

Niko Landen

# TALOUSVEDEN LAADUN MÄÄRITYS

Kemiantekniikan koulutusohjelma

2015



# TALOUSVEDEN LAADUN MÄÄRITYS

Landen, Niko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2015  
Ohjaaja: Hannelius, Timo; lehtori, SAMK  
Sivumäärä: 34  
Liitteitä: 4

Asiasanat: Vesianalyysi, veden laatu, AAS, talousvesi, talousveden analysointi,

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli suorittaa talousveden laadun tarkistus eräälle asuntoyhtiölle ja selvittää mahdolliset laatuvaatimusten poikkeamat. Osana työtä selvitettiin eri menetelmät, joilla yleisimmät laatumääritykset tehdään. Työtä tehtäessä noudatettiin SFS-standardien mukaisia analyysimenetelmiä.

Työ tehtiin Satakunnan Ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa Porissa. Ennen analyysien aloittamista asuntoihin jaettiin kysely, jossa selvitettiin asukkaiden havaitsemia mahdollisia laatupoikkeamia. Ainoaksi ongelmakohteeksi todettiin kalkkitahrat. Analyyseissä tutkittiin suurin osa perusmäärityksistä. Tutkittavia asioita oli muunmuassa pH, johtokyky, sameus, COD<sub>mn</sub>-arvo, veden kovuus ja eri metallien pitoisuudet. Kyselyyn ja analyyseihin liittyvät käyrät ja taulukot nähtävillä liitteinä.

Analyysien jälkeen koottiin eri puolilta Suomea suurimmista kaupungeista talousveden laatutietoja vertailua varten. Näin saatiin selville talousveden laatuarvojen vaihtelut laajalla alueella, jolloin pystyttiin paremmin arvioimaan saatuja analyysituloksia.

Vertailuun perustuen todettiin, että saadut analyysitulokset olivat kaikki raja-arvojen sisällä ja vastasivat muualla Suomessa saatuja arvoja. Veden kovuus oli korkeampi kuin keskimääräisesti muualla Suomessa ja tämä yhdistettynä melko korkeaan kalsium-pitoisuuteen on todennäköisin syytä kalkkitahrojen nopeaan syntyyn.

# QUALITY ANALYSIS OF TAP WATER

Landen, Niko

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Chemical Engineering

May 2015

Supervisor: Hannelius, Timo; Senior Lecturer, SAMK

Number of pages: 34

Appendices: 4

Keywords: water analysis, water quality, AAS, tap water, water hardness, calcium

---

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to perform a quality study of household water used in one housing company in south Finland. As a part of the work the usual analyzing procedures were properly explained and any possible deviations from the quality standards were taken note of. All the procedures were done according to the SFS-standards (Finnish Standards Association).

The analyzing part of the work was done in the Satakunta University of Applied Sciences chemistry laboratory in Pori. Before the actual work part, a short questionnaire was distributed to the households within the area of study. The answers of the questionnaire gave a clear idea of what to look for with the analyses. Almost all of the households, which answered the questionnaire, complained about visually detected calcium build-ups being rapidly formed inside the bathrooms and laundry rooms, especially on any shiny surfaces such as mirrors or faucets.

Water quality analysis covered generally made analysis of water contamination including pH, conductivity, turbidity, COD<sub>mn</sub>-value, water hardness and concentrations of metals.

The paper also contains a collection of analysis results from water plants in other parts of Finland in order to properly compare the results our examination received versus the usual values in Finland. By doing a comparison between the received results and the Finnish water regulations, we could easily determine whether any of the concentrations were higher than they were allowed to be.

The comparison did not yield any problematic results as all the results from the analyses were within the regulation limits. Although, compared to other parts of Finland the water hardness was somewhat elevated and in addition to the amount of calcium in the water, we can deduce that it is the most likely source for the observed large amount of Calcium build-ups in the households.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUOMEN TALOUSVESI .....	7
2.1	Vedenpuhdistusprosessi.....	7
2.2	UV-suodatus .....	10
2.3	Otsonointi.....	11
2.4	Kalvosuodatus.....	11
3	LAATUVAATIMUKSET.....	13
3.1	Mikrobit .....	13
3.1.1	Escherichia coli .....	13
3.1.2	Koliformiset bakteerit.....	13
3.2	Metallit.....	14
3.3	Orgaaniset aineet.....	14
3.4	pH, johtokyky ja sameus.....	15
3.4.1	pH	15
3.4.2	Johtokyky	15
3.4.3	Sameus	15
3.5	Typpipitoisuus.....	16
3.6	Kalkkipitoisuus eli veden kovuus .....	16
4	VESI ANALYYSIT .....	18
4.1	Työn tarkoitus .....	18
4.2	Näytteet .....	18
4.3	Analyysien suoritus.....	19
4.3.1	pH	19
4.3.2	Sameus	19
4.3.3	Johtokyky	20
4.3.4	Veden kovuus	20
4.3.5	Veden kemiallisen hapen kulutuksen eli COD <sub>mn</sub> -arvon määrittäminen .....	21
4.3.6	AAS-määrittäykset .....	23
5	ANALYYSIEN TULOKSET.....	25
5.1	Asuntoihin jaettu kysely .....	25
5.2	pH, sameus ja johtokyky.....	26
5.3	Veden kovuus.....	26
5.4	Veden kemiallisen hapen kulutus eli COD <sub>mn</sub> -arvo .....	27
5.5	AAS-määrittäysten tulokset.....	27

5.5.1 Rauta ja Kalsium .....	28
5.5.2 Nikkeli ja Kupari .....	28
5.5.3 Kromi ja Lyijy.....	29
6 VEDEN LAATU ERI PUOLILLA SUOMEA .....	30
6.1 Saatujen tulosten vertailu Nurmijärven vesilaitoksen analyysihin .....	30
6.2 Eri vesilaitosten saamia tuloksia ympäri Suomea.....	31
7 YHTEENVETO .....	33
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Talousvedellä tarkoitetaan vettä, jota käytetään kotitalouksissa esimerkiksi juomavetenä ja ruoan valmistukseen. Myös elintarvikealojen yrityksissä tuotteiden valmistukseen käytettävä vesi on talousvettä.

Talousveden laatua tarkkaillaan Suomessa hyvin ja keskimääräisesti Suomen talousveden laatu on erittäin hyvää. Lainsäädännössä on selvät asetukset talousveden laatuvaatimuksille, ks. STM:n asetus 461/2000, /1/. Esimerkiksi mikrobeja tai muita eliöitä Suomen talousvedessä ei saa esiintyä käytännössä yhtään ja metalleissa on yleisesti hyvin matalat pitoisuusmäärät sallittuja. Yleisesti vesilaitokset hoitavat veden puhdistuksen ja laaduntarkkailun. Vesilaitosten kotisivuilta löytyvät vuosittaiset mittaustulokset ja näiden avulla myös tavalliset taloudet pystyvät tarkkailemaan oman taloutensa vedenlaatua. Talousvesi tuotetaan vesilaitoksilla puhdistamalla raakavettä useassa eri vaiheessa. Ensin vedestä erotetaan kiinteät epäpuhtaudet, jonka jälkeen orgaaninen humus poistetaan kemiallisesti. Tämän jälkeen vesi suodatetaan, desinfioidaan haitallisten mikrobien eliminoimiseksi ja lopuksi veden pH säädetään lievästi emäksiseksi mm. korroosion estämiseksi. Tarvittaessa vesi voidaan vielä ennen pH-säätöä käsitellä aktiivihiiლისuotimilla hajua ja makuhaittojen poistamiseksi.

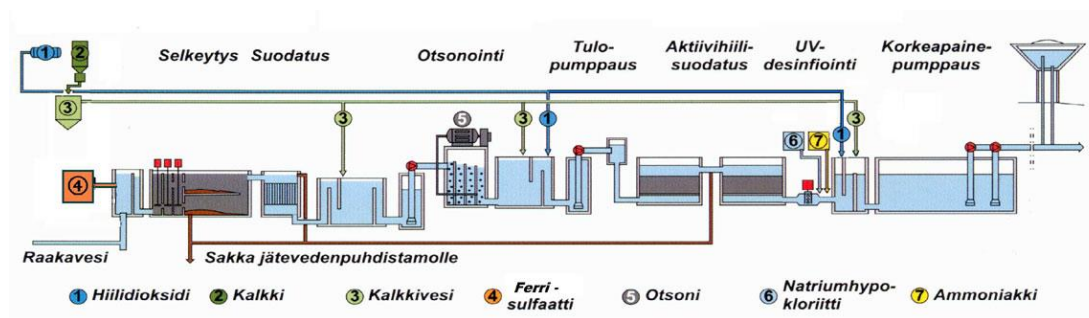
Suomessa talousvesi on yleensä pintaveden ja pohjaveden sekoitusta. Vesilaitosten toimittamasta vedestä noin 61% on nykyään pohjavettä ja siitä loput 39% on pintavettä. Suomalaisista noin 90% saa talousvetensä vesihuoltolaitosten vesijohtoverkostojen kautta. Suomessa on tällä hetkellä yli 50 asukasta palvelevia vesilaitoksia noin 1500. /2/

## 2 SUOMEN TALOUSVESI

Suomen talousvesi tulee suurimmaksi osaksi pohja- ja pintavedenpumppaamoista. Vesi kulkeutuu putkia pitkin vesilaitoksille ympäri Suomea. Suureksi vesilaitokseksi luokitellaan sellaista laitosta joka tuottaa vettä yli 50 asukkaalle. Näitä Suomessa on noin 1500 kappaletta. Vesilaitoksella talousvesi menee läpi monipuolisen puhdistuksen ja testaamisen, jotta mitään haitallista ei pääsisi talousveden kuluttajille asti. Vesilaitokselta lähtevä puhdas talousvesi kulkee vesijohtoverkosta pitkin kiinteistöihin sekä muihin käyttötarkoituksiin. Vesijohtoverkosta Suomessa on yli 90000 kilometriä. Jätevesi sen sijaan kulkeutuu jätevesiviemäriverkosta pitkin jätevedenpuhdistamoille. Hulevedeksi lasketaan kadulta, pihoilta ja katoilta valuvat sade- ja sulamisvedet. Tämän tyyppisiä verkostoja Suomessa on noin 45000 kilometriä. /3/

