin yhdisteisiin ja niiden vaikutuksiin puhdistusprosessissa, typen poistoon ja denitrifikaatioon. Tärkeimpänä tarkastelun kohteena oli kuitenkin nitrifikaatio, sen vaatimat olosuhteet ja inhibiitio.

Työn teettäjä oli Tampereen Vesi, tutkimuspaikkana viemärilaitoksen laboratorio. Kokeellinen osuus suoritettiin 1.5 – 30.8.2005 välisenä aikana.

2 JÄTEVESIENKÄSITTELY

2.1 Fysikaalinen ja kemiallinen käsittely

Fysikaalisiin ilmiöihin perustuvia käsittelymenetelmiä, kuten välppäystä, siivilöintiä, suodatusta, sekoitusta, adsorptiota, ilmastusta, flokkausta, laskeutusta, flotaatiota ja kalvotekniikoita kutsutaan mekaanisiksi puhdistusprosesseiksi. Mekaanisessa käsittelyssä jätevedestä erotetaan kiinteä aines kuten sora, hiekka, rasva ja kaikenlaiset jätteet. Nykyään myös liuenneita aineita poistetaan fysikaalisten prosessien avulla, tästä esimerkkinä adsorptio. /6, s. 53; 16/

Kemiallisessa käsittelyssä kemikaalilisäyksellä tai kemiallisilla reaktioilla saadaan aikaan parannusta veden laadussa. Jäteveden puhdistuksessa kemiallisilla prosesseilla autetaan ravinteiden kuten fosforin ja kelluvien hiukkasten poistoa. Samalla poistuu suuri osa orgaanisesta aineesta. Saostuksen jälkeen epäpuhtaudet poistetaan jätevedestä mekaanisilla prosesseilla. Esimerkkinä tavallisimmin käytetyistä kemikaaleista voidaan mainita alumiinisulfaatti, rauta(II)sulfaatti, rauta(III)kloridi, kalsiumoksidi ja kalsiumhydroksidi. /6, s. 133; 16/

2.2 Biologinen käsittely

Biologiset käsittelymenetelmät käyttävät hyväkseen pieneliöiden kykyä hajottaa orgaanista ainesta. Tarkoituksena on saada aikaan olosuhteet, jotka ovat edullisia jäteveden orgaanisen aineksen biokemialliselle hajotustoiminnalle. /6, s. 180; 16/

Seuraavassa on lueteltu biologisten prosessien päätarkoituksia:

- orgaanisen aineen poistaminen, mittarina biologinen hapenkulutus (BOD), orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ja kemiallinen hapenkulutus (COD)
- nitrifikaatio
- denitrifikaatio
- fosforin poisto, mikro-organismit sitovat ylimääräistä fosforia aerobisissa olosuhteissa, fosfori vapautuu anaerobisissa olosuhteissa
- lietteen stabiloiminen eli lietteen saattaminen vaarattomaan ja käyttökelpoiseen muotoon. /6, s. 181, 182/

Aktiivilieteprosessi

Aktiivilieteprosessi on yleisin käytetty biologinen käsittelymenetelmä. Prosessin tavoite on flokkimaisen lietteen muodostaminen, tällainen liete on helppo laskeuttaa ja siten erottaa vedestä. /3, s. 218; 12, s. 29/

Prosessi tapahtuu ilmastus- ja selkeytysaltaissa. Ensin jätevesi johdetaan ilmastusaltaaseen (kuva 1), joka sisältää ilmastettua biomassaa. Tässä biomassassa elävät jäteveden puhdistuksen suorittavat mikrobit. Mikrobit käyttävät ravinnokseen jäteveden orgaanista ainesta. Osa mikrobeista on kiinnittynyt suspendoituneisiin hiukkasiin, osa taas liikkuu vapaasti vesifaasissa. Ilmastus takaa sen, että mikrobit saavat riittävän määrän happea elintoimintoihinsa. Lisäksi ilmastuksen avulla liete saadaan pidettyä jatkuvassa liikkeessä. Prosessi tarvitsee happea noin 2 mg/l, ilmastusaltaan kaikissa osissa täytyy happea olla koko ajan riittävästi saatavilla. /6, s. 183, 517; 12, s. 29; 3, s. 218/

Kuva 1 Ilmastusallas

Ilmastusaltaan jälkeen liete johdetaan selkeytysaltaaseen, jossa tapahtuu lietteen erottaminen joko laskeuttamalla tai flotatoimalla. Osa erotetusta lietteestä kierrätetään takaisin ilmastusaltaaseen, sen avulla säädellään altaan lietepitoisuutta halutunlaiseksi. Loput erotetusta lietteestä eli ylijäämäliete johdetaan lietteen käsittelyyn. /12, s. 29/

2.3 Puhdistetun jäteveden laatuvaatimukset Viinikanlahden ja Raholan puhdistamoilla

Käsitellylle jätevedelle yleisesti asetetut laatuvaatimukset ovat tapauksesta riippuen: BOD_7 Biologinen hapenkulutus alle 15-20 mg O2/l, fosforipitoisuus enintään 0,5-1,5 mg P/l ja typpipitoisuus 20 mg N/l. /6, s. 493/

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto on myöntänyt Tampereen kaupungille luvan johtaa jätevetensä Viinikanlahden ja Raholan puhdistamoiden kautta nykyisissä purkupaikoissa Pyhäjärveen. /5/

Ammoniumtyppipitoisuus /5/

Länsi-Suomen ympäristölupaviraston myöntämän ympäristöluvan mukaan on pyrittävä siihen, että puhdistamoilta vesistöön johdettavan puhdistetun jäteveden ammoniumtyppipitoisuus on mahdollisimman alhainen. Raholan puhdistamolta vesistöön johdettavan jäteveden ammoniumtyppipitoisuus 1.6-30.9 välisenä aikana saa olla enintään 4 mg NH_4-N/l. Viinikanlahden puhdistamolta vesistöön johdettavan veden ammoniumtyppipitoisuus saa olla ympärivuotisesti enintään 4 mg NH_4-N/l.

Nitrifikaatioaste /5/

Puhdistamoiden on pyrittävä mahdollisimman hyvään nitrifikaatioon. Nitrifikaatoasteen on oltava vähintään 90 % jaksolla 1.6.-30.9. Nitrifikaatioaste lasketaan käsittelemättömän jäteveden kokonaistypen ja puhdistamolta johdettavan veden ammoniumtypen arvoista. Viinikanlahden puhdistamolta johdettavan veden nitrifikaatioasteen on oltava ympärivuotisesti vähintään 90 %. Myös Raholan puhdistamolla on varauduttava ympärivuotiseen nitrifiointiin.

2.4 Teollisuusjätevedet

Teollisuusjäteveden määrän arvioiminen on vaikeaa, koska vedenkäyttö vaihtelee riippuen esimerkiksi teollisuusalasta, laitoksen suuruudesta ja raaka-aineista. Erilaisissa teollisuusprosesseissa syntyy laadultaan erilaisia jätevesiä. Arvioitaessa teollisuusjäteveden laatua on tärkeää tuntea hyvin kyseinen prosessi, käytettävä menetelmä sekä käytettävät yhdisteet. /6, s. 459; 3, s. 114/

Elintarviketeollisuuden jätevedet voivat sisältää valkuaisaineita, hiilihydraatteja, rasvoja, pesuaineita, happoja ja emäksiä. Metsäteollisuuden jätevesissä on tavallisesti kuituja, lignosulfonaatteja, ligniiniä, kloorifenoleita ja useita muita myrkyllisiä yhdisteitä. Tekstiiliteollisuuden jätevedet sisältävät väriaineita ja galvanointijätevedet voivat sisältää raskasmetalleja ja syanideja. Ennen kuin teollisuusjätevedet johdetaan yleiseen viemäriverkostoon tai vesistöön ne on käsiteltävä niin, etteivät ne sisällä haitallisia yhdisteitä. /3, s.114/

Länsi-Suomen ympäristölupaviraston Tampereen Vedelle asettamien lupaehtojen mukaisesti viemärilaitos tarkkailee verkkoon johdettavien jätevesien laatua. Tarkkailtavilta teollisuuslaitoksilta haetaan kontrollinäyte jätevedestä 2-4 kertaa vuodessa. Kontrollinäytteiden perusteella seurataan jätevesien kuormittavuutta ja valvotaan luvattomien aineiden laskemista verkkoon. Näytteet haetaan ennalta ilmoittamatta. /11/

2.4.1 Teollisuusjätevesien vaikutus biologisiin puhdistusprosesseihin

Biologiset prosessit ovat herkkiä tulevan jäteveden laadun ja määrän äkillisille vaihteluille. Teollisuusjätevedet voivat sisältää runsaastikin haitallisia aineita. Tällöin on olemassa vaara, että biologiset toiminnot häiriintyvät. Biologiset toiminnot voivat kuitenkin mukautua vaikeisiinkin olosuhteisiin, jos ne jatkuvat pitkään tasaisina. Biologinen prosessi vaatii pitkän palautumisajan häiriön jälkeen, mikä tehostaa haitallisuutta. /4; 6, s. 171/

2.4.2 Teollisuusjätevesiä koskeva sopimus /2/

Puhdistamolla on lupa rajoittaa vastaanottamiaan jätevesiä. Puhdistamo ja yritys tekevät liittymissopimuksen, joka määrittää verkkoon päästettävän jäteveden laadun ja määrän sovitussa mittauskohdassa. Lisäksi teollisuusjätevesille asetetaan erityisehtoja. Liittymisehdot voivat olla teknisiä vaatimuksia liittymälle, veden esikäsittelylle tai raja-arvoja määrälle ja haitallisille aineille. Puhdistuslaitoksen koko, tyyppi sekä muun tulevan jäteveden laatu ja määrä vaikuttavat teollisuusliittymän ehtoihin.

Kielletyt aineet

Tiettyjen aineiden päästäminen viemäriverkkoon on kielletty. Luettelo on ympäristönsuojeluasetuksen muutosehdotuksesta, ja sen sisältö noudattaa valtioneuvoston päätöstä 363/94.

- 1,2-dikloorietaani
- aldriini
- dieldriini
- DDT
- endriini
- heksaklooribentseeni
- heksaklooributadieeni
- heksakloorisykloheksaani
- hiilitetrakloridi
- isodriini
- pentakloorifenoli
- tetrakloorieteeni (perkloorietyleeni)
- trikloori bentseeni
- trikloorieteeni (trikloorietyleeni)
- trikloorimetaani (kloroformi).

Luvanvaraiset aineet

Joidenkin aineiden päästämistä viemäriverkkoon on voimakkaasti rajoitettu. Päästettäessä seuraavia aineita vesistöön tai viemäriverkkoon on oltava ympäristölupa, jos päästäminen voi aiheuttaa vahinkoa ympäristölle, viemäriverkostolle tai jätevedenpuhdistamolle. Luettelo on otettu suoraan Ekokemin ohjeesta 4/03, ja se on ympäristönsuojeluasetuksen muutosehdotuksen mukainen.

