

Lasse Lindström

AMMONIUMIN POISTO STRIPPAUSMENETELMÄLLÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2011



# AMMONIUMIN POISTO STRIPPAUSMENETELMÄLLÄ

Lindström, Lasse  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Elokuu 2011  
Ohjaaja: lehtori Timo Hannelius, SAMK  
Valvoja:  
Sivumäärä: 37  
Liitteitä: 23

Asiasanat: ammonium, strippaus, talousvesi

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia pilottikokeen avulla mahdollisuuksia poistaa ammoniumia Altia Oyj:n Koskenkorvan tehtaan vesilaitoksella valmistettavasta prosessivedestä. Tehtaan prosessivesi luokitellaan talousvedeksi, jonka ammoniumpitoisuuden ylärajaksi ovat valvontaviranomaiset asettaneet rajan 0,5 mg/l. Raakavetenä käytetään pohjavettä, joka puhdistetaan kemiallisesti rauta- ja mangaanipitoisuuksien alentamiseksi.

Tehtaalle oli hankittu NATWAT Oy:n pilot-mittainen strippauslaitteisto, jossa kemiallisesti puhdistettua prosessivettä pumpattiin alipaineiseen strippausyksikköön, jossa vesi pisaroidaan, mikä edistää kaasujen, tässä tapauksessa ammoniakkin, poistoa vedestä. Käsittely vaatii veden pH:n sekä lämpötilan nostamisen. Laitteistoa oli alunperin tarkoitus käyttää suurella alipaineella, mutta kokeen aikana selvisi, että korkea alipaine ei parantanut tuloksia, vaan vesi nousi patsaana säiliön sisään.

Koeajot tehtiin 21.5 – 12.8.2011 välisenä aikana, jolloin raakaveden ammoniumpitoisuus vaihteli välillä 0,85 – 1,41 mg/l. Kokeellisten mittausten mukaan veden ammoniumpitoisuus laski tasolta 0,94 mg/l tasolle 0,43 mg/l, jolloin reduktioksi saatiin 45%. Loppupäätelmänä todetaan, että tutkittava strippauslaitteisto laskee jonkin verran ammoniumpitoisuutta. Kokeiden aikana raakaveden ammoniumpitoisuus vaihteli välillä 0,8- 1,4 mg/l

Ammonium kokeet osoittivat, että pitoisuus voidaan laskea vaaditulle tasolle, mutta edellytyksenä ovat äärimäiset prosessiolosuhteiden käyttö, esim. korkea pH-taso ja veden lämmitys. Nämä toimenpiteet nostaisivat prosessin käyttökustannuksia merkittävästi.

## REMOVAL OF AMMONIUM FROM WATER BY STRIPPING

### OPINNÄYTETYÖN NIMI ENGLANNIKSI

Lindström, Lasse

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

Month 200X

Supervisor: Hannelius, Timo, M.Sc; Chem..Eng-

Number of pages: 37

Appendices: 23

Key words: ammonia, ammonium, stripping

---

The purpose of this thesis was to study possibilities of ammonia removal with pilot experiment from process water at Altias Koskenkorva factory water plant. Process water used should fulfill quality criterias of household water set by Finnish food Standards Agency. Ammonium concentration should not exceed 0.5 mg/l. Raw water used in water plant is groundwater, which is chemically purified to reduce amounts of iron and manganese.

NATWAT ltd pilot plant-scale stripper equipment was tested in this work. Process water, which was used in test, is chemically purified. Water pH was adjusted to the level of 11 prior to stripping unit. Originally the stripper was planned to keep under high vacuum. However, tests indicated that high vacuum actually didn't improve removal of ammonia. Water was raised up inside the stripper due to high vacuum.

The pilot experiment was carried out between 21.5 – 12.8.2011. In this time period ammonia concentration of the raw water varied between 0,9 – 1,4 mg/l. According to the experimental measurements ammonium concentration decreased from the level 0,9 mg/l down to the level 0,5 giving the reduction of about 45%. It is evident that ammonia concentration could be reduced down to accepted level by heating the water and raising the pH. Unfortunately these procedures would increase significantly process cost.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
3. STRIPPAUSMENETELMÄ.....	6
4. TALOUSVESIASETUS.....	7
4.1 Raakavesi.....	8
4.2 Ammoniumpitoisuus.....	8
5 VESILAITOS.....	8
5.1 Ilmastus.....	9
5.2 Kemikaalien syöttö.....	10
5.3 Selkeytysaltaat.....	15
5.4 Hiekkasuodattimet.....	16
5.5 Puhdasvesiallas.....	17
6 AMMONIUMIN STRIPPAAMINEN PROSESSIVEDESTÄ.....	17
6.1 Stripausprosessi.....	17
6.2 Laitteisto.....	20
6.2.1 Pumput.....	20
6.2.2 Vastavirtaimuri.....	23
6.2.3 Prosessisäiliö NWA-550.....	24
6.2.4 Lämpöpuhallin.....	25
6.2.5 Lämmityskierukka.....	26
6.2.6 Mittarit.....	28
7 TULOSTEN ANALYSOINTI.....	29
7.1 Näytteet.....	29
7.2 Tulokset.....	30
7.3 Laitteisto.....	33
7.3.1 HACH-Spektrofotometri.....	33
7.3.2 pH-mittari.....	36
7.3.3 Johtokyky mittari.....	37
8 LOPPUPÄÄTELMÄT.....	38

LÄHTEET

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli suorittaa pilottikoeajo Altia Oyj:n Koskenkorvan tehtaassa vesilaitoksella. Kokeessa pyrittiin poistamaan laitoksella tehtävästä prosessivedestä ammoniumia, käyttämällä veden alipainestrippausmenetelmää.

Kokeessa käytettävän laitteiston toimitti Lahdessa toimiva Natwat Oy, jolla on aikaisempaa kokemusta vedenkäsittelystä ja he ovat olleet mukana useissa pilot-kokeissa Suomessa ja Virossa.

Sosiaali- ja terveysministeriö on säätänyt talousvesiasetuksen, jonka mukaan talousvedeksi luokiteltavan veden ammoniumpitoisuus on oltava SFS-standardin mukaisesti  $<0,5\text{mg/l}$ . Strippauslaitteistolla yritettiin löytää sopivat syöttöarvot, jolla arvoon päästään.

## 2. VEDEN LAATUOMINAISUUDET

Altian Koskenkorvan tehtaalla käytetään raakavetenä pohjavettä, jonka ammoniumpitoisuus vaihtelee vuositasolla alueella  $1-1,5\text{ mg/l}$ . Raakavedessä on aina jonkin verran typpiyhdisteitä, jotka ovat peräisin joko luonnon omista biologisista prosesseista tai ihmisen toiminnasta, etupäässä maatalousmaan lannoitteista. Luonnossa typpeä esiintyy sekä hapettuneessa muodossa nitraattina ( $\text{NO}_3^-$ ), nitriittinä ( $\text{NO}_2^-$ ) tai pelkistyneessä muodossa ammoniumionina ( $\text{NH}_4^+$ ).