### 2.1 Vedenpuhdistusprosessi

Kuvassa esimerkki vedenpuhdistusprosessista



Eri vedenpuhdistamoissa käytetään eri prosesseja ja menetelmiä, mutta käytännössä puhdistuksen eri vaiheet ovat aina samanlaiset. Kuvan prosessi on raaka- eli puhtaan veden puhdistusprosessi. Seuraavaksi selitetään hieman prosessin eri vaiheita numeroituna tapahtumajärjestyksessä. Numerot eivät tässä tapauksessa vastaa kuvan numerointia. /4/5/

1. Veden alkaliteettiä nostetaan hiilidioksidia ( $\text{CO}_2$ ) lisäämällä. Alkaliteetillä tarkoitetaan veden puskurikapasiteettiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos veden alkaliteetti on liian matala, alentaa pienikin määrä happoa veden pH:tä merkittävästi. Korkea alkaliteetti toimii pH-puskurina, jota tarvitaan humuksen poistovaiheessa, jossa käytetään happamia rauta(III)- tai alumiinikoagulantteja.
2. Veteen lisätään kalkkivettä pH:n säädön vuoksi. Eri prosessin vaiheet toimivat parhaiten eri pH-arvoilla ja tässä vaiheessa veden optimaalinen pH on 6,3.
3. Veteen lisätään alumiini- ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) tai ferrisulfaattia ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), joka kerää negatiiviset humuspartikkelit yhteen ja edesauttaa niiden erottumista vedessä. Humus sekä muut vieraat aineet saostuvat ja ne on näin helpommin poistettavissa sedimentoinnilla tai nykyisin yleisemmin käytetyllä flotaatiolla.
4. Vettä sekoitetaan hämmennysaltaassa, tarkoituksena on saada veden hiutalekoko suuremmaksi, jotta saostunut materiaali olisi helpompi poistaa. Sekoituksessa on tärkeätä, että se on sekä horisontaalista että vertikaalista sekoitusta. Tämä saavutetaan muotoilemalla sekoitin hieman vinoon, jolloin sen siivet työntävät vettä samalla pystysuunnassa ja leveysuunnassa. Lisäksi säiliöön voidaan tehdä virtausesteitä sen seinien sisäpuolelle, joka pakottaa veden kiertämään ne aiheuttaen lisää sekoittumista.
5. Sakka erotetaan vaakaselkeytyksellä. Käytännössä vesi kulkee tankin läpi ja sakka laskeutuu pohjalle, josta se poistetaan. Selkeytys noudattaa Stokesin lakia joka kuvaa pienten hiukkasten laskeutumista neste- tai kaasuvirtauksessa.

$$v = \frac{gd_p^2(\rho_p - \rho_m)}{18\mu} \quad (1)$$

Jossa:

$g$  on gravitaatiovakio

$d_p$  on hiukkasen halkaisija

$\rho_p$  on hiukkasen tiheys

$\rho_m$  on väliaineen tiheys

$\mu$  on väliaineen viskositeetti



6. Flotaatio on vaihtoehtoinen menetelmä epäpuhtauksien poistamiseksi. Flotaatio on nykyään syrjäyttänyt selkeytyksen lähes kokonaan. Flotaatiossa veteen lisätään koagulantti, jonka avulla veden epäpuhtaudet pystyvät yhtymään toisiinsa isommiksi rykelmiksi (flokki). Vesi johdetaan altaan läpi, jonka pohjalta pumpataan veteen kaasua (usein paineilma). Kaasun vaikutuksesta kasaantuneet epäpuhtaudet kulkeutuvat kuplina veden pintaan, josta ne otetaan talteen. Flotaation hyötyinä ovat sen nopea toiminta ja sen hyvä puhdistustehokkuus. Kuplien nousunopeutta voidaan arvioida käyttämällä Stokesin lain kaavaa.

7. Hienojakoisempi sakka poistetaan hiekkasuodatuksella, joka jaetaan pika- ja hidassuodatusmenetelmään. Pikamenetelmässä vesi pakotetaan virtaamaan nopeasti korkeaa paine-eroa käyttäen suodattavan hiekkakerroksen läpi virtausnopeuden ollessa yli 0.5 m/h. Hidassuodatus kestää huomattavasti pidempään. Hiekkasuodatuksessa jäljellä olevat epäpuhtaudet jäävät hienoon hiekkaan kiinni ja ainoastaan vesi kulkeutuu hiekkakerroksen läpi säiliön pohjalle. Hiekkasuodatus toimii myös varakeinona siltä varalta, että aiemmissa prosesseissa on tapahtunut virheitä.

8. pH:n arvo nostetaan kalkkivedellä lievästi emäksiseksi. Hapan vesi aiheuttaisi putkiston korroosiota, joten tämä on yksinkertainen, mutta tärkeä osa prosessia.

9. Otsonia ( $O_3$ ) käytetään bakteerien, virusten ja pieneliöiden tuhoamiseen. Usein laitokset valmistavat itse tarvitsemansa otsonin. Alkuainekloori ( $Cl_2$ ) on perinteisesti käytetty desinfiointikemikaali, joka on erittäin tehokas. Sen käyttöä on kuitenkin rajoitettu havaittujen haitallisten sivureaktioiden johdosta. Kloori reagoi myös jäännöshumuksen kanssa muodostaen myrkyllisiä kloorattuja hiilivetyjä.

10. Veteen jäänyttä jäännöshumusta sekä haju- ja makuhaittoja voidaan poistaa aktiivihiiisuodatuksella. Käytännössä vesi johdetaan aktiivihiiikerroksen läpi ja aktiivihiihi sitoo itseensä epäpuhtauksia. Aktiivihiiilen toimintateho riippuu erityisesti veden viipymääjasta aktiivihiiikerroksen läpi. Mitä pienempi veden virtaama, sitä pidempi viive, joka parantaa retentiota. Aktiivihiiilen sitomat epäpuhtaudet pitää

välillä poistaa aktiivihiilestä, jolloin aktiivihiili on valmis sitomaan lisää partikkeleita. Tätä kutsutaan regeneroinniksi.

11. Vesi desinfioidaan UV-valolla. UV-suodatus on tehokas tapa hävittää mahdolliset mikrobit joita vedessä on vielä jäljellä.

12. Veteen lisätään natriumhypokloriittiä ( $\text{NaClO}$ ) ja ammoniakkaa ( $\text{NH}_3$ ) tarkoituksena pidentää desinfiointivaikutusta. Näin eliminoidaan mahdollisia mikrobikasvustojen syntymistä putkistossa, vesitorneissa ja jakeluverkostossa.

13. pH-arvoa ja alkaliteettiä säädetään vielä viimeisen kerran ennen käsittelyn loppua.

14. Vesi pumpataan eteenpäin mahdollisiin varastoaltaisiin ja vesiverkostoihin.

Vesiverkosta pitkin vesi kulkeutuu talouksien käyttöön. Vedenpuhdistusprosessi on monimutkainen sarja erilaisia menetelmiä tarkoituksena varmistaa veden kemiallinen ja mikrobiologinen puhtaus. Vesilaitokset valvovat vedenlaatua hyväksytyn ohjelman mukaisesti. Tärkeimmät vesilaitoksen käyttöanalyysit tehdään päivittäin, mutta joitakin analyysyjä, esimerkiksi raskasmetallit, toistetaan vain muutaman kerran vuodessa. Bakteerit, kuten *escherichia coli* ja perusmääritykset, kuten pH, sähkönjohtavuus ja sameus tehdään jopa 70 kertaa vuodessa.

## 2.2 UV-desinfiointi

Sopivasti valitulla UV-valolla voidaan eliminoida mikrobeja tehokkaasti vedestä. UV-valon tehokkuus riippuu myös veden sameudesta. Jos valo ei läpäise vettä sameudesta johtuen, niin luonnollisesti se ei myöskään pysty vaikuttamaan siinä oleviin mikrobikantoihin.

Sen takia UV-säteilytys tehdään myöhemmissä prosessivaiheissa, jolloin sameutta aiheuttava kiintoaines sakka on jo poistettu vedestä. UV-suodatuksen etuna on, että siitä ei jää veteen mitään kemikaaleja tai maku- ja hajuhaittoja. Usein UV-

säteilytyksen jälkeen veteen lisätään desinfiointikemikaalia, joka estää veden kontaminoitumisen mikrobeilla myöhemmin.

### 2.3 Otsonointi

Otsoni on kolmen happiatomin molekyyli, joka on erittäin epästabiili. Siten se hajoaa helposti lähtöaineiksi, eli happimolekyyleiksi, ks. reaktioyhtälö (1). Reaktio on hyvin epäspontaani, eli vaatii runsaasti energiaa, mistä on osoituksena reaktion positiivinen Gibbsin vapaaenergian arvo  $\Delta G_R^\ominus = 326 \text{ kJ/mol}$ .



Toisaalta myös happiatomit toimivat hapettavana aineena, joka tuhoaa vedessä olevia mikrobeja. Otsonidesinfiointi on laajasti käytössä Euroopassa. Koska otsoni on niin epästabiilia, on se tuotettava paikan päällä ”in situ” vesilaitoksen yhteydessä. Otsoni pitää lisätä veteen kuplamuodossa. Kuten UV-suodatuksessa, otsonointi ei aiheuta maku- tai hajuhaittoja, eikä jätä veteen haitallisia kemikaalijäämiä.