- elohopea ja sen yhdisteet
- kadmium ja sen yhdisteet
- barium, beryllium, hopea, koboltti, kromi, kupari, lyijy, molybdeeni, nikkeli, sinkki, tallium, tina, titaani, uraani, vanadiini sekä niiden yhdisteet
- antimoni, boori, telluuri sekä niiden yhdisteet
- arseeni ja seleeni sekä niiden yhdisteet
- syanidit ja fluoridit
- torjunta-aineet ja biosidivalmisteet sekä niiden johdannaiset
- mineraaliöljyt ja öljyperäiset hiilivedyt
- orgaaniset halogeeniyhdisteet ja aineet, jotka vesiympäristössä voivat muodostaa halogeeniyhdisteitä
- orgaaniset tina- ja fosforiyhdisteet
- ympäristölle vaaralliset orgaaniset piiyhdisteet ja aineet, jotka saattavat vedessä muodostaa orgaanisia piiyhdisteitä
- syöpää aiheuttavat, perimää vaurioittavat tai lisääntymiselle vaaralliset yhdisteet
- muut vesiympäristölle tai vesiympäristön kautta terveydelle tai ympäristölle vaaralliset aineet.

Raja-arvot Tampereella ja pääkaupunkiseudulla

Seuraavassa on taulukoituna metallien raja-arvot (taulukko 1) ja muut ainekohtaiset raja-arvot (taulukko 2) Tampereella ja pääkaupunkiseudulla.

Taulukko 1 Metallien raja-arvot /2/

Metalli	Pitoisuus mg/l
Arseeni (As)	0.1
Elohopea (Hg)	0.01
Hopea (Ag)	0.2
Kadmium (Cd)	0.01
Kok.kromi (Cr)	1.0
Kromi VI (Cr6+)	0.1
Kupari (Cu)	2.0
Lyijy (Pb)	0.5
Nikkeli (Ni)	0.5
Sinkki (Zn)	3.0
Tina (Sn)	2.0

Taulukko 2 Muut ainekohtaiset raja-arvot /2/

pH-luku	6.0 - 11.0
Lämpötila	40 C
Sulfaatti, tiosulfaatti, sulfiitti (summa-arvo)	400 mg/l
Kokonaissyanidi	0.5 mg/l

Yhtenäistä koko maanlaajuista käytäntöä liittymisehdoiksi ja jäteveden tuottajia sitovia raja-arvoja viemäriin johdettaville aineille ei ole. Teollisuusliittymien tasapuolinen kohtelu on kuitenkin mahdollista asettamalla raja-arvoja.

Tapauskohtaisia raja-arvoja

Seuraaville aineille voidaan asettaa tapauskohtaisia raja-arvoja, jos se on tarpeellista puhdistamon tai viemäriverkon toiminnan kannalta:

- pH-luku
- kiintoaine
- metallit
- rasva (elintarviketeollisuus)
- BOD_7
- typenpoistoa häiritsevät aineet.

3 TYPEN POISTO

Typpiyhdisteet on mahdollista poistaa jätevedestä monella tavalla. Tällaisia ovat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset menetelmät. Suomessa on käytössä pääasiassa biologiset nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon perustuvat menetelmät. /22/

Typen poiston tavoitteita:

- Hapen kulutuksen vähentäminen vesistössä. NH_4^+ sinänsä on myrkyllistä esimerkiksi kaloille.
- Vesistöjen puskurikapasiteetin säilyttäminen. Ammoniumtypen hapettaminen kuluttaa veden alkaliteettia.
- Rehevöitymisen estäminen vesistöissä /6, s. 545/

3.1 Typpiyhdisteiden vaikutus vesistöihin

3.1.1 Kokonaistyppi

Kokonaistypellä ilmoitetaan veden kokonaistyppipitoisuus, johon sisältyvät kaikki typen eri esiintymismuodot. Vesissä typpeä esiintyy liuenneina, liukenemattomina tai kolloidisina orgaanisina yhdisteinä ja liuenneina epäorgaanisina yhdisteinä, joita ovat ammonium, ammoniakki, nitraatti, nitriitti ja vapaa typpi. /14; 18/

Typpi on fosforin ohella vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Typpikuormituksen lähteitä ovat maa- ja metsätalous, asutusjätevedet sekä turvetuotanto. Myös teollisuuden jätevesillä on oma merkityksensä typpikuormittajina. Vesistöihin typpeä tulee jätevesien, valumavesien ja sadevesien mukana. /14; 18/

Jätevedenpuhdistamoilla pyritään pienentämään jäteveden typpipitoisuutta. Vesistöön laskettavan puhdistetun veden laatua valvotaan puhdistamoilla. Ympäristölainsäädäntö ja vesilainsäädäntö asettavat vaatimuksensa veden laadulle. /14; 18/

3.1.2 Ammoniumtyppi

Ammoniumtyppi on typen epäorgaaninen yhdiste. Ammoniumtyppeä joutuu vesiin typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena, lannoitteista sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesien mukana. Vesien tuotannon kannalta se on keskeinen ravinne. Luonnonvesissä ammoniumtyppeä on vähän. Päällysveden pitoisuus on yleensä <10-30 µgNH_4-N/l ja alusveden pitoisuus on hieman korkeampi. /13; 17/

Yhdyskuntajätevesissä typpi on vesistöön johdettaessa pääosin ammoniumtyppenä. Yleensä typpi on suhteellisesti suurin vesistöä kuormittava ravinne asutusjätevesissä. Siitä johtuen vaikutukset vesistöissä näkyvät yleensä selvimmin ammoniumtypen pitoisuuden nousuna. Vesistössä ammoniumtyppi hapettuu nitraattitypeksi, kesällä nopeammin kuin talvella. Hapettuminen kuluttaa happea, ja se laskee samalla pH:ta. Ammoniumtypen hapettuessa päällysvedessä ei muodostu oleellista happivajetta, koska ilmastuminen tapahtuu luontaisesti ja kompensoi näin hapen kulutuksen. Talvella nitrifikaatio on hyvin hidasta, eikä ammonium juurikaan hapetu. Näin ollen sen vesistövaikutukset ovat yleisesti ottaen pienet suhteutettuna muihin jätevesikuormituksesta johtuviin vaikutuksiin. Ammoniumtyppi on käyttökelpoinen ravinne myös levästölle, ja levästön kehittyessä se usein kuluu loppuun. /13; 17/

pH:n kohotessa ammoniumtyppi muuttuu ammoniakiksi NH_3, joka on myrkyllistä. Jos vedessä on runsaasti ammoniumtyppeä ja pH nousee 8,5:een tai korkeammaksi, muodostuu veteen ammoniakkia jo siinä määrin, että kalat voivat kuolla. Tällaiset tilanteet ovat kuitenkin harvinaisia vesistöjemme luontaisen happamuuden vuoksi. /13; 17/

3.1.3 Rehevöityminen

Rehevöityminen on kasvien perustuotannon lisääntymistä, joka johtuu ravinteiden saatavuuden lisääntymisestä. Ravinteita pääsee luontoon mm. pelloilta valuvista lannoitteista, ilmasta tulevista laskeumista ja jätevesien mukana. Rehevöitymistä voi tapahtua sekä maalla että vesistöissä. Vesissä havaittavia rehevöitymisen merkkejä ovat planktonlevien kiihtynyt kasvu, josta johtuen vesi samenee, vesikasvillisuuden lisääntyminen ja ranta-alueiden rihmalevien liiallinen kasvu. Vesistön rehevöityminen voi myös johtaa runsaiden leväesiintymien yleistymiseen, sekä talvella happikatoon ja kalastomuutoksiin. /20; 15/

Vesien rehevöityessä monet epätoivotut ilmiöt lisääntyvät, esimerkkinä voidaan mainita tiivis rantakasvillisuus, pienet särkikalat ja myrkylliset sinilevät. Rehevöitymisen päästessä alkuun on sitä vaikea enää hillitä. Ravinteet kertyvät ajan kuluessa vesistöön ja maaperään. Vaikka kuormitus loppuu, saattaa rehevöityminen jatkua yhä, koska aikojen kuluessa varastoituneet ravinteet liukenevat takaisin veteen ja kasvien käyttöön. Kaiken tämän vuoksi rehevöityminen koetaan yleensä ongelmaksi. /20/

3.2 Nitrifikaatio-denitrifikaatio

Typpeä esiintyy jätevedessä useissa muodoissa, ja käsittelyn aikana typpiyhdisteiden olomuodot voivat muuttua useitakin kertoja. Jätevedessä kaikkein tärkein näistä muunnoksista on ammoniumtypen muuttuminen sellaiseen muotoon, että typpi on helposti poistettavissa. Yksi tärkeimmistä perusmekanismeista jäteveden typenpoistossa on nitrifikaatio – denitrifikaatio. /6, s. 211/

Jätevedessä olevia typpiyhdisteitä voidaan poistaa nitrifikaatio-denitrifikaatio -prosessin avulla. Nitrifikaatio – denitrifikaatio on kaksivaiheinen hapetus-pelkistysprosessi. Ensin tapahtuu nitrifikaatio, jolloin typpiyhdiste hapettuu nitraatiksi. Tämän jälkeen tapahtuu denitrifikaatio, jolloin nitraattina oleva typpi pelkistyy typpikaasuksi. Typpeä poistavat puhdistamot on suunniteltu siten, että olosuhteet mahdollistavat prosessin toiminnan. /21/

3.3 Denitrifikaatio

Denitrifikaatio on biologinen prosessi, joka tapahtuu anoksisissa olosuhteissa, eli ilman vapaata happea, heterotrofisten bakteerien toimesta. Useimmat aktiivilietteessä elävät denitrifioivat bakteerit käyttävät normaalisti hengitykseensä happea, mutta jos happi loppuu ja nitriittejä tai nitraatteja on läsnä, pystyvät ne muuttamaan happihengityksen nitraattihengitykseksi. Koska bakteerit ovat heterotrofisia, ne tarvitsevat ulkopuolisen hiilen lähteen. /6, s. 213; 3, s. 248/

Reaktio tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensin nitraatti pelkistyy nitriitiksi. Pelkistäjinä toimivat useimmat aktiivilietteen bakteerit esimerkiksi E.coli. Toisessa vaiheessa nitriitti pelkistyy typpikaasuksi. Pelkistymisen hoitavat varsinaiset denitrifikaatiobakteerit. /3, s. 249/

Prosessissa voidaan käyttää orgaanisen hiilen lähteenä joko jätevedessä olevia yhdisteitä tai lietteen omaa ravintosisältöä. Lisäksi voidaan käyttää myös jotain ulkopuolista hiilenlähdettä kuten käsittelemätöntä jätevettä, hydrolysoitua lietettä, metanolia, glukoosia tai etikkahappoa. /6, s. 213; 3, s. 249/

Denitrifikaatio ei ole niin lämpötilariippuvainen kuin nitrifikaatio. Tämä johtuu siitä, että reaktiossa on mukana suuri määrä erilaisia bakteereja. Reaktion optimi pH on 7-8, reaktion edetessä alkaliteetti lisääntyy. Liuennut happi toimii inhibiittorina denitrifikaatiossa tarvittaville entsyymeille. /6, s. 213; 3, s. 250/