Typpiyhdisteiden luonnollisen lähteen muodostavat maatuva aineksen, esim. eläinten, valkuaisaineet, jotka hajoavat maaperässä olevien mikrobien toiminnan tuloksena ym. yhdisteiksi. Määrät ovat yleensä melko pieniä, ja muodostavat harvoin laatuongelmia. Sen sijaan maataloudesta voi syntyä suuriakin määriä erilaisia typpiyhdisteitä, erityisesti nitraatteja, maaperään ja sitä kautta edelleen vesistöön. Erityisen suuren kuorman aiheuttaa keinolannoitus, jossa typpi on sitoutunut esim. ammoni-

umnitraattiin (NH<sub>4</sub>)NO<sub>3</sub>. Kasvit eivät kykene sitomaan lannoitteiden ravintoaineita täydellisesti, jolloin ylimäärä jää maaperään. Mikäli vedessä on liian suuria typpiyhdistepitoisuuksia, on ensimmäisenä selvitettävä vesilähteen mahdollinen kontaminoituminen lannoitteista.

Kaikille ym. yhdisteille on annettu omat raja-arvonsa. Fysiologisesti suurimman terveysriskin muodostaa nitriitti, jonka raja-arvo onkin hyvin alhainen, max 0,5 mg/l, kun vastaava raja-arvo nitraatille on max 50 mg/l. Ammoniumille ei ole annettu ehdotonta ylärajaa, mutta suositusraja on max 0,5 mg/l.

### 3. STRIPPAUSMENETELMÄ

Strippausmenetelmää käytetään yleisesti jäte- sekä pohjavesien puhdistamiseen, sekä teollisuuden prosessivesien puhdistamiseen. Prosessi poistaa vedestä haitallisia metalleja, kuten rautaa ja mangaania, vähentää veden happamuutta poistamalla hiilidioksidia, jolloin veden pH-taso nousee. Menetelmä poistaa myös haitallisia kaasuja kuten rikkivetyä, ammoniakkia, metaania, sekä radonia.

#### NWF-PROSESSI

NWF-prosessi on monivaiheinen hapetus-strippaus ja biosuodatusmenetelmä, jonka avulla voidaan poistaa liuenntua rautaa ja mangaania ja myöskin haitallisia kaasuja kuten metaania, radonia, rikkivetyä ja ammoniakkia. Näiden lisäksi käsittely tehoaa myös muihin orgaanisiin sekä epäorgaanisiin epäpuhtauksiin. Prosessivesissä joissa on korkea ammoniumpitoisuus (teollisuus) poistetaan sitä yleensä joko nostamalla veden pH korkeaksi (n. 12) kemikaalien avulla tai nostamalla lämpötilaa prosesseista tulevalla hukkalämmöllä tasolle 65-70°C..

Prosessin pääpiirteet ovat seuraavat: kaivolta tuleva vesi johdetaan paineisena täytekappaleilla täytettyyn ilmastuskolonnein, tätä ennen vesi ei ole ollut kosketuksissa

ilman kanssa. Ilmaa imetään tulevaan veteen, joka sumutetaan ja pisaroidaan alipaineistetussa kolonnissa. Kolonnista imetään ilmaa, jonka mukana poistuu mm. metaani, hiilidioksidi, rikkivety, radon sekä ammoniumyhdisteitä. Hiilidioksidin poistuksessa vedestä sen pH nousee.

Täytekappaleita pitkin valuva vesi aiheuttaa kappaleiden pinnoilla hapetusreaktioita, jolloin vedessä oleva rauta ja mangaani sakkautuu ja ne voidaan suodattaa vedestä pois. Rauta ja mangaanisuodatin vastavirtahuhdellaan n. kahden viikon välein. Huuhtelussa kulutettu vesi on vain n. 0,5-4% käsitellystä vedestä.

Prosessissa ei ole kuluvia osia, eikä puhdistuksessa tarvita erillisiä pumppuja tai kemikaaleja. Tämä vähentää järjestelmän käyttökustannuksia ja lisää varmuutta.

#### 4. TALOUSVESIASETUS

Talousvesiasetuksessa on määritelty talousvetenä käytettävän veden eri laatuvaatimuksia ja haitta-aineiden enimmäispitoisuuksia. Sosiaali ja terveysministeriö (STM) on säätänyt asetuksen toukokuussa vuonna 2000.

Altian vesilaitosta asetus koskee sillä, laitoksella valmistettavaa prosessivettä käytetään elintarvikkeen valmistuksessa.

Talousvesiasetuksen mukaan ammoniumpitoisuuden valvonta kuuluu jatkuvan valvonnan piriin, jolloin näytteet vedestä on toimitettava vähintään 4 kertaa vuodessa. Poikkeuksena pykälän 9§, mukaan voidaan näytteiden määrä pudottaa enintään puoleen, jos kahtena peräkkäisenä vuotena näytteiden keskiarvo ei ole oleellisesti muuttunut ja näytteen arvo on oleellisesti esitettyä raja-arvoa parempi. Kuitenkin Altian tapauksessa näytteitä on otettava vähintään 4 kertaa vuodessa, sillä raja-arvo ylittyy reippaasti.

Lähteissä on esitetty nettisivu josta löytyy talousvesiasetuksen lakipykälät, sekä kaaviot haitta-aineiden sallituista pitoisuuksista, sekä valvonnasta.

#### 4.1 Raakavesi

Vesilaitokselle pumpataan vesi suoraan Altian omalta pohjavesialueelta vesilaitoksen vierestä. Vesi sisältää runsaasti rautaa ja jonkun verran mangaania. Rauta värjää veden hieman punertavaksi. Vettä pumpataan päivän aikana kulutuksesta riippuen n. 2000-5000 m<sup>3</sup>.

#### 4.2 Ammoniumpitoisuus

Lähteestä pumpattavan veden ammoniumpitoisuus on luokkaa 1 – 1,5 mg/l, joka ylittää talousvesiasetuksessa määritellyn 0,5 mg/l rajan. Raakaveden voi olla ammonium on peräisin orgaanisten tuotteiden hajoamisesta, viljelyksessä käytettävistä lannoitteista, tai sitä voi olla luontaisesti maaperässä. Oletettavaa on, että kyseiseen pohjavesialueeseen sitä on tullut lannoitteista, koska seudulla on runsaasti viljelyä.

## 5 VESILAITOS

Koskenkorvan tehtaalla on oma vesilaitos, sekä pohjavesialue, josta vettä nostetaan pumpuilla edelleen vesilaitokselle käsiteltäväksi. Raakaveden lisäksi vettä voidaan tarpeen vaatiessa ottaa myös kunnan ”koskuslähteestä”.



Vedenkäsittelyprosessissa raakavedestä erotetaan rauta ja mangaani kalkin avulla. Rauta sekä mangaani sidostuvat veteen liotettuun kalkkiin ja painuu selkeytysaltaiden pohjalle. Kalkkiliete päästetään altaiden pohjalta edelleen omaa viemäröintiä pitkin pihalle lietealtaisiin. Raakavettä myös pehmennetään sekoittamalla siihen jauhesoodaa. Selkeytysvaiheen jälkeen veden pH:ta lasketaan rikkihapon avulla, ja puhtaaseen veteen lisätään natrium-hypokloriittia desinfiointiaineena, jonka jälkeen vettä voidaan käyttää prosessissa.

Laitos toimii omatoimisesti ja toimintaa valvotaan etäyhteyden avulla tehdasalueella sijaitsevasta voimalaitoksen valvomosta. Vesilaitos on täysin automaattinen ja sen toiminta perustuu puhdasvesialtaassa olevaan pinnan mittaukseen. Pinnan laskiessa alle 75% laitos käynnistyy, ja sammuu pinnan noustessa 85%:iin.