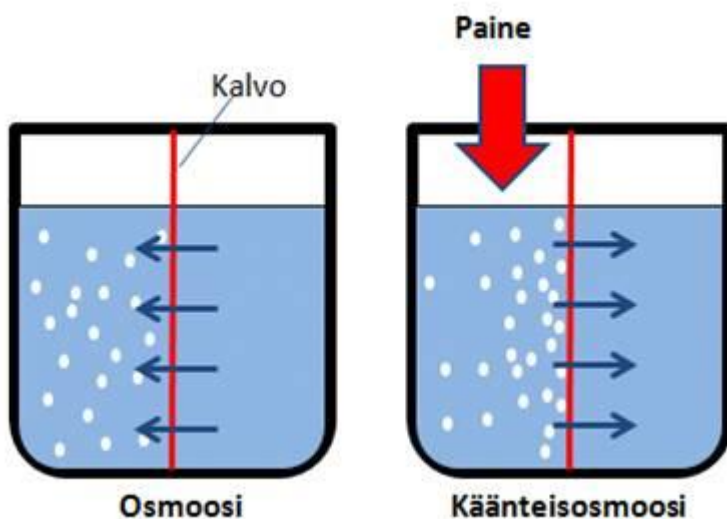
### 2.4 Kalvosuodatus

Vedenpuhdistuksessa voidaan käyttää myös esimerkiksi erilaisia suodattimia. Veden suodatus voidaan jakaa neljään luokkaan riippuen poistettavien partikkelien ja molekyylien koosta. Kalvo- eli membraanisuoatus vaatii suurta paine-eroa. Suodatus on yleistynyt vedenkäsittelyssä viime vuosina sen alhaisten käyttökulujen vuoksi. Suodatuksen luokitukset ovat seuraavat:

Taulukko 1 Eri kalvosuodatustyyppit.

	Mikrosuoatus	Ultrasuoatus	Nanosuoatus	Käänteisosmoosi
Partikkelikoko	> 0.1 $\mu\text{m}$	0.1 - 0.01 $\mu\text{m}$	0.01 - 0.001 $\mu\text{m}$	< 0.001 $\mu\text{m}$
Partikkelin tyyppi	Suspendoituneet partikkelit	Bakteerit, virukset	Mikromolekyyliset orgaaniset yhdisteet	Ionit

Suspendoituneet partikkelit ovat suurempia partikkeleita, jotka usein erottuvat jo ennen suodatusta vedestä. Yleisesti ottaen alle mikrometrin kokoisten partikkelien poisto vaatii kalvosuodatusta. Tiheimmillä kalvosuotimilla saadaan parhaimmillaan ionitkin poistettua. Käänteisosmoosilla tarkoitetaan luontaisen osmoosin käänteistä toimintaa. Aiheuttamalla suuri paine kalvon väkevämmälle, eli kontaminoituneelle, puolelle, voidaan paineen avulla pakottaa vain vesimolekyylit kulkeutumaan kalvon puhtasvesipuolelle. Normaalisti osmoosissa väkevyys tasoittuu, mutta käänteisosmoosissa väkevä puoli väkevöityy entisestään puhtaan veden kulkeutuessa kalvon läpi. Tällä tavalla saadaan jopa yli 95 prosenttia suoloista poistettua. Tämä on tehokas tapa esimerkiksi poistaa suolaa merivedestä. Maailmalla on tuhansia käänteisosmoosilaitoksia juomaveden tuottamiseksi merivedestä.



Kuva 1 Käänteismoosi

## 3 LAATUVAATIMUKSET

### 3.1 Mikrobit

Yksi tärkeä asia talousveden laatua tarkkailtaessa on varmistaa, että mikrobien määrä talousvedessä on käytännössä nolla. Yleisempiä mikrobeja, joita juomavedestä tarkkaillaan on *Escherichia coli*, suolistoperäiset enterokokit, sekä koliformiset bakteerit.

#### 3.1.1 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* eli kolibakteeri, on yksi yleisimmistä talousveden saastuttajabakteereista. Yleensä kolibakteerin läsnäolo talousvedessä tarkoittaa sitä, että vesi on ulostesaastunutta. Kolibakteeri elää tavallisesti tasalämpöisten eläinten ruoansulatuskanavan alapäässä. Myös ihmisen suolistossa esiintyy kolibakteeria. Kolibakteeria käytetään vedenpuhdistuksessa eräänlaisena saastuneisuusasteen mittarina, pääasiassa sen takia, että ihmisen ulosteessa on paljon enemmän koliformisia bakteereja kuin esimerkiksi patogeenejä. Kolibakteeri voidaan analysoida tarvittaessa nopeasti. /6/

Normaalitilanteessa kolibakteeri onkin täysin vaaraton, mutta voi aiheuttaa tulehduksia silloin, kun se pääsee leviämään jonnekin muualle kuin ruoansulatuskanavaan. Yleisimpiä tulehduspaikkoja ihmisessä on virtsaputki ja vatsaontelo, mutta joissain tilanteissa se voi levitä myös esimerkiksi keuhkoihin. Yleisimmät oireet kolibakteeritulehduksessa on ripulina ilmenevä suolistotulehdus.

#### 3.1.2 Koliformiset bakteerit

Koliformiset bakteerit ovat myöskin käytössä juomaveden hygienia-astetta määritettäessä. Koliformiset bakteerit (poislukien *Escherichia coli*) saattavat olla peräisin ulosteen lisäksi myös maaperästä, kasveista tai jätevedestä. Koliformiset

bakteerit eivät niinkään osoita mahdollista ulostesaastumista, vaan enemmänkin veden yleistä likaantumista, joka saattaa johtua esimerkiksi pintaveden pääsystä kaivoon. /7/

### 3.2 Metallit

Vesianalyysessä tehtäessä metallien pitoisuuksien määritykset ovat iso osa tutkimusta. Joitain metalleja saa esiintyä talousvedessä pieniä määriä, eikä ongelmia pitäisi esiintyä, mutta esimerkiksi raskasmetalleja vedessä ei saisi esiintyä juuri ollenkaan. Keskimääräisesti vesilaitosten saamissa tuloksissa on nähtävissä, että Suomessa talousveden metallipitoisuudet ovat selvästi alle raja-arvojen. Tutkittavia metalleja ovat muunmuassa kupari ja rauta, jotka ovat yleisimpiä metallimateriaaleja putkistoissa. Näiden lisäksi tutkitaan myös raskasmetallien pitoisuuksia, esimerkiksi lyijy ja kadmium. Raskasmetallien pitoisuuksien tulee olla käytännössä olematon, puhutaan alle 10 mikrogramman pitoisuuksista litrassa. /8/

### 3.3 Orgaaniset aineet

Orgaanisilla aineilla tarkoitetaan veteen mahdollisesti liuenneita ainesosia, kuten esimerkiksi eläinten jätöksiä tai kasvien ainesosia. Ne liukenevat veteen, joten ne ovat käytännössä mahdotonta havaita pelkästään katsomalla, mutta suuret määrät orgaanisia aineita aiheuttavat vedessä ruskeahkoa väriä sekä maku- ja hajuhaittoja. Tässä yhteydessä yleensä puhutaan humuksesta. Termi, joka viittaa maaperän aineisiin, joita veteen on liuenneena. Tähän sisältyy kasvien maatumisesta ja muuttumisesta kangasturpeeksi tulevat aineet. Valtaosa Suomen järvistä on humuspitoisia, mikä näkyy niiden ruskeassa värityksessä hyvin selvästi. Analyyseissä puhutaan yleensä CODMn-luvusta, joka käytännössä kertoo veden humuspitoisuuden milligrammoissa litrassa.

### 3.4 pH, johtokyky ja sameus

Nämä kolme ominaisuutta ovat niisanottuja perusmäärytyksiä, jotka on helppo mitata nopeasti sähköisillä mittalaitteilla. Niillä on myös merkitystä muihin analyysihin, varsinkin pH vaikuttaa suuresti kemiallisten reaktioiden etenemiseen.

/8/

#### 3.4.1 pH

pH kuvaa veden happamuutta tai emäksisyyttä. Suomessa pohjavesi on yleensä hapanta, eli pH on alle 7. Tämä on useasti ongelma sillä hapan vesi syövyttää putkistoja ja saattaa aiheuttaa suuriakin vesivahinkoja. Tämän takia pH:n säätö korkeammaksi on yksi tärkeimmistä perustoimista vedenpuhdistuksessa.

#### 3.4.2 Johtokyky

Sähkönjohtokyvyn arvo tulee veteen lienneiden suolojen määrästä. Mitä enemmän suoloja, sitä enemmän vesi johtaa sähköä. Pohjavesissä yleisin sähkönjohtavuuden aiheuttaja on kloridi, joka aiheuttaa myös korroosiota. Suomessa pohjavesien sähkönjohtavuus on yleensä alle 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 3.4.3 Sameus

Sameus viittaa siihen, kuinka paljon kiinteitä hiukkasia vedessä on. Kiinteät, liukenemattomat, partikkelit aikaansaavat valon sirontaa, joka näkyy sameutena. Korkea sameus aiheuttaa sen, että veden läpinäkyvyys katoaa lähes kokonaan. Yleisempiä sameuden aiheuttajia ovat savi ja rauta. Lisäksi erinäiset saostumat, esimerkiksi mangaani ja kalkki, voivat aiheuttaa sameutta. Sameudella ei sinänsä ole terveydellisiä haittavaikutuksia, mutta se on esteettinen haitta. Useasti hanasta vettä

ottaessa saattaa näyttää, että talousvedessä olisi sameutta, mutta yleensä se on vain vedessä olevaa ilmaa, joka erkaantuu ilmakehään nopeasti. Yksikkönä sameudessa käytetään NTU tai FTU merkintää, jotka ovat numerollisesti samanarvoisia. Tavoitearvona on alle 1 FTU.

