



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Meri Sipilä

Kiinteistöjen vesijohdoista ja -kalusteista talousveteen liukenevat metallit

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 27.11.2017

Valvoja: Professori Riku Vahala

Ohjaajat: FM Päivi Peltonen, TkT Riina Liikanen

Tekijä Meri Sipilä

Työn nimi Kiinteistöjen vesijohdoista ja -kalusteista talousveteen liukenevat metallit

Koulutusohjelma Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka

Pääaine Vesi- ja ympäristötekniikka**Koodi** R3005

Työn valvoja Professori Riku Vahala

Työn ohjaajat FM Päivi Peltonen ja TkT Riina Liikanen

Päivämäärä 27.11.2017**Sivumäärä** 63 + 6**Kieli** suomi

EU:n juomavesidirektiivin 98/83/EY muutoksen myötä talousveden kuparin, lyijyn ja nikkelin valvontanäytteet tullaan jatkossa ottamaan käyttäjän hanasta satunnaisena ajankohdantana ilman edeltävää veden juoksuttamista, jolloin kiinteistöjen vesijohdot ja -kalusteet voivat vaikuttaa näyteveden laatuun. Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten direktiivimuutos tulee mahdollisesti vaikuttamaan talousveden valvontatutkimusnäytteiden metallipitoisuuksiin. Lisäksi tarkasteltiin kiinteistöjen hanojen ja putkistojen iän ja materiaalin sekä suomalaisen talousveden vaikutusta metallipitoisuuksiin.

Vesinäytteitä otettiin 30 kiinteistön hanoista eri puolilta Suomea. Yhdestä näytepisteestä otettiin näytteitä kolmella eri seisotusajalla (2, 4 ja yli 8 h) sekä veden juoksuttamisen jälkeen. Vesinäytteistä analysoitiin ICP-MS- ja ICP-OES-menetelmillä seuraavat metallit: alumiini, antimoni, kadmium, kromi, kupari, lyijy, mangaani, nikkeli, rauta ja sinkki.

Tutkimuksessa havaittiin, että kiinteistöjen vesijohdoista ja -kalusteista liukeni seisoneseen veteen merkittävästi kuparia, lyijyä, nikkeliä ja sinkkiä. Pitoisuudet olivat pääsääntöisesti sitä korkeammat, mitä kauemmin vesi oli seissyt ennen näytteenottoa. Uutta näytteenottotapaa vastaavissa litran vesinäytteissä talousveden nikkelille asetettu laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi yhdeksässä näytepisteessä yli 8 h veden seisotuksen jälkeen. Nikkeliä havaittiin erityisesti kiinteistöissä, joissa hana oli uusittu alle vuotta aiemmin. Nikkeliä liukeni todennäköisesti hanojen nikkeli-kromipinnoitteesta. Muutamassa näytepisteessä kuparipitoisuudet olivat korkeat seisonessa vedessä, mutta laatuvaatimus 2 mg/l ei kuitenkaan ylittynyt. Lyijyn laatuvaatimus 10 µg/l ylittyi yhdessä näytepisteessä. Lisäksi lyijypitoisuus oli korkea useissa näytteissä. Lyijyä liukeni talousveteen todennäköisesti messinkiosista, kuten hanoista ja liitoskappaleista.

Tämän aineiston perusteella direktiivimuutos voi aiheuttaa metallien pitoisuusraja-arvojen ylityksiä aiempaa enemmän erityisesti, jos vesi on seissyt pitkään kiinteistön vesijohdoissa ja -kalusteissa ennen näytteenottoa ja kiinteistössä on uusittu hana tai putkisto alle vuotta aiemmin tai ne ovat olleet vähällä käytöllä.

Veden juoksuttaminen aina ennen juomista tai ruuanlaittoa on suositeltavaa, koska seisonessa vedessä voi olla korkeita metallipitoisuuksia. Tutkimuksen yhteydessä toteutetun juoksutustottomuskyselyn perusteella noin 70 % vastaajista juoksutti vettä aina tai useimmiten ennen veden juomista tai veden käyttämistä ruuanlaittoon.

Avainsanat talousvesi, metallien liukeneminen, nikkeli, lyijy, kupari



Author Meri Sipilä

Title of thesis Release of metals from domestic drinking water installations

Degree programme Civil and Environmental Engineering

Major Water and Environmental Engineering

Code R3005

Thesis supervisor Professor Riku Vahala

Thesis advisors M.Sc. Päivi Peltonen and D.Sc. (Tech.) Riina Liikanen

Date 27.11.2017

Number of pages 63+6

Language Finnish

The Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption was amended in 2015. In consequence, the compliance water samples of copper, lead and nickel must be taken from the consumer's tap as one litre random day time samples without prior flushing. The aim of this master's thesis was to study how this change in directive will influence the observed concentrations of metals in drinking water. Moreover, it was examined, if the age and material of domestic drinking water installations and the Finnish drinking water quality have effects on the observed metal release.

In this study, 30 sampling points including public buildings and private apartments were selected from different parts of Finland. In all sampling points, water samples were taken after three different stagnation times (2, 4 and over 8 h). Moreover, at each sampling point, one water sample was taken from fully flushed water. The concentrations of aluminium, antimony, cadmium, chromium, copper, lead, manganese, nickel, iron and zinc were analysed by ICP-MS- and ICP-OES-methods from the water samples.

In this study, it was observed that high amounts of copper, nickel, lead and zinc were released to stagnated drinking water from domestic drinking water installations. The concentrations were higher when the stagnation time was longer. In one litre samples, the nickel concentrations were over the quality requirement 20 µg/l in nine sampling points after over 8 h stagnation time. Nickel was observed especially in buildings, where the tap was renewed within one year. The source of nickel release was most probably the nickel-chromium plating in taps. The concentrations of copper were high at some sampling points in stagnated water, but were still under the 2 mg/l quality requirement. The lead concentration was over the quality requirement 10 µg/l in one sampling point. Additionally, lead concentrations were high in several samples. The sources of lead release were most probably the brass installations like taps and fittings.

In Finland, the change of the drinking water directive may cause the compliance water samples to exceed the quality requirements for metals more often than before, especially if the stagnation time is long before the sample is taken and there are new or rarely used domestic drinking water installations at the sampling point.

It is recommended to always flush drinking water before using it for cooking or drinking because stagnated water may include high amounts of metals. According to a survey that was organized during this project, about 70 % of the respondents always or usually flushed water before they took it for cooking or drinking.

Keywords drinking water, metal release, nickel, lead, copper

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Vesijohtoverkostosta ja -laitteista talousveteen liukenevat metallit -hankkeeseen. Hankkeen ovat rahoittaneet Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto ja kahdeksan hankkeessa mukana ollutta vesilaitosta: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY), Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy, Iisalmen Vesi, Imatran Vesi, Kouvolan Vesi Oy, Lappeenrannan Energiaverkot Oy, Oulun Vesi ja Tampereen Vesi. Diplomityö on tehty Aalto-yliopiston tekniikan tukisäätiön apurahalla. Lämmin kiitos kaikille diplomityötäni ja koko hanketta rahoittaneille tahoille. Lisäksi haluan kiittää FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:tä mielenkiintoisesta aiheesta ja tämän diplomityön mahdollistamisesta.

Ohjausryhmän kokouksiin osallistui myös sosiaali- ja terveysministeriön Jarkko Rapala, joka on ollut mukana talousvesiasetuksen päivityksen valmistelussa. Diplomityön alustavat tulokset ovat sitä kautta välittyneet tiedoksi sosiaali- ja terveysministeriössä talousvesiasetuksen muutosta valmistelleille virkamiehille.

Diplomityöni ohjaajina toimivat FM Päivi Peltonen FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä ja TkT Riina Liikanen Aalto-yliopistosta. Haluan kiittää ohjaajiani arvokkaista kommentteista, joita sain työhöni. Kiitos myös työni valvojalle Professori Riku Vahalalle. Lisäksi haluan kiittää kaikkia ohjausryhmään kuuluneita vesilaitosten edustajia, näytteenottoon ja sen järjestelyihin osallistuneita sekä juoksutustottomuskyselyyn vastanneita henkilöitä.

Erityisesti haluan kiittää perhettäni, joka on tukenut ja kannustanut minua opiskeluitteni ja tämän projektin aikana. Erityisesti olen kiitollinen veljelleni Pyrylle ja isälleni Jormalle, jotka ovat minua monin tavoin tukeneet ja kannustaneet. Kiitos myös kaikille ystäväilleni Ristin killassa. Teidän ja muiden läheisten ihmisten ansiosta opiskeluaikani on ollut paljon muutakin kuin vain kirjojen pönttäämistä.

Espoo 27.11.2017

Meri Sipilä

Sisällys

Sisällys	4
Kuvat.....	6
Taulukot.....	8
Lyhenteet	9
1 Johdanto	10
2 Kirjallisuuskatsaus	12
2.1 Talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset	12
2.1.1 Perusteet metallien enimmäisarvoille	13
2.1.2 Talousveden laadunvalvonta.....	14
2.2 Kiinteistöjen vesijohtojen ja -kalusteiden materiaalit	15
2.3 Korroosio ja vedenlaatu	16
2.4 Metallien liukeneminen talousveteen kiinteistöjen vesilaitteista.....	17
3 Tutkimusaineisto ja näytteenotto	19
3.1 Tutkimusaineisto	19
3.2 Näytteenotto	23
3.3 Kiinteistö- ja juoksutustottumuskysely	24
3.4 Analyysimenetelmät.....	24
3.5 Kalkki-hiilihappo-tasapaino	24
4 Tulokset	26
4.1 Nikkeli.....	26
4.1.1 Litran näytteet	26
4.1.2 Hanan iän vaikutus.....	27
4.1.3 Osanäytteet.....	28
4.1.4 Juoksuttamisen vaikutus	31
4.1.5 Hanamallin vaikutus	31
4.2 Lyijy	33
4.2.1 Litran näytteet	33
4.2.2 Osanäytteet.....	34
4.2.3 Juoksuttamisen vaikutus	36
4.3 Kupari.....	37
4.3.1 Litran näytteet	37
4.3.2 Osanäytteet.....	38
4.4 Muut metallit.....	39

4.4.1	Sinkki.....	39
4.4.2	Rauta.....	40
4.4.3	Muut metallit.....	41
4.5	Vedenlaatu.....	41
4.6	Juoksutustottumuskysely.....	45
5	Tulosten arviointi.....	48
5.1	Tulosten vertailua.....	48
5.2	Nikkeli.....	49
5.2.1	Nikkelitulosten arviointia.....	49
5.2.2	Hanan vaikutus.....	50
5.3	Lyijy.....	52
5.4	Kupari.....	52
5.5	Vedenlaatu.....	53
5.6	Juoksutustottumuskysely.....	54
6	Johtopäätökset.....	56
	Lähdeluettelo.....	60
	Liiteluettelo.....	63

Kuvat

Kuva 1. Kalkki-hiilihappo-tasapaino yhdessä näytepisteessä. Kalkkia alkaa saostua hieman yli 40 asteessa.....	25
Kuva 2. Nikkelipitoisuus yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen litran näytteissä. Mukana näytepisteet, joissa pitoisuus oli yli 5 µg/l.	26
Kuva 3. Nikkelipitoisuus eri veden seisotusaikojen jälkeen ensimmäisessä litrassa sekä juoksutetussa näytteessä. Mukana näytepisteet, joissa nikkelin laatuvaatimus ylittyi yli 8h seisottamisen jälkeen.	27
Kuva 4. Nikkelipitoisuus litran näytteissä yli 8 h veden seisottamisen jälkeen suhteessa hanan ikään. Nikkelipitoisuuksista on vähennetty verkostovedessä oleva nikkeli. Nikkelin laatuvaatimuksen raja-arvo 20 µg/l on merkitty kuvaan punaisella katkoviivalla.	27
Kuva 5. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on alle yksi vuotta vanha.	29
Kuva 6. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on 1–2 vuotta vanha.....	29
Kuva 7. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on 2–5 vuotta vanha.....	30
Kuva 8. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on yli 5 vuotta vanha.	30
Kuva 9. Nikkelipitoisuus yli 8 h veden seisotuksen jälkeen litrassa ilman edeltävää juoksutusta (1. 8-10h) ja 500 ml juoksuttamisen jälkeen (2. 8-10h).....	31
Kuva 10. Nikkelipitoisuus 1. 250 ml osanäytteissä eri seisotusajoilla (2, 4 ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä, 0–2 vuotta vanhat tyyppin A hanat	32
Kuva 11. Nikkelipitoisuus 1. 250 ml osanäytteissä eri seisotusajoilla (2, 4 ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä, muut 0–2 vuotta vanhat hanat	32
Kuva 12. Nikkelipitoisuus litrassa yli 8 h veden seisottamisen jälkeen, 0–2 v. tyyppin A hanat	33
Kuva 13. Nikkelipitoisuus litrassa yli 8 h veden seisottamisen jälkeen, Muut 0–2v. hanat	33
Kuva 14. Lyijypitoisuus litrassa yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen muutamassa näytepisteessä.....	34
Kuva 15. Lyijypitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa havaittiin korkeita lyijypitoisuuksia ensimmäisessä osanäytteessä.....	35
Kuva 16. Lyijypitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa havaittiin korkeita lyijypitoisuuksia 3. tai 4. osanäytteessä.	35
Kuva 17. Lyijypitoisuus yli 8h veden seisottamisen jälkeen osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) muutamassa näytepisteessä.....	36
Kuva 18. 500 ml juoksuttamisen vaikutus lyijypitoisuuteen litran näytteissä yli 8 h veden seisottamisen jälkeen muutamassa näytepisteessä. Lyijypitoisuus litrassa ilman edeltävää juoksutusta (1. 8-10h) ja 500 ml juoksuttamisen jälkeen (2. 8-10h).....	36
Kuva 19. Kuparipitoisuudet litrassa yli 8 tunnin veden seisotuksen jälkeen näytepisteissä, joiden putket olivat kokonaan tai osittain kuparia.	37
Kuva 20. Kuparipitoisuus litrassa yli 8h seisottamisen jälkeen verrattuna putkiston ikään	38
Kuva 21. Kuparipitoisuus litran näytteissä eri seisotusajoilla muutamissa näytepisteissä. Näytepisteessä ISM_B1 (oranssi viiva) pisin seisotusaika oli 42 h ja seisotusaikaa vastaava pitoisuus 630 µg/l, 4h kohdalla pitoisuus 695 µg/l.	39