## 5.1 Ilmastus

Raakavesi pumpataan ensimmäiseksi ilmastusaltaaseen ilmastuhuoneen katossa olevien suuttimien kautta. Veteen päästetään suuri määrä ilmaa, jolloin siinä oleva mahdollinen radon-kaasu poistuu. Myös veden happipitoisuus kasvaa selvästi. Veden pH on tässä vaiheessa n. 6-7.



Kuva 1. Ilmastusallas huone

## 5.2 Kemikaalien syöttö

Ilmastuksen jälkeen veteen lisätään kalkkia, soodaa, rikkihappoa, sekä natriumhypokloriittia.

Kalkki, sekä sooda annostellaan ruuvisyöttimillä omiin ylijuoksualtaisiinsa, jossa ne sekoittuvat veteen ja jatkavat edelleen syöttöränniä pitkin sekoitusaltaaseen. Johon raakavesi syötetään ilmastuksen jälkeen. Kalkkia syötetään n.  $130\text{g}/\text{m}^3$  ja soodaa n.  $20\text{g}/\text{m}^3$ . Veden pH nousee kalkin vaikutuksesta n. 10-11,3. Sekoitusaltaissa on sähkömoottorin avulla pyörivät lavat, jotka hämmentävät altaan vettä pienellä nopeudella aina laitoksen ollessa päällä.



Kuva 2. Kemikaalien sekoitusallas



Kuva 3. Kalkin sekoitus- ja annosteluyksikkö





Kuva 4. Soodan sekoitus- ja annosteluyksikkö

Rikkihappo lisätään selkeytysvaiheen jälkeen ennen hiekkasuodattimia, laskemaan veden pH jälleen n. 6,7-7,5. Rikkihappoa lisätään tarpeen mukaan myös puhdasvesialtaaseen.



Kuva 5. Rikkihapon annostelupumput

Natriumhypokloriitti lisätään puhdasvesialtaaseen varmistamaan veden mikrobiologinen puhtaus ja ylläpitämään sitä. Kloriitti pumpataan mäntäkalvopumpun avulla omaa linjaa pitkin puhdasvesialtaaseen.



Kuva 6. Natriumhypokloriittisäiliö, sekä annostelupumppu



### 5.3 Selkeytsaltaat

Kemikaalien sekoitusaltaasta vesi ajetaan 6:een eri selkeytsaltaaseen, jossa veteen liuennut kalkki sitoo vedessä olevan raudan ja mangaanin itseensä ja laskeutuu altaiden pohjalle. Kalkkiliete poistetaan pohjalta automaattisesti toimivien venttiileiden avulla, jotka aukenevat tietyin ajoin poistaen lietteen omaa viemäröintiään pitkin vesilaitoksen takana oleviin lietealtaisiin.

Selkeytsaltaissa oleva vesi kirkastuu ja se ajetaan ylijooksuna juoksutusränneihin ja edelleen hiekkasuodattimille.



Kuva 7. Selkeytsallas, sekä juoksutusrännit

#### 5.4 Hiekkasuodattimet

Hiekkasuodattimia on selkeytysaltaiden tapaan 6 kappaletta ja niihin ohjataan vesi ylijuoksutusränneistä paineilmatoimisien sulkuventtiileiden kautta. Suodattimien tarkoituksena on puhdistaa vesi kaikesta kiinteästä liasta, mitä siihen on voinut jäädä prosessin varrella.

Vesi virtaa hiekkapedin läpi jolloin kaikki lika ja liete jää hiekkaan. Hiekkapedin korkeus on n. 1.5m. Suodatin puhdistetaan vastavirtahuuhtelulla, jolloin paineilmaventtiili sulkee tulevan veden suodattimelle ja suodattimen alapäästä lykätään paineella vettä ylöspäin, jolloin hiekassa oleva lika irtoaa ja menee ylijuoksutusreunan yli viemäriin.





Kuva 8. Hiekkasuodatin, sekä sulkuventtiilit

## 5.5 Puhdasvesiallas

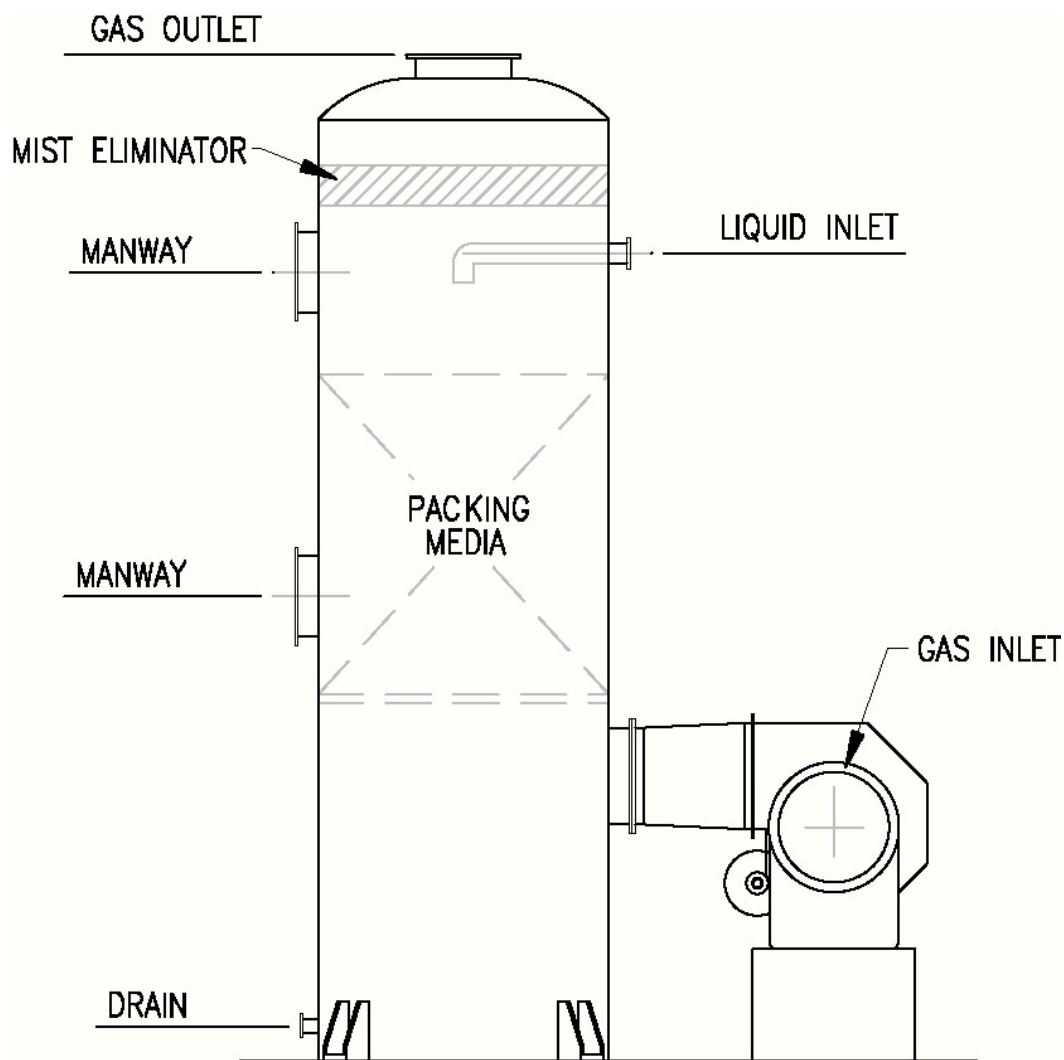
Hiekkasuodatuksen jälkeen vesi kulkee putkea pitkin puhdasvesialtaaseen, jossa siihen lisätään pieni määrä natrium-hypokloriittia, pitämään veden puhtautta yllä. Myös rikkihappoa lisätään jotta pH saadaan haluttuun arvoon n. 7-8 yksikköön. Altaasta ei voitu ottaa kuvaa, koska se sijaitsee maan alla.