4 NITRIFIKAATIO

Nitrifikaatio on kaksivaiheinen mikrobiologinen prosessi, jossa autotrofiset bakteerit hapettavat ammoniumtypen nitriitin kautta nitraatiksi. Prosessi tapahtuu aerobisissa olosuhteissa. Ensimmäisessä vaiheessa Nitrosomonas-bakteerit hapettavat ammonium-ionin nitriitiksi ja toisessa vaiheessa Nitrobacter-bakteerit hapettavat nitriitin nitraatiksi. /16; 21; 3, s. 246/

Nitrifikaatio on välttämätön ilmiö ravinnekiertojen ylläpitämisessä ja sillä on keskeinen osa luonnon typen kiertokulussa. Nitrifikaatio ei poista typpeä, mutta on hyvin toivottu ilmiö puhdistamoilla, koska ammoniumtyppi kuluttaa vesistöissä happea ja voi olla myrkyllistä kaloille. Nitrifikaatio käynnistyy helposti pienissä biologisissa puhdistamoissa. Tämä edellyttää, että happea on tarpeeksi ja jätevesi viipyy järjestelmässä tarpeeksi kauan. /21/

4.1 Nitrifikaatiobakteerit

Nitrosomonas ja nitrobacter ovat mesofiileja. Niiden optimilämpötila on 30 – 35 °C, ja kasvunopeus on voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta. /3, s. 246/

Nitrifikaatiobakteerit ovat hitaasti kasvavia, ja niiden on vaikea kilpailla muiden bakteerien kanssa jätevedenpuhdistamossa. Ne ovat erittäin herkkiä muun muassa pH- ja lämpötilavaihteluille sekä haitallisille yhdisteille. Haitalliset aineet saattavat tappaa nitrifikaatiobakteereita ja estää hetkellisesti nitrifikaation tai hidastaa nitrifikaatiobakteerien kasvunopeutta. Nämä bakteerit tarvitsevat happea, karbonaattia ja ammoniumioneja kasvuunsa. /4; 3, s. 246/

4.2 Hapetusprosessi /16/

Ensimmäisessä vaiheessa Nitrosomonas-suvun bakteerit hapettavat ammoniumtypen nitriitiksi:

Nitritaatio: $NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + 2\ H^+ + H_2O$

Toisessa vaiheessa Nitrobacter-suvun bakteerit hapettavat nitriitin nitraatiksi:

Nitrataatio: $NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^-$

Nitrifikaation reaktioyhtälö on kokonaisuudessaan seuraavanlainen:

Yhteensä: $NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + 2\ H^+ + H_2O$

4.3 Olosuhteet

Nitrifikaation optimi pH on välillä 7,5 – 8,6. Alle 6,5 pH:ssa reaktio hidastuu huomattavasti. Huomioon otettava tekijä on se, että prosessi tuottaa vetyioneja ja tätä kautta laskee pH:ta. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida syöttämällä veteen kalkkia. Nitrifikaation nopeus riippuu voimakkaasti lämpötilasta, optimilämpötila on 30 – 35 astetta. Matala lämpötila hidastaa nitrifikaatiota ja voi äärimmillään jopa estää sen. Tämän vuoksi nitrifikaatio on talvella hitaampaa kuin kesällä. Tätä voidaan kompensoida nostamalla lietepitoisuutta ja samalla lieteikää. /6, s. 212, 546/

4.4 Nitrifikaatiota häiritsevät tekijät

4.4.1 Inhibiitio /3, s. 243/

Inhibiitio on tapahtuma, joka häiritsee tai estää prosessin normaalia toimintaa. Aiheuttajia on monenlaisia: epäsuotuisat olosuhteet, myrkyllisesti vaikuttavat aineet ja mikrobien välille muodostuva kilpailu. Mikrobipopulaatiot voivat myös adaptoitua eli sopeutua vaikeisiinkin olosuhteisiin. Inhibiitiota voidaan estää monella tavalla esimerkiksi pH:n säädöllä, laimentamalla, esikäsittelemällä tai hyvän siemenlietteen lisäämisellä.

4.4.2 Inhiboivat tekijät

Nitrifikaatiobakteerit ovat herkkiä monille inhibiittoreille ja niiden kasvua hidastavat useat myrkyt. Monet varsinkin teollisuudesta peräisin olevat yhdisteet voivat estää nitrifikaatiota. Yleisesti ottaen kaikki sellaiset aineet, mitkä ovat muutenkin myrkyllisiä estävät nitrifikaatiota. Lisäksi on olemassa joukko spesifisiä inhibiittoreita. Tällaisia ovat erityisesti tiourea ja sen johdannaiset. Liitteenä on taulukko (liite 1) aktiivilietteen nitrifikaatiota estävistä orgaanisista aineista. /4; 3, s. 246/.

Myös raskasmetallit inhiboivat suurina pitoisuuksina nitrifikaatiota. Taulukossa 3 on esitetty metalli-ionien myrkyttömän pitoisuuden yläraja (mg/dm^3) aktiivilietekäsittelyyn tulevassa jätevedessä nitrifikaation kannalta. /4/

Taulukko 3 Metalli-ionien myrkyttömän pitoisuuden ylärajat /4/

Metalli-ioni	Myrkyttömän pitoisuuden yläraja (mg/dm^3) aktiivilietekäsittelyyn tulevassa jätevedessä ammoniumtypen nitrifikaation kannalta.
Kadmium	5
Kromi	1…10
Kupari	1…2
Nikkeli	1…2
Sinkki	1

Seuraavassa taulukossa (taulukko 4) on esitetty metallien vaikutus Nitrosomonas-bakteeriin tietyllä konsentraatiolla.

Taulukko 4 /1, s. 97/

Metalli	Konsentraatio (g/m3)	Vaikutus
Cu	0,05 – 0,56	Nitrosomonaksen aktiivisuus inhiboitu (puhdas viljelmä)
Cu	4	Ei olennaista inhibitiota aktiivilietteessä
Cu	150	75 % inhibitio aktiivilietteessä
Ni	> 0,25	Nitrosomonaksen kasvu inhiboitu (puhdas viljelmä)
Cr+++	> 0,25	Nitrosomonaksen kasvu inhiboitu (puhdas viljelmä)
Cr+++	118	75 % inhibitio aktiivilietteessä
Zn	0,08 – 0,5	Nitrosomonaksen inhibitio (puhdas viljelmä)
Co	0,08 – 0,5	Nitrosomonaksen inhibitio (puhdas viljelmä)

4.5 Nitrifikaationopeus /3/

Nitrifikaationopeus ilmoitetaan tavallisesti hapettuneena ammoniumtyppimääränä lietteen hehkutushäviötä kohden aikayksikössä, kun kyseessä on suodatintyyppinen laite pinta-alaa kohden aikayksikössä. Nitrifikaationopeus on riippuvainen liuenneen hapen pitoisuudesta. Jäteveden hiili-typpisuhde vaikuttaa heterotrofisten ja nitrifioivien bakteerien määrään.

5 TUTKITTAVAT NÄYTTEET JA NÄYTTEENOTTO

Tutkittaviksi jätevesinäytteiksi valittiin Tampereella ja sen lähialueella toimivien yritysten jätevesiä. Näytteenottopaikat valittiin siten, että ne edustavat teollisuuden eri toimialoja painottuen toimintoihin, joiden tuottamat jätevedet voisivat sisältää ennalta tiedossa olevia nitrifikaatiota inhiboivia aineita. Lisäksi tehtiin muutamia synteettisiä jätevesiä glykolista, kromista, kuparista, nikkelistä ja sinkistä.

Yritykset

- **Abloy Oy Tampereen tehdas**
  Toimiala: Rakennushelavalmistaja, valmistaa ovi- ja ikkunapainikkeita, vetimiä sekä muita ovi- ja ikkunaheloja ja kylpyhuonetarvikkeita.

- **T:mi Galvace Joutsijoki**
  Toimiala: Pintakäsittely.

- **Hercules Finland Oy**
  Toimiala: Kemikaaliteollisuus.

- **H+H Siporex Oy**
  Toimiala: Kevytbetonin valmistus.

- **Kangasalan jätevedet.**

- **Raflatac Oy**
  Toimiala: Paperin ja kartongin valmistus.

- **SCA Packaging Finland Oy**
  Toimiala: Yksi Euroopan johtavista pakkausalan toimittajista.

- **Sicpa Oy**
  Toimiala: Graafisen alan laitteita ja tarvikkeita.

- **Tampereen teollisuusniklaamo Oy**
  Toimiala: Pintakäsittely: niklaus, kromaus, messingöinti, patinointi, hopeointi, kultaus. Sinkitys: sininen, keltainen, vihreä, musta.

- **Tasowheel**
  Toimiala: Toimilaitteiden, tarkkuusmekaanisten vaihteiden, erikoishammasvaihteiden ja hammaspyörien valmistaja.

Teollisuusjätevesinäytteen ottaminen /11/

Näyte otetaan teollisuuslaitoksen ja kaupungin viemärin rajakohdalta tai mahdollisimman läheltä sitä. Tarkastuskaivoissa on näytteenottoa varten sopivat pisteet.

Yleensä näyte otetaan viemärikaivosta naruun ripustetulla näytteenottoastialla. Näyte otetaan kahdessa erässä vähintään puolen tunnin välein. Näytteenottoajat kirjataan ylös. Näyte otetaan kahden litran muoviseen näytepulloon, kokonaistilavuuden tulee olla vähintään 1,5 litraa. Mitataan näytteen lämpötila ja kirjataan se ylös.

Näytteenotossa voidaan käyttää myös automaattista näytteenotinta (ANO) (kuva 2). Laite on aikaohjattu ja siinä käytetään tavallisesti perusnäytteenotto-ohjelmaa. Laite ottaa tunnin aikana neljä erää, 15 minuutin välein, yhteensä puoli litraa näytettä yhteen pulloon, kaikkiaan 24 pulloa vuorokaudessa.

Kuva 2 Automaattinen näytteenotin

Lietteen hakeminen

Aktiiviliete noudettiin aamulla, koska sen säilyvyys on 24 tuntia. Näyte otettiin valitusta linjasta ja tietystä lohkosta. Näytteenottoon käytettiin pitkävartista näytteenotinta, jonka päässä oli litran astia (kuva 3).

Kuva 3 Näytteenotin

6 TUTKIMUSMENETELMÄ /7/

Tutkimusmenetelmäksi valittiin standardi SFS-EN ISO 9509 Water quality. Method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water. Menetelmän valinta oli tavallaan helppoa, koska kyseistä aihetta on tutkittu vain vähän. Käytetty standardi oli ainoa, jossa suoraan tutkittiin nitrifikaation inhibiitiota. Standardiin perehdyttiin kunnolla, se jouduttiin suomentamaan, koska suomenkielistä versiota ei ollut saatavilla. Menetelmää muovattiin laboratoriolle sopivaksi.

6.1 Menetelmän kuvaus /7/

Menetelmä määrittää näytteen (jätevesi) lyhyen jakson inhibiitiovaikutuksia aktiivilietteen nitrifioivissa bakteereissa. Inhibiitiovaikutukset määritetään neljän tunnin inkuboinnin jälkeen.