Kuva 22. Lyijy-, sinkki- ja kuparipitoisuus muutamassa näytepisteessä kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen oteussa näytteessä.....	40
Kuva 23. Rautapitoisuus yli 8h veden seisottamisen jälkeen ensimmäisessä litrassa ja juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä pintavesilaitosten verkostoalueella.....	41
Kuva 24. Liian matala pH Kuva 25. Liian korkea pH	42
Kuva 26. Kuparipitoisuuden riippuvuus kalsiumpitoisuudesta 1-5v. kupariputkilla. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	43
Kuva 27. Kuparin riippuvuus pH-arvosta, 1-5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	43
Kuva 28. Kuparipitoisuuden riippuvuus kalsiumpitoisuudesta, alle 5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	44
Kuva 29. Kuparipitoisuuden riippuvuus pH-arvosta, alle 5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	44
Kuva 30. Kuparipitoisuus verrattuna kalkin saostumislämpötilaan, 1-5 v. putket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	45
Kuva 31. Kuparipitoisuus verrattuna kalkin saostumislämpötilaan, alle 1v. putket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.....	45
Kuva 32. Juoksutatteko vettä hanasta ennen kuin otatte sitä juomiseen tai ruuanlaittoon?	46
Kuva 33. Kuinka paljon juoksutatte vettä yleensä silloin kun juoksutatte (ennen juomista tai ruuanlaittoa)?	46
Kuva 34. Miksi juoksutatte vettä, jos juoksutatte?.....	47
Kuva 35. Vesihuoltoalalla työskentelevien tai alaa opiskelleiden juoksutustottumukset verrattuna muihin	47
Kuva 36. Nikkelipitoisuus litran näytteissä 4 h veden seisottamisen jälkeen suhteessa hanan ikään. Nikkelipitoisuuksista on vähennetty verkostovedessä oleva nikkeli. Nikkelin laatuvaatimuksen raja-arvo on 20 µg/l.....	51

Taulukot

Taulukko 1. Talousvesiasetuksen 1352/2015 kemialliset laatuvaatimukset tutkituille parametreille	12
Taulukko 2. Talousvesiasetuksen 1352/2015 kemialliset laatusuositukset tutkituille parametreille	13
Taulukko 3. Vesilaitosten näytepisteet hanan iän perusteella luokiteltuna.....	19
Taulukko 4. Näytepisteinä olevien kiinteistöjen vesijohtojen iät.	19
Taulukko 5. Näytepisteiden kiinteistötyypit	20
Taulukko 6. Näytepisteisiin vettä toimittavien vedenottamoiden raakavesilähde	20
Taulukko 7. Kiinteistöjen vesijohtojen materiaalit	20
Taulukko 8. Perustiedot näytepisteistä.....	22
Taulukko 9. Nikkelipitoisuuden keskiarvo ja vaihteluvälit eri ikäisillä hanoilla 4 ja yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen	28
Taulukko 10. Tämän tutkimuksen keskeisten tulosten yhteenveto ja EU:lle raportoitavien suurten vesilaitosten yhteenveto vuosilta 2014 ja 2015 (Zacheus 2015 ja 2016).	48

Lyhenteet

EU	Euroopan Unioni
FCG	Finnish Consulting Group
HML	Hämeenlinna
HSY	Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymä
ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry, Induktiivisesti kytketty plasma-massaspektometri
ICP-OES	Inductively coupled plasma optical emission spectrometry, Induktiivisesti kytketty plasma-optinen emissiospektometri
IMR	Imatra
ISM	Iisalmi
KVL	Kouvola
LPR	Lappeenranta
RIL	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö
TOC	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (Total organic carbon)
TRE	Tampere
WHO	Maailman terveysjärjestö (World Health Organization)
Avg	Keskiarvo
Ca	Kalsium
Cu	Kupari
Fe	Rauta
Max	Maksimiarvo
M	Muovi
Ni	Nikkeli
Pb	Lyijy
Pi	Pintavesi
Po	Pohjavesi
TPo	Tekopohjavesi
Zn	Sinkki

1 Johdanto

Euroopan komissio antoi lokakuussa 2015 direktiivin 2015/1787 juomavesidirektiivin 98/83/EY ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta liitteiden II ja III muuttamiseksi. Euroopan Unionin (EU) juomavesidirektiivin muutoksen (Liite II D) myötä kuparin, lyijyn ja nikkelin valvontanäytteet tullaan jatkossa ottamaan käyttäjän hanasta satunnaisena ajankohdantana (random day time sample) ilman edeltävää veden juoksuttamista. Myös muut metallinäytteet voidaan tutkia samasta näytteestä. Muutokset on saatettava kansalliseen lainsäädäntöön 27.10.2017 mennessä. (Euroopan unioni 2015) Aihe on ajankohtainen, koska talousvesiasetuksen päivittämisprosessi oli Suomessa käynnissä tämän hankkeen alkaessa.

Suomessa valvontatutkimusnäytteet on otettu juoksutetusta vedestä, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että kiinteistön vesijohdoissa ja -laitteissa seissyt vesi on ennen näytteenottoa huuhdottu pois juoksuttamalla hanasta vettä, kunnes vedenlämpötila on tasaantunut. (Valvira 2016b; Valvira 2016c). Ilman juoksutusta näytteitä on otettu vain erityisselvityksissä, kuten korroosiotutkimuksissa (Valvira 2016b). Juoksutettu näyte kuvaa vesilaitoksen toimittaman talousveden laatua. Uusitun direktiivin mukainen ilman veden juoksuttamista otettava yhden litran vesinäyte kuvaa kuluttajan käyttöön tulevaa vettä, jonka laatuun kiinteistön vesijohdoilla ja -kalusteilla voi olla merkittävä vaikutus.

Ennen direktiivimuutosta nikkelin, lyijyn ja kuparin pitoisuudet tuli ottaa niin, että ne vastaisivat viikoittaista keskiarvoa (Juomavesidirektiivi 98/83/EY). Näytteenoton toteutustapaa ei kuitenkaan määritelty direktiivissä, mikä johti erilaisiin käytänteisiin jäsenmaissa. Suomessa näytteet on otettu juoksutetusta vedestä (Valvira 2016 b ja c), kun taas esimerkiksi Saksassa näytteet on otettu neljän tunnin ja Tanskassa 12 tunnin vedenseisotuksen jälkeen (Hoekstra ym. 2004). Juomavesidirektiivin muutoksen taustalla oli komission halu yhtenäistää jäsenvaltioiden lainsäädäntöä tältä osin sekä varmistaa valvonnalla hanaveden turvallisuus (Euroopan unioni 2015).

Talousveden laadun vähimmäisvaatimukset on annettu EU:n juomavesidirektiivissä, ja Suomessa ne on pantu käytäntöön sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksella 1352/2015: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Asetukseen viitataan myöhemmin nimellä talousvesiasetus 1352/2015. Asetus on päivitetty syksyllä 2017. Jäsenvaltioiden omat vaatimukset voivat olla tiukemmat kuin EU:n raja-arvot. Näytteenottotavan muuttuminen saattaa aiheuttaa nykyistä enemmän talousvedelle asetettujen laatuvaatimusten ja -suositusten ylityksiä metallipitoisuuksissa erityisesti nikkelin, lyijyn ja kuparin ja mahdollisesti muidenkin metallien osalta, jos ne tutkitaan samasta ilman juoksutusta otetusta näytteestä. Laatuvaatimuksen tai -suosituksen ylityessä tulee talousvedestä aina ottaa uusintänäyte, mikä lisää näytteenoton kustannuksia. Lisäksi tulee selvittää, johtuuko ylitys kiinteistön omista vesilaitteista vai vesilaitoksen toimittamasta vedestä (Talousvesiasetus 1352/2015).

Euroopassa on tutkittu, miten veden seisottaminen kiinteistöjen putkistoissa ja hanoissa vaikuttaa talousvedestä mitattaviin metallipitoisuuksiin (Zietz ym. 2014; Andersen ja Fontenay 2008). Tutkimuksissa havaittiin yleisesti, että talousveden metallipitoisuudet nousevat selvästi, kun vesi seisoo kiinteistön vesijohdoissa ja -kalusteissa. Erityisesti havaittiin korkeita nikkeli-, lyijy-, kupari- ja sinkkipitoisuuksia kiinteistöissä seisoneessa vedessä. Vastaavalle tutkimukselle on tarvetta myös Suomessa, koska Suomessa raakavesi on yleensä hapanta ja

pehmeää, mikä poikkeaa muun Euroopan tilanteesta. Suomessa on havaittu korkeita kuparipitoisuuksia seisonessa talousvedessä (Hiisvirta 2003). Korkeita lyijypitoisuuksia on havaittu kahdessa Suomessa tehdyssä tutkimuksessa (Hiisvirta 2003; Inkinen ym. 2014), mutta korkeita nikkelpitoisuuksia ei ole havaittu (Hiisvirta 2003; Inkinen ym. 2014; Ahonen ym. 2008). Suomessa tehdyissä tutkimuksissa vedenlaadun vaikutusta metallipitoisuuksiin ei ole arvioitu, eikä hanojen ikää otettu huomioon tarkastelussa. Osassa tutkimuksista ei myöskään huomioitu kiinteistön vesijohdon ikää (Ahonen ym. 2008; Hiisvirta 2003; Andersen ja Fontenay 2008; Zietz ym. 2014) tai putkimateriaalia (Ahonen ym. 2008; Andersen ja Fontenay 2008).

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten näytteenottotavan muutos tulee mahdollisesti vaikuttamaan talousvedestä mitattaviin metallipitoisuuksiin, ja sitä kautta parantaa vesilaitosten ja viranomaisten valmistautumista uuteen näytteenottotapaan. Työssä tarkasteltiin myös seisotusajan, kiinteistön hanan ja putkiston iän ja materiaalin sekä vedenlaadun vaikutusta metallipitoisuuksiin. Lisäksi toteutettiin kysely, jonka tavoitteena oli selvittää kuluttajien juoksu- ja juomakäytännöksiä. Alla on lueteltuna tutkimuskysymykset, joihin tässä diplomityössä pyrittiin vastaamaan.

- Miten direktiivimuutos tulee mahdollisesti vaikuttamaan talousveden valvontatutkimusnäytteistä mitattuihin metallipitoisuuksiin?
- Miten seisotusaika vaikuttaa veden metallipitoisuuteen?
- Onko vedenlaadulla tai kiinteistön vesijohdon ja -kalusteiden iällä ja materiaalilla vaikutusta metallien liukenemiseen kiinteistön vesilaitteistoista?
- Juoksu- ja juomakäytännöt yleensä vettä hanasta ennen kuin ottavat sitä ruuanlaittoon tai juomiseen?

Tässä diplomityössä tutkittiin, liukeneeko talousveteen alumiinia, antimonia, kadmiumia, kromia, kuparia, lyijyä, mangaania, nikkeliä, rautaa tai sinkkiä, kun vettä seisotetaan kiinteistöjen vesijohdoissa ja -kalusteissa. Tässä työssä kiinteistön vesijohdoilla tarkoitetaan rakennuksen sisäisiä kylmävesiputkia ja vesikalusteilla hanoja. Vesilaitteistoilla tarkoitetaan sekä kiinteistön vesijohtoja että hanoja. Tutkimus keskittyi selvittämään erityisesti juomajärvien ruuanlaittoveden metallipitoisuuksia, joten lämpimän veden putkistoista ja laitteista liukenevia metalleja ei tutkittu. Tässä diplomityössä tarkasteltiin vain talousveden kemiallista laatua. Veden mikrobiologista laatua ei tutkittu. Kiinteistöissä seisonesta vedestä otettujen vesinäytteiden näytemääräksi valittiin yksi litra, jotta se vastaisi direktiivimuutoksen mukaista valvontanäytettä mahdollisimman hyvin. Joistakin näytepisteistä otettiin kokonaisuutena 1,5 litran vesinäyte osanäytteissä, jotta voitiin arvioida vähäisen veden juoksu- ja juomakäytännön vaikutusta mitattavaan metallipitoisuuteen. Osanäytteistä voitiin arvioida myös metallien alkuperää.

Tämä työ koostuu kuudesta luvusta. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään aihepiirin kannalta olennaisia taustatietoja, kuten talousveden laatuvaatimuksia ja -suosituksia ja niiden perusteluita sekä talousveden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien syöpymistä. Lisäksi luodaan yleiskatsaus aiemmin tehtyihin samankaltaisiin tutkimuksiin. Luvussa kolme esitellään tehty tutkimus ja koejärjestelyt sekä näytepisteet ja niiden valinta. Neljännessä luvussa on esitetty tutkimuksen tulokset. Viidennessä luvussa arvioidaan tuloksia ja verrataan niitä aikaisempaan tutkimustietoon. Luvussa kuusi esitellään tulosten pohjalta tehdyt johtopäätökset.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset

Euroopan unionin direktiivin 98/83/EY ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta, määräykset on saatettu Suomen lainsäädäntöön STM:n asetuksella 1352/2015. Asetuksessa säädetään talousveden laatuvaatimuksista ja -suosituksista, valvontatutkimuksista sekä erityistilanteisiin varautumisesta. Talousvesiasetus päivitettiin syksyllä 2017 vastaamaan direktiivimuutosta.