### 3.5 Typpipitoisuus

Vedestä analysoidaan myös typpiyhdisteiden pitoisuuksia. Käytännössä tämä tarkoittaa ammoniumin, nitraatin ja nitriitin pitoisuuksien määrittystä. Yleensä typpiyhdisteitä tulee veteen lannoitteista, jätevesistä ja orgaanisten aineiden hajoamisesta. Typpiyhdisteistä aiheutuu veteen maku- ja hajuhaittoja. Typpiyhdisteet aiheuttavat myös usein järvien rehevöitymistä ja typenpoistoa on käytetty rehevöitymisen estämiseksi. Yksikkönä typpipitoisuuksille käytetään milligrammaa litrassa.

### 3.6 Kalkkipitoisuus eli veden kovuus

Veden kovuudella tarkoitetaan yleensä veden kalsium- ja magnesiumipitoisuutta. Liian korkea pitoisuus aiheuttaa vedessä kalkkisaostumia, joilla on tapana tahrata ja tukkia vesilaitteistoja ja putkistoja. Lisäksi esimerkiksi talousvedessä korkea kovuus aiheuttaa kalkkitahroja vaatteita pestäessä sekä hyvän pesutuloksen saaminen vaatii enemmän pesuainetta. Yksikkönä kovuudelle käytetään saksalaista dH-yksikköä, joka määritellään kaavalla (2):

$$1 \text{ } ^\circ\text{dH} = 10 \text{ mg CaO/L} \quad (2)$$

Vesi on pehmeää, kun sen kovuus on 0...5 °dH ja keskikovaa, kun kovuus on 5...10 °dH. Kovuudelle ei sinänsä ole raja-arvoja, mutta kovuuden noustessa myös veden kalsiumipitoisuus nousee. Korkea kalsiumipitoisuus voi aiheuttaa tukkeutumia ja muita ongelmia /8/. Kovuutta voidaan poistaa esimerkiksi lisäämällä veteen



soodaa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), joka saostaa vedestä kalsiumia liukenemattomaksi kalkkikiveksi ,  
ks. (3).

Tämä ei ole Suomessa välttämätöntä johtuen vesien pehmeydestä.



## 4 VESIANALYYSIT

### 4.1 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena oli määrittää asuntoyhtiön veden laatu. Työnantajana oli XXXXXX. Asunnoista oli tullut jonkin verran valituksia veden laadusta. Valituksien aihe oli kalkkitahrojen runsas ja nopea muodostuminen. Ennen näytteidenottoa jokaiselle asunnolle jaettiin pienimuotoinen kysely, jossa määritettiin ongelmien laatua ja laajuutta. Kysely on nähtävissä liitteenä. Kyselyn tuloksista tehty kooste myöhemmin omassa osiossaan. Näytteitä otettiin eräästä asunnosta ja asuntoyhtiön vedenjakopisteestä. Näytteiden tuloksia vertaamalla selvitettiin onko asuntoyhtiön omassa putkistossa ongelmakohtia.

### 4.2 Näytteet

Näytteeksi otettiin vesijohtovedestä eri kellonaikoihin vesinäytteitä. Jokaisena kellonaikana otettiin osa kestäväitynä ja osa ilman kestäväointiä, jotta osa määrittämisistä pystyttiin tekemään ilman, että kestäväointi häiritsee tulosten saantia. Kestäväointi tehtiin lisäämällä jokaiseen kestäväitämiseksi tarkoitettuun näytepulloon vahvaa rikkihappoa. Näytevesi tulee Nurmijärven vesilaitokselta, jonka vedestä suuri osa on pohjavettä.

Näyte 1: Otettu aamulla noin klo 6 ennen kuin asukkaat olivat kerinneet käyttämään talousvettä.

Näyte 2: Päivällä noin klo 3 aikaan vesijakopisteestä, jotta saatiin verrattua eroja asunnon ja vesijakopisteen välillä.

Näyte 3: Päivällä noin klo 3 asunnon hanasta.

Näyte 4: Keskiyön aikoihin asunnon hanasta.

### 4.3 Analyysien suoritus

Tässä kappaleessa käydään läpi eri analyysimenetelmät, sekä tarvittavat laskumenetelmät tulosten saamiseksi.

#### 4.3.1 pH

Ensimmäisenä näytteistä tehtiin perusmääritykset. Tulosvertailua varten etsittiin Nurmijärven vesilaitoksen viimeisimmät analyysiarvot. Analyysissä käytettiin ei-säilöttyjä näytteitä, jotta rikkihapon aiheuttama pH-muutos ei häiritse tulosten saamista. Analyysit tehtiin SAMK:n kemian laboratoriossa sijaitsevilla laitteilla. pH:n määrittämiseen käytettiin laboratorion pH-mittaria.

pH-mittaus suoritettiin tekemällä laitteen ohjeiden mukainen kalibrointi valmiilla kalibrointinesteillä. Kalibroinnin jälkeen laite oli valmis käyttöön. Mittaus suoritettiin asettamalla pH-mittarin elektrodi tutkittaviin näytteisiin, jolloin mittari antoi pH-arvon luettavaksi näytölle. pH-mittaus suoritettiin ensimmäisenä kaikista analyyseistä sen takia, että näytepulloissa oleva vesi reagoi ilmassa olevan hapen kanssa ja tulokset saattavat alkaa vääristymään ajan kanssa.

#### 4.3.2 Sameus

Näytteiden sameudet mitattiin laboratoriossa sijaitsevalla sameusmittarilla. Mittarille suoritettiin ensin kalibrointi. Kalibrointi-arvoina käytettiin 1000 NTU, 10 NTU ja 0,2 NTU. Kalibroinnin jälkeen näytteistä määritettiin niiden sameus. Näytettä kaadettiin korkilliseen lasipulloon ja asetettiin laitteessa olevaan näytepaikkaan. Tulokset olivat luettavissa laitteen näytöltä. Mittauksissa käytetty yksikkö NTU vastaavat suuruudeltaan FTU-yksiköitä, mutta perustuu eri määritysstandardiin.

### 4.3.3 Johtokyky

Johtokyvyn määrittäminen suoritettiin myös laboratoriossa sijaitsevalla mittauslaitteella. Laitte kalibroitiin käyttöohjeiden mukaisesti. Mittaus suoritettiin asettamalla elektrodi vesinäytteeseen ja tulokset olivat luettavissa laitteen näytöltä.

### 4.3.4 Veden kovuus

Ensimmäisenä kunnan analyysinä tehtiin standardin SFS-3003:n mukainen veden kalsiumin ja magnesiumin summan määrittäminen. Kyseessä oli titrimetrinen menetelmä. Standardin mukaista menetelmää käytetään useasti veden kovuuden määrittämiseen pohja-, pinta-, juoma- ja syöttövedestä. Vaihtoehtoisesti määrittäminen voitaisiin tehdä myös atomiabsorptiospektrometrillä standardin SFS-3018 mukaisesti. /8/

Analyysissä tarvittiin seuraavia liuoksia:

#### Puskuriliuos, pH 10,0

Puskuriliuos valmistettiin lisäämällä 155 ml väkevää suolahappoa (HCl) ja 310 ml aminoetanolia (C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO) 400 millilitraan vettä. Tähän liuotettiin 1,5 grammaa EDTAn dinatriummagnesiumsuolaa (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) ja liuos laimennettiin litraan. Liuos tulee säilyttää polyeteenipullossa. Ennen analyysien aloitusta puskuriliuokselle tehtiin pH-tarkistus. pH:n tulee olla 9,9 ja 10,1 arvojen välissä. Tarkistuksessa liuoksen pH-arvona oli 10,02, joka oli selvästi raja-arvojen sisällä ja näin puskuriliuosta sai käyttää analyysin suorittamiseen.

#### Indikaattoriliuos

Indikaattorina käytettiin eriokromimusta T:stä tehtyä liuosta. Liuos valmistetaan liuottamalla 0,5 grammaa eriokromimusta T:tä seokseen jossa on 50 millilitraa trietanoliamiinia (C<sub>16</sub>H<sub>15</sub>NO<sub>3</sub>) ja 50 millilitraa 96-prosenttista etanolia (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

EDTA-liuos, 0,01 mol/l

Liuotetaan 3,722 grammaa EDTAn dinatriumsuolaa ( $C_{10}H_{16}N_2O_8$ ) veteen 1000 millilitran mittapullossa ja laimennetaan merkkiin asti.

Määrittäminen suoritettiin siirtämällä 50 millilitraa näytettä 250 millilitran erlenmeyerkolviin. Liuokseen lisätään samalla sekoittaen 4 millilitraa puskuriliuosta ja 3 tippaa indikaattoriliuosta. Liuoksen väri vaihtelee viininpunaisesta violettiin. Näyte titrataan välittömästi EDTA-liuoksella. Titraus on valmis kun punainen värinsävy on kokonaan kadonnut. Määrittäminen toistettiin jokaiselle näytteelle erikseen.

EDTA-liuoksen kulutuksesta saadaan selville määrittämyksen tulokset käyttämällä seuraavaa kaavaa. Tulos on luokkaa mmol/l.

$$x = \frac{1000 \cdot c \cdot V}{V_1} \quad (2)$$

Jossa,

V on näytteen tilavuus, 50 millilitraa

c on EDTA-liuoksen konsentraatio mol/l

$V_1$  on titraukseen kuluneen EDTA-liuoksen tilavuus, ml

#### 4.3.5 Veden kemiallisen hapon kulutuksen eli $COD_{mn}$ -arvon määrittäminen

Määrittäminen käytetään tietyntyyppisten vesien orgaanisen aineksen määrän arviointiin. Määrittäminen tehtiin SFS-3036 standardin mukaisesti. Orgaanisella aineella viitataan yleensä humukseen jota muodostuu eloperäisten aineiden maatumisesta ja kasvien muuttumisesta kangasturpeeksi. Humus suurissa määrissä värjää veden ruskeaksi. Nollanäytteenä käytetään 10 millilitraa ionivaihdettua vettä joka käsitellään samalla tavalla kuin muutkin näytteet. /10/

Tarvittavia liuoksia:

Kaliumpermanganaattiliuos, 0,02 mol/l

Liuotetaan 3,2 grammaa kaliumpermanganaattia ( $\text{KMnO}_4$ ) litraan ionitonta vettä. Liuos kuumennetaan kiehuvaaksi (noin 30 minuuttia) ja suodatetaan lasikuitusuodattimen läpi. Liuos tulee säilyttää tummennetussa lasipullossa auringolta suojattuna.