Aktiiviliete pestään vettä ja mediumia käyttäen. Lopuksi liete suspensoidaan litraan mediumia. Medium sisältää ammoniumisulfaattia ja siten nostaa lieteseoksen ammoniumtyppipitoisuuden riittävän korkeaksi, jotta nitrifikaatiobakteereilla on mitä nitrifioida. Nollanäytteessä nitrifikaatio etenee normaalisti, on kuitenkin tärkeää että reaktio ei etene loppuun saakka. Referenssi-inhibiittori estää nitrifikaation, joten ammoniumtyppipitoisuus on alussa sama kuin neljän tunnin inkuboinnin jälkeen. Näytteiden nitrifikaatiot sijoittuvat näiden kahden väliin.

Nitrifikaation edetessä ammoniumtyppi vähenee ja nitriitti-+nitraattityppi lisääntyy. Tämän vuoksi määritys voidaan tehdä kahta kautta, joko mittaamalla lopuksi ammoniumtyppipitoisuus tai nitriitti-+nitraattityppipitoisuus. Molemmille tavoille on standardissa esitetty inhibiitioprosentin laskukaavat. Tässä työssä määritys on tehty ammoniumtyppeä mittaamalla, koska laitteiden puolesta se kävi paremmin laboratoriolle.

Menetelmä sopii haihtumattomille kemiallisille aineille, jotka liukenevat veteen. Menetelmää on mahdollista käyttää myös liukenemattomille aineille, jos homogeenisuudesta pidetään huoli.

Testi suoritetaan vakiolämpötilassa, yleensä 20-25 ˚C:ssa, pölyttömässä ja myrkkykaasuttomassa ilmassa. Aktiivilietettä ilmastetaan pimeässä tilassa neljän tunnin ajan ravistelijaa käyttäen. Lietteen nitrifiointinopeus määritetään kontrollin ja vertailuinhibiittorin avulla. Sopiva nitrifikaationopeus on 2 - 6,5 mg N/ g·h.

6.2 Tutkimusjärjestelyt

Tutkimusta varten tehtiin tiettyjä järjestelyjä. Tampereen ammattikorkeakoululta lainattiin ravistelija ilmastusta varten ja inkubointia varten järjestettiin pimeä tila. Ennen varsinaisen kokeellisen osuuden aloittamista käytiin standardi tarkasti läpi ja tilattiin tarvittavat reagenssit ja tarvikkeet. Ennalta myös suunniteltiin, mitkä yritykset olisivat potentiaalisia näytteenottopaikkoja, valittiin aktiivilietteenottopaikka sekä laskettiin, kuinka paljon lietettä oli oltava.

Standardin mukaan käytettiin lietettä, jonka nitrifikaatioaste oli välillä 2,0 mg N/g·h ja 6,5 mg N/g·h. Liete tulisi käyttää 24 tunnin sisällä lietteenottohetkestä. /7/

Tarvittavat laitteet, välineet ja reagenssit /7/

- Erlenmeyerit 500 ml
- Mittapullot 50 ml
- Suodatinpaperit: Schleicher&Schuell 5891, mustanauha.
- suppilot
- Spektrofotometri : Shimadzu-UV-1700
- Ravistelija: Certomat® MO II

- Vertailu inhibiittori, 1,16 g allyylitioureaa (ATU) liuotetaan litraan vettä

- Medium, 5,04 g natriumvetykarbonaattia ja 2,65 g ammoniumsulfaattia liuotetaan litraan vettä. Tästä tehdään kymmenkertainen laimennos käyttöliuokseksi.

6.3 Aktiivilietteenottopaikan valitseminen

Ammoniumtypen väheneminen ilmastuslinjassa lohkoittain

Ensimmäiseksi lietteenottopaikaksi valittiin Viinikanlahden puhdistamon ilmastuslinja 4. Aluksi otettiin näyte ammoniumtypen määritystä varten jokaisesta viidestä lohkosta. Ensimmäisestä lohkosta biologisesti puhdistettava vesi tulee sisään, ja viidennestä eli viimeisestä lohkosta se lähtee jälkiselkeytykseen.

Aluksi näytettä laskeutettiin ja se suodatettiin, sen jälkeen tehtiin suodoksesta sopivat laimennukset ja värjättiin ne. Kahden tunnin kuluttua mitattiin ammoniumtyppipitoisuudet spektrofotometrillä.

Seuraavasta taulukosta (taulukko 5) voidaan selvästi havaita, kuinka ammoniumtyppipitoisuus laskee asteittain lohko lohkolta, eli nitrifikaatio toimii hyvin. Tämän perusteella valitsimme linjan 4 lietteenottopaikaksi, ja tästä lohkon 2.

Taulukko 5 Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain Viinikalahden linjassa 4.

Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain. Viinikanlahden jätevedenpuhdistamo, linja 4.	
Lohko	**Ammoniumtyppi, mg/l**
1	13,4
2	8,46
3	3,96
4	0,161
5	0,113

Toiseksi lietteenottopaikaksi valittiin Raholan puhdistamon ilmastuslinja 2 ja siitä lohko 5. Seuraavista taulukoista (taulukot 6 ja 7) voidaan nähdä ammoniumtypen väheneminen lohkoittain linjassa 1 ja 2.

Taulukko 6 Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain Raholan linjassa 1.

Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain. Raholan jätevedenpuhdistamo, linja 1.	
Lohko	**mg/l**
1	18.6
2	16.0
3	9.20
4	6.40

Taulukko 7 Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain Raholan linjassa 2.

Ammoniumtypen väheneminen lohkoittain. Raholan jätevedenpuhdistamo, linja 2.	
Lohko	**mg/l**
1	14.9
2	14.7
3	9.10
4	5.85
5	2.88
6	1.52

Lietteenottopaikat

Viinikanlahden puhdistamo
Linja 4, lohko 2
Kiintoaine n. 6 g/l

Viinikanlahden puhdistamo
Linja 3, lohko 2
Kiintoaine n. 4 g/l

Raholan puhdistamo
Linja 2, lohko 5
Kiintoaine n. 4 g/l

6.4 Aktiivilietteen nitrifiointiaktiivisuuden määritys /7/

Aktiivilietteestä määritettiin aluksi nitrifiointiaktiivisuus, koska ohjeessa neuvottiin käyttämään lietettä, jonka nitrifiointiaktiivisuus on välillä 2,0 mg N/g·h ja 6,5 mg N/g·h (Taulukko 8). Aktiiviliete/medium-seosta (kiintoaine 3 g/l) otettiin 125 ml kahteen erlenmeyeriin, kumpaankin kolviin lisättiin 25 ml mediumia. Toiseen pulloon lisättiin 2,5 ml vertailuinhibiittoria, joka tässä tapauksessa oli allyylitiourea (ATU). Kumpaankin kolviin lisättiin vettä siten, että lopullinen tilavuus oli 250 ml. Tämän jälkeen kolveja inkuboitiin neljä tuntia pimeässä, samalla ilmastaen ravistelijassa. Neljän tunnin jälkeen kolvien sisältö suodatettiin ja suodoksesta tehtiin sopivat laimennokset ammoniumtypen määritystä varten. Lopuksi laskettiin aktiivisuus kaavalla 1.

Taulukko 8 Esimerkkejä määritetyistä nitrifiointiaktiivisuuksista

Nitrifiointiaktiivisuus	
Pvm.	**Nitrifiointiaktiivisuus mgN/g·h**
20.5	4.39
24.5	4.40
26.5	4.70
31.5	4.55
3.6	4.35
9.6	4.41
14.6	4.61
16.6	4.22
21.6	3.95
28.6	3.28

6.5 Lietteen käsittely ennen käyttöä /7/

Liete pestiin ennen käyttöä, näin siitä saatiin pois jätevesi ja siinä oleva ammoniumtyppi. Arvioidun kiintoainepitoisuuden perusteella laskettiin, paljonko lietettä täytyi olla aluksi, että lopuksi saatiin liete/mediumseos, jonka kiintoainepitoisuus oli 3 g/l.

Mitattiin sopiva määrä aktiivilietettä mittalasiin laskeutumaan ja dekantoitiin lietteen päältä. Jäänyt liete sentrifugoitiin ja supernatanttiliuos erotettiin. Jäännös pestiin erotettua supernatanttiliuosta vastaavalla määrällä vettä, saatu liete/vesiseos liuotettiin litraan mediumia, jonka jälkee laskeutettiin ja dekantoitiin. Tämän jälkeen taas sentrifugoitiin ja erotettiin supernatantti. Tämän jälkeen liete suspensoitiin litraan mediumia. Näin saatiin liuokseen suspendoiduille kiintoaineille pitoisuudeksi 3 g/l. Medium sisältää runsaasti ammoniumtyppeä, näin lietteeseen saatiin riittävän korkea ammoniumtyppipitoisuus määritystä varten.

7 TUTKIMUKSEN SUORITUS /7/

7.1 Suoritus

Mitattiin 125 ml:a pestyä, nitrifioivaa lietettä sarjaan erlenmeyer-kolveja. Jokaiseen kolviin lisättiin 25 ml mediumia. Näytteistä tehtiin sarja sopivia laimennoksia 100 ml:n mittapulloihin (esim. 2x, 5x, 10x ja 50x), jotka lisättiin kolviin. Näin lopulliseksi tilavuudeksi saatiin 250 ml ja lopulliseksi konsentraatioksi liuokseen sekoitetuille kiintoaineille 1,5 g/l. Tehtiin kontrolli lietteestä, mediumista ja tislatusta vedestä sekä vertailunäyte lietteestä, mediumista, tislatusta vedestä ja 2,5 ml:sta vertailuinhibiittoria (ATU). Myös näiden kahden kolvin lopullinen tilavuus oli 250 ml. Alla olevassa taulukossa (taulukko 9) on esitetty, miten inkubointiin menevät näytekolvit täytettiin. Näytteiden, kontrollin ja vertailunäytteen valmistelun jälkeen kolveja inkuboitiin 4 tuntia pimeässä tilassa, samalla ilmastaen ravistelijassa (kuva 4). Näin happipitoisuus saatiin pysymään yli 2 mg:ssa/l ja liete pysyi liuoksessa. Lämpötilan tuli pysyä vakaana inkuboinnin ajan. Neljän tunnin jälkeen näytteet suodatettiin suodatinpaperin läpi ja suodoksesta tehtiin sopivat laimennukset ammoniumtypen määrittämistä varten.

Taulukko 9 Kolvien täyttäminen /7/

Pullo	**Kontrolli**	**1**	**2**	**3**	**4**	**Vertailu inhibiittori**
Medium (ml)	25	25	25	25	25	25
Aktiiviliete (ml)	125	125	125	125	125	125
ATU (ml)	0	0	0	0	0	2,5
Näytteen laimennuskerroin (100 ml)	0	5	10	50	100	0
Tislattu vesi (ml)	100	0	0	0	0	97.5
Lopullinen tilavuus (ml)	250	250	250	250	250	250

Kuva 4 Ravistelija

Kun tuloksia tarkastellaan, on otettava huomioon, että näytteen laimennus laimenee vielä 2,5-kertaiseksi näytekolvissa ennen inkubointia.