Talousvesiasetuksen (1352/2015) mukaan vesilaitoksien toimittaman talousveden tulee täyttää vaatimukset mikrobiologiselta ja kemialliselta laadultaan. Talousvedestä ei saa aiheutua käyttäjälleen terveyshaittaa. Talousvesi ei saa myöskään aiheuttaa haitallisia syöpymiä tai saostumia verkoston vesijohdoissa ja -kalusteissa. Laadun varmistamiseksi juomavesidirektiivissä on määrätty laatuvaatimukset ja -suositukset talousvedestä mitattaville parametreille. Nämä enimmäisarvot eivät saa ylittyä talousvedessä. Jäsenvaltiot voivat asettaa myös tiukempia vaatimuksia kuin direktiivissä. Laatuvaatimusten taustalla on terveysperusteet ja laatusuosituksilla vastaavasti varmistetaan veden käytettävyys ja tarkoituksenmukaisuus.

Taulukoissa 1 ja 2 esitellään talousvesiasetuksessa 1352/2015 annetut laatuvaatimukset ja -suositukset tässä tutkimuksessa mukana olleiden metallien ja teknistä laatua kuvaavien muuttujien osalta. Talousvesiasetuksessa määrättyt enimmäisarvot ovat peräisin EU:n juomavesidirektiivistä 98/83/EY. Laatuvaatimukset ja -suositukset eivät muuttuneet direktiivimuutoksen yhteydessä.

Taulukko 1. Talousvesiasetuksen 1352/2015 kemialliset laatuvaatimukset tutkituille parametreille

Muuttuja	Enimmäisarvo	Yksikkö	Huomautus
Antimoni	5,0	µg/l	
Fluoridi	1,5	mg/l	
Kadmium	5,0	µg/l	
Kromi	50	µg/l	
Kupari	2	mg/l	1
Lyijy	10	µg/l	1
Nikkeli	20	µg/l	1

1) Näyte otetaan käyttäjän hanasta siten, että se vastaa viikoittaista keskiarvoa

Taulukko 2. Talusvesiasetuksen 1352/2015 kemialliset laatusuositukset tutkituille parametreille

Muuttuja	Enimmäisarvo	Yksikkö	Huomautus
pH	6,5 – 9,5		1
Orgaanisen hiilen kokonaisuusmäärä (TOC)	ei epätavallisia muutoksia		2
Sameus	ei epätavallisia muutoksia ja käyttäjän hyväksyttävissä		3
Alumiini	200	µg/l	
Kloridi	250	mg/l	1 ja 4
Mangaani	50	µg/l	
Rauta	200	µg/l	
Sulfaatti	250	mg/l	1 ja 5
Sähkönjohtavuus	250	mS/m	1

- 1) Vesi ei saa olla syövyttävää.
- 2) TOC:ia ei tarvitse mitata, jos on mitattu hapettavuus ja veden jakelumäärä on alle 10 000 m³/d.
- 3) Pintaveden käsittelylaitokselta lähtevän veden sameudessa tulee pyrkiä arvoon alle 1 NTU
- 4) Vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulee olla alle 25 mg/l.
- 5) Vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l.

EU:n juomavesidirektiivin 98/83 ja vuonna 2015 annetun talusvesiasetuksen (1352/2015) mukaan kuparin, lyijyn ja nikkelin valvontatutkimusnäyte tuli ottaa niin, että se vastasi viikoittaista keskiarvoa. Suomessa näytteet on otettu juoksutetusta vedestä, niin ettei kiinteistön vesilaitteistot pääse vaikuttamaan tulokseen (Valvira 2016b). Ennen näytteenottoa vettä on laskettu hanasta niin kauan, että lämpötila tasaantuu (Valvira 2016c). Jäsenvaltioissa on ollut paljon eri käytäntöjä näytteenoton toteuttamisessa (Hoekstra ym. 2004) ja siksi lainsäädäntöä on haluttu yhtenäistää jäsenvaltioiden välillä (Euroopan Unioni 2015).

EU:n juomavesidirektiivin muutoksen (2015/1787) ja talusvesiasetuksen (683/2017) päivittämisen myötä kuparin, lyijyn ja nikkelin valvontatutkimusnäytteet otetaan jatkossa ilman edeltävää veden juoksuttamista satunnaisena ajankohtana. Talusvesiasetuksen (683/2017) määritelmän mukaan veden juoksuttamisella tarkoitetaan: ”kylmän veden laskemista vedenottopisteestä tasaisella virtaamalla siten, että vesi vaihtuu kiinteistön vesilaitteistosta ja veden lämpötila vakiintuu”. Juoksuttamattomasta näytteestä voidaan määrittää myös muut metallit. Lokakuussa 2017 voimaan tullessa talusvesiasetuksessa (683/2017) näytteenoton tarkoitus on eritelty ja sen mukaan annettu erillisohjeita, mutta nämä muutokset koskevat lähinnä mikrobiologista näytteenottoa.

2.1.1 Perusteet metallien enimmäisarvoille

Talusvesiasetuksen enimmäisarvo kuparille 2 mg/l on terveysperusteinen. Suurina annoksina suunkautta nautittuna kupari voi ärsyttää mahaa aiheuttaen pahoinvointia tai oksentelua. Kupari voi aiheuttaa myös karvasta makua veteen, mutta se ei ole vaarallista. Kupari voi myös aiheuttaa vihreitä värjäymiä vesikalusteisiin tai hiuksiin. (Valvira 2016 c)

Sinkille ei ole talusvesiasetuksessa annettu laatusuositusta. Maailman terveysjärjestö WHO ei myöskään anna varsinaista suositusarvoa sinkille, koska vedessä mitattavat pitoisuudet eivät ole terveysriski. Kuitenkin suurina pitoisuuksina sinkki voi aiheuttaa makuhaittoja veteen ja siksi veden käytettävyyden kannalta suosituksena voidaan pitää 3 mg/l. (WHO 2011)

Lyijy on myrkyllinen raskasmetalli, joka voi elimistöön suurina pitoisuuksina kertyessään aiheuttaa muutoksia muun muassa ihmisen luustoon ja hermostoon. Lapsille lyijy voi aiheuttaa oppimisvaikeuksia ja käyttäytymishäiriöitä ja vaikuttaa älykkyyden kehittymiseen. Suomalaisen keskimääräiseksi päivittäisannokseksi on arvioitu 0,066 mg lyijyä, josta noin 70 % tulee ruuasta ja 10 % juomavedestä. (Valvira 2016c)

Nikkeli on raskasmetalli, jota voi esiintyä myös luonnostaan pohjavedessä. Suurin päivittäinen nikkeli-altistus tulee ravinnosta. Juomavedestä saatava nikkeli-pitoisuus on yleensä pientä, mutta myös se voi olla merkittävä johtuen pohjaveteen maaperästä liukenevasta nikkelistä tai vesikalusteiden pinnoitteista talousveteen liukenevasta nikkelistä. Hengitettynä nikkeli voi aiheuttaa syöpää, mutta suun kautta nautittuna vastaavaa vaikutusta ei tunneta. (WHO 2011). Ihon kanssa kosketuksissa ollessaan nikkeli aiheuttaa paljon ihoallergioita ja voi aiheuttaa iho-oireita myös elintarvikkeiden mukana nautittuna nikkelille herkistyneille henkilöille. Nikkelimyrkytys voi aiheuttaa vatsan väänteitä sekä hermostollisia oireita. Jos altistus on pitkäkestoista, voi ilmetä myös muita haittoja, kuten immuunijärjestelmän häiriintymistä tai vaurioita munuaisissa tai maksassa. (Evira 2017). WHO:n ohjearvo talousveden nikkeli-pitoisuudelle on nykyisin 70 µg/l. (WHO 2011). EU:n juomavesidirektiivissä säädetty enimmäisarvo on 20 µg/l.

2.1.2 Talousveden laadunvalvonta

Talousvesiasetuksessa (1352/2015) määrätään, että kunnan terveysturvaviranomaisen tulee valvoa talousveden laatua säännöllisillä tutkimuksilla. Valvontanäytteet otetaan käyttäjien hanoista eri puolilta verkostoa, niin että saadaan kokonaiskuva vedenlaadusta koko jakeluverkoston alueelta. Näyteenottoaikoiksi valitaan usein sairaaloita, kouluja ja muita kiinteistöjä, joissa korostuu veden laadun turvallisuuden merkitys (Valvira 2016b). Osa määrittämisistä, kuten alumiini, antimoni ja fluoridi, voidaan tehdä myös laitokselta lähtevästä vedestä tai verkostosta käyttäjän hanan sijaan.

Säännölliseen valvontaan kuuluu jatkuva valvonta ja jaksottainen seuranta. Jatkuvan valvonnan piirissä ovat ne talousveden muuttajat, joita tulee seurata säännöllisesti aina valvontanäytteiden ottamisen yhteydessä. Jatkuvan valvonnan avulla seurataan laatuvaatimusten toteutumista ja saadaan tietoa esimerkiksi desinfioinnin toimivuudesta. Jaksottaisella seurannalla tarkkaillaan myös laatuvaatimusten täyttymistä, mutta näillä muuttajilla seurantatiheys on harvempi. Jatkuvan valvonnan piirissä tässä diplomityössä tutkittavista metalleista ovat rauta, mangaani ja alumiini ja jaksottaisessa seurannassa antimoni, kadmium, kromi, kupari, lyijy ja nikkeli. (Talousvesiasetus 1352/2015) Näiden osalta ei tullut muutosta uudessa talousvesiasetuksessa 683/2017.

Jatkuvan valvonnan ja jaksottaisen seurannan vähimmäistutkimustiheydet riippuvat siitä, kuinka paljon laitokset toimittavat tai tuottavat talousvettä vedenjakelualueelle vuorokaudessa. Vähimmäistutkimustiheys voidaan määrittää myös vedenjakelualueen asukasmäärän perusteella. (Talousvesiasetus 1352/2015) Systemi säilyy pääosin samana uudessa talousvesiasetuksessa (683/2017), mutta vähimmäisnäytemääriin tulee pieniä muutoksia.

Suomessa vesilaitokset ovat vastuussa talousveden laadusta aina vesilaitokselta tonttijohdon liitoskohtaan asti (Talousvesiasetus 1352/2015). Sen jälkeen vastuu siirtyy kiinteistön omistajalle, joka vastaa myös kiinteistön vesilaitteistojen vaikutuksista talousveden laatuun.

Mikäli talousvesi ei täytä talousvesiasetuksessa annettuja kemiallisia laatuvaatimuksia, on tulos varmistettava uusintanäytteellä. Jos uusintanäyttekään ei täytä vaatimuksia, on kunnan terveysturvaviranomainen yhdessä vesilaitoksen kanssa velvoitettu selvittämään syy ja ryhtymään tarvittaessa toimenpiteisiin vedenlaadun parantamiseksi. Lisäksi vedenkäyttäjää tulee ohjeistaa mahdollisista toimenpiteistä terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Jos vedenkäyttäjän omat laitteet ovat syynä havaittuun poikkeamaan, kunnan terveysturvaviranomaisen tulee varmistaa, että vedenkäyttäjä aloittaa tilanteen vaatimat toimenpiteet mahdollisen terveyshaitan poistamiseksi ja kaikkia vedenkäyttäjää ohjeistetaan haittojen välttämiseksi. (Talousvesiasetus 1352/2015) Uudessa talousvesiasetuksessa (683/2017) vastuita on selvennetty ja kiinteistön vesilaitteistosta aiheutuville poikkeamille on lisätty oma erillinen pykälä.

2.2 Kiinteistöjen vesijohtojen ja -kalusteiden materiaalit

Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 osassa 2.3.3 määrätään, että veden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien tulee olla sellaisia, ettei niistä pääse liukenemaan veteen terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita terveydelle vahingollisia määriä. Materiaalit eivät myöskään saa aiheuttaa laatuvaatimusten ylityksiä. Materiaalien tulee olla testattuja ja hyväksytyjä sekä käyttötarkoitukseen soveltuvia. Materiaalien soveltuvuus voidaan todeta CE-merkinnällä, tyyppihyväksynnällä tai muulla luotettavaksi katsotulla tavalla. Veden kanssa kosketuksissa olevien messinkiosien tulee olla sinkinkadonkestävää messinkiä, mutta vesikalusteille vähäinen sinkinkato on hyväksyttävää. (Ympäristöministeriö 2007)

Suomessa vesikalusteiden tyyppihyväksynnän yhteydessä tehdään raskasmetallien liukenemistesti lyijylle ja kadmiumille. Juomavesikalusteista lyijyä saa irrota kymmenen vuorokauden testijaksolla yhteensä enintään 20 µg per tuote ja kadmiumia saa vastaavasti liueta enintään 2 µg. (Ympäristöministeriö 2006) Muita metalleja, kuten nikkeliä tyyppikokeissa ei testata.

Suomessa kiinteistöihin asennettavat uudet vesijohdot ovat nykyisin pääsääntöisesti muovia tai kuparia. Vesikalusteissa, kuten hanoissa, käytetyin materiaali on messinki. Messinki soveltuu myös vesimittareiden ja pumppujen materiaaliksi. Sinkinkadon kestävää messinkiä voidaan käyttää hanojen rungoissa, venttiileissä ja liittimissä. Liittimet voivat olla myös muovia. Kuumasinkitty teräs soveltuu myös putkivarusteiden ja liitoskappaleiden materiaaliksi. (Kekki ym. 2007) Messinkisiä liittimiä käytetään paljon myös kiinteistöissä, joissa vesijohto on muovia (polyeteeni PEX) tai komposiittia. Muoviset liitoskappaleet ovat myös yleisiä. (Kekki ym. 2008)

Kuparin ja sinkin seosta kutsutaan messingiksi. Kuparin ja sinkin määrä vaihtelee messingilaaduittain. Seokset voivat lisäksi sisältää vaihtelevia määriä muita alkuaineita, kuten nikkeliä, alumiinia, lyijyä ja rautaa. Verkostomateriaaleissa käytettävä messinkiseos sisältää yleensä lyijyä. Messinkiosista voi liueta talousveteen kuparia, lyijyä ja sinkkiä. (Kekki ym. 2007)

Messinkiseokseen voidaan lisätä lyijyä 0,5–5 % koneistuksen helpottamiseksi. Lisäämällä lyijyä seokseen messingin lastuttavuusominaisuudet paranevat. Messinki soveltuu automaattikoneistukseen, kun messingissä on lyijyä yli 1 %. Myös antimonilla voidaan parantaa messingin koneistusominaisuuksia. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001)

Tyypillisiä sinkinkadon kestäviä messinkilaatuja ovat lyijymessingit CuZn36Pb3 ja CuZn36Pb1 , joiden seoksessa voi olla myös hieman arseenia, antimonia tai fosforia. (Kekki ym. 2008). Lyijyä sisältävien messinkiseosten pinnoille saattaa koneistusvaiheessa muodostua lyijykerros, josta liukenee talousveteen lyijyä (Pelto-Huikko ja Kaunisto 2010; Fontenay ja Andersen 2008). Vesikalusteiden valmistuksessa voidaan käyttää myös vähälyijyistä messinkiä, jossa lyijyä on alle 0,3 % (Hansa 2017; Oras 2017), esimerkiksi messinkilaatua MS63 soveltuu hanojen valmistukseen (Hansa 2017).