# 6 AMMONIUMIN STRIPPAAMINEN PROSESSIVEDESTÄ

## 6.1 Stripausprosessi

Altian vesilaitoksen pilotkokeessa käytettiin ns. NWF-prosessia, jossa säiliöön ajeta vusta vedestä huuhdeltiin vastavirtaimun avulla vedestä erottunut ammoniakkikaasu. Prosessi oli alun perin suunniteltu toimimaan alipaineen avulla, jonka vastavirtaimurin oli tarkoitus tuottaa säiliön sisään. Kuitenkin kokeen aikana huomattiin, että suuri huuhteluilman määrä poisti ammoniakkia paremmin, joten alipaineesta luovuttiin. Prosessisäiliön lisäksi ei käytetty erillisiä suodattimia, sillä rauta ja mangaani, sekä muut ylimääräiset likapartikkelit poistuvat vesilaitoksen omassa prosessissa. Säiliö puhdistettiin välillä huuhtelemalla sitä puhtaalla vedellä.

Vesi syötettiin paineella säiliön sisään, jossa se suuttimen avulla pisaroiitiin. Pisaroi-  
tunut vesi valui täytemateriaalia pitkin jolloin huuhteluilma vei mukanaan ammoni-  
umista ammoniakiksi muuttuneen kaasun mukanaan säiliön yläpäässä sijaitsevaan  
poistokanavaan. Vesi valui edelleen säiliön alaosaan, josta se poistettiin poistolinjaa  
pitkin haluttuun kohteeseen.



Kuva 9. NWF-prosessin laitteisto, jossa gas inlet on huuhteluilman tulo, liquid inlet tarkoittaa tulevaa vettä, gas outlet on huuhteluilman poisto, packing media on täytemateriaali, mist eliminator tarkoittaa veden erotinta, drain on veden poistoputki ja manway huoltoluukku.

Prosessisäiliö ja sen oheislaitteet asennettiin vesilaitoksen selkeytysallas huoneeseen lähelle altaita, josta syöttövesi oli helposti saatavilla. Poistovesi ajettiin putken avulla viemäriin, sillä syöttömäärät olivat hyvin pieniä ja viemäriin ajolla varmistettiin, ettei prosessiveteen pääse epäpuhtauksia. Säiliöltä lähtevä poistoilma vedettiin putken avulla ulos, tällä estettiin haitallisten ammoniakkikaasujen jääminen allashuoneeseen.

Prosessisäiliöön syötettiin vettä suoraan selkeytysaltaasta pintaimuna erillisellä vesipumpulla. Altaan veden lämpötila oli n. 5,4-7 °C kokeen aikana. Lämpötila nousi muutamalla asteella pumpun ja letkujen aiheuttaman lämmön johdosta. Vertailuluoksien vuoksi vettä syötettiin myös puhtasvesialtaasta, sekä tulevasta raakavedestä.

Kokeen ajaksi kalkinsyötön määrä nostettiin  $120\text{g/m}^3$ :stä, n. $170\text{g/m}^3$ . jolla saatiin selkeytysaltaiden pH nousemaan n. 11,4 yksikköön. Myös soodan syöttömäärää lisättiin hieman tasolta  $20\text{g/m}^3$ :sta tasolle  $25\text{g/m}^3$ . Kokeen aikana lisättiin strippausprosessiin myös lämmityskierukka sekä lämpöpuhallin, jolla veden lämpötila saatiin nostettua n. $25^\circ\text{C}$ :seen.

Veden määrää mitattiin virtausmittarin avulla, veden paineelle, sekä alipaineelle asennettiin omat mittarit.



Kuva 10. Asennusvaihe



Kuva 11. Asennusvaihe 2. laitteisto valmiina koekäyttöön

## 6.2 Laitteisto

Prosessisäiliön lisäksi kokeessa, käytettiin kahta erilaista pumppua syöttövedelle, lämmityskierukkaa ja lämmitintä, sekä vastavirtaimuria.

### 6.2.1 Pumput

Pumppuja kokeen aikana oli käytössä kaksi kappaletta. Asennuksen yhteydessä käyttöön otettu pumppu hajosi muutaman viikon kuluessa ja käyttöön otettiin uusi pumppu.



Ensimmäinen käytössä ollut pumppu oli teholtaan 0,8kW, maksimituotto 60l/min ja maksimipaine 4bar. Pumppu toimi normaalilla 230V verkkovirralla.



Kuva 12. Syöttövesipumppu

Toinen pumppu oli ns. painevesiautomaatti, jonka veden syöttö on tasaista pumpun yhteydessä olevan painesäiliön ansiosta. Painevesiautomaatin teho oli 1,2kW, maksimituotto 3800l/h, maksimipaine 5bar ja toimintavirta 230V normaalia valovirtaa.



Kuva 13. Painevesiautomaatti

### 6.2.2 Vastavirtaimuri

Vastavirtaimurina oli käytössä 16A ja 380V voimavirralla toimiva sivukanavapuhallin, joka tuotti huuhteluilmaa n. 300m<sup>3</sup>/h. Imuri todettiin käytössä erittäin kovaääniseksi, joka voi olla ongelma joissakin sijoituskohteissa. Esim. ulkona saattaa haitata lähellä asuvia asukkaita?



Kuva 14. Vastavirtaimuri



### 6.2.3 Prosessisäiliö NWA-550

Sylinterimäinen prosessisäiliö oli valmistettu 3mm ruostumattomasta teräksestä ja se oli mitoiltaan 3300 \* 550mm, josta varsinaista säiliökorkeutta 3000mm. Säiliön tilavuus oli 0,71m<sup>3</sup>. Säiliön alla oli säädettävät jalat, joiden avulla se pystyttiin asentaa vaakasuoraan. Menevälle vedelle oli oma liitântä säiliön kyljessä, lisäksi alipainemittarille oli tehty oma liitântä. Näkölasin aukosta pystyttiin vaihtamaan tarvittaessa erikokoisia suuttimia tuloveden virtauksen ja paineen muuttamiseksi. Säiliön alaosassa on ritilät, joista huuhteluilma johdettiin sisään. Huuhteluilman poisto tapahtuu säiliön päällä olevasta poistoputkesta. Poistuvalla vedelle on myös poistoputki säiliön alaosassa.



Kuva 15. Prosessisäiliö



#### 6.2.4 Lämpöpuhallin

Tuloveden lämmittämiseen käytetty lämmitin oli teholtaan 5kW ja toimi 16A, 400V voimavirralla. Lämmitin pidettiin kokoajan täydellä teholla, jotta syöttövesi saatiin sopivaan lämpötilaan.