7.2 Värjäys /10/

Veden ammoniumtyppipitoisuuden määritys tehtiin indofenolimenetelmällä (SFS 3032). Ammoniumioni muodostaa heikosti emäksisessä liuoksessa hypokloriitin kanssa monokloramiinin, joka fenolin ja ylimääräisen hypokloriitin läsnäollessa muuttuu indofenoliksi. Katalysaattorina käytetään nitroprussidia. Indofenolisinen absorbanssi mitataan spektrofotometrillä aallonpituudella 630 nm.

kyvetit: 1 cm ja 5 cm
kontrolli: 0,10 mg/l
nollanäyte: milli-Q-vesi

Kontrollia mitattiin 25 ml:n pipetillä kahteen 50 ml:n mittapulloon, ja nollanäytettä kolmeen 50 ml:n mittapulloon.

Näytteistä tehtiin sopivat laimennokset (pitoisuus 0,05 – 0,40 mg/l). Näytettä tai sen laimennosta mitattiin mittalasilla 25 ml kolmeen/kahteen 50 ml:n mittapulloon. Tarvittaessa tehtiin näytenolla.

Suoritus

Näytteet, kontrollit ja nollat värjättiin lisäämällä 1 ml natriumsitraattiliuosta, 1 ml fenolinitroprussidiliuosta ja 1 ml alkalista hypokloriittiliuosta. Näytenolla värjättiin lisäämällä järjestyksessä 1 ml natriumsitraattiliuosta, 1 ml alkalista hypokloriittiliuosta ja 1 ml Milli-Q-vettä. Pulloja sekoitettiin jokaisen reagenssilisäyksen jälkeen. Lopuksi ne suljettiin ja annettiin värjäytyä pimeässä 2 – 24 tuntia. Lopuksi mitattiin ammoniumtyppipitoisuudet spektrofotometrillä (kuva 5). Liitteenä spektrofotometrin antama tuloste (liite 2).

Kuva 5 Spektrofotometri

7.3 Työn teettäjä ja tutkimuspaikka

Työn teettäjä oli Tampereen Vesi ja tutkimuksen suorituspaikkana toimi viemärilaitoksen laboratorio.

7.3.1 Tampereen Vesi

Tampereen Vesi on kunnallinen liikelaitos, jota johtaa toimitusjohtaja. Liiketoiminnan ohjauksesta ja johtamisesta vastaa johtoryhmä. Toimitusjohtajan lisäksi johtoryhmään kuuluvat yksiköiden vastaavat henkilöt. Vuoden 2004 lopussa Tampereen Vedellä oli 166 työntekijää. /8; 19/

Tampereen Vesi tuottaa asiakkailleen hyvinvoinnin peruspalveluita: puhdasta vettä, jota on turvallista nauttia, sekä jätevesipalveluja vesistöjen suojelemiseksi. Jäteveden viemäröinti ja puhdistus varmistavat mahdollisimman vähäiset haitat vesistöille. /9/

Laitos hoitaa kaupungin vesi- ja viemärilaitostoimintaa lakien ja viranomaismääräysten mukaisesti. Vesihuoltoa myös kehitetään koko ajan. Näin pysytään mukana yhteiskunnan kehityksessä. Laitoksen tehtäviin kuuluu puhtaan veden hankinta, käsittely ja jakelu, putkistojen rakentaminen ja niiden ylläpito, jäte-, sade- ja sulamisvesien johtaminen, viemäriverkon ylläpito sekä jätevesien puhdistaminen. Laitoksella on myös vesiensuojelutehtäviä. /19/

Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella asuu lähes 200 000 asukasta. Laitos tuottaa toiminta-alueellaan vettä päivittäisiin tarpeisiin niin koteihin kuin teollisuuteenkin ja huolehtii myös jätevesien viemäröinnistä ja puhdistamisesta. /19/

Vuosittain asiakkaille toimitetaan noin 19 miljoonaa kuutiota puhdasta juomavettä, josta pintaveden osuus v. 2003 on 75 %. Loput on pohjavettä. Talouskäyttöön vettä johdetaan 62 % ja teollisuuskäyttöön 9 %. Lisäksi 7 % pumpatusta vedestä myydään naapurikunnille. /19/

Tuotetut palvelut ovat korkeatasoisia. Sekä juomaveden että puhdistetun jäteveden laatu varmistetaan laboratoriotutkimuksin. Viranomaisvalvonnasta vastaavat Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, Pirkanmaan ympäristökeskus ja kaupungin ympäristövalvonta. /19/

7.3.2 Viemärilaitoksen laboratorio

Viemärilaitoksen laboratoriossa tehdään monenlaisia määrityksiä järvien, ojien, hulevesien ja teollisuuden jätevesien tarkkailuun liittyvistä analyyseistä puhdistamoiden käytönohjauksen ja ympäristölupien edellyttämiin analyyseihin. Lisäksi tehtäviin kuuluu myös puhdistamoiden toiminnan ja lietteen laadun takaamiseen liittyvää tarkastus- ja neuvontatoimintaa. Laboratoriossa tutkittiin vuoden 2004 aikana 3730 näytettä, joista tehtiin yhteensä 26 840 määritystä. Laboratorio osallistuu vuosittain useisiin valtakunnallisiin pätevyyskoetutkimuksiin, ja on menestynyt niissä erittäin hyvin. Laboratoriossa työskentelee tällä hetkellä 3 laboranttia, näytteenottaja, laboratorioteknikko ja kemisti-insinööri. /8; 9/

8 TULOKSET

8.1 Käytetyt kaavat /7/

Nitrifikaationopeus (mg N/g h) laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$= \frac{C_b(NH_4) - C_t(NH_4)}{MLSS * 4} \qquad (1)$$

missä $C_b(NH_4)$ on ammoniumtypen konsentraatio (mg/l) vertailuinhibiittorin sisältämässä näytteessä

$C_t(NH_4)$ on ammoniumtypen konsentraatio (mg/l) kontrollissa

MLSS on kiintoainepitoisuus (g/l) kolvissa

Inhibiitioprosentti laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$Inhibiitio\% = \frac{C_i - C_e}{C_0 - C_e} * 100 \qquad (2)$$

missä C_i on ammoniumtypen konsentraatio (mg/l) näytteessä inkuboinnin jälkeen

C_e on ammoniumtypen konsentraatio (mg/l) kontrollissa inkuboinnin jälkeen

C_0 on ammoniumtypen konsentraatio (mg/l) testin alussa, eli konsentraatio vertailuinhibiittorissa

8.2 Tulosten laskeminen

Nitrifikaatioaktiivisuus

Seuraavassa on esimerkkinä laskettu nitrifikaatioaktiivisuus Viinikanlahden puhdistamon ilmastuslinjan 4 lohkosta 2.

Näyte	**Laimennus**	**Ammoniumtyppipitoisuus**
Vertailuinhibiittori	200x	33,7 mg/l
Kontrolli	50x	7,58 mg/l

MLSS, kiintoaine kolvissa g/l	1,5 g/l
Inkubointiaika	4 h

$$\frac{33{,}7mg/l - 7{,}58mg/l}{1{,}5g/l * 4h} = 4{,}35mgN/g * h \qquad (1)$$

Inhibiitioprosentti

Seuraavassa on esimerkkinä laskettu Teollisuusniklaamon laimennussarjan inhibiitioprosentit.

Näytteestä tehtiin alussa 5x, 10x, 50x ja 200x laimennukset, inkuboinnin jälkeen näistä tehtiin edelleen seuraavat laimennukset, jonka jälkeen mitattiin ammoniumtyppipitoisuus. Ammoniumtyppipitoisuuksien avulla laskettiin inhibiitioprosentit.

Näyte	**Laimennus**	**Ammoniumtyppipitoisuus**
Vertailuinhibiittori	200x	31,6 mg/l
Kontrolli	50x	5,18 mg/l
5x laimennus	200x	24,4 mg/l
10x laimennus	200x	20,7 mg/l
50x laimennus	100x	8,80 mg/l
200x laimennus	50x	6,05 mg/l

Teollisuusniklaamo 5x

$$\frac{24{,}4mg/l - 5{,}18mg/l}{31{,}6mg/l - 5{,}18mg/l} * 100 = 72{,}7\% \qquad (2)$$

Teollisuusniklaamo 10x

$$\frac{20{,}7mg/l - 5{,}18mg/l}{31{,}6mg/l - 5{,}18mg/l} * 100 = 58{,}7\% \qquad (3)$$

Teollisuusniklaamo 50x

$$\frac{8{,}80mg/l - 5{,}18mg/l}{31{,}6mg/l - 5{,}18mg/l} * 100 = 13{,}7\% \qquad (4)$$

Teollisuusniklaamo 200x

$$\frac{6{,}05mg/l - 5{,}18mg/l}{31{,}6mg/l - 5{,}18mg/l} * 100 = 3{,}29\% \qquad (5)$$

Liitteenä on taulukko kaikista lasketuista inhibiitioprosenteista (liite 3).

9 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Menetelmä saatiin toimimaan toivotulla tavalla, ja sillä saatiin hyviä, toistettavia tuloksia. Kokeen aikana selvisivät monet epäilyt jätevesien inhiboivasta vaikutuksesta. Osa oletuksista osoittautui vääriksi, eikä vesi inhiboinut lainkaan. Toisaalta jotkut vähemmän inhiboivina pidetyt vedet olivat hyvin haitallisia nitrifikaatiolle.

Tuloksia ja inhibiitioprosentteja tarkasteltaessa, on otettava huomioon, että esim. viisinkertainen laimennus laimenee vielä 2,5-kertaiseksi. Näytekolvissa ennen inkubointia, laimennusta on 100 ml. Lisättäessä medium ja lieteseos yhteistilavuudeksi tulee 250 ml.

Useimmista teollisuusjätevesinäytteistä tehtiin myös muita laboratorioanalyysejä, kuten metallit (liite 4). Tuloksista voidaan huomata, että näytteet, jotka sisälsivät eniten raskasmetalleja, myös inhiboivat eniten (taulukko 10).

Taulukko 10 Raskasmetallipitoisuuksia

Yritys	Cd mg/l	Co mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l
Tampereen teollisuusniklaamo Oy	0.03	ei mitattu	21	3.6	310	100
SCA Packaging Finland Oy	<0.005	<0.01	<0.01	0.79	<0.01	0.18
Abloy Oy Tampereen tehdas	<0.005	<0.01	0.06	<0.05	0.02	<0.05
Sicpa Oy	<0.005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	0.07
Kangasalan jätevedet	<0.005	<0.01	<0.01	0.12	0.01	0.15
Raflatac Oy	<0.005	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	0.13
Tmi Galvace Joutsijoki	0.36	0.38	28	0.67	2.4	3400

Tasowheelin näyte oli myös vahvasti inhiboiva. Tästä näytteestä ei nyt tehty laajempia analyysejä, mutta aiempien tulosten mukaan myös se on sisältänyt huomattavasti raskasmetalleja.