Nikkeliä käytetään hanojen ja venttiilien kromauksessa välipinnoitteena messingin ja kromin välissä. Pinnoituksen yhteydessä nikkeliä päätyy myös hanan sisäpinnalle juoksuputkeen. Kromipinnoitus ei välttämättä peitä koko nikkelpintaa ja näin hanan sisäpinnalle voi jäädä kohtia, joissa nikkeli pääsee suoraan kosketukseen veden kanssa. (Fontenay ja Andersen 2008; Pelto-Huikko ja Kaunisto 2010) Venttiileitä ja asennusosia voidaan pinnoittaa myös pelkällä nikkelillä. Nikkeliä voi liueta myös ruostumattomasta teräksestä valmistetuista vesijohdoista. Hanan sisäpinnalle jäävän veden kanssa kosketuksissa olevan nikkelin määrä riippuu hanan valmistusprosessista. Hanan kromausprosessia muuttamalla nikkelin liukenemista veteen voisi vähentää esim. tulppaamalla vesitiehyet ennen kromausta (Fontenay ja Andersen 2008). Esimerkiksi Saksassa on myynnissä hanoja, joissa talousveden kanssa kosketuksessa olevissa osissa ei ole ollenkaan nikkeliä (Hansa 2017).

2.3 Korroosio ja vedenlaatu

Korroosiolla tarkoitetaan kemiallista tai sähkökemiallista ilmiötä, jossa materiaali kuluu tai vaurioituu ympäristön vaikutuksesta. Vesijohtomateriaaleissa talousveden kanssa kosketuksissa tapahtuva korroosio on sähkökemiallista. Sähkökemiallisessa korroosiossa veden ja putkimateriaalin välillä on potentiaaliero, jolloin syntyy katodi-anodi-pari, jonka välillä kulkee sähkövirta. Korroosion vaikutuksesta metallin pinnalta liukenee metalleja talousveteen. Veden laadulla on suuri vaikutus korroosionopeuteen. (Pääkkönen 1993; Rakennusinsinööriliitto, RIL 2003)

Metallituotteiden soveltuminen verkostomateriaaleiksi perustuu niiden passivoitumiskykyyn. Metallituotteen pintaan muodostuu ohut korroosiolta suojaava kerros. Suojakerroksen muodostuminen kannalta vedenlaatu on olennaisessa roolissa. Veden happipitoisuus, pH, kovuus, sulfaatti, sähkönjohtavuus ja alkaliteetti ovat olennaisia tekijöitä veden syövyttävyyden ja metallien korroosion kannalta. (Pääkkönen 1993; Kekki ym. 2008) Sopiva pH, korkea bikarbonaattipitoisuus, otolliset virtausolosuhteet, alhainen lämpötila ja riittävä happi- ja kalsiumpitoisuus vedessä edesauttavat suojakerroksen muodostumista. Vastaavasti alhainen pH arvo, suuri kloridi- ja sulfaattipitoisuus, pieni happipitoisuus tai korkea lämpötila voivat hidastaa passiivikerroksen muodostumista. (Pääkkönen 1993) Lämpötilan nousminen voi kiihdyttää aineiden liukenemista ja materiaalien syöpymistä pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Isot lämpötilavaihtelut verkostossa voivat heikentää materiaalien mekaanista kestävyyttä. (Kekki ym. 2008)

Kalsiumkarbonaatti ja metalli saostuvat metallin pinnalle muodostaen kalsium-metallikarbonaattikalvon, joka suojaaa putkea korroosiolta. Veden tulee olla lähellä kalkki-hiilihappotasapainoa, jotta suojaava kerros voi muodostua. Lisäksi veden kovuuden tulisi olla yli 0,36 mmol/l ja vedessä riittävästi happea. Lämpötila vaikuttaa korroosionopeuteen kiihdyttävästi. (RIL 2003)

Kuparin yleinen korroosio lisääntyy merkittävästi, jos pH laskee alle 7. Korroosionopeus alkaa kasvaa uudestaan, jos pH nousee yli 10 (Johansson 1989). Lisäksi on tärkeää, että vedenlaatu pysyy tasaisena eikä suuria heittelyitä tapahdu esimerkiksi pH-arvossa (Gonzalez ym. 2013; Forsberg 2009). Pienikin pH:n vaihtelu voi vaikuttaa kuparin liukenemiseen merkittävästi etenkin, jos alkaliteetti on korkea ja pH välillä 7,6 – 8,4 (Gonzalez ym. 2013).

2.4 Metallien liukeneminen talousveteen kiinteistöjen vesilaitteista

Vesilaitoksilta lähtevä talousvesi on yleensä korkealaatuista eikä sisällä korkeita pitoisuuksia metalleja. Suomi raportoi Euroopan komissiolle säännöllisesti suurten vedenjakelualueiden talousveden valvonnasta ja laadusta. Suomessa raportoinnin piirissä oli vuonna 2015 154 vesilaitosta, jotka toimittavat talousvettä noin 80 % väestöstä. Vuonna 2015 valvontatutkimustuloksista 99,99 % täytti talousveden laatuvaatimukset ja 99,61 % laatusuosituksen. Talousvesi oli laadultaan korkeatasoista. (Zacheus 2016) Vedenlaatu voi kuitenkin heikentyä verkostossa ja kiinteistöjen vesijohdoissa ja -kalusteissa. Euroopassa on tehty useita tutkimuksia, joissa on selvitetty metallien liukenemista talousveteen (Zietz ym. 2014; Andersen ja Fontenay 2008; Inkinen ym. 2014; Hiisvirta 2003; Ahonen ym. 2008).

Vuonna 2014 Zietz ym. tutkivat Saksassa kiinteistöjen laitteistoista talousveteen liukenevia metalleja. Kolmen tunnin veden seisottamisen jälkeen otettiin viiden litran suuruinen näyte osanäytteissä niin, että ensin täytettiin viisi 100 ml näytepulloa, sen jälkeen yksi 500 ml pullo ja lopuksi neljä litran pulloa. Lisäksi otettiin näyte veden juoksuttamisen jälkeen kuvaamaan vesilaitoksen toimittaman veden laatua. Putkien ja hanojen ikätietoja ei huomioitu, mutta rakennusten rakennusvuodet olivat tiedossa. Kiinteistön kylmävesiputket olivat pääosin kuparia. Näytepisteitä oli yhteensä 16 kappaletta 11 kiinteistössä. Näytteet otettiin kahdesti samasta näytepisteestä, jonka jälkeen tuloksista laskettiin keskiarvo.

Zietzin ym. (2014) tutkimuksessa havaittiin, että nikkeliä liukenee hanoista tai sen asennusosista. Nikkelin laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi neljässä näytepisteessä. Joissakin näytteissä esiintyi myös pieniä pitoisuuksia kadmiumia, jonka arveltiin olevan peräisin hanoista tai sen asennusosista. Kuparipitoisuus ylitti laatusuosituksen yhdessä näytepisteessä. Kuparia liukeni eniten hanoista ja metallisista liitososista. Sinkkiä liukeni messinkiosista. Lyijyä liukeni todennäköisesti vanhoista lyijyputkista ja lyijyä sisältävistä asennusosista. Lyijy ylitti laatuvaatimuksen 10 µg/l kolmessa näytepisteessä.

Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa otettiin neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen 51 kiinteistön keittiön hanoista kaksi osanäytettä (Andersen ja Fontenay 2008). Ensimmäinen näyte oli 200 ml ja toinen 800 ml. Lisäksi otettiin näyte juoksutetusta vedestä. Tutkimuksessa havaittiin korkeita lyijypitoisuuksia, erityisesti uusista alle vuoden ikäisistä hanoista. Nikkelipitoisuudet olivat korkeita erityisesti uusissa alle kaksivuotiaissa hanoissa. Sekä lyijyn että nikkelin osalta laatuvaatimukset ylittyivät. Nikkelin todettiin olevan todennäköisesti pääosin peräisin hanoista, venttiileistä ja liitosputkista, koska niitä esiintyi ensimmäisessä 200 ml näytteessä eniten. Lyijy oli todennäköisesti peräisin messinkihanoista ja -venttiileistä. Lyijyä voi liueta myös vanhojen putkien lyijyjuotteista tai putkiston muista messinkiosista. Kupari ja sinkki olivat pääosin peräisin putkistosta, koska niitä esiintyi enemmän 800 ml näytteissä.

Inkinen ym. (2014) tutki Raumalla uuden toimistorakennuksen kupari- ja muoviputkista (PEX) liukenevia metalleja ensimmäisenä käyttövuotena. Tutkimuksessa havaittiin, että

kiinteistön kylmävesiputkien messinkiosista liukenee lyijyä ensimmäisten viikkojen aikana runsaasti, sen jälkeen pitoisuus laskee, kunnes nousee taas uudelleen viikoilla 15-28 kupari-putkilla ja viikoilla 13-30 muoviputkilla. Lyijypitoisuudet ylittivät Suomen laatuvaatimuksen 10 µg/l selvästi. Nikkeliä ei liuennut kylmän veden putkistoista. Näytteissä havaittiin myös kohonneita sinkkipitoisuuksia. Talousvesi oli laadultaan keskikovaa, lievästi emäksistä ja alkaliteetti oli alhainen. Virtaamaolosuhteiden ja veden lämpötilan havaittiin vaikuttavan metallipitoisuuksiin vedessä. Kuparipitoisuutta ei tutkittu. Lyijypitoisuus oli viisinkertainen uuden messinkiosan jälkeen otetussa 100 ml näytteessä kuin ennen sitä otetussa kahden litran näytteessä. Lyijypitoisuus vaihteli 15–29 µg/l välillä kylmävesiputkista otetuissa näytteissä ensimmäisen viikon aikana.

Sosiaali- ja terveysministeriön tutkimuksessa selvitettiin erilaisten näytteenottotapojen vaikutusta kupari-, lyijy- ja nikkelpitoisuuteen (Hiisvirta 2003). Tavoitteena oli löytää näytteenottotapa, joka kuvaisi käyttäjän saamaa viikoittaista keskiarvopitoisuutta. Näytteenottpisteiksi valittiin eri puolilta Suomea 14 kiinteistöä, joissa oli havaittu korkean kuparipitoisuuden aiheuttamia ongelmia tai alhainen veden pH-taso. Näytteet otettiin pääsääntöisesti keittiön hanasta. Neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen otetuissa näytteissä havaittiin kohonneita kuparipitoisuuksia, mutta vain kolmessa näytepisteessä kuparin talousvedelle määritetty enimmäisarvo 2 mg/l ylittyi. Lyijyn raja-arvo 10 µg/l ylittyi kahdessa näytepisteessä, mutta pitoisuus ei vaikuttanut olevan riippuvainen seisotusajasta. Nikkelpitoisuudet olivat alle laboratorion määrittämissä (10 µg/l) kaikissa näytteissä kahta näytettä lukuun ottamatta, mutta niissäkään raja-arvo 20 µg/l ei ylittynyt.

Tampereen ja Turun seudulla tutkittiin vuonna 2007 näytteenottotavan vaikutusta talousveden metallipitoisuuksiin (Ahonen ym. 2008). Näytteitä otettiin 25 vesilaitokselta lähtevästä vedestä ja verkostosta vähintään viiden tunnin veden seisottamisen jälkeen sekä veden juoksuttamisen jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että kuparipitoisuuden mediaaniarvo oli seisotetussa vedessä hieman korkeampi kuin vesilaitokselta lähtevässä vedessä tai juoksutetussa vedessä. Kuparipitoisuudet olivat kuitenkin alhaisia, sillä seisotetun verkostoveden mediaanipitoisuus oli 0,12 mg/l ja korkein yksittäinen arvo noin 1,5 mg/l. Sinkkipitoisuudet olivat korkeammat seisotetussa vedessä kuin muissa näytteissä. Korkein mitattu sinkkipitoisuus oli 1400 µg/l mediaanipitoisuuksien ollessa 31 ja 99 µg/l suurilla ja keskiuurilla vesilaitoksilla seisotetussa vedessä. Nikkelpitoisuudet olivat muutamaa näytettä lukuun ottamatta alle laboratorion määrittämissä eli alle 1 µg/l tai 4 µg/l. Lyijypitoisuudet olivat myös pääosin alle määrittämissä 1 µg/l ja alumiinipitoisuudet olivat pieniä tai alle määrittämissä. Tutkimuksessa ei huomioitu näytteenottpisteiden hanaan tai putkiston ikää tai materiaalia. Ei myöskään löytynyt tietoa siitä, otettiin verkostonäytteet käyttäjän hanasta vai jostain muualta tai miten vedenseisotus toteutettiin. Myöskään vedenlaadun vaikutusta näytteiden metallipitoisuuksiin ei tarkasteltu.