Kaliumpermanganaattiliuos 0,002 mol/l

Laimennetaan edellistä liuosta 10 millilitraa 100 millilitran mittapulloon ja täytetään merkkiin asti.

Rikkihappo 4 mol/l

Lisätään varovaisesti samalla sekoittaen 220ml väkevää rikkihappoa ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) noin 600 millilitraan vettä. Liuos jäähdytetään huoneenlämpöiseksi ja laimennetaan litraksi. Väkevän rikkihapon tiheys tulee olla noin 1,84 grammaa / millilitra.

Kaliumjodidiliuos 0,1 mol/l

Liuotetaan 4,15 grammaa kaliumjodidia (KI) veteen ja laimennetaan 250 millilitraksi.

Tärkkelysliuos

Sekoitetaan 1 gramma tärkkelystä 100 millilitraan vettä. Seos lämmitetään noin 80 asteiseksi ja annetaan jäähtyä. Kestävöimiseksi voidaan lisätä 0,1 grammaa salisyylihappoa.

Natriumtiosulfaatti ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) noin 0,01 mol/l

Liuotetaan 2,5 grammaa natriumtiosulfaattipentahydraattia veteen. Lisätään 0,1 grammaa vedetöntä natriumkarbonaattia ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) liuoksen kestäväimiseksi ja laimennetaan liuos litran mittapulloon. Liuoksen tarkistukseen löytyy standardista ohje.

Määritys suoritetaan käyttämällä kestävyitä vesinäytteitä. Otetaan 10 millilitraa näytettä keittoputkeen ja lisätään siihen 0,5 millilitraa rikkihappoa (4 mol/l) ja 2 millilitraa kaliumpermanganaattiliuosta (0,002 mol/l). Tämä tehdään jokaiselle näytteelle erikseen. Putkien annetaan olla kiehuessa vesihauteessa tasan 20 minuuttia. Välittömästi sen jälkeen putket tulee jäähdyttää huoneenlämpöiseksi vesihanavan avulla ja sitten näytteisiin lisätään 1 millilitra kaliumjodidiliuosta, sekä 0,25 millilitraa (noin 5 tippaa) tärkkelysliuosta. Näytteet titrataan natriumtiosulfaattiliuoksella (0,01 mol/l) samalla sekoittaen kunnes sininen väri katoaa. Kirjoitetaan ylös tiosulfaatin kulutus.

Orgaanisen aineen määrän saadaan laskettua seuraavalla laskukaavalla:

$$COD_{mn} = (V_2 - V_1) * c * 800 * f \quad (3)$$

Jossa,

$V_2$  = Nollanäytteen kulutus

$V_1$  = Tiosulfaatin kulutus titrattaessa

$c$  = tiosulfaatin pitoisuus

$f$  = laimennuskerroin (tässä tapauksessa  $f=1$ )

Laskukaavalla saadaan  $COD_{mn}$  arvo. Tulos tulee ilmoittaa kahden desimaalin tarkkuudella.  $KmO_4$ -luku saadaan kertomalla  $COD_{mn}$ -luku 3,95'illä. Tulokset ovat yksikkönä mg/l. Tulokset on nähtävillä tuloksille tarkoitetussa kappaleessa.

#### 4.3.6 AAS-määritykset

AAS eli Atomiabsorptiospektrometri viittaa laitteeseen, jota käytetään yleisesti alkuaineiden pitoisuuksien määrittämiseen. Laitetta käyttämällä pystytään yleensä määrittämään metallien pitoisuuksia, mutta esimerkiksi epämetalleja ja halogeenejä se ei yleensä pysty määrittämään. Laite ei myöskään havaitse yhdisteitä vaan yhdisteet hajoitetaan alkuainemuotoihin yksittäisen alkuaineen määrittämistä varten.

Näytteet tulevat olla nestemäisessä muodossa. Näytteistä tulee aina poistaa orgaaniset aineet ja näytteet tulee myös suodattaa tarpeen mukaan ettei hiukkaset pääse tukkimaan AAS-laitteen sumutinta. AAS-laitteet usein luokitellaan sen mukaan millä tavalla määritettävä aine saadaan atomimuotoon. Yleisin tekniikka on liekkitekniikka (FAAS), jossa näyte syötetään erittäin kuumaan liekkiin, jolloin liuoksen sisältämät alkuaineet muuttuvat atomimuotoon. Toiseksi yleisin tapa on grafiittiuunitekniikka (GFAAS) jossa näyte liekin sijasta atomisoidaan kuumentamalla sitä sähkövirran avulla pienessä grafiittiputkessa. Nämä kaksi menetelmää ovat yleisimmät AAS-menetelmät ja niitä pystyy käyttämään lähes kaikkiin AAS-määrittäisiin. Jotkin alkuaineet kuitenkin vaativat oman menetelmänsä ja näitä varten on kehitetty erillisiä erikoismenetelmiä, esimerkiksi kylmähöyrytekniikka ja hybriditekniikka.

AAS-laitetta käytettäessä nestemäinen näyte syötetään laitteeseen, jolloin näytteen yhdisteet hajotetaan kuumentamalla atomeiksi, yleensä liekkitekniikalla. Tutkittavan aineen atomit viritetään UV-valon avulla viritystilaan, jolloin atomi alkaa absorboimaan valoa siirtyessään perustilasta viritystilaan. Säteilylähteenä käytetään yleensä onttokatodilamppua tai elektroditonta purkauslamppua. Mitä enemmän säteilyä absorboituu, sitä enemmän alkuainetta näyte sisältää. Vertaamalla näytteeseen kohdistettua säteilyn määrää ja sen läpäissyttä säteilyn määrää saadaan mittaus kvantitatiivisesti Lambert-Beerin lain mukaisesti suoritettua. Tekemällä mittaukset myös jo etukäteen tehdyille liuossarjalle jonka pitoisuudet ovat tiedossa, voidaan tuloksista piirtää suoran. Sijoittamalla näytteen tuloksen suoralle voidaan graafisesti määrittää näytteen pitoisuuden. Yleisesti AAS-laitteilla ei tarvitse enää manuaalisesti suoraa katsomalla määrittää tuloksia, vaan ne antavat pitoisuuden automaattisesti vertaamalla näytteen arvoa standardisuoran arvoihin.

Tässä työssä AAS-laitteella tehtiin määrittäisiä seuraaville alkuaineille: kalsium (Ca), rauta (Fe), nikkeli (Ni), kupari (Cu), kromi (Cr) ja lyijy (Pb). Laite antaa tulokset yksikkönä mg/l. Kaikki analyysit tehtiin samalla laitteella ja standardisarjojen valmistus tarkistettiin laboratoriotiloissa olevasta kemian käsikirjasta.



## 5 ANALYYSIEN TULOKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi eri analyysien tuloksia sekä vertaillaan niitä lain säätämiin raja- ja suositusarvoihin. /12/

Seuraavassa taulukossa on listattu näytteiden ottopaikat ja kellonaika jolloin näyte otettiin. Näyte 5 on koulun vesihanasta otettu vertailunäyte, jota käytettiin suurimmassa osassa analyysejä tuloksien vertailuun erilaisissa olosuhteissa.

Taulukko 2 Näytteiden ottopaikat ja ajankohdat

Näytteen nro.	Ottopaikka	Ajankohta
1	Asunnon vesihana	06:00
2	Vedenottopisteestä	14:45
3	Asunnon vesihana	14:45
4	Asunnon vesihana	00:00
5 (vertailunäyte)	Koulun vesihana	

### 5.1 Asuntoihin jaettu kysely

Taloyhtiössä oli kaksitoista asuntoa ja yhdeksästä asunnosta vastattiin kyselyyn. Kyselyssä kysyttiin veden ulkoisista tekijöistä kuten väristä ja sameudesta. Makuun liittyvistä asioista ja muista tekijöistä, joita saattaisi ilman analyyttisiä menetelmiä havaita. Lisäksi kysyttiin myös kalkkitahrojen synnystä pesutiloissa ja kalkkikertymistä esimerkiksi kahvinkeitimissä ja muissa vettä käyttävissä laitteissa. Kyselyn tuloksista saatiin selville, että ainoastaan kalkkitahroista oli ongelmia talousveden kanssa. Kaikki asunnot olivat vastanneet kyselyyn, että kalkkiongelmat olivat yleisiä heidän asunnoissaan. Muita haittoja kyselystä ei luotettavasti saatu selville. Yksittäisiä mainintoja sameudesta ja oudosta mausta saatiin, mutta sameus on saattanut johtua ilmakehän vedessä ja oudolle maulle ei saatu muita vahvistuksia.

## 5.2 pH, sameus ja johtokyky

Taulukko 3 Perusmittausten tulokset

Näyte	pH	Johtokyky, μS/cm	Sameus, NTU
1	7,13	329	0,41
2	7,11	340	0,22
3	7,30	348	0,20
4	7,38	332	0,21
Suositus	6,5-9,5	< 2500	< 1

Saaduista mittausarvoista nähdään, että kaikki arvot olivat maksimi raja-arvon alapuolella ja normaalilukemissa.

## 5.3 Veden kovuus

Taulukko 4 Veden kovuuden mittaustulokset

Näyte	EDTAn kulutus (ml)	x (mmol/l)	°dH
1	6,97	1,394	7,82
2	7,25	1,450	8,14
3	7,43	1,486	8,34
4	7,20	1,440	8,08
5	3,70	0,740	4,15

Taulukon °dH arvot vastaavat saksalaisen kovuusasteikon arvoja. Vertaamalla arvoja seuraavan taulukon arvoihin saadaan selville kuinka kovaa näytevesi on.