Kuva 16. Lämpöpuhallin

### 6.2.5 Lämmityskierukka

Ruostumattomasta teräksestä valmistettu lämmityskierukka oli kooltaan 1500 \* 200mm ja putken sisähalkaisija 8mm. Kierukka laitettiin lattialle vaakatasoon ja lämpöpuhallin sen eteen puhaltamaan kuuma ilma kierukan läpi. Kierukan ja lämpöpuhaltimen avulla saatiin syöttöveden lämpötila nostettua lähes 25°C:een.



Kuva 17. Lämmityskierukka

## 6.2.6 Mittarit

Mittarit olivat tavallisia virtaus- ja painemittareita. Veden painemittarin asteikko oli 0-6 bar, alipainemittarin -1-3 bar. Veden virtausmittarin asteikko oli dl tarkkuudella.



Kuva 18. Virtaus- ja painemittarit



Kuva 19. Alipainemittari

## 7 TULOSTEN ANALYSOINTI

Tulosten analysointiin käytettiin Altian omia mittareita. Käytössä oli HACH-mittari ammoniumin määrän mittaamiseen ja siihen tarkoitettut LCK 304 ammonium reagenssikoeputket. Lisäksi käytettiin pH- sekä johtokyky mittareita.

Vertailunäytteitä toimitettiin Etelä-pohjanmaan vesitutkijat Oy:lle Ilmajoen keskuksaan. Vertailunäytteitä otettiin kaksi kertaa.

### 7.1 Näytteet

Näytteet otettiin sekä syötettävästä vedestä, että poistovedestä. Näytepullot olivat kooltaan 0,5l. Lisäksi kerättiin myös vertailunäytteitä puhtaasta ja raakavedestä.

## 7.2 Tulokset

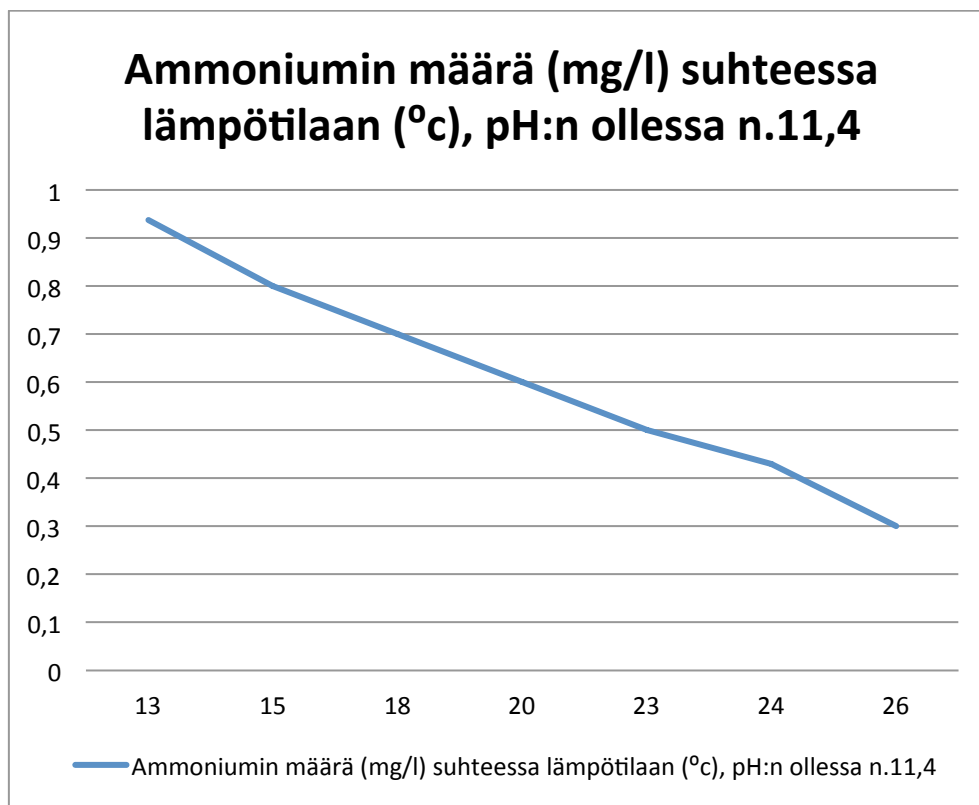
Kokeen aikana raakaveden ammoniumpitoisuus laski jostakin syystä 1,4 mg/l:sta alle 1:een mg/l, joka voi olla syynä että talousvesiasetuksen mukaiseen tulokseen päästi. Syytä ei tiedetä, eikä asiaa tutkittu sen enempää, sillä pitoisuus lähti nousemaan myöhemmin.

Laitteisto pyrittiin ajamaan sellaisiin säätöihin, joilla talousvesiasetuksessa määritetyn ammoniumpitoisuuden alle päästäisiin. Kyseiseen alle 0,5 mg/l arvoon päästiin 280 l/h syöttövesimäärällä, pH:n ollessa 11,5 ja veden lämpötila nostettuna 25°C:een. Näillä arvoilla tulokseksi saatiin 0,430 mg/l, joka on yli 50% sen hetkisestä pitoisuudesta. Pitoisuus oli tuolloin 0,938 mg/l. Kuitenkin on huomattava, että syötetty vesimäärä on suhteellisen pieni verrattuna laitteiston kokoon, sekä vaadittavien toimenpiteiden määrään, sekä vesilaitoksesta päivässä läpimenevään vesimäärään.

Koeajoa suoritettiin myös raaka- ja puhtaalle vedelle, mutta näistä ammoniumia ei poistunut lähes ollenkaan, sillä vesien pH-arvot olivat matalat, keskimäärin alle 7 yksikköä, sekä lämpötila alhainen n.10°C. Tulokset kirjattiin ainoastaan vertailun vuoksi.

Käytännössä todettiin myös, että laitteisto toimi paremmin suuremmalla ilmamäärällä kuin suurella alipaineella. Kokeen aikana prosessisäiliön ilmansaantia rajoitettiin siten, että säiliön sisään saataisiin mahdollisimman suuri alipaine, tämä kuitenkin osoittautui huonommaksi vaihtoehdoksi, kuin mahdollisimman suuri ilmanmäärä, joten suuresta alipaineesta luovuttiin.

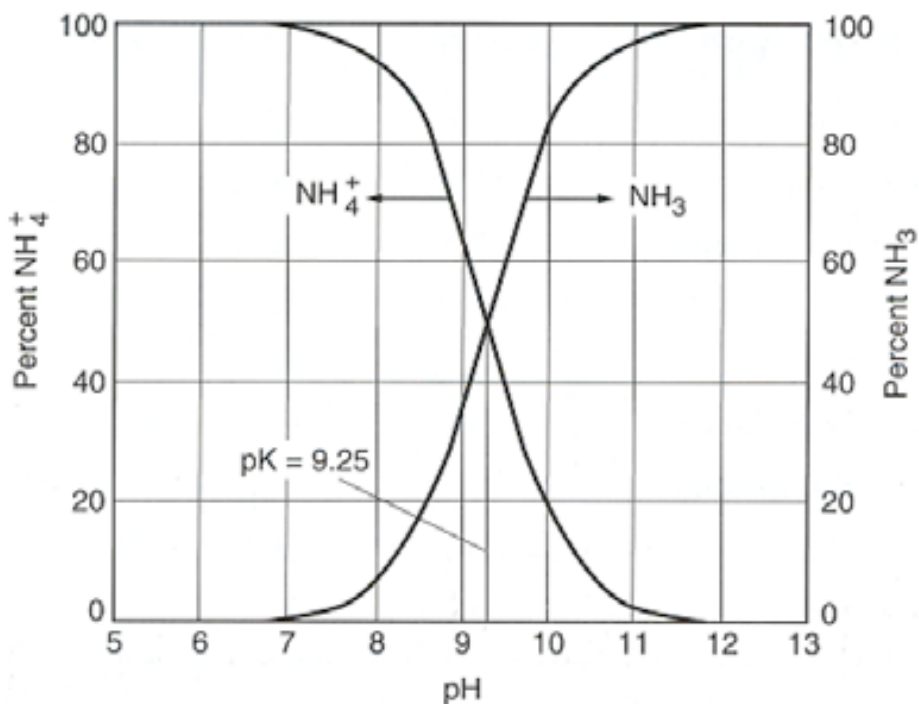
Seuraavassa kaaviossa on kuvattu lämpötilan vaikutus ammoniumin poistumiseen selkeytsaltaasta otetusta syöttö vedestä, jonka pH on n.11,4 yksikköä. Myös huuhteluilmansaanti on kaaviokuvan tuloksissa maksimissaan.