3 Tutkimusaineisto ja näytteenotto

3.1 Tutkimusaineisto

Tässä diplomityössä käytetty aineisto kerättiin eri puolilta Suomea kahdeksan vesilaitoksen alueelta. Mukana hankkeessa olivat seuraavat vesilaitokset: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY), Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy, Iisalmen Vesi, Imatran Vesi, Kouvolan Vesi Oy, Lappeenrannan Energiaverkot Oy, Oulun Vesi ja Tampereen Vesi. Vesilaitokset valitsivat alueeltaan 3–6 kiinteistöä näytepisteiksi annettujen ohjeiden mukaisesti. Näytepisteitä oli yhteensä 30. Kohteiksi valittiin kiinteistöjä, joissa hana on uusittu 0–2 kuukautta, alle vuosi, 1–2 vuotta, 2–5 vuotta tai yli 5 vuotta sitten. Kaikkien vesilaitosten alueelta pyrittiin löytämään sekä uusia, alle vuoden ikäisiä, että vähän vanhempia kohteita. Hanan iän perusteella jaoteltuna mukaan saatiin kiinteistöjä ikäluokittain seuraavasti: alle yksi vuotta vanhat 13 kpl, 1–2 vuotta vanhat 4 kpl, 2–5 vuotta vanhat 6 kpl ja yli 5 vuotta vanhat 7 kpl. Vanhin hana oli 19 vuotta vanha. Toteutuneet näytepisteet vesilaitoksittain hanan iän perusteella jaoteltuna on koottu taulukkoon 3. Kiinteistöjen vesijohdot olivat pääosin yhtä vanhoja kuin hanat lukuun ottamatta muutamaa kohdetta, joissa hanan uusimisen yhteydessä ei oltu uusittu kiinteistön vesijohtoja. Vanhimmat putkistot olivat yli 50 vuotta vanhoja. Taulukossa 4 on esitetty putkistojen iät näytepisteissä.

Taulukko 3. Vesilaitosten näytepisteet hanan iän perusteella luokiteltuna.

Hanan ikä	0-2 kk	< 1 a	1-2 a	2-5 a	> 5 a	Yhteensä (kpl)
HSY	1	2	2		1	6
Hämeenlinna	1	1		2		4
Iisalmi	1	1		1		3
Imatra	1	1			1	3
Kouvola		1		2	1	4
Lappeenranta					3	3
Oulu		2		1		3
Tampere		1	2		1	4
Yhteensä	4	9	4	6	7	30

Taulukko 4. Näytepisteinä olevien kiinteistöjen vesijohtojen iät.

Putkiston ikä	0-2 kk	<1 v.	1-2 v.	2-5 v.	> 5 v.	Yhteensä
Näytepisteet (kpl)	3	10	1	6	10	30

Näytepisteissä oli omakoti-, kerros-, rivi- ja paritalokohteita sekä julkisia rakennuksia, kuten kouluja ja päiväkoteja (Taulukko 5). Mukana oli lisäksi yksi vedenottamo ja paloasema. Näytepisteitä oli sekä pohjavedenottamoiden että pintavesilaitosten verkostoalueelta (Taulukko 6). Vesi tuli 14 kiinteistölle pohjavesilaitokselta, neljälle tekopohjavesilaitokselta ja 12 kiinteistöä sai vetensä pintavesilaitoksesta.

Taulukko 5. Näytepisteiden kiinteistötyypit

Kiinteistötyyppi	Kpl
Julkinen rakennus (JR)	11
Omakotitalo (OKT)	9
Kerrostalo (KT)	4
Paritalo (PT)	2
Rivitalo (RT)	2
Muu rakennus (Muu)	2

Taulukko 6. Näytepisteisiin vettä toimittavien vedenottamoiden raakavesilähde

Laitos	Kpl
Pohjavesilaitos (Po)	14
Tekopohjavesilaitos (TPo)	4
Pintavesilaitos (Pi)	12

Näytepisteiksi valituissa kiinteistöissä yleisimmät vesijohtomateriaalit olivat muovi ja kupari. Yhdeksässä kiinteistössä vesijohto oli osittain muovia ja osittain kuparia. Muutamassa kiinteistössä putkimateriaali ei ollut tiedossa, mutta vedestä mitatun kuparipitoisuuden perusteella putkimateriaaliksi pääteltiin kupari. Kiinteistöjen putkimateriaalit on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Kiinteistöjen vesijohtojen materiaalit

Putkimateriaali	Kpl
Kupari (Cu)	11
Kupari & Muovi (Cu/M)	9
Muovi (M)	9
Komposiitti (Komp.)	1

Tässä diplomityössä näytepisteistä käytetään tunnistetta, joka sisältää tiedon siitä, minkä vesilaitoksen alueella näytepiste sijaitsee, näytepisteen kirjaintunnuksen ja hanan iän. Tunnisteessa on ensin kolme- tai neljäkirjaiminen vesilaitoksen tai paikkakunnan lyhenne. Alavii- van jälkeen on näytepisteen tunnuskirjain (A–F) vesilaitoksittain aakkostettuna ja hanan ikää kuvaava numero (0, 1, 2, 3 tai 5). Numero kertoo hanan iän seuraavasti: 0: 0–2 kk, 1: alle 1 vuosi, 2: 1–2 vuotta, 3: 2–5 vuotta ja 5: yli viisi vuotta vanha hana. Esimerkiksi HSY_B1 tarkoittaa HSY:n alueella sijaitsevaa kiinteistöä B, jossa hana on uusittu alle vuosi sitten. Vastaavasti TRE_C2 tarkoittaa Tampereella sijaitsevaa kiinteistöä C, jossa hana on uusittu 1–2 vuotta sitten.

Taulukossa 8 on koottuna perustiedot kaikista näytepisteinä olleista kiinteistöistä. Ensimmäisessä sarakkeessa on paikkakunta tai vesilaitos, jonka alueelta näyte on otettu. Toisessa sarakkeessa on näytepisteen tunniste, joka on selitetty edellisessä kappaleessa. Kolmannessa sarakkeessa näytepisteet on luokiteltu sen mukaan, onko vesi lähtöisin pohjavedenottamolta (Po), tekopohjavesilaitokselta (TPo) vai pintavesilaitokselta (Pi). Neljännessä sarakkeessa on näytepisteen kiinteistötyyppi: omakotitalo (OKT), paritalo (PT), rivitalo (RT), kerrostalo (KT), julkinen rakennus (JR) tai muu rakennus (Muu). Kahdessa seuraavassa sarakkeessa on hanan ja putkiston ikä. Seuraavassa sarakkeessa on esitetty näytepisteiden vesijohtoma-

terialit seuraavasti: kupari (Cu), kuparin ja muovin yhdistelmä (Cu/M), muovi (M), komposiitti (Komp.). Taulukossa on myös esitetty näytepisteen seisotusajat (h), hanatyypit karkeasti luokiteltuna sekä käytetty näytteenottotapa A (osanäytteet) tai B (litran näytteet). Näytteenottotavat on esitelty luvussa 3.2. Hanatyypien luokittelu perustuu valokuvien perusteella tehtyyn karkeaan arvioon. Alla selitettynä hanojen kirjaimet.

Hana A	Keittiön hana, jossa korkea alaspäin kaartuva juoksuputki
Hana B	Keittiön hana, jossa suora juoksuputki
Hana C	Pesuallashana
Hana D	Aputilahana, jota voidaan käyttää myös keittiössä
Hana M	Muut hanat

Taulukko 8. Perustiedot näytesteistä

	Tunniste	Vedenot- tamo	Kiinteistö- tyyppi	Hanan ikä	Putkiston ikä	Vesijohto- materiaali	Seisotus- ajat (h)	Hana- tyyppi	Näytteen- ottotapa
Hämeenlinna	HML_A0	TPo	OKT	0-2kk	<1v.	M	2, 4, 8	M	B
	HML_B1	Po	OKT	<1v.	<1v.	M	2, 4, 8	A	B
	HML_C3	Po	PT	2-5v.	2-5v.	M	2, 4, 8	M	B
	HML_D3	TPo	JR	2-5v.	2-5v.	Cu/M	2, 4, 8	M	B
HSY	HSY_A0	Pi	OKT	0-2kk	0-2kk	M	2, 4, 48	A	A
	HSY_B1	Pi	OKT	<1v.	<1v.	M	2, 4, 8	B	A
	HSY_C1	Pi	RT	<1v.	<1v.	M	2, 4, 9	B	A
	HSY_D2	Pi	KT	1-2v	53v	Cu	2, 4, 8	M	A
	HSY_E2	Pi	KT	1-2v	52v	Cu	2, 4, 9	B	A
	HSY_F5	Pi	OKT	7v	7v	Cu/M	2, 4, 9	A	A
Imatra	IMR_A0	Po	PT	0-2kk	0-2kk	Komp.	2, 4, 9	A	A
	IMR_B1	Po	JR	<1v.	<1v.	Cu	2, 4, 9	A	A
	IMR_C5	Po	OKT	19v.	19v.	M	2, 4, 10	B	A
Iisalmi	ISM_A0	Po	JR	0-2kk	0-2kk	Cu/M	9	M	A
	ISM_B1	Po	JR	<1v.	<1v.	Cu/M	2, 4, 42	B	A
	ISM_C3	Po	OKT	2-5v.	2-5v.	M	2, 4, 9	A	A
Kouvola	KVL_A1	Pi	JR	<1v.	<1v.	Cu	2, 4, 15	C	A
	KVL_B3	TPo	JR	2-5v.	2-5v.	Cu	2, 4, 17	C	A
	KVL_C3	TPo	JR	2-5v.	2-5v.	Cu	2, 4, 14	B	A
	KVL_D5	Pi	Muu	6v	6v	Cu	2, 4, 10	D	A
Lappeenranta	LPR_A5	Po	JR	>10	>45v	Cu/M	2, 4, 39	A	A
	LPR_B5	Po	OKT	13v	13v	Cu/M	2, 4, 10	B	A
	LPR_C5	Po	Muu	9v	9v	Cu/M	2, 4, 14	B	A
Oulu	Oulu_A1	Pi	JR	<1v.	<1v.	Cu	2, 4, 17	D	B
	Oulu_B1	Pi	JR	<1v.	<1v.	Cu/M	2, 4, 18	A	B
	Oulu_C3	Po	JR	2-5v.	2-5v.	Cu	2, 4, 10	D	B
Tampere	TRE_A1	Pi	KT	<1v.	<1v.	Cu/M	2, 4, 16	B	A
	TRE_B2	Pi	KT	1-2v	1-2v	Cu	2, 4, 9	A	A
	TRE_C2	Po	RT	1-2v	30v	Cu	2, 4, 9	A	A
	TRE_D5	Po	OKT	8v	8v	M	2, 4, 9	A	A

3.2 Näytteenotto

Näytteenottokohteiksi valituista kiinteistöstä otettiin metallinäyte kolmella eri seisotusajalla sekä veden juoksuttamisen jälkeen. Ohjeelliset seisotusajat olivat kaksi, neljä ja 8–10 tuntia. Kahdessa kohteessa pisin seisotusaika venyi yli 40 tuntiin. Juoksutettu vesinäyte otettiin vähintään 10 minuutin juoksuttamisen jälkeen tai lämpötilan tasaannuttua. Juoksutettu näyte kuvaa käytännössä vesilaitoksen toimittaman verkostoveden laatua ja samalla vastaa talousvesiasetuksen 1325/2015 näytteenottotavan mukaista valvontanäytettä.

Kaikista näytteistä tutkittiin seuraavat metallit: alumiini, antimoni, kadmium, kromi, kupari, lyijy, mangaani, nikkeli, rauta ja sinkki. Lisäksi mitattiin lämpötila. Juoksutetun veden näytteistä tutkittiin edellä mainittujen lisäksi alkaliteetti, happi, hiilidioksidi, kalsium, kloridi, kovuus, pH, sameus, silikaatti, sulfaatti, orgaaninen kokonaishiili (TOC, total organic carbon) ja vapaa kloori, jotka kuvaavat veden teknistä laatua. Lisäksi tutkittiin arseenipitoisuus yhden vesilaitoksen näytteistä ja fluoridi niillä alueilla, joilla se oli ennakkotietojen perusteella koholla raakavedessä. Näytteenoton järjestämisestä vastasi kukin vesilaitos itse. Näytteenottoa varten laadittiin tarkka ohjeistus sekä näytteenottopöytäkirjat.

Ennen jokaista veden seisotusjaksoa hanasta juoksutettiin kylmää vettä kymmenen minuuttia tai kunnes veden lämpötila tasaantui, jotta kiinteistön putkistossa oleva vesi pääsisi kokonaan vaihtumaan ennen uuden seisotusjakson alkua. Seisotetun veden näytteet ohjeistettiin ottamaan keittiöhanasta kylmän veden puolelta heti seisotusjakson jälkeen ilman edeltävää juoksutusta. Metallinäytteet kestävöitiin väkevällä typpihapolla näytteenoton jälkeen. Kiinteistön asukkaita ohjeistettiin olemaan käyttämättä vettä seisottamisen aikana koko kiinteistössä mukaan lukien kiinteistön muut hanat ja WC- ja kylpyhuonetilat. Kerrostalokohdeissa taloyhtiön muiden asuntojen vedenkäyttöön ei voitu vaikuttaa, joten vesi on voinut päästä vaihtumaan kiinteistön yhteisissä putkistoissa. Tämän ei kuitenkaan pitäisi vielä vaikuttaa ainakaan ensimmäiseen 250 ml:n näytteeseen. Muissa osanäytteissä vaikutus voi jo näkyä asunnon oman putkiston vesitilavuudesta riippuen.

Näytteenottojärjestys oli vapaa ja osassa kohteista näytteenotto jaettiin useammalle päivälle näytteenottojärjestelyiden helpottamiseksi. Käytännön syistä seisotetun veden näytteet yksityisasunnoissa ottivat pääosin kiinteistön asukkaat itse ja julkisissa rakennuksissa pääosin vesilaitoksen tai kunnan työntekijät. Juoksutetun vesinäytteen otti kaikissa näytepisteissä vesilaitoksen näytteenottaja tai henkilö, jolla on aiempaa kokemusta näytteenotosta.