Taulukko 5 Kovuuden tasot ja niiden vastaavat arvot

Kovuus	x'n arvo (mmol/l)	°dH
Erittäin pehmeää	0 - 0,55	0 - 3
Pehmeää	0,55 - 1,10	3 - 6
Keskikovaa	1,10 - 1,60	6 - 9
Kovahkoa	1,60 - 2,15	9 - 12
Kovaa	2,15 - 3,20	12 - 18
Erittäin kovaa	3,20+	18+

Vertaamalla analyysien tuloksia voidaan todeta, että näytevesiemme kovuudet ovat melko korkealla. Saatiin tasaisesti yli 8°dH:n tuloksia, joka lähentelee jo melko kovan veden arvoa. Vertailunäytteemme, joka oli koulun laboratorion vesihanasta otettu antoi vain 4,15°dH'n arvon, joka on sopivan pehmeää vettä. Korkea kovuus on luultavasti pääsyy siihen, että kalkkitahroja syntyy nopeasti asuntoyhtiön asunnoissa.

#### 5.4 Veden kemiallisen hapen kulutus eli COD<sub>mn</sub>-arvo

Taulukko 6 COD<sub>mn</sub>-analyysin tulokset

Näyte	Kulutus (ml)	COD <sub>mn</sub>	KmNO <sub>4</sub>
1	1,79	0,40	1,58
2	1,80	0,32	1,26
3	1,84	0	0
4	1,84	0	0
5	1,74	0,8	3,16
nollanäyte	1,84		

Nollanäytteenä käytettiin deionisoitua vettä. COD<sub>mn</sub>-arvon enimmäispitoisuutena pidetään 5 mg/l ja KmnO<sub>4</sub>-luvun enimmäisarvo on 20 mg/l. Tuloksista selvästi nähdään, että näytteissä on erittäin pieni liuenneen orgaanisen aineen pitoisuus. Näytteissä 3 ja 4 pitoisuudet olivat käytännössä olemattomat.

#### 5.5 AAS-määritysten tulokset

Tässä osiossa on taulukoituna AAS-määritysten lopputulokset. Standardisuorat nähtävillä liitteinä. Osa määrittämisistä laitettu samaan taulukkoon käytännöllisyyden vuoksi. Kaikki määrittämiset tehtiin samalla AAS-laitteistolla. AAS-laite oli liekkitekniikalla toimiva. Sopivat standardisarjat ja niiden tekemisen ohjeet katsottiin laboratoriotiloissa löytyvästä kemian käsikirjasta. Saadut standardikäyrät nähtävillä liitteissä 2-4.

### 5.5.1 Rauta ja Kalsium

Taulukko 7 AAS-laitteella saadut raudan ja kalsiumin pitoisuudet

Näyte	Rauta, mg/l	Kalsium, mg/l
1	0,12	19,88
2	0,16	20,65
3	0,14	20,67
4	0,19	20,29
Maksimiarvo	0,20	

Analyysituloksista nähdään, että rautapitoisuudet ovat enimmäisarvon alapuolella ja eivät pitäisi aiheuttaa mitään ongelmia. Kalsium-pitoisuudelle ei ole olemassa mitään suositus- tai maksimi-arvoja, mutta yleisesti ottaen veden kovuutta käytetään sen määrittämiseen. Saadut analyysiarvot ovat kuitenkin melko korkeat. Joissain tilanteissa pidetään tärkeänä, että kalsiumin pitoisuus on yli 10 mg/l, jotta korroosio vähentyisi.

### 5.5.2 Nikkeli ja Kupari

Taulukko 8 AAS-laitteella saadut nikkelin ja kuparin pitoisuudet

Näyte	Nikkeli, mg/l	Kupari, mg/l
1	0,012	0,138
2	0,036	0,161
3	0,005	0,088
4	0,003	0,090
Suositus	0,020	2,0

Taulukosta nähdään, että kuparin pitoisuudet ovat selvästi kunnossa ja eivät aiheuta ongelmia. Nikkelin tapauksessa näyte 2 antoi raja-arvoa korkeamman tuloksen. Näissä AAS-analyyseissä pitää ottaa huomioon, että standardeina käytetään milligrammojen pitoisuuksia, joten saadut arvot ovat selvästi liian pieniä osuakseen standardikäyrälle. Tulokset ovat enemmänkin suuntaa-antavia kuin tarkkoja tuloksia. Saaduista tuloksista voisi arvioida, että arvot ovat tarpeeksi alhaisia ja ongelmia ei pitäisi syntyä.

### 5.5.3 Kromi ja Lyijy

Taulukko 9 AAS-laitteella saadut kromin ja lyijyn pitoisuudet

Näyte	Kromi, mg/l	Lyijy, mg/l
1	0,074	0,084
2	0,067	0,091
3	0,069	0,072
4	0,080	0,066
Suositus	0,050	0,010

Näissä tuloksissa pitää myös ottaa huomioon, että standardeina on käytetty milligrammojen pitoisuuksia. Kaikki saadut tulokset ovat yli maksimiarvon joskin ottaen huomioon standardien pitoisuudet ja AAS:n epätarkkuuden erittäin pienissä pitoisuuksissa, on vaikeaa arvioida onko pitoisuudet oikeasti liian korkeat vai onko tuloksissa tapahtunut vain pientä virhettä. Todennäköisesti arvot ovat kunnossa ja jos tulokset antaisivat milligramman luokkaisia pitoisuuksia, niin niihin kiinnitettäisiin lisää huomiota.

## 6 VEDEN LAATU ERI PUOLILLA SUOMEA

Suomen sisäiset laatuvaatimukset ovat luonnollisesti samoja eri puolilla Suomea, mutta veden laadussa on tietenkin myös vaihtelua. Esimerkiksi pH:n arvo heittelee riippuen talousveden lähteestä ja eri käsittelytavoista. Tässä kappaleessa vertailemme saamiamme tuloksia ja eri vesilaitosten analyysituloksia Suomen alueella. Tuloksista saadaan parempi kuva veden laatuvaihteluista. Suurin osa vesilaitosten arvoista ovat vuodelta 2013, mutta kelpaavat hyvin vertailutarkoitukseen. Vesilaitoksia vertailutarkoitukseen yritettiin valita joka puolelta Suomea, jotta nähtäisiin millä tavalla sijainti vaikuttaa eri arvoihin.

### 6.1 Saatujen tulosten vertailu Nurmijärven vesilaitoksen analyysieihin

Tärkeänä vertailukohteena on luonnollisesti Nurmijärven vesilaitoksen tulokset, sillä vesinäytteemme ovat otettu heidän toimialueelta. Seuraavaan taulukkoon on koottu saamiamme tuloksia ja Nurmijärven vesilaitoksen viimeisimpiä analyysituloksia.

/12/

Taulukko 10 Nurmijärven vesilaitoksen analyysiarvot vuodelta 2013

Paikka	pH	kovuus dH	määrittely	Kalsium, mg/l
Nurmijärven vesi	7,8	6,4	keskikova	34,5
Analyytitulokset	7,23	8,1	keskikova	20,37
Raja-arvo	6,5-9,5	ei raja-arvoa		ei raja-arvoa

Vertailemalla tuloksia voimme todeta, että saamamme tulokset olivat lähellä samaa tasoa, kuin mitä Nurmijärven vesilaitos oli saanut samasta vedestä vuonna 2013. Vesilaitoksen tuloksissa näkyy korkeahko kalsium-määrä, joka selittää pidemmälle kalkkitahrojen suurta määrää. Kalsiumin määrä ei kuitenkaan ole mitenkään poikkeuksellisen korkea. Koska siihen ei ole olemassa mitään lain määräämää raja-arvoa, sitä on vaikea ruveta arvioimaan.

## 6.2 Eri vesilaitosten saamia tuloksia ympäri Suomea

Seuraaviin taulukoihin on kerätty eri puolilta Suomea vesilaitosten saamia analyysituloksia. Näin saadaan selville millä välillä arvot yleensä heittelevät Suomen alueella. /14/15/16/17/18/19/

Taulukko 11 Vesilaitosten talousveden laatutietoja eri puolelta Suomea 1/2

Paikka	pH	sameus, NTU	johtokyky, µS/cm	kovuus dH	määrittely	CODmn, mgO/l
Porin Vesi	8,3	0,21	172	~4	pehmeä	1,5
HSY, Helsinki	8,4	0,09	14,3	2,8	pehmeä	0,91
Oulun Vesi	8,4	0,11	18,6	4,6	pehmeä	-
Tampereen Vesi	7,7-9	< 0,17	140-280	-	-	-
Turun Vesi	8,6	0,13	195	4,2	pehmeä	1,29
Kuopion Vesi	7,7	0,11	267	6	keskikova	1,30
Analyysitulokset	7,23	0,26	337	8,1	keskikova	0,18
Raja-arvo	6,5- 9,5	< 1	< 2500	ei raja-arvoa		5

Taulukko 12 Vesilaitosten talousveden laatutietoja eri puolelta Suomea 2/2

Paikka	Rauta, mg/l	Kalsium, mg/l	Nikkeli, µg/l	Kupari, µg/l	Kromi, µg/l	Lyijy, µg/l
Porin Vesi	0,054	-	< 2	< 10	< 5	< 10
HSY, Helsinki	0,051	20	-	0,6	0,08	< 0,1
Oulun Vesi	0,030	-	-	-	-	-
Tampereen Vesi	< 0,020	-	-	-	< 2	< 1
Turun Vesi	0,034	-	0,40	7	0,16	0,063
Kuopion Vesi	0,012	-	-	50	-	-
Analyysitulokset	0,15	20,37	14	120	7,2	7,8
Raja-arvo	0,20	ei raja-arvoa	20	2000	5	10

Taulukkoja tutkimalla voimme todeta, että saadut analyysitulokset ovat samaa luokkaa Suomen muiden alueiden kanssa. Saadut raskasmetallin analyysitulokset ovat enemmänkin suuntaa-antavia niiden epätarkkuuden takia pienissä määrissä ja siksi niitä ei oteta tässä arvioinnissa huomioon. Saaduissa tuloksissa veden kovuus on korkeampi kuin muualla Suomessa. Nurmijärven Veden omista tuloksista voidaan todeta, että se on hieman muuta Suomea korkeampi. Kalsiumin korkea määrä ja veden kovuus yhdessä ovat todennäköisimmät syyt kalkkitahrojen runsaaseen määrään.