Kaavio 1. Lämpötilan vaikutus ammoniumin poistumiseen pH:n ollessa 11,4



Seuraava oleva kaaviokuva pätee käytäntöön, sillä tuloksista voidaan havaita, että veden korkea pH, vaikuttaa merkittävästi ammoniumin kaasuuntumiseksi edelleen ammoniakiksi.



Kaavio 2. Ammoniumin ja ammoniakkin suhde pH:n funktiona

Käytännössä voidaan siis todeta, että laitteisto poistaa ammoniumia n.50%, mutta koska ammoniumpitoisuus on alun perin aika matala, vaatii syötettävä vesi sekä pH:n noston ylin 11 yksikköön, sekä lämpötilan noston yli 20°C:een. Tällöinkin saa alkuperäinen pitoisuus olla maksimissaan n. 1 mg/l, jotta talousvesiasetuksen mukaiselle tasolle päästään.



### 7.3 Laitteisto

Altian voimalaitoksella on oma pieni laboratorio, jossa analysoidaan höyryprosessissa käytettävän veden ominaisuuksia. Tämän pilot-kokeen tulokset analysoitiin kyseisessä laboratoriossa.

Ammoniumpitoisuuden mittaamiseen käytettiin spektrofotometriä, jota käytetään yleisesti vesianalyyysien tekemiseen. Mittaamista varten tilattiin laitteeseen sopivia ammoniumin mittaamiseen tarkoitettuja reagenssiputkia.

Ammoniumpitoisuuden lisäksi näytteistä mitattiin myös veden pH, sekä johtokyky, näihin tarkoitetuilla mittareilla.

#### 7.3.1 HACH-Spektrofotometri

Spektrofotometri on laite, joka mittaa aineiden sähkömagneettisen säteilyn absorptiota eri aallonpituuksilla. Aineen absorptio tietyillä aallonpituuksilla riippuu aineen kemiallisesta koostumuksesta. Spektrofotometrillä selvitetään tutkittavan näytteen absorboimat aallonpituudet eli esimerkiksi näkyvän valon tapauksessa värit.

Spektrofotometriä käytetään yleisesti teollisuudessa prosessivesien analysointiin, sekä puhda- ja jätevesilaitoksilla epäpuhtauksien analysointiin.

Käytössämme oli HACH Lange DR2800 laite, johon oli tilattu siihen sopivia 13mm ammoniumreagenssiputkia. Laitteen tärkeimmät parametrit:

- kuormitusparametrit - COD/POD/TOC
- ravinteet
- metallit
- desinfiointiaineet
- pinta-aktiiviset aineet
- kattilavedet
- näytteiden esikäsittely
- laadunvarmistus jäte-, juoma- ja prosessivesille
- aallonpituusalue 340-900nm



Kuva 20. HACH Lange DR2800 spektrofotometri

Laite on toiminnaltaan hyvin yksinkertainen ja tarkka. Näyte pipetoidaan reagenssi-putkeen, jonka jälkeen putki asetetaan laitteeseen. Laite lukee automaattisesti reagenssiputkessa olevan viivakoodin ja asettaa mitattavalle parametrille sopivan ohjelman. Mittaustapahtuman aikana laite mittaa näytteen 10- kertaa ja antaa ruudulle tuloksena näiden mittausten keskiarvon, näin virheen mahdollisuus on saatu minimoitua.

#### 7.3.1.1 Ammoniumreagenssi

Ammoniumpitoisuuden mittaamisessa käytettiin valmiita halkaisijaltaan 13mm:n reagenssiputkia. Putkilla on sama valmistaja kuin spektrofotometrillä, eli HACH-lange ja putkien mallikoodi on LCK304.



Kuva 21. Ammoniumreagenssi

Näyte valmistettiin pipetoimalla 5ml näytevettä reagenssiputkiloon, tämän jälkeen putkilon korkin toisesta päästä poistettiin foliokansi ja korkki ruuvattiin toisinpäin kiinni, jonka jälkeen putkea sekoitettiin huolellisesti. Sekoituksen jälkeen putken annettiin levätä 15min, ja sitten putki asetettiin spektrofotometriin, joka antoi ammoniumpitoisuuden näytölle. LCK304 putket ovat tarkoitettuja ammoniumpitoisuuksille, jotka ovat välillä 0,02 – 2,5 mg/l.

### 7.3.2 pH-mittari

pH:n mittaamiseen käytettiin Fennolab WTW-merkkistä mittaria. Mittatarkkuudesta ei ole varmuutta sillä käyttöohjeissa sitä ei mainittu. Mittari kalibroidaan kahden viikon välein.



Kuva 22. pH-mittari

### 7.3.3 Johtokyky mittari

Johtokyvyn mittauksessa käytettiin Consort-merkkistä mittaria, jonka mittausväli oli 0-100mS/cm.



Kuva 223. Johtokyky mittari

## 8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Koeajon jälkeen voidaan päätellä, että laite poisti kyllä ammoniumia n. 45% alkupe-  
räisestä, mutta laitteeseen syötetty veden määrä oli todella pieni suhteessa siihen mitä  
vesilaitos tuottaa vuorokaudessa. Parhaimmillaankin vettä syötettiin n. 280 l/h, jolla  
veden ammoniumpitoisuus saatiin hieman talousvesiasetuksessa määritellyn rajan  
alle. Tällöinkin vettä oli lämmitetty yli 20°C:seen ja sen pH oli nostettu yli 11:sta  
yksikköön. Vesilaitos tuottaa vuorokaudessa 2000 – 5000m<sup>3</sup> vettä. Tästä voidaan to-  
deta, että laitteiston tulisi olla n. 300 kertaa tehokkaampi. Syöttövedelle täytyisi ra-  
kentaa lämmityshöyrylinja voimalaitokselta, strippauslaitteistolle tulisi rakentaa tilat,  
sekä veden pH:n nostamiseen tulisi ottaa lipeä avuksi. Lisäksi täytyisi tutkia tar-  
kemmin, että miksi raakaveden ammoniumpitoisuudessa tapahtuu niin suuria heilah-  
duksia.

Suurpiirteisesti voidaan kuitenkin sanoa, että kun ammoniumpitoisuus on näin mata-  
lalla tasolla, niin sen poistaminen strippausprosessin avulla ei ole taloudellisesti kan-  
nattavaa sen vaatiman suuren lämmitystehon takia. Myös huuhteluilmapuhaltimet  
kuluttavat suuren virtamäärän.