Näytteenotossa käytettiin kahta vaihtoehtoista tapaa. Vaihtoehdossa A otettiin neljä osanäytettä (250 ml + 250 ml + 500 ml + 500 ml) jokaista seisotusaikaa kohden ja vaihtoehdossa B otettiin yksi litran (1000 ml) näyte jokaista seisotusaikaa kohden. Vaihtoehdossa A hana suljettiin aina pullon vaihtamisen ajaksi. Talousvesiasetuksen mukainen valvontanäyte tullaan jatkossa ottamaan hanasta yhden litran suuruisena ilman edeltävää juoksutusta. Siksi näytemääräksi valittiin tässä tutkimuksessa yksi litra. Vaihtoehdon A tuloksista laskettiin myös pitoisuus yhdessä litrassa, jotta tulokset olisivat siltä osin keskenään vertailukelpoisia. Vaihtoehdon A kokonaisnäytemääräksi päätettiin 1,5 litraa, koska talousvesiasetuksen uusi muotoilu sallii veden vähäisen laskemisen ennen näytteenottoa.

Vaihtoehto A antaa lisätietoa siitä, mistä havaitut pitoisuudet ovat peräisin ja siksi haluttiin myös tämä vaihtoehto mukaan. Ensimmäinen 250 ml osanäyte kuvaa hanasta ja hanan liittoksesta liukenevia metalleja ja muut osanäytteet kiinteistön vesijohdoista ja niiden osista liukenevia metalleja. Hanojen vesitilavuutta ei mitattu, joten tämä arvio on suuntaa-antava.

Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa (Andersen ja Fontenay 2008) hanan vaikutusta kuvaava näyte otettiin 200 ml pulloon. Tässä tutkimuksessa päädyttiin 250 ml näytetilavuuteen, koska 200 ml pullo ei kuulunut laboratorioiden perusvarustukseen. Näytteenotto haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja siksi oli tärkeää, että näytepullo on samankokoinen kuin haluttu näytemäärä.

Vesilaitokset saivat itse päättää kumman näytteenottotavan valitsevat. Kuusi vesilaitosta valitsi näytteenottotavan A ja kaksi näytteenottotavan B. Näytteet otettiin 23 kiinteistössä näytteenottotavan A ja seitsemässä näytteenottotavan B mukaan. Seisotetusta vedestä otettiin kaiken kaikkiaan 282 näytettä, kun lasketaan kaikki osanäytteet ja litran näytteet yhteen. Lisäksi 29 näytepisteestä otettiin näytteet veden juoksuttamisen jälkeen. Näytteenotto ajoitettiin aikavälille 13.3.2017 – 20.6. 2017.

3.3 Kiinteistö- ja juoksu-tottumuskysely

Näytepisteiksi valituista kiinteistöistä kerättiin perustiedot kiinteistökyseleyn avulla (Liite 1). Kysytyjä tietoja olivat kiinteistötyyppi, hanan ikä, materiaali ja malli, kiinteistön kylmävesiputkien materiaali ja putkiston ikä. Lisäksi selvitettiin kiinteistön käyttöönoton yhteydessä tehtyjä toimenpiteitä, kuten putkiston huuhtelua ja virtausnopeuden säätöä. Julkisten rakennusten osalta selvitettiin lisäksi loma-aikojen juoksu-tottumuskäytäntöjä. Lisäksi jokaisesta näytehanasta pyydettiin ottamaan valokuva.

Hankkeen yhteydessä laadittiin myös lyhyt kysely kuluttajien juoksu-tottumusten selvittämiseksi (Liite 2). Kysely oli kesällä 2017 auki noin kaksi kuukautta ja vastauksia saatiin yhteensä 912 kappaletta. Kyselyn linkki oli internetissä vapaasti jaettavissa. Kyselyä levittivät eteenpäin ainakin Suomen Omakotiliitto ry, Suomen Ympäristökeskus, Finnish Consulting Group (FCG) ja Vesi-Instituutti Wander sekä muutamat vesilaitokset.

3.4 Analyysimenetelmät

Vesinäytteet lähettivät vesinäytteet analysoitavaksi yhteistyölaboratorioihinsa. Metallipitoisuuksien määrittämiseen käytettiin induktiivisesti kytkettyä plasma-massaspektometriä (ICP-MS) tai induktiivisesti kytkettyä plasma-optista emissiospektometriä (ICP-OES). Metallien analysoinnissa käytettiin akkreditoituja menetelmiä ICP-MS, SFS-EN ISO 17294-2:2005, 17294-1:2006 ja 17294-2:2006 sekä ICP-OES, SFS-EN ISO 11885:2009. Liitteessä 3 on esitetty käytetyt menetelmät vesilaitoskohtaisesti sisältäen maininnan mahdollisesta menetelmän modifioinnista.

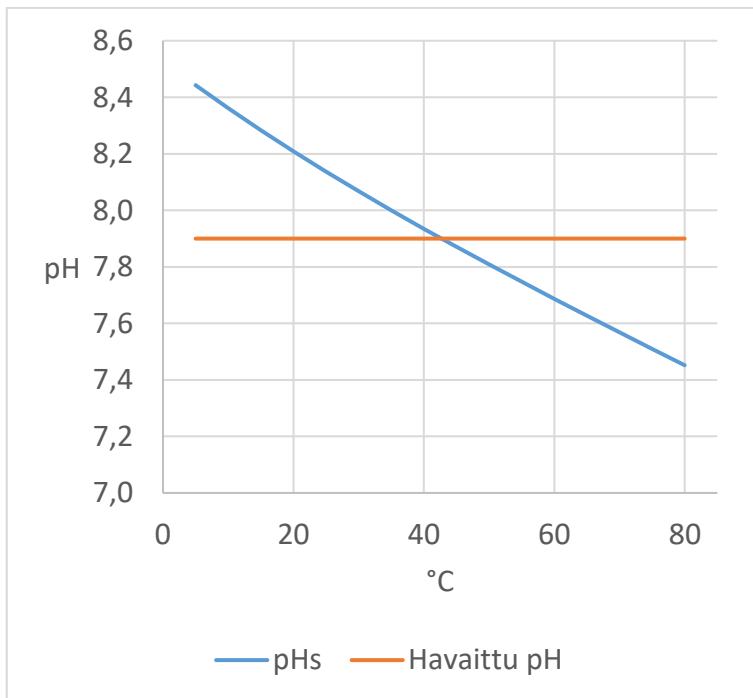
3.5 Kalkki-hiilihappo-tasapaino

Kalkki-hiilihappo-tasapainon määrittämiseen käytettiin FCG:n kehittämää VeKa LIMS -ohjelmiston laskentatyökalua, joka perustuu kirjassa Standard methods for the examination of water and wastewater (Clesceri ym. 1989) esitettyihin kaavoihin. Määrittämiseen käytettiin seuraavia lähtötietoja vedestä: kalsium, alkaliteetti, pH ja sähkönjohtavuuskyky. Kalkki-hiilihappo-tasapaino voidaan määrittää myös nomogrammin avulla (RIL 2004).

Kalkki-hiilihappo-tasapaino kuvaa veden syövyttävyysominaisuuksia metalliputkille pelkkää pH:ta paremmin. Sen avulla voidaan myös ennaltaehkäistä kalkkisaostumien muodostumista kiinteistön vesilaitteistoissa. (Clesceri ym. 1989) Liian matala pH-arvo ja vedessä

vapaana oleva hiilidioksidi tekevät talousvedestä aggressiivista ja putkia syövyttävää. Vapaan hiilidioksidin vähentäminen talousvedestä on tehokas korroosionestotoimenpide. (RIL 2004)

Kuvassa 1 on esimerkki yhdestä tässä tutkimuksessa mukana olleesta näytepisteestä, jossa kalkki-hiilihappo-tasapaino on hyvällä tasolla ja kalkkia alkaa saostua noin 40 asteessa. Havaitun pH-arvon ja pHs-käyrän leikkauskohdassa kalkkia alkaa saostua veteen. Optimaalinen pH-arvo voidaan määrittää pHs-käyrän avulla tapauskohtaisesti. Sopiva kalkin saostumislämpötila on yleensä noin 40–50 astetta (Pääkkönen ja Kuivamäki 1999). Tavoitteena on, että kalkkia saostuisi kuumaan käyttöveteen jonkin verran, mutta ei kylmään (Pääkkönen 1993).



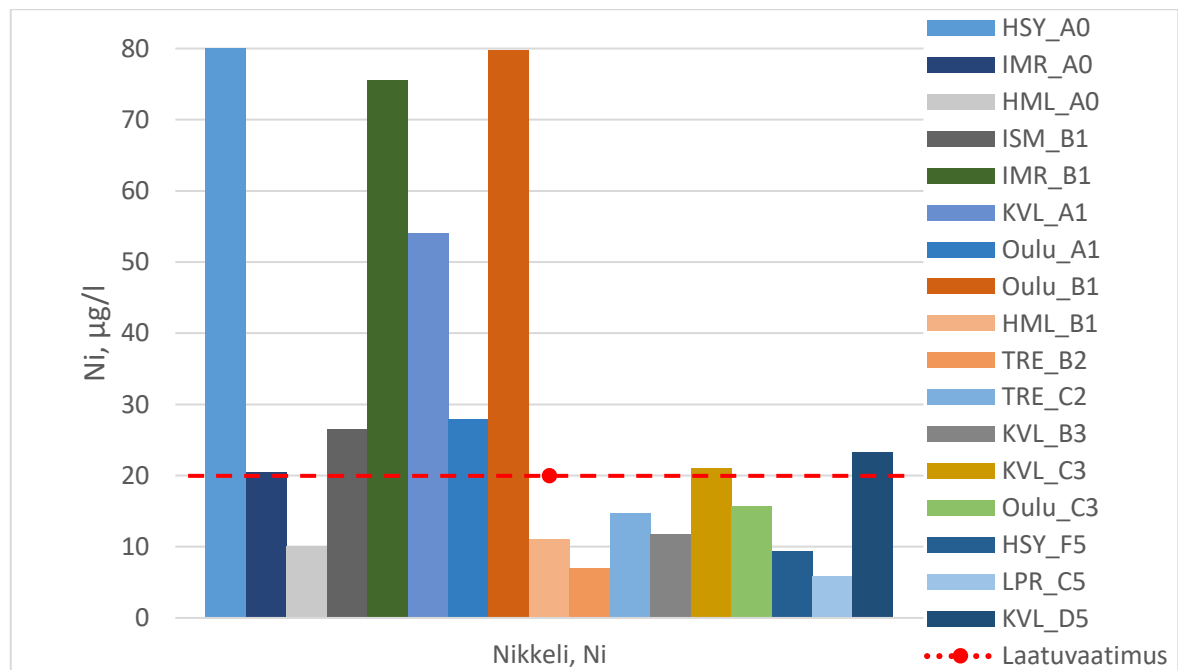
Kuva 1. Kalkki-hiilihappo-tasapaino yhdessä näytepisteessä. Kalkkia alkaa saostua hieman yli 40 asteessa.

4 Tulokset

4.1 Nikkeli

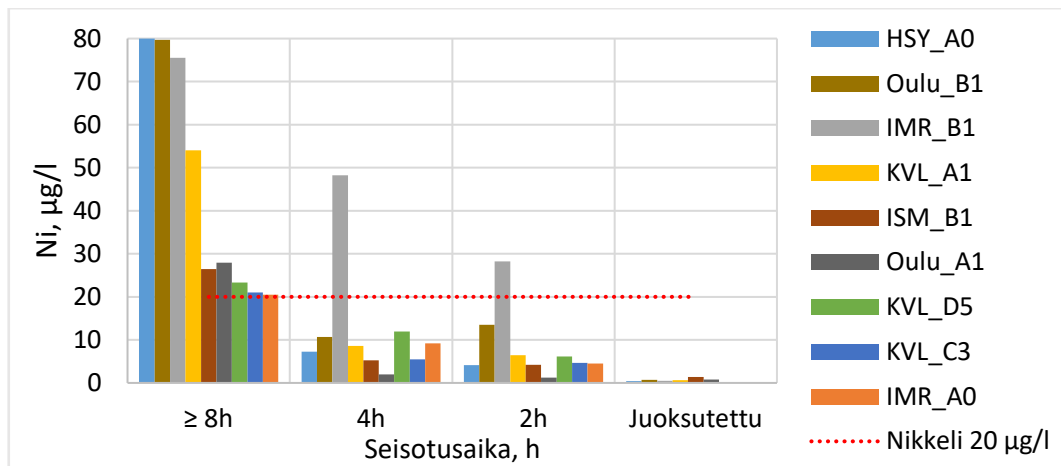
4.1.1 Litran näytteet

Yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen otetuissa litran näytteissä nikkelin laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi yhdeksässä näytepisteessä kolmestakymmenestä. Talousveden laatuvaatimuksen ylittäneissä näytteissä nikkelpitoisuudet vaihtelivat välillä 21–80 µg/l seuraavasti: kolmessa näytteessä pitoisuus oli yli 75 µg/l, yhdessä 54 µg/l ja kolmessa 21–28 µg/l. Lisäksi viidessä näytteessä nikkelpitoisuus oli yli 10 µg/l. Yhteensä siis 14 näytepisteessä 30:stä nikkelpitoisuus oli yli 10 µg/l. Kuvassa 2 on esitetty näytepisteet, joissa nikkelpitoisuus ylitti 5 µg/l yli 8 tunnin seisottamisen jälkeen otetuissa litran vesinäytteissä. Veden seisotusajat vaihtelivat 8–48 tunnin välillä. Kaikkien näytepisteiden todelliset veden seisotusajat on esitetty taulukossa 8.