H+H Siporex Oy

H+H Siporex Oy:n näyte oli erittäin mielenkiintoinen. Näyte tuli Tampereen Veden toimialueen ulkopuolelta Ikaalisista. Kyseisellä puhdistamolla on ollut ongelmia nitrifikaation käynnistämisessä, eikä sitä ole kovasta yrityksestä huolimatta saatu kunnolla käyntiin. Lietekuomaa nostamalla on yritetty parantaa nitrifiointia, mutta korkea lietekuorma sai altaan vain vaahtoamaan.

H+H Siporex Oy on yritys, joka valmistaa kevytbetonia. Puhdistamolle tulevasta jätevedestä huomattava osa (n. 10 %) tulee kyseiseltä tehtaalta. Tämän vuoksi haluttiin tutkia tehtaan jäteveden mahdollista inhiboivaa vaikutusta nitrifikaatioon. Tulokset osoittivat, että kyseisellä jätevedellä on huomattava inhiboiva vaikutus nitrifikaatioon.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n vuosiyhteenvedossa Ikaalisten kaupungin jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2004 mainitaan, että teollisuusjätevesien (H+H Siporex Oy) aiheuttama kuormitus näyttää rikin perusteella olevan kasvussa. Teollisuusvesien pääasiallisia haittoja puhdistamolla ovat poistuvan veden ajoittainen samentuminen, nitrifikaation inhibointi ja rinnakkaissaostuksen tehon heikentyminen. /28/

Lietteiden vertailu

Raholan ja Viinikanlahden lietteitä verratessa ei suuria eroja havaittu. Inhibiitioprosentit olivat samaa luokkaa molemmilla samoja näytteitä analysoitaessa. Liitteenä on tulokset Raholan ja Viinikanlahden lietteiden inhibiitioprosenteista analysoitaessa samoja näytteitä (liite 5).

Raholan puhdistamo on kapasiteetiltaan pienempi kuin Viinikanlahden puhdistamo, ja sen alueella on useita teollisuusjätevettä tuottavia yrityksiä. Aktiivilietteen bakteerikanta on voinut sopeutua epäsuotuisempiin olosuhteisiin ja mukautua niihin.

Ongelmakohdat

Menetelmän testausvaiheessa oli pieniä ongelmia, koska standardissa oli ilmaistu epäselvästi käytettävän mediumin pitoisuus. Tämän vuoksi ammoniumtyppipitoisuuksista tuli liian isoja, ja näytteistä jouduttiin tekemään todella suuria laimennuksia. Myöskään värjäys ei toiminut näin suurilla pitoisuuksilla. Kun ohjetta käytiin läpi tarkemmin, huomattiin, että medium pitää laimentaa kymmenkertaisesti. Lietteen pesu ilmaistiin myös hieman epäselvästi ohjeessa. Tähän sovellettiin omaa pesutyyliä sentrifuugin pienen koon vuoksi.

Epäkohtana kokeessa oli itse näytteiden sisältämät ammoniumtyppipitoisuudet, joita en määrittänyt, koska yleensä teollisuusjätevesien sisältämät ammoniumtyppipitoisuudet ovat hyvin pieniä. Kuitenkin jossain vaiheessa sain jollekin näytteelle inhibiitioprosentiksi yli 100, joka kertoo siitä, että näyte sisälsi itsessään ammoniumtyppeä. Kokeilin määrittää tästä näytteestä ammoniumpitoisuuden, mikä ei kuitenkaan onnistunut näytteen epänormaalin käyttäytymisen vuoksi.

Näytteen sisältämää ammoniumtyppeä ei siis ole voitu ottaa huomioon inhibiitioprosenttia laskettaessa. Täysin varmasti ei siis voi sanoa, paljonko on varsinaista inhibiitiota ja paljonko on näytteen ennestään sisältämän ammoniumin vaikutusta. Käytännössä tulos puhdistamolla kuitenkin lienee sama. Jatkossa kuitenkin tullaan määrittämään näytteen itsessään sisältämä ammoniumtyppipitoisuus. Näin se voidaan huomioida inhibiitioprosenttia laskettaessa.

Tulevaisuus

Jatkossa työtäni tulee jatkamaan ammattioppilaitoksen opiskelija, joka tekee opinnäytetyötään. Häntä perehdytettiin menetelmään, ja hän on aloittanut menetelmän testaamisen lyhyemmällä inkubointiajalla (2 tuntia). Tulevaisuudessa voisi myös olla hyvä testata ravistelijan ilmastuskyky happimittarilla.

Inhibiitioprosenttien perusteella voitaisiin karkeasti arvioida jätevesien vaikutusta puhdistamolla, kun tiedetään tulevan veden kokonaismäärä ja teollisuuslaitokselta tulevan veden määrä. Viinikanlahden ja Raholan puhdistamot ovat kuitenkin kapasiteetiltaan niin suuria, että huomattavia vaikutuksia ei pääse syntymään. Pienemmillä puhdistamoilla tilanne voi olla toinen.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

1 Arvin, Eric – Harremoes, Poul – Henze, Mogens – la Cour Jansen, Jes, Wastewater Treatment, Biological and Chemical Processes, Third Edition. Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2002. 430 s.

2 Ekokemin ohje 4/03. Älä päästä haitallista ainetta viemäriin.

3 Isoaho, Simo – Valve, Matti, Vesikemian Perusteet, toinen painos. Kyriiri Oy. Helsinki 1988. 264 s.

4 Laukkarinen, Tuomo – Mäkelä, Esa – Perttilä, Pekka – Soikkeli, Antti. Teollisuuden jätevesiprojekti. Teollisuusjätevesien esikäsittelytarve sekä muut huomioon otettavat tekijät ennen vesien johtamista yleiseen viemärilaitokseen, TESI 5. Helsinki 1979.

5 Länsi-Suomen ympäristölupaviraston päätös. Tampereen vesi. Jäteveden johtaminen Pyhäjärveen – lupamääräysten tarkistaminen. 10.10.2000.

6 RIL 124-2 Vesihuolto 2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y. Helsinki 2004. 684 s.

7 SFS-EN ISO 9509. Water quality. Method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water.

8 Tampereen Veden toimintakertomus ja ympäristöraportti 2004.

9 Tampereen Vesi – toiminnan yleisesittely, yleisesite.

10 Veden ammoniumtyppipitoisuuden määritys indofenolimenetelmä. Menetelmäohje Tampereen Vesi, viemärilaitoksen laboratorio.

11 Vesinäytteiden ottaminen. Menetelmäohje, Tampereen vesi.

Sähköiset lähteet

12 Hänninen, Kari – Rintala, Jukka, Jätevesien käsittelyprosessit ja–laitokset 1. Luentomoniste, Jyväskylän yliopisto Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Ympäristötieteet. Jyväskylä 13.11.2000. 64 s. [www-sivu]. [viitattu 21.9.2005] Saatavissa: www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp321sl00.doc.

13 Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. [www-sivu]. [viitattu 22.8.2005] Saatavissa: http://www.kvvy.fi/cgibin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=ammoniumtyppi.html.

14 Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. [www-sivu]. [viitattu 22.8.2005] Saatavissa: http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=kokonaistyppi.html.

15 Opetushallitus, virtuaalikoulutiellä. [www-sivu]. [viitattu 23.7.2005] Saatavissa: http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/rehevoituminen.html.

16 Opetushallitus, virtuaalikoulutiellä. [www-sivu]. [viitattu 21.9.2005] Saatavissa: http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/jatevesi.html.

17 Sisältödokumentti 15.4.2004, PohjoisPohjanmaan ympäristökeskus. [www-sivu]. [viitattu 22.8.2005] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=73300&clan=FI.

18 Sisältödokumentti 15.4.2004, PohjoisPohjanmaan ympäristökeskus. [www-sivu]. [viitattu 22.8.2005] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=73194&lan=fi&clan=fi.

19 Tampereen vesi. [www-sivu]. [viitattu 21.9.2005]
Saatavissa: www.tampere.fi/vesi/.

20 Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [www-sivu]. [viitattu 21.9.2005]
Saatavissa : http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=147829&lan=FI.

21 Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [www-sivu]. [viitattu 21.9.2005]
Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=104881&lan=FI.

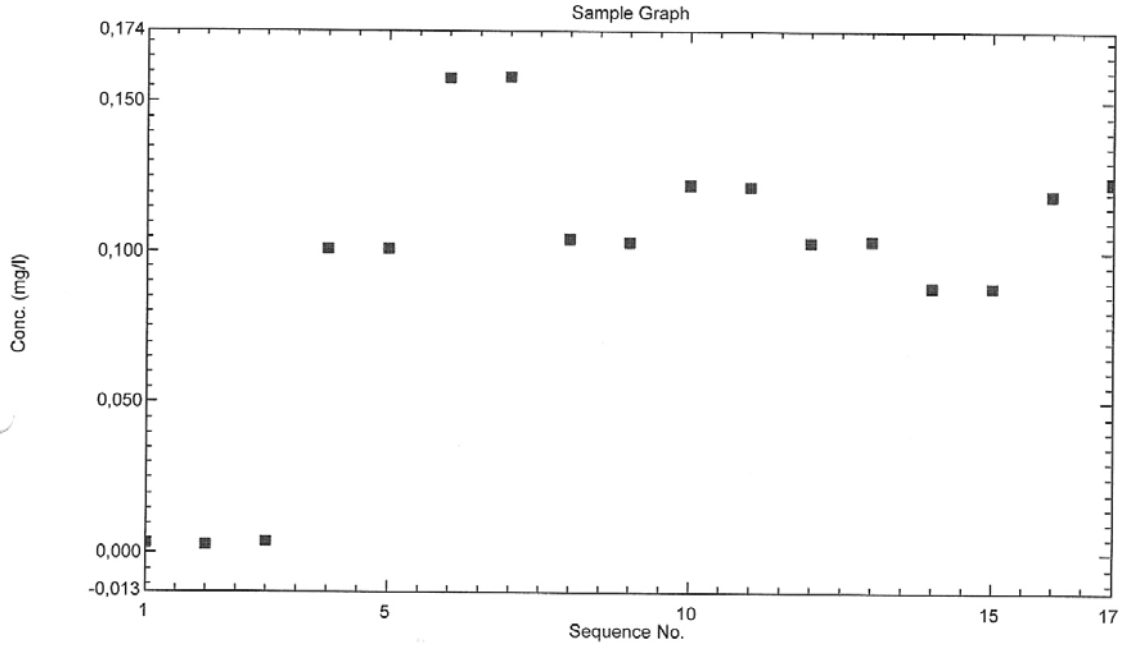
22 Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [www-sivu]. [viitattu 5.10.2005]
Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=19065&lan=FI.