## LÄHTEET

1. *Talousvesiasetus* *www-sivu*,  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>, [27.9.2011]
2. *Vesitalouden* *www-sivu*,  
<http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2007/3-2007.pdf>, [22.9.2011]
3. *Strippausprosessi* *www-sivu*,  
[http://www.branchenv.com/air\\_strippers/Ammonia%20Stripping.pdf](http://www.branchenv.com/air_strippers/Ammonia%20Stripping.pdf),  
[26.9.2011]
4. *NATWAT OY* *www-sivu*,  
<http://www.natwat.fi/>, [26.9.2011]
5. *Strippauslaitteita* *www-sivu*, [http://organics.com/Products/Leachate-Systems/33/Ammonia\\_Strippers.html](http://organics.com/Products/Leachate-Systems/33/Ammonia_Strippers.html), [23.6.2011]
6. *SFS-3021 standardi* *www-sivu*,  
<http://sales.sfs.fi/servlets/ProductServlet?action=showquicksearch&keywords=SFS+3032%3A1976&x=15&y=9> [28.9.2011]

## Ammoniumin mittaustulokset

21.5-11

### Menevä

pH:

10,43

Johtokyky:

612  $\mu\text{S/cm}$

Ammonium:

1,38 mg/l

Näytteen lämpö

12,0 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

### Lähtevä

pH:

10,18

Johtokyky:

214  $\mu\text{S/cm}$

Ammonium:

1,08 mg/l

Näytteen lämpö

13,5 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Ensimmäinen näyte. 1,8mm suuttimella n.200l/h. Altaasta otettavan veden lämpö 5,4 °C. Strippauksen jälkeinen vedenlämpö n.10 °C, eli lämpötila nousee hieman käsittelyn aikana.



27.5-11

**Menevä**

pH:

10,8

Johtokyky:

212  $\mu$ S

Ammonium:

1,34 mg/l

Näytteen lämpö

10,0 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,0

Johtokyky:

198  $\mu$ S

Ammonium:

1,18 mg/l

Näytteen lämpö

12,3 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Virtaus ja suutin sama kuin edellisessä. Myös veden lämmöt samat. Korvausilman saantia kuristettu näihin näytteisiin.

28.5-11

**Menevä**

pH:

10,69

Johtokyky:

211  $\mu$ S

Ammonium:

1,32 mg/l

Näytteen lämpö

10,0 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

**Lähtevä**

pH:

9,82

Johtokyky:

206  $\mu$ S

Ammonium:

1,18 mg/l

Näytteen lämpö

11,2 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Suutin ja virtaukset, sekä veden lämmöt samat. Tämä näyte oli varmistus näyte. Seuraavaan näytteeseen korvausilmaa enemmän.

## 29.5-11

**Menevä**

pH:

10,68

Johtokyky:

212  $\mu$ S

Ammonium:

1,35 mg/l

Näytteen lämpö

11,2 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

**Lähtevä**

pH:

9,88

Johtokyky:

200  $\mu$ S

Ammonium:

1,14 mg/l

Näytteen lämpö

12,0 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Korvausilman saantia lisätty reilusti. Alipainetta ei juuri ollenkaan. Ei näytä olevan tuloksien kannalta merkitystä. Lämpötilan nosto voi auttaa?

## 9.6-11

**Menevä**

pH:

11,2

Johtokyky:

268  $\mu$ S

Ammonium:

1,41 mg/l

Näytteen lämpö

13,4 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

**Lähtevä**

pH:

9,5

Johtokyky:

209  $\mu$ S

Ammonium:

1,27 mg/l

Näytteen lämpö

15,5 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Altaiden pH:ta nostettu yli 11:sta. Suutin ja virtaus edelleen samat. Korvausilma tukittu niin että sitä tulee ainoastaan poistoputkesta, jolloin saatu n. 0,5bar alipaine. pH:n nosto sekä alipaineen nosto ei silti vaikuta näkyvän tuloksissa. Seuraavaan näytteeseen korvausilmaa jälleen reilusti, jolloin voidaan verrata vaikutuksia. Myös suuttimen pienentämistä vielä entisestään kokeillaan, että päästäisiin edes alle 1 mg/l.

## 10.6-11

**Menevä**

pH:

11,43

Johtokyky:

272  $\mu$ S

Ammonium:

1,39 mg/l

Näytteen lämpö

10,3 °C

Suutin: 1,8 mm

Paine: 2,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,51

Johtokyky:

206  $\mu$ S

Ammonium:

1,15 mg/l

Näytteen lämpö

13,3 °C

Virtaus: n. 200 l/h

Kaikki ilmareiät avattu.

## 12.6-11

**Menevä**

pH:

11,23

Johtokyky:

277  $\mu$ S

Ammonium:

1,37 mg/l

Näytteen lämpö

12,5 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,1 bar

**Lähtevä**

pH:

10,73

Johtokyky:

223  $\mu$ S

Ammonium:

1,09 mg/l

Näytteen lämpö

15,3 °C

Virtaus: n. 150 l/h

Suutin vaihdettu 1,25mm. Virtaus nyt n. 150 l/h. Ilmansaanti täysillä.



## 16.6-11

**Menevä**

pH:

11,31

Johtokyky:

285  $\mu$ S

Ammonium:

1,40 mg/l

Näytteen lämpö

13,1 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,1 bar

**Lähtevä**

pH:

9,24

Johtokyky:

218  $\mu$ S

Ammonium:

1,31 mg/l

Näytteen lämpö

13,3 °C

Virtaus: n. 150 l/h

Labran lämpö 25 °C. Huono tulos maksimi alipaineella (tukittu kaikki reiät, sekä kuristettu poistoputken suuaukkoa). Alipainetta liikaa ja keräsi vesipatsaan pöntön sisään.

## 21.6-11

**Menevä**

pH:

11,36

Johtokyky:

264  $\mu$ S

Ammonium:

1,36 mg/l

Näytteen lämpö

11,6 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,0 bar

**Lähtevä**

pH:

10,5

Johtokyky:

205  $\mu$ S

Ammonium:

0,987 mg/l

Näytteen lämpö

16,6 °C

Virtaus: n. 103 l/h

Labra 23 °C. Syöttövesilinjaan asennettu lämmityskierukka ja 5kW lämmitin. Ilmansaanti täysillä. Lähtevän veden lämpötila hieman korkeampi, mutta on varmasti syöttövaiheessa vieläkin korkeampi, mutta ehtii jäähtyä, koska poistoputki nyt paljon pidempi. (ajetaan viemäriin, koska kierukka ehkä likainen) Kierukka hidastaa myös virtausta n. 1/3.

## 23.6-11

**Menevä**

pH:

11,35

Johtokyky:

252  $\mu$ S

Ammonium:

1,35 mg/l

Näytteen lämpö

9,7 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,0 bar

**Lähtevä**

pH:

10,68

Johtokyky:

202  $\mu$ S

Ammonium:

1,02 mg/l

Näytteen lämpö

13,1 °C

Virtaus: n. 103 l/h

Labra 24 °C. Lämmitin laukaisee lämpörelettä. Seuraavaan näytteeseen uusi lämmitin.