Kuva 2. Nikkelpitoisuus yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen litran näytteissä. Mukana näytepisteet, joissa pitoisuus oli yli 5 µg/l.

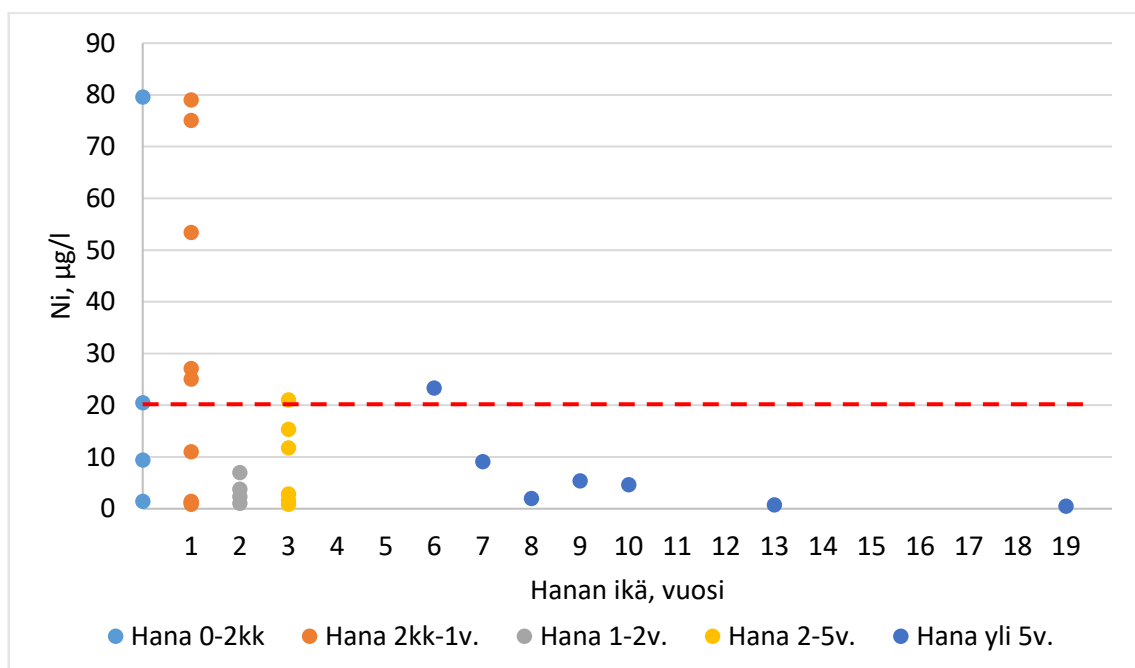
Kuvassa 3 on esitetty yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen laatuvaatimuksen ylittäneiden yhdeksän näytepisteen nikkelpitoisuudet muilla seisotusajoilla. Kahden ja neljän tunnin seisotusajoilla nikkelin laatuvaatimus ylittyi vain yhdessä näytepisteessä (IMR_B1) litran näytteessä. Juoksutuksen jälkeen otettuun näytteeseen verrattuna pitoisuudet ovat kuitenkin kaikissa näytepisteissä koholla myös kahden ja neljän tunnin seisotusajoilla. Seisotusaika vaikuttaa merkittävästi veden nikkelpitoisuuteen.



Kuva 3. Nikkelipitoisuus eri veden seisotusaikojen jälkeen ensimmäisessä litrassa sekä juoksetetussa näytteessä. Mukana näytenpisteet, joissa nikkelin laatuvaatimus ylittyi yli 8h seisottamisen jälkeen.

4.1.2 Hanan iän vaikutus

Näytenpisteissä, joissa hana oli alle vuoden vanha, nikkelpitoisuudet olivat korkeammat kuin näytenpisteissä, joissa hana oli tätä vanhempi. Alle yksivuotiailla hanoilla litran näytteissä laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi seitsemässä näytenpisteessä kolmestatoista yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen. Laatuvaatimus ylittyi myös yhdessä kiinteistössä, jossa oli 2–5 vuotta vanha hana ja yhdessä, jossa hana oli kuusi vuotta vanha. Kuvassa 4 on esitetty kunkin kohteen nikkelpitoisuudet litran näytteissä yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen suhteessa hanan ikään. Nikkelpitoisuuksista on vähennetty juoksetuksen jälkeen otetun näytteen nikkelpitoisuus, jotta vertailuun vaikuttaisi vain kiinteistöjen vesilaitteistoista liukeneva nikkeli.



Kuva 4. Nikkelpitoisuus litran näytteissä yli 8 h veden seisottamisen jälkeen suhteessa hanan ikään. Nikkelpitoisuuksista on vähennetty verkostovedessä oleva nikkeli. Nikkelin laatuvaatimuksen raja-arvo 20 µg/l on merkitty kuvaan punaisella katkoviivalla.

Taulukossa 9 on esitetty nikkelpitoisuuden vaihteluväli ja keskiarvo eri ikäisissä hanoissa yli kahdeksan ja neljän tunnin seisotusajoilla. Taulukon pitoisuudet on laskettu litran näyttestä, joista on vähennetty juokсутetun veden nikkelpitoisuus, jotta tuloksiin vaikuttaisi vain kiinteistön vesilaitteistoista liukeneva nikkeli. Alle yksi vuotta vanhojen hanojen nikkelpitoisuuksien maksimi- ja keskiarvot ovat huomattavasti korkeammat kuin tätä vanhemmilla hanoilla.

Taulukko 9. Nikkelpitoisuuden keskiarvo ja vaihteluvälit eri ikäisillä hanoilla 4 ja yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen

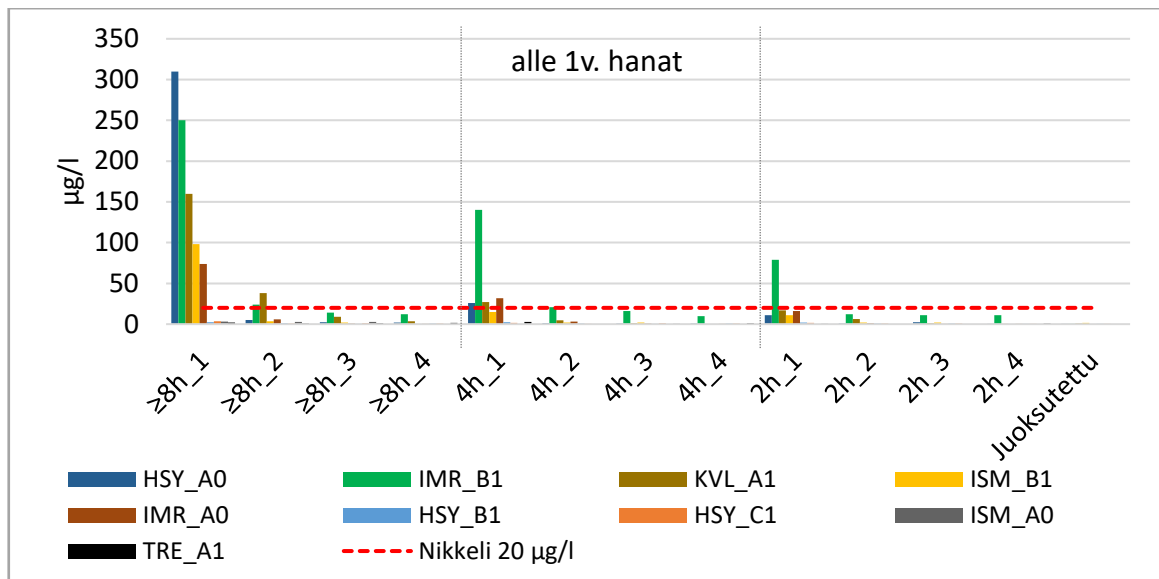
Hanan ikä	Keskiarvo [$\mu\text{g/l}$]		Suurin arvo [$\mu\text{g/l}$]		Pienin arvo [$\mu\text{g/l}$]	
	yli 8h	4h	yli 8h	4h	yli 8h	4h
Alle 1v. (N=13)	30	8,3	80	48	0,8	0,7
1-2v. (N=4)	3,5	2,6	7,0	4,9	1,0	0,3
2-5v. (N=6)	8,9	4,3	21	13	0,8	0,4
yli 5v. (N=7)	6,5	3,3	23	12	0,5	0,6

4.1.3 Osanäytteet

Edellä esitetyissä tuloksissa on mukana kaikki 30 näytestä. Näytteenotto toteutettiin 23 näytestä vaihtoehdon A mukaisesti eli ottamalla neljä osanäytettä kutakin seisotusajaa kohden. Ensimmäiset kaksi näytettä olivat tilavuudeltaan 250 ml ja seuraavat kaksi näytettä 500 ml. Tässä luvussa käsitellään tuloksia, jotka saatiin näistä osanäytteistä.

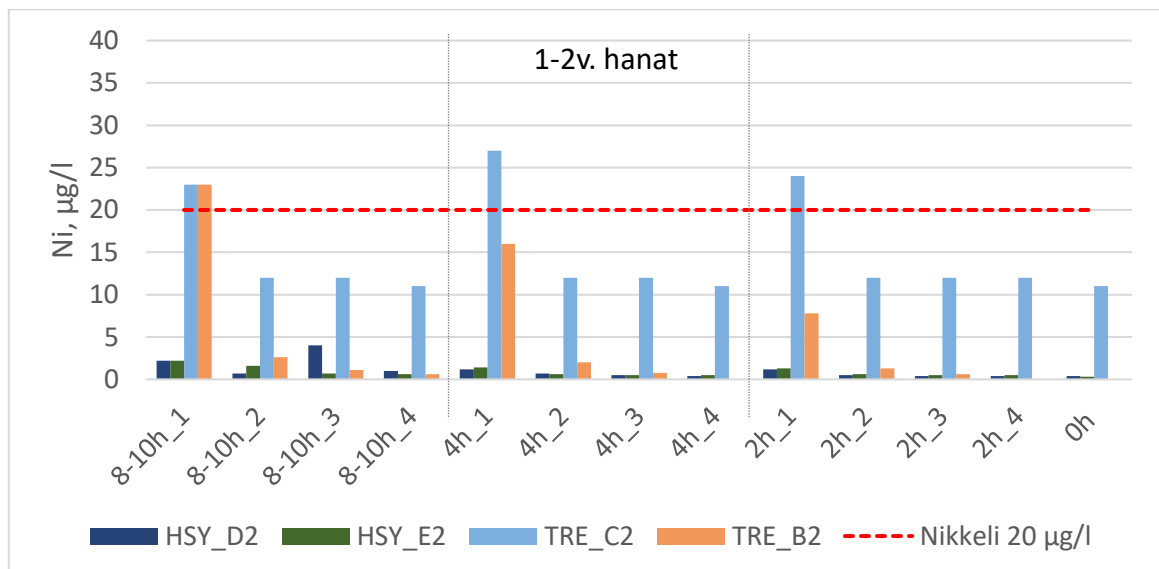
Kuvassa 5 on esitetty nikkelpitoisuus kiinteistöissä, joissa hana oli uusittu alle vuosi sitten. Kuvassa näkyy jokaisen osanäytteen pitoisuus eri seisotusajoilla sekä juokсутuksen jälkeen otetussa näytteessä. Pitoisuus oli yleisesti aina korkein ensimmäisessä 250 ml:n näytteessä, jonka jälkeen pitoisuus laski selvästi muissa osanäytteissä, mikä viittaa siihen, että nikkeliä liukenee seiseeseen veteen kiinteistön hanoista tai sen liitoksista. Kahdessa kohteessa (IMR_B1 ja KVL_A1) pitoisuus oli melko korkea myös toisessa 250 ml osanäytteessä (38 ja 24 $\mu\text{g/l}$) yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen.

Nikkelin laatuvaatimuksen (20 $\mu\text{g/l}$) ylittävissä näytteissä pitoisuus ensimmäisessä 250 ml osanäytteessä vaihteli välillä 74–310 $\mu\text{g/l}$. Laatuvaatimus ylittyi viidessä näytestä yhdeksästä. Neljässä näytestä nikkelpitoisuus oli alhainen. Suurin pitoisuus 310 $\mu\text{g/l}$ mitattiin uudessa kiinteistössä, jossa ei vielä asuttu ja hana oli ollut vain rakennusaikaisessa käytössä. Lisäksi seisotusaika oli 49 tuntia. Nämä tekijät voivat osaltaan selittää näin korkeaa pitoisuutta. Nikkelpitoisuus oli korkea myös kahden ja neljän tunnin seisotuksen jälkeen muutamassa näytestä. Laatuvaatimus ylittyi neljän tunnin seisotuksen jälkeen neljässä näytestä ja kahden tunnin jälkeen yhdessä. Neljän tunnin seisotuksen jälkeen suurin mitattu nikkelpitoisuus oli 140 $\mu\text{g/l}$ ja kahden tunnin seisotuksen jälkeen 79 $\mu\text{g/l}$.