Aktiivilietteen nitrifikaatiota estäviä orgaanisia yhdisteitä. /4/	
yhdiste	75-prosenttisesti nitrifikaation ehkäisevä pitoisuus (mg/dm3)
Asetoni	2000
Allyylialkoholi	19.5
Allyylikloridi	180
Allyyli-isotiosyanaatti	1.9
Bentsotiasolidisulfidi	38
Rikkihiili	35
Kloroformi	18
o-Kresoli	12.8
Diallyylieetteri	100
Disyanidiamidi	250
Diguanidi	50
2,4 - dinitrofenoli	460
Ditio-oksamidi	1.1
Etanoli	2400
Guanidiinikarbonaatti	16.5
Hydratsiini	58
8 - hydroksykinoliini	72.5
Merkaptaanibentsotiatsoli	3
Metyyliamiinihydrokloridi	1550
Metyyli-isotiosyanaatti	0.8
Metyylitiouroniumsulfaatti	6.5
Fenoli	5.6
Kaliumtiosyanaatti	300
Skatoli	7
Natriumdimetyyliditiokarbamaatti	13.6
Natriummetyyliditiokarbamaatti	0.9
Tetrametyylitiuramidisulfidi	30
Tioasetamidi	0.53
Tiosemikarbatsidi	0.18
Tiourea	0.076
Trimetyyliamiini	118

Sample Table Report

24.05.2005 10:43:42

File Name: C:\Mittaukset spektrofotometrillä\Standardikäyrät 2004\NH4N_1cm_141204_050524_102154.pho



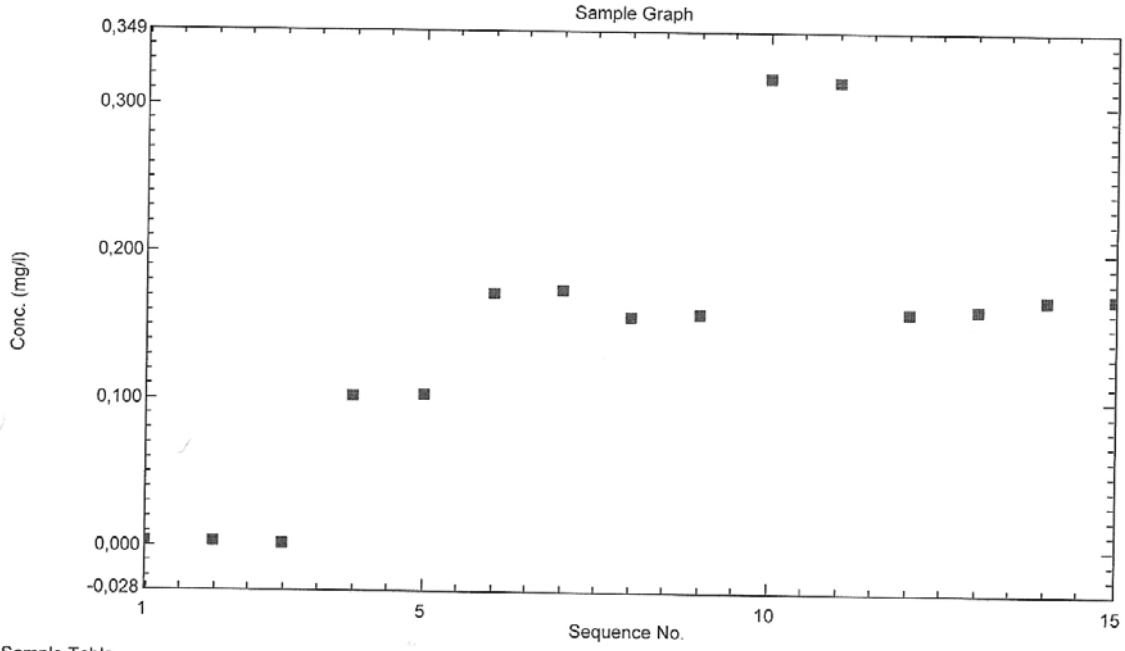
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	NH4N_1cm_141204	Comments
1	Nolla1	Unknown		0,003	0,002	
2	Nolla2	Unknown		0,003	0,002	
3	Nolla3	Unknown		0,004	0,003	
4	St 0.1a	Unknown		0,101	0,131	
5	St 0.1b	Unknown		0,101	0,131	
6	ATU 200x a	Unknown		0,158	0,205	31,6 mg/l
7	ATU 200x b	Unknown		0,158	0,206	
8	ei ATUa 50x a	Unknown		0,104	0,135	5,18 —"—
9	ei ATUa 50x b	Unknown		0,103	0,134	
10	5xTeoll.nikl. 200x a	Unknown		0,122	0,159	24,4 —"—
11	5xTeoll.nikl. 200x b	Unknown		0,122	0,158	
12	10xTeoll.nikl. 200x a	Unknown		0,103	0,133	20,7 —"—
13	10xTeoll.nikl. 200x b	Unknown		0,104	0,134	
14	50xTeoll.nikl. 100x a	Unknown		0,088	0,114	8,80 —"—
15	50xTeoll.nikl. 100x b	Unknown		0,088	0,114	
16	200xTeoll.nikl. 50x a	Unknown		0,119	0,154	6,05 —"—
17	200xTeoll.nikl. 50x b	Unknown		0,123	0,159	

Sample Table Report

21.07.2005 09:53:51

File Name: C:\Mittaukset spektrofotometrillä\Standardikäyrät 2004\NH4N_1cm_141204_050721_093744.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	NH4N_1cm_141204	Comments
1	Nolla1	Unknown		0,003	0,002	
2	Nolla2	Unknown		0,003	0,002	
3	Nolla3	Unknown		0,003	0,002	
4	St. 0.1 a	Unknown		0,102	0,132	
5	St. 0.1 b	Unknown		0,103	0,134	
6	ATU 200x a	Unknown		0,172	0,223	34,6 mg/l
7	ATU 200x b	Unknown		0,174	0,226	
8	ei ATUa 100x a	Unknown		0,157	0,204	15,8 mg/l
9	ei ATUa 100x b	Unknown		0,159	0,207	
10	Glykoli 10% 100x a	Unknown		0,318	0,415	31,7 mg/l
11	Glykoli 10% 100x b	Unknown		0,316	0,413	
12	Glykoli 25% 200x a	Unknown		0,160	0,208	32,2 mg/l
13	Glykoli 25% 200x b	Unknown		0,162	0,210	
14	Glykoli 50% 200x a	Unknown		0,169	0,219	33,9 mg/l
15	Glykoli 50% 200x b	Unknown		0,170	0,221	
16						

3,13

Rahola

Lasketut inhibiitioprosentit

Viinikanlahden liete			
Yritys	pvm	Laimennus	Inhibiitio%
Tampereen Teollisuusniklaamo	20.5	10x	60.2
		100x	10.9
	24.5	5x	72.7
		10x	58.7
		50x	13.7
		200x	3.29
	25.5	5x	66.4
		10x	48.6
		50x	9.92
		200x	3.10
Raflatac Oy	26.5	10x	0
		100x	0
	27.5	5x	0
		10x	0
		50x	0.11
		200x	0.86
	31.5	1x	5.39
		1x neutraloitu	0
		5x	0
		5x neutraloitu	0
Hercules Finland Oy	1.6	10x	0.26
		100x	3.10
	2.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
Tasowheel	3.6	5x	24.2
		10x	12.3
		50x	0
		100x	0
	7.6	1x	165
		2x	67.7
		5x	19.1
		10x	7.97
	9.6	1x	156
		2x	71.3
Kangasalan jätevedet	9.6	2x	22.6
		5x	7.82

H+H Siporex Oy	10.6	2x	72
		5x	80.7
		10x	39.1
		50x	7.19
	14.6	2x	67.5
		5x	78.7
		10x	37.8
		50x	6.32
	15.6	2x	69.7
		5x	81.7
		10x	43.1
		50x	6.81
	16.6	1x	72.7
SCA packaging	16.6	5x	0
		10x	0
		50x	0
	17.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
Abloy Oy	21.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
	22.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
Sicpa	23.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
	28.6	2x	0
		5x	0
		10x	0
		50x	0
Galvace	27.7	5x	125
		10x	113
		50x	94.1
		100x	90.1

Raholan liete			
Galvace	25.7	5x	124
		10x	118
		50x	101
		100x	92.2
H+H Siporex Oy	26.7	2x	57
		5x	64.7
		10x	55.6
		50x	0

Synteettiset jätevedet			
Raholan liete	pvm	Pitoisuus	Inhibiitio%
Cu	14.7	1 mg/l	0
		2 mg/l	0
		5 mg/l	0
	21.7	50 mg/l	7.25
Cr	18.7	0.5 mg/l	0
		1 mg/l	0
		3 mg/l	0
		10 mg/l	0
	21.7	50 mg/l	21.3
Zn	19.7	1 mg/l	8.96
		3 mg/l	10.4
		5 mg/l	8.49
		10 mg/l	9.91
	21.7	50 mg/l	28
Ni	21.7	50 mg/l	23.2
Glykoli	20.7	10 %	84.6
		25 %	87.2
		50 %	96.3
Viinikanlahden liete			
Glykoli	28.7	5 %	84.6
		10 %	91.9
		25 %	92.8

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES317/2005
22.7.2005/1

Abloy Oy Tampereen Tehdas
Tohlopinranta 28
33270 TAMPERE

Abloy Oy Tampereen tehdas
Näytteenottopäivä: 17.6.2002

Numeroiden selitys:
2252 pintakäsittely klo 08:00;08:50

Määritys	Laatu	Menetelmä	2252
Barium, Ba	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kalsium, Ca	**mg/l**	ICP-AES	0.76
Kadmium, Cd	**mg/l**	ICP-AES	<0.005
Koboltti, Co	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kromi, Cr	**mg/l**	ICP-AES	0.06
Kupari, Cu	**mg/l**	ICP-AES	<0.05
Rauta, Fe	**mg/l**	ICP-AES	0.17
Kalium, K	**mg/l**	ICP-AES	22
Magnesium, Mg	**mg/l**	ICP-AES	<1
Mangaani, Mn	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Natrium, Na	**mg/l**	ICP-AES	190
Nikkeli, Ni	**mg/l**	ICP-AES	0.02
Lyijy, Pb	**mg/l**	ICP-AES	<0.05
Rikki, S	**mg/l**	ICP-AES	92
Pii, Si	**mg/l**	ICP-AES	7.2
Sinkki, Zn	**mg/l**	ICP-AES	<0.05
Lämpötila	**°C**		22
pH-luku		SFS 3021	8.5
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	103
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	7.7

Näyte 2252: Näyte oli kiintoaineen suhteen epähomogeeninen.