## 30.6-11

### Menevä

pH:

11,45

Johtokyky:

296  $\mu$ S

Ammonium:

1,40 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

20,5°C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,2 bar

### Lähtevä

pH:

10,39

Johtokyky:

219  $\mu$ S

Ammonium:

0,897 mg/l

Näytteen lämpö

18,8 °C

Virtaus: n. 250 l/h

Lämmitin vaihdettu toiseen 5kW lämmittimeen. Kierukalta lähtevään letkuun asennettu lämpömittari. Parempi pumppu asennettu menevälle vedelle, virtaus 1,25mm suuttimella n.350 l/h, mutta kuristettu venttiilillä 250 l/h, jolloin paine 3,2 bar

## 5.7-11

**Menevä**

pH:

11,2

Johtokyky:

271  $\mu$ S

Ammonium:

0,852 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

21 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,47

Johtokyky:

198  $\mu$ S

Ammonium:

0,521 mg/l

Näytteen lämpö

16,7 °C

Virtaus: n. 280 l/h

Asennettu jälleen uusi menevän veden syöttöpumppu vanhan hajottua. Virtaus nousi hieman vaikka sama säätö kuristuksessa, ei vaikuta silti tuloksiin. Ilman saanti täysillä, sillä se todettu paremmaksi vaihtoehdoksi. Raakaveden ammoniumpitoisuudessa tapahtunut jotain merkillistä, sillä pitoisuus laskenut alkuperäisestä n. 40%.

## 6.7-11

**Menevä**

pH:

11,46

Johtokyky:

277  $\mu$ S

Ammonium:

0,895 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

21 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,51

Johtokyky:

192  $\mu$ S

Ammonium:

0,516 mg/l

Näytteen lämpö

18,3 °C

Virtaus: n. 280 l/h

Samoilla säädöillä kuin edellinen näyte. Näytteellä varmistettu raakaveden ammonium-pitoisuuden lasku.



## 10.7-11

**Menevä**

pH:

11,45

Johtokyky:

305  $\mu$ S

Ammonium:

0,927 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

23 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,64

Johtokyky:

214  $\mu$ S

Ammonium:

0,476 mg/l

Näytteen lämpö

19,6 °C

Virtaus: n. 280 l/h

Kierukan jälkeinen veden lämpö on noussut pari astetta, mikä näyttäisi vaikuttavan positiivisesti tulokseen. Ensimmäinen näyte joka vastaa talousvesiasetuksen sallimaa ammoniumpitoisuutta.

**11.7-11****Menevä**

pH:

11,46

Johtokyky:

317  $\mu$ S

Ammonium:

1,07 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

24 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

**Lähtevä**

pH:

10,64

Johtokyky:

214  $\mu$ S

Ammonium:

0,452 mg/l

Näytteen lämpö

19,4 °C

Virtaus: n. 280 l/h

**Puhdasvesi**

pH: 8,41

Johtokyky: 305  $\mu$ S

Ammonium: 0,856 mg/l

Vertailun vuoksi otettu myös puhtaasta vedestä näyte. Menevän veden lämpötila jälleen nousut 1 °C .

## 12.7-11

**Menevä**

pH:

11,35

Johtokyky:

314  $\mu$ S

Ammonium:

0,938 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

25 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

**Puhdasvesi**

pH:

6,91

Johtokyky:

271  $\mu$ S

Ammonium:

0,881 mg/l

Näytteen lämpö:

13,2 °C

**Lähtevä**

pH:

10,49

Johtokyky:

199  $\mu$ S

Ammonium:

0,430 mg/l

Näytteen lämpö

19,2 °C

Virtaus: n. 280 l/h

**Raakavesi**

pH:

6,83

Johtokyky:

206  $\mu$ S

Ammonium:

0,906 mg/l

Näytteen lämpö:

12,3 °C

**Eteläpohjanmaan vesitutkijoiden saamat tulokset****Menevä**

pH:

11

Johtokyky:

39 mS/m

Ammonium:

1,2 mg/l

**Puhdasvesi**

pH:

7,5

Johtokyky:

37 mS/m

Ammonium:

1 mg/l

**Lähtevä**

pH:

10

Johtokyky:

23 mS/m

Ammonium:

0,44 mg/l

**Raakavesi**

pH:

6,8

Johtokyky:

26 mS/m

Ammonium:

1,1 mg/l

Otettu näytteet myös puhtaasta- ja raakavedestä. Kaikista tämänpäivän näytteistä toimitettu vertailunäytteet Eteläpohjanmaan vesitutkijoille. (tulokset yllä)

Raakaveden ammonium-pitoisuuden laskeminen edelleen mysteeri?

## 13.7-11

**Menevä**

pH:

11,42

Johtokyky:

290  $\mu$ S

Ammonium:

0,964 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

19 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,1 bar

**Lähtevä**

pH:

10,67

Johtokyky:

218  $\mu$ S

Ammonium:

0,664 mg/l

Näytteen lämpö

17,9 °C

Virtaus: n. 420 l/h

Virtausta nostettu kokeilun vuoksi 420 l/h. Pönttö huuhdeltu kauttaaltaan sisäpuolelta. Virtauksen nosto nosti myös lähtevän veden ammonium arvon tavoitellun 0,5:n yläpuolelle. Lämmittimen teho ei myöskään riitä näin suurelle virtaukselle.

## 22.7-11 (ajo puhtaalla vedellä)

### Menevä

pH:

7,97

Johtokyky:

271  $\mu$ S

Ammonium:

0,937 mg/l

Lämpö (letkumittarista)

12 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,6 bar

### Lähtevä

pH:

7,86

Johtokyky:

290  $\mu$ S

Ammonium:

0,896 mg/l

Näytteen lämpö

17 °C

Virtaus: n. 170 l/h

Suoritettu ajo puhtaasta vedestä vertailutulosten saamiseksi.

## 4.8-11 (Ajo raakavedestä)

### Menevä

pH:

6,79

Johtokyky:

221  $\mu$ S

Ammonium:

1,04 mg/l

Lämpötila kierukan jälkeen

14 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,1 bar

### Lähtevä

pH:

6,72

Johtokyky:

214  $\mu$ S

Ammonium:

1,03 mg/l

Näytteen lämpö

17 °C

Virtaus: n. 180 l/h

Vertailun vuoksi ajo raakavedellä. Ammoniumpitoisuus ei käytännössä laske ollenkaan.



## 12.8-11 (ajo puhtaalla vedellä)

### Menevä (puhdas vesi)

pH:

6,86

Johtokyky:

250  $\mu$ S

Ammonium:

1,1 mg/l

Näytteen lämpö:

12 °C

Suutin: 1,25mm

Paine: 3,8 bar

### Lähtevä

pH:

6,88

Johtokyky:

242  $\mu$ S

Ammonium:

0,932 mg/l

Näytteen lämpö:

14 °C

Virtaus: n. 170 l/h

### Raakavesi

pH:

6,70

Johtokyky:

214  $\mu$ S

Ammonium:

1,15 mg/l

Näytteen lämpö:

13,6 °C

**Eteläpohjanmaan vesitutkijoiden saamat tulokset****Menevä** (puhdasvesi)

pH:

7,7

Johtokyky:

31 mS/m

Ammonium:

1,2 mg/l

**Raakavesi**

pH:

6,9

Johtokyky:

28 mS/m

Ammonium:

1,2 mg/l

**Lähtevä**

pH:

7,6

Johtokyky:

31 mS/m

Ammonium:

1,0 mg/l