Taulukoista näkee myös selvästi, että eri puolilla Suomea kaikki metallipitoisuudet ovat hyvin pitkälti samaa luokkaa. Ainoa missä on kunnan vaihtelua on kalsiumpitoisuus ja veden kovuus. Siinäkin suurimmassa osassa Suomea tuntuu olevan hyvin samanlaiset arvot. Keskipova vesi näyttää olevan melko harvinaista Suomessa ja analyysituloksien lisäksi ainoastaan Kuopiosta löytyi keskipovaa vettä.



## 7 YHTEENVETO

Tutkimus oli onnistunut ja kaikki määritykset saatiin tehtyä onnistuneesti. Mitään oikeita ongelmakohtia ei tuloksista löydetty ja kaikki arvot olivat lainsäädännön raja-arvojen sisällä. Korkea kalkkipitoisuus ja veden kovuus eivät niinkään ole terveydelle haitallisia, mutta suuri kalkkitahrojen muodostuminen on asukkaille epämukava esteettinen haitta. Lisäksi suuri kalkkimäärä asunnoissa voi myöhemmin tarkoittaa sitä, että asuntoyhtiön putkistot tukkeutuvat suuren kalkkimäärän takia. Tämä voi aiheuttaa virtauksen hidastumista ja näin hanasta tulee vähemmän vettä. Kalkkiarvot eivät kuitenkaan olleet niin paljon koholla, että ongelmia olisi realistisesti odotettavissa. Kuten vertauksessa huomattiin niin Nurmijärven vesilaitoksen omat tulokset olivat samaa luokkaa, kuin saadut analyysitulokset ja vesilaitoksella todettiin arvot hyväksi. Vaikka veden kovuus onkin muuta Suomea korkeammalla, arvo ei ole niin korkea, että asialle kannattaisi alkaa tekemään mitään.

Jos asiaa haluaa kuitenkin vielä tiedustella pitemmälle, niin yksi tapa ottaa selvää voisiko veden kovuutta ja kalkkipitoisuutta hieman laskea ottamalla yhteyttä vesilaitokseen. Vedenpuhdistusprosessissa usein käytetään kalkkivettä pH:n säätöön ja kalsium-pitoisuus auttaa myös korroosion estossa, joten sen pitoisuuden laskeminen saattaisi olla myös haitallista putkistoille.

On myös mahdollista, että kalkkia olisi päässyt kasaantumaan vedenjakopisteen laitteistoon riippuen kuinka usein laitteistoa on huollettu ja tarkastettu. Saaduista analyysituloksista päätellen tämä on kuitenkin epätodennäköistä, sillä kalsium-arvoilla ei ollut minkäänlaisia eroja vedenjakopisteen ja asunnoista otettuiden näytteiden välillä.

Teoreettisesti jos tilanne haluttaisiin ratkaista asuntoyhtiön toimesta, niin on olemassa myös vedensuodattimia. Vedensuodatin asennetaan vedenjakopisteeseen ja se suodattaa ylimääräiset kalkit ja usein muitakin mahdollisia haittatekijöitä pois. Nämä ovat kuitenkin usein kalliita ratkaisuja (laite ja asennus) ja että niiden toiminta jatkuisi niin usein ne vaativat patruunojen tai suodattimen vaihtoa tai elvytystä.

Tämä tuo lisää hintaa toimintaan. Laitteita löytyy erilaisia mitoituksia yhdestä taloudesta jopa kokonaisen kunnan suodatustarkoituksiin.

Kuten aiemmin kuitenkin mainittiin, niin kaikki arvot olivat kohdallaan ja vaikka kalkkitahrat ovatkin vaikeita päästä eroon ja esteettinen haitta, niin ne eivät kuitenkaan ole terveydelle haitallisia. Näin voidaan todeta, että tutkimus oli onnistunut ja tutkitut vesinäytteet täyttivät kaikki Suomen laissa määritetyt talousveden kriteerit.

## LÄHTEET

1. Finlex. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista. [verkkodokumentti]. [viitattu 17.05.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>
2. Vesilaitosyhdistys. Vesihuolto. Talousvesi. [verkkodokumentti]. [viitattu 25.12.2014]. Saatavissa: [http://www.vvy.fi/vesihuolto\\_linkit\\_lainsaadanto/talousvesi](http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/talousvesi)
3. Vesilaitosyhdistys. Vesihuolto. Vesiverkosto. [verkkodokumentti]. [viitattu 25.12.2014]. Saatavissa: [http://www.vvy.fi/vesihuolto\\_linkit\\_lainsaadanto/verkostot\\_ja\\_pumppaamot](http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/verkostot_ja_pumppaamot)
4. Helsinki. Kemia yhteiskunnassa. Vedenpuhdistus. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.12.2014] Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/vedenpuhdistus/vedenpuhdistus.htm>
5. Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitos. Vedenpuhdistuslaitoksella tapahtuvat toimenpiteet. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.12.2014]. Saatavissa: <http://www.sci.fi/~ehakola/vesi/helsinki/vanhanka.htm>
6. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Ruokamyrkytykset. Escherichia Coli. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.8.2014]. Saatavissa: <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa+elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia+aiheuttavia+bakteereja/escherichia+coli/>
7. Best Water Technology. Mikrobiologiset ongelmat. [verkkodokumentti]. [viitattu 22.8.2014]. Saatavissa: <http://www.hoh.fi/index.php?pageid=7&aid=36&lang=fi>
8. Best Water Technology. Kotitalousveden kemialliset ongelmat. [verkkodokumentti]. [viitattu 22.8.2014]. Saatavissa: <http://www.hoh.fi/index.php?pageid=7&aid=37&lang=fi>
9. SFS-3001. Veden kalsiumin määrittäminen. Titrimetrinen menetelmä. 1974. Vesihallitus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
10. SFS-3036. Veden kemiallisen hapen kulutuksen (COD Mn arvon tai KMnO<sub>4</sub> luvun) määrittäminen. Hapetus permanganaatilla. 1981. Vesihallitus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
11. Opetushallitus. Laboratorioanalyysit. Analyysimenetelmät. Atomiabsorptiospektrometria. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.8.2014]. Saatavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmät\\_5-3\\_atomiabsorptiospektrometria.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmät_5-3_atomiabsorptiospektrometria.html)
12. Finlex. Talousveden laatuvaatimukset- ja suositukset. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.12.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/pdf/sdliite/liite/4136.pdf>

13. Nurmijärvi. Talousveden laatu. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.12.2014].  
Saatavissa: [http://www.nurmijarvi.fi/kuntatieto\\_ja\\_paatoksenteko/liikelaitokset/nurmijarven\\_vesi/veden\\_laatumiedot](http://www.nurmijarvi.fi/kuntatieto_ja_paatoksenteko/liikelaitokset/nurmijarven_vesi/veden_laatumiedot)
14. Porin Vesi. Vuosikertomus 2013. Porin vesijohtoveden valvonta 2013. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.9.2014]. Saatavissa: [http://www.pori.fi/material/attachments/hallintokunnat/porinvesi/avo0F5wsD/Vuosikertomus\\_2013.pdf](http://www.pori.fi/material/attachments/hallintokunnat/porinvesi/avo0F5wsD/Vuosikertomus_2013.pdf)
15. Helsinki. Vesihuolto. Juomaveden laatu. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.9.2014]. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/vedenlaatu/Sivut/default.aspx>
16. Oulun Vesi. Laatu ja ympäristö. Talousveden käyttötarkkailun tulokset. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.9.2014]. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/oulu-vesi/talousveden-laatu-kuukausittain>
17. Tampereen vesi. Vedenlaatu 2013. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.9.2014]. Saatavissa: [http://www.tampere.fi/material/attachments/v/x5RAysX3E/internet\\_vedenlaatu2013.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/v/x5RAysX3E/internet_vedenlaatu2013.pdf)
18. Turku. Ympäristö. Veden laatu ja juomavesi. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.9.2014]. Saatavissa: <http://www.turku.fi/Public/default.aspx?contentid=56919>
19. Kuopio. Talousveden laatu Kuopiossa. [verkkodokumentti]. [viitattu 12.9.2014]. Saatavissa: [http://www.kuopio.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=b7a9ba1a-6ec9-4cd8-9aa1-5bb2473d8841&groupId=518539](http://www.kuopio.fi/c/document_library/get_file?uuid=b7a9ba1a-6ec9-4cd8-9aa1-5bb2473d8841&groupId=518539)

## Vesikysely

Hei! Nimeni on Niko Landen ja teen opinnäytetyönä asuntoyhtiölle talousveden laatututkimusta ja tuloksista riippuen annan mahdollisia korjausehdotuksia. Tämän kyselyn tarkoituksena on alustavasti määrittää minkälaisia ongelmia mahdollisesti tulee esille tutkimusta tehtäessä.

Tyhjään kohtaan voit täyttää oman vastauksesi jos mikään vaihtoehtoista ei ole osuva.

Jos useampi vaihtoehto pitää paikkansa niin ruksi jokainen paikkansapitävä vaihtoehto.

1. Talousvesi on normaalisti hajutonta ja mautonta. Joskus vedessä saattaa kuitenkin esiintyä metallisaostumia tai esimerkiksi liikamääriä suoloja jolloin makua saattaa esiintyä. Oletteko havainneet vedessä outoa makua?