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES354/2005
25.8.2005/1

Tmi Galvace Joutsijoki
Näytteenottopäivä: 22.7.2005 8:30:00 **Työn aloituspäivä: 22.7.2005**
Näytenumerot: 2005/2732

Numeroiden selitys:
2732 jätevesi

Määritys	Laatu	Menetelmä	2732
pH-luku		SFS 3021	1.2
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	6170
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	110
Kalsium, Ca	**mg/l**	ICP-AES	40
Kadmium, Cd	**mg/l**	ICP-AES	0.36
Koboltti, Co	**mg/l**	ICP-AES	0.38
Kromi, Cr	**mg/l**	ICP-AES	28
Kupari, Cu	**mg/l**	ICP-AES	0.67
Rauta, Fe	**mg/l**	ICP-AES	3500
Magnesium, Mg	**mg/l**	ICP-AES	3.8
Mangaani, Mn	**mg/l**	ICP-AES	45
Natrium, Na	**mg/l**	ICP-AES	5300
Nikkeli, Ni	**mg/l**	ICP-AES	2.4
Lyijy, Pb	**mg/l**	ICP-AES	1.8
Rikki, S	**mg/l**	ICP-AES	570
Pii, Si	**mg/l**	ICP-AES	13
Sinkki, Zn	**mg/l**	ICP-AES	3400

Tiedoksi:
M. Joutsijoki
p. 317 8043

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES313/2005
22.7.2005/1

Hercules Oy
Kolmihaarankatu 7
33330 TAMPERE

Hercules Finland Oy/Neutralointiallas

Näytteenottopäivä: 30.5.2005

Numeroiden selitys:
1971 näyte altaasta

Määritys	Laatu	Menetelmä	1971
BOD7(atu)	**mg/l**	SFS 5508	350
Kokonaisfosfori	**mg/l**	SFS 3026	11
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	330
KMnO4-luku	**mg/l**	SFS 3036	820
pH-luku		SFS 3021	5.9
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	51.0

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES314/2005
22.7.2005/1

Raflatac Oy
Raflatac/Kirsin nitrifikaatiokoe
Näytteenottopäivä: 25.5.2005

Numeroiden selitys:
1929 näyte otettu altaasta, ei viemäriin

Määritys	Laatu	Menetelmä	1929
BOD7(atu)	mg/l	SFS 5508	470
Kokonaisfosfori	mg/l	SFS 3026	0.70
Kiintoaine 10um	mg/l	SFS-EN 872	480
KMnO4-luku	mg/l	SFS 3036	1300
pH-luku		SFS 3021	6
Kokonaistyppi[1)]	mg/l	KVVY LA15	4.8
Alumiini, Al	mg/l	ICP-AES	1.6
Barium, Ba	mg/l	ICP-AES	<0.01
Kalsium, Ca	mg/l	ICP-AES	36
Kadmium, Cd	mg/l	ICP-AES	<0.005
Koboltti, Co	mg/l	ICP-AES	<0.01
Kromi, Cr	mg/l	ICP-AES	<0.01
Kupari, Cu	mg/l	ICP-AES	<0.05
Rauta, Fe	mg/l	ICP-AES	0.63
Kalium, K	mg/l	ICP-AES	5.4
Magnesium, Mg	mg/l	ICP-AES	3.9
Mangaani, Mn	mg/l	ICP-AES	0.02
Natrium, Na	mg/l	ICP-AES	52
Nikkeli, Ni	mg/l	ICP-AES	<0.01
Lyijy, Pb	mg/l	ICP-AES	<0.05
Rikki, S	mg/l	ICP-AES	21
Pii, Si	mg/l	ICP-AES	6.1
Sinkki, Zn	mg/l	ICP-AES	0.13
COD(Cr)	mg/l	SFS 5504	9700

Muut määrityslaboratoriot: 1) Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys

Näyte no1929: Sähkönjohtavuus jätetty mittaamatta näytteen likaisuuden takia. pH mitattu pH-paperilla.

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES315/2005
22.7.2005/1

Kangasalan kunta
36200 Kangasala

Kangasalan jätevedet
Näytteenottopäivä: 6.6.2005

Numeroiden selitys:
2101 jätevesi ANO 06-07.06 klo 09-08 4 kert/h

Määritys	Laatu	Menetelmä	2101
BOD7(atu)	**mg/l**	SFS 5508	240
Ammoniumtyppi	**mg/l**	Ionikrom.	49
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	240
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	93.4
Kokonaisfosfori	**mg/l**	SFS 3026	11
KMnO4-luku	**mg/l**	SFS 3036	350
pH-luku		SFS 3021	7.6
Kokonaistyppi[1)]	**mg/l**	KVVY LA15	65
Alumiini, Al	**mg/l**	ICP-AES	1.4
Barium, Ba	**mg/l**	ICP-AES	0.05
Kalsium, Ca	**mg/l**	ICP-AES	29
Kadmium, Cd	**mg/l**	ICP-AES	<0.005
Koboltti, Co	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kromi, Cr	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kupari, Cu	**mg/l**	ICP-AES	0.12
Rauta, Fe	**mg/l**	ICP-AES	1.6
Kalium, K	**mg/l**	ICP-AES	26
Magnesium, Mg	**mg/l**	ICP-AES	6.6
Mangaani, Mn	**mg/l**	ICP-AES	0.10
Natrium, Na	**mg/l**	ICP-AES	70
Nikkeli, Ni	**mg/l**	ICP-AES	0.01
Lyijy, Pb	**mg/l**	ICP-AES	<0.05
Rikki, S	**mg/l**	ICP-AES	18
Pii, Si	**mg/l**	ICP-AES	7.9
Sinkki, Zn	**mg/l**	ICP-AES	0.15

Muut määrityslaboratoriot: 1) Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES316/2005
22.7.2005/1

SCA Packaging Finland Oy
Lielahdenkatu 10
33400 TAMPERE

SCA Packaging Finland Oy
Näytteenottopäivä: 9.6.2005 9:50:00

Numeroiden selitys:
2148 jätevesi

Määritys	Laatu	Menetelmä	2148
Lämpötila	**°C**		17
BOD7(atu)	**mg/l**	SFS 5508	780
Kokonaisfosfori	**mg/l**	SFS 3026	0.88
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	1000
KMnO4-luku	**mg/l**	SFS 3036	2900
pH-luku		SFS 3021	8.1
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	44.4
Kokonaistyppi[1)]	**mg/l**	KVVY LA15	68
Alumiini, Al	**mg/l**	ICP-AES	4.2
Barium, Ba	**mg/l**	ICP-AES	0.14
Kalsium, Ca	**mg/l**	ICP-AES	280
Kadmium, Cd	**mg/l**	ICP-AES	<0.005
Koboltti, Co	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kromi, Cr	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Kupari, Cu	**mg/l**	ICP-AES	0.79
Rauta, Fe	**mg/l**	ICP-AES	2.0
Kalium, K	**mg/l**	ICP-AES	4.0
Magnesium, Mg	**mg/l**	ICP-AES	6.8
Mangaani, Mn	**mg/l**	ICP-AES	0.03
Natrium, Na	**mg/l**	ICP-AES	28
Nikkeli, Ni	**mg/l**	ICP-AES	<0.01
Lyijy, Pb	**mg/l**	ICP-AES	<0.05
Rikki, S	**mg/l**	ICP-AES	14
Pii, Si	**mg/l**	ICP-AES	7.9
Sinkki, Zn	**mg/l**	ICP-AES	0.18

Muut määrityslaboratoriot: 1) Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES318/2005
22.7.2005/1

Sicpa Oy
Myllypuronkatu 30
33330 TAMPERE

Sicpa Oy
Näytteenottopäivä: 20.6.2005

Numeroiden selitys:
2277 jätevesi 08:15;09:00

Määritys	Laatu	Menetelmä	2277
Lämpötila	°C		19
BOD7(atu)	mg/l	SFS 5508	38
Kokonaisfosfori	mg/l	SFS 3026	1.0
Kiintoaine 10um	mg/l	SFS-EN 872	17
KMnO4-luku	mg/l	SFS 3036	39
pH-luku		SFS 3021	7.6
Sähkönjoht. 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	24.2
Barium, Ba	mg/l	ICP-AES	0.01
Kalsium, Ca	mg/l	ICP-AES	20
Kadmium, Cd	mg/l	ICP-AES	<0.005
Koboltti, Co	mg/l	ICP-AES	<0.01
Kromi, Cr	mg/l	ICP-AES	<0.01
Kupari, Cu	mg/l	ICP-AES	0.08
Rauta, Fe	mg/l	ICP-AES	0.14
Kalium, K	mg/l	ICP-AES	6.2
Magnesium, Mg	mg/l	ICP-AES	4.1
Mangaani, Mn	mg/l	ICP-AES	0.01
Natrium, Na	mg/l	ICP-AES	17
Nikkeli, Ni	mg/l	ICP-AES	<0.01
Lyijy, Pb	mg/l	ICP-AES	<0.05
Rikki, S	mg/l	ICP-AES	7.5
Pii, Si	mg/l	ICP-AES	6.4
Sinkki, Zn	mg/l	ICP-AES	0.07

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES319/2005
22.7.2005/1

Tampereen Teollisuusniklaamo Oy
Santalahden Tontti Oy
Rantatie 5-7
33250 TAMPERE

Tampereen teollisuusniklaamo Oy
Näytteenottopäivä: 17.5.2005 8:40:00

Numeroiden selitys:
1820 jätevesi

Määritys	Laatu	Menetelmä	1820
Lämpötila	°C		7
pH-luku		SFS 3021	7.3
Sähkönjoht. 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	400
Kiintoaine 10um	mg/l	SFS-EN 872	230
Barium, Ba	mg/l	ICP-AES	0.60
Kalsium, Ca	mg/l	ICP-AES	36
Kadmium, Cd	mg/l	ICP-AES	0.03
Kromi, Cr	mg/l	ICP-AES	21
Kupari, Cu	mg/l	ICP-AES	3.6
Rauta, Fe	mg/l	ICP-AES	37
Kalium, K	mg/l	ICP-AES	10
Magnesium, Mg	mg/l	ICP-AES	10
Mangaani, Mn	mg/l	ICP-AES	1.6
Natrium, Na	mg/l	ICP-AES	720
Nikkeli, Ni	mg/l	ICP-AES	310
Lyijy, Pb	mg/l	ICP-AES	0.21
Rikki, S	mg/l	ICP-AES	630
Pii, Si	mg/l	ICP-AES	9.7
Sinkki, Zn	mg/l	ICP-AES	100

TAMPEREEN VESI
Viemärilaitoksen laboratorio

Tutkimustodistus Nro JVES312/2005
22.7.2005/1

Tasowheel Oy
Hepolamminkatu 27
33720 Tampere

Tasowheel Oy
Näytteenottopäivä: 1.6.2005

Numeroiden selitys:
2025 jätevesi ANO klo 9-14, 4krt/h

Määritys	Laatu	Menetelmä	2025
BOD7(atu)	**mg/l**	SFS 5508	400
Kokonaisfosfori	**mg/l**	SFS 3026	16
Kiintoaine 10um	**mg/l**	SFS-EN 872	190
KMnO4-luku	**mg/l**	SFS 3036	550
pH-luku		SFS 3021	8.5
Sähkönjoht. 25 °C	**mS/m**	SFS-EN 27888	132
Kokonaistyppi[1)]	**mg/l**	KVVY LA15	140

Muut määrityslaboratoriot: 1) Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys

Lietteiden vertailu

LIITE 5

Jätevesi	Inhibitio %		
	Viinikanlahti linja 4	Viinikanlahti linja 3	Rahola linja 2
Galvace			
5x	…	125	124
10x	…	113	118
50x	…	94.1	101
100x	…	90.1	92.2
H+H Siporex Oy			
2x	69.7	…	57
5x	80.4	…	64.7
10x	40	…	55.6
50x	6.77	…	0
Glykoli (synteettinen jätevesi)			
5 %	…	84.6	…
10 %	…	91.9	84.6
25 %	…	92.8	87.2
50 %	…	…	96.3