- a) Kyllä, vesi maistui metalliselta.
- b) Kyllä,

---

c) Kyllä, mutta en osaa kuvailla makua.

d) Ei, en ole huomannut mitään erikoista makua.

2. Sameuksella tarkoitetaan veden kirkkautta. Sameus johtuu usein joko liiallisesta metallipitoisuudesta tai esimerkiksi ilmakuplista. Onko vesi mielestänne...

- a) kirkasta ja läpinäkyvää.
- b) hieman sameaa.
- c) selvästi sameaa ja ei yhtään läpinäkyvää.

d) \_\_\_\_\_.

3. Kalkki ja muut suolat aiheuttavat helposti veden kovuuden nousemisen, joka esiintyy monella eri tavalla. Oletteko havainneet seuraavia asioita?

- a) Kalkkia kertyy helposti putkistoihin ja laitteisiin, esimerkiksi veden- ja kahvinkeitin.
- b) Pesutiloissa esiintyy vedestä jääneitä kalkkitahroja. Esimerkiksi peileissä, tiskipöydällä, sauna- tai suihkutiloissa.
- c) Vaatteiden pesussa tulee huonoja tuloksia ja/tai pesu tarvitsee selvästi enemmän pesuainetta kuin normaalisti.
- d)\_\_\_\_\_.

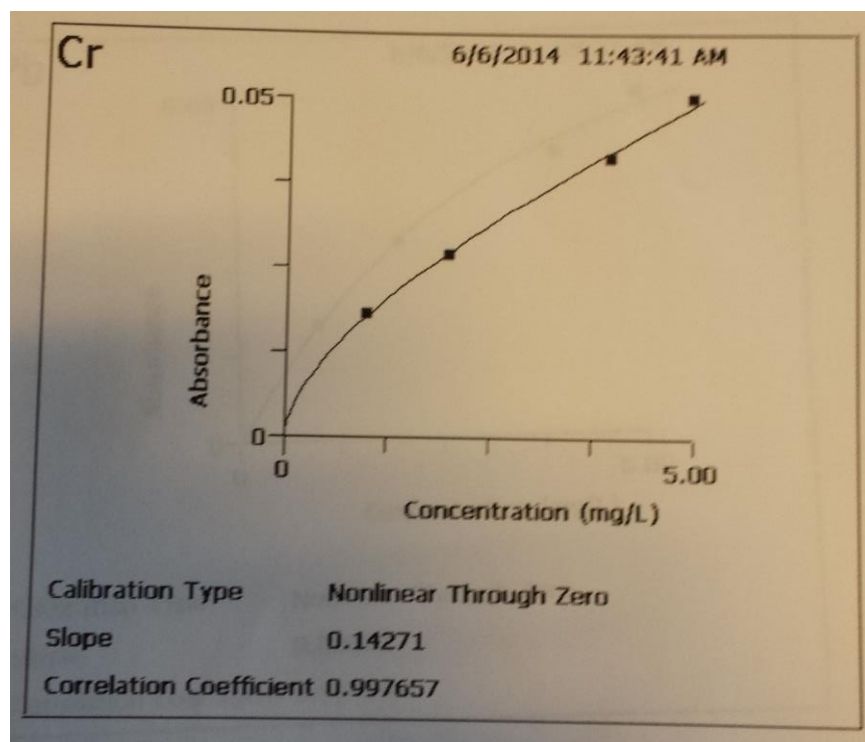
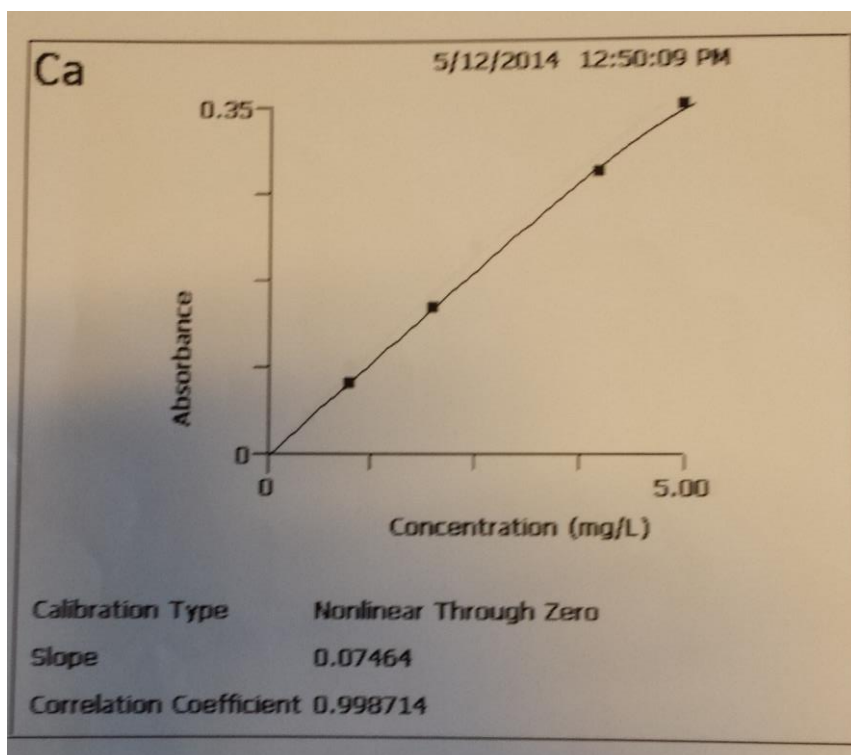
4. Talousvesi on normaalisti väritöntä ja hajutonta. Joskus veden laatuongelmat vaikuttavat kuitenkin myös veden näihinkin ominaisuuksiin. Oletteko havainneet seuraavia asioita?

- a) Vesi ei ole väritöntä vaan esimerkiksi hieman ruskean väristä.
- b) Vedessä näkyy kiinteitä aineita veden joukossa.
- c) Vesi haisee omituiselta.
- d)\_\_\_\_\_.

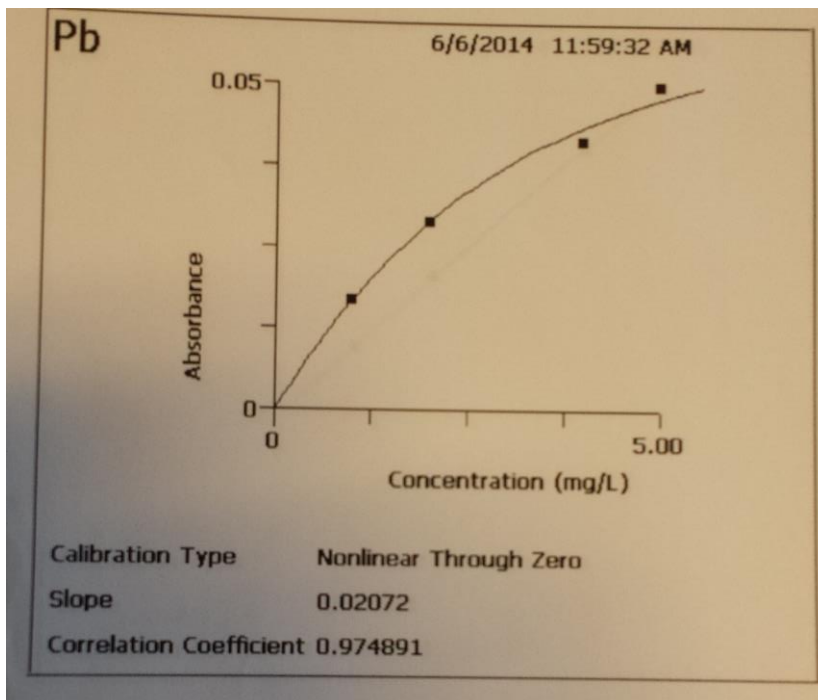
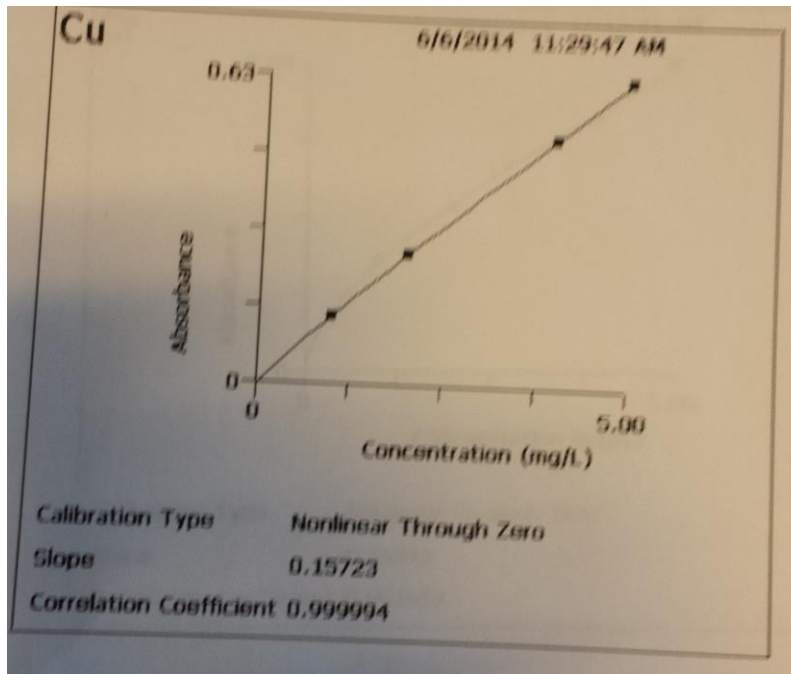
Kiitos vastauksestasi!

Täytähän kyselyn mahdollisimman pian.

## Kalsiumin ja kromin AAS-standardikäyrät



Kuparin ja lyijyn AAS-standardikäyrät





Nikkelin ja raudan AAS-standardikäyrät