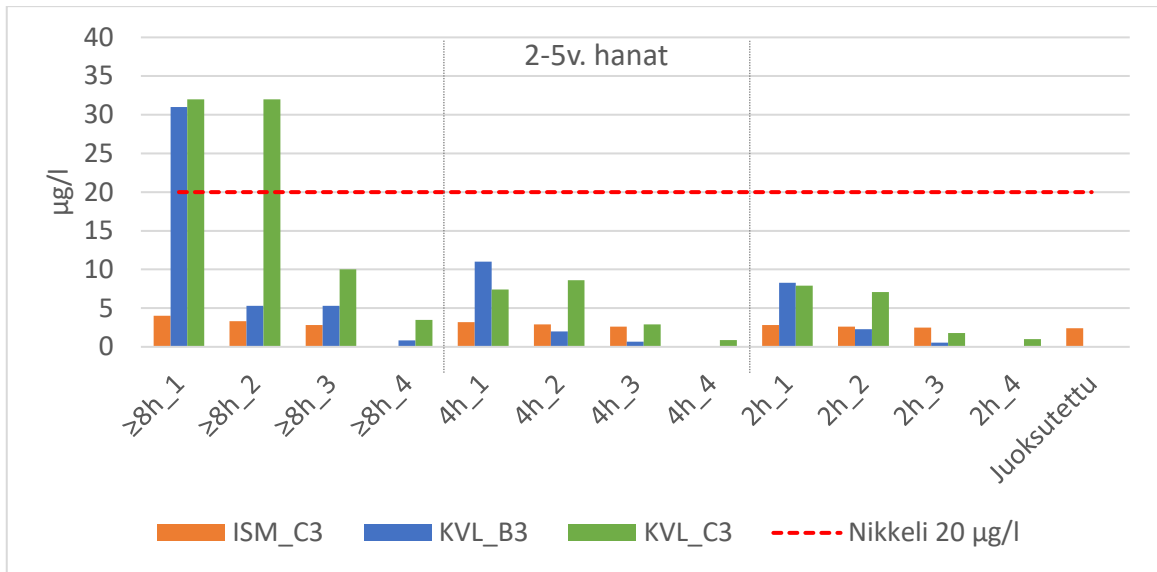
Kuva 5. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on alle yksi vuotta vanha.

Kiinteistöissä, joissa hana oli uusittu 1–2 vuotta sitten, nikkelpitoisuus ylittyi ensimmäisessä 250 ml osanäytteessä yli 8 tunnin seisottamisen jälkeen kahdessa kohteesta neljästä ja yhdessä kohteesta lyhyemmillä seisotusajoilla (Kuva 6). Näytepisteessä TRE_C2 verkostovedessä oli jo valmiina 11 µg/l nikkeliä.



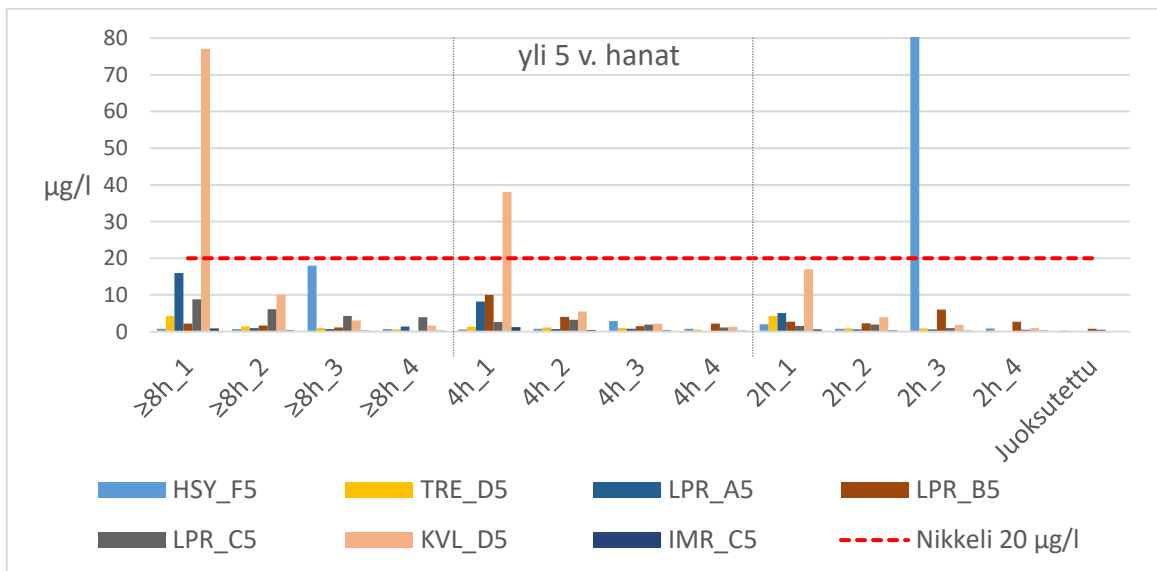
Kuva 6. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on 1–2 vuotta vanha.

Kahdessa kiinteistöissä, jossa hana oli uusittu 2–5 vuotta sitten nikkelpitoisuus ylitti laatuvaatimuksen ensimmäisessä 250 ml osanäytteessä (Kuva 7). Näistä toisessa hana ei ollut tyypillinen keittiön hana, vaan pesuallashana. Hanaa kuitenkin käytettiin ahkerasti myös juomavesikäytössä.



Kuva 7. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusaajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on 2–5 vuotta vanha

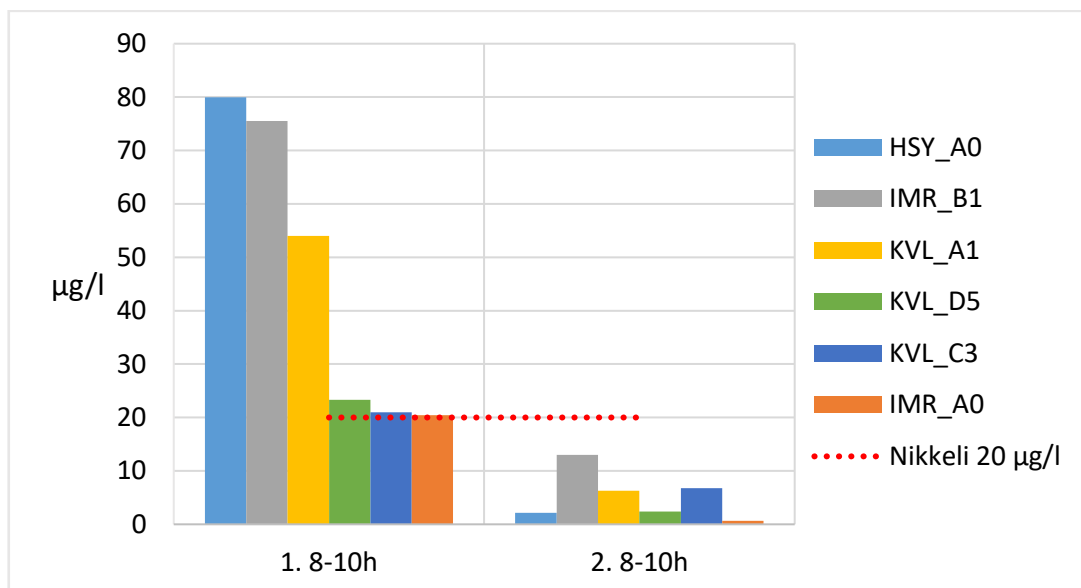
Kiinteistöissä, joissa hana oli yli 5 vuotta vanha, nikkelipitoisuus ylitti laatusuosituksen yhdessä näytepisteessä sekä ensimmäisessä 250ml osanäytteessä että litraa kohden laskettuna (Kuva 8). Kyseinen hana sijaitsee kiinteistössä hieman sivummalla, eikä välttämättä ole ollut päivittäin aktiivisessa käytössä, jolloin vedenkäyttömäärät ovat ehkä jääneet pienemmiksi. Hanan vedenkäyttömäärät eivät ole tiedossa. Näytepisteessä HSY_F5 nikkelipitoisuus oli korkea yhdessä osanäytteessä kahden tunnin seisotuksen jälkeen, mutta tulos on todennäköisesti virheellinen, koska pidemmillä seisotusaajoilla pitoisuudet olivat alhaisempia vastavissa osanäytteissä.



Kuva 8. Nikkelipitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusaajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä kiinteistöissä, joissa hana on yli 5 vuotta vanha.

4.1.4 Juoksuttamisen vaikutus

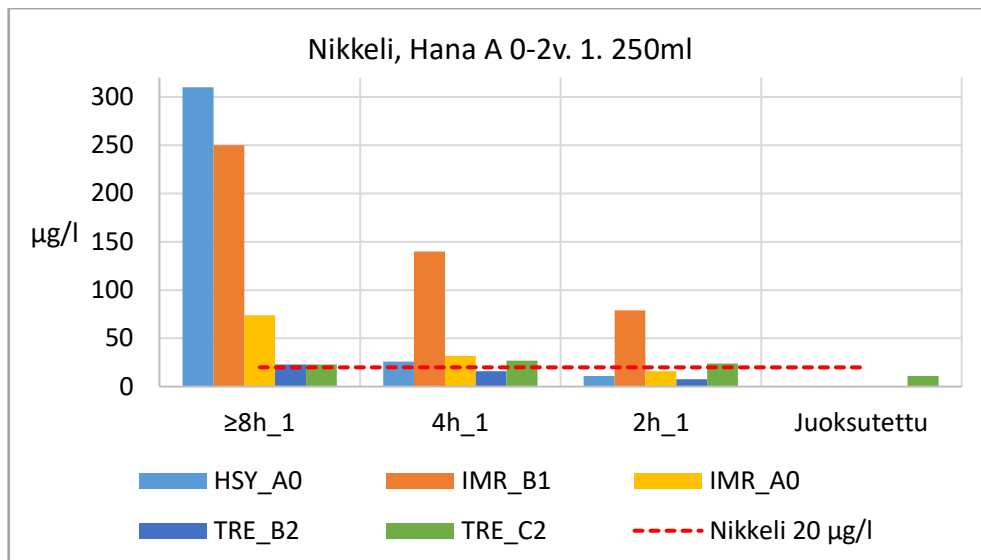
Kiinteistöissä, joissa otettiin neljä osanäytettä seisotusaikaa kohden, kokonaisnäytetilavuus oli 1500 ml. Näistä kohteista pystyttiin laskemaan myös 500 ml juoksuttamisen vaikutus. Kuvassa 9 on kaikki kiinteistöt, joissa nikkelin laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi litrassa yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen ja, joista kokonaisnäyttemäärä oli 1500 ml. Kuvassa ensimmäiset pylväät (1. 8-10h) kuvaavat näytepisteestä mitattua nikkelpitoisuutta litrassa yli 8 tunnin seisottamisen jälkeen (osanäytteet 250+250+500). Vastaa siis tilannetta, jossa valvontanäyte otettaisiin yli 8 tuntia seisonesta vedestä ilman edeltävää juoksutusta. Näissä kohteissa vesi oli seissyt 8–48 tuntia ennen näytteenottoa. Toiset pylväät (2. 8-10h) kuvaavat nikkelpitoisuutta jälkimmäisessä litrassa (osanäytteet 500+500) eli vastaa tilannetta, jossa olisi juoksutettu 500ml ennen litran valvontanäytteen ottamista. Pitoisuus ei ylittänyt laatuvaatimusta yhdessäkään kohteessa 500 ml vedenjuoksuttamisen jälkeen.



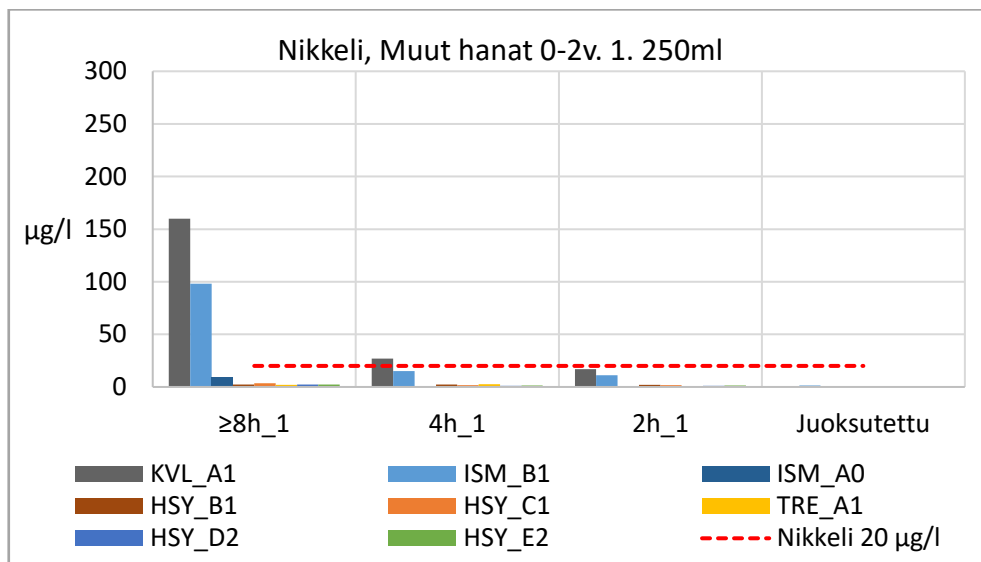
Kuva 9. Nikkelpitoisuus yli 8 h veden seisotuksen jälkeen litrassa ilman edeltävää juoksutusta (1. 8-10h) ja 500 ml juoksuttamisen jälkeen (2. 8-10h)

4.1.5 Hanamallin vaikutus

Näytepisteinä olleissa kiinteistöissä oli monia erilaisia hanoja. Alle 2 vuotta vanhojen hanojen lähemmässä tarkastelussa nousi esiin viitteitä siitä, että hanatyypillä saattaisi olla vaikutusta nikkelpitoisuuteen. Hanat, joissa oli korkea kaareva juoksuputki, esiintyi muita hanoja korkeampia nikkelpitoisuuksia. Näissä hanoissa (Hana A, 5kpl) ensimmäisissä 250 ml osanäytteissä pitoisuudet olivat huomattavan korkeita yli 8 tunnin veden seisotuksen jälkeen. Kolmessa kohteessa (hanat alle vuoden ikäisiä) pitoisuudet vaihtelivat välillä 70–310 µg/l ja kahdessa kohteessa (hanat 1–2 vuotta vanhoja) pitoisuudet olivat hieman yli laatuvaatimuksen (Kuva 10). Lisäksi on huomioitava, että näytepisteen TRE_C2 verkostovedessä oli 11 µg/l nikkeliä valmiina, joten hanan osuus pitoisuudesta ei ole niin suuri. Muun tyyppisissä hanoissa (8 kpl), jotka olivat iältään 0–2 vuotta vanhoja, kahdessa kohteessa pitoisuudet olivat korkeita (100 ja 160 µg/l) yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen. Muissa kuudessa kohteessa pitoisuudet olivat alhaisia (Kuva 11).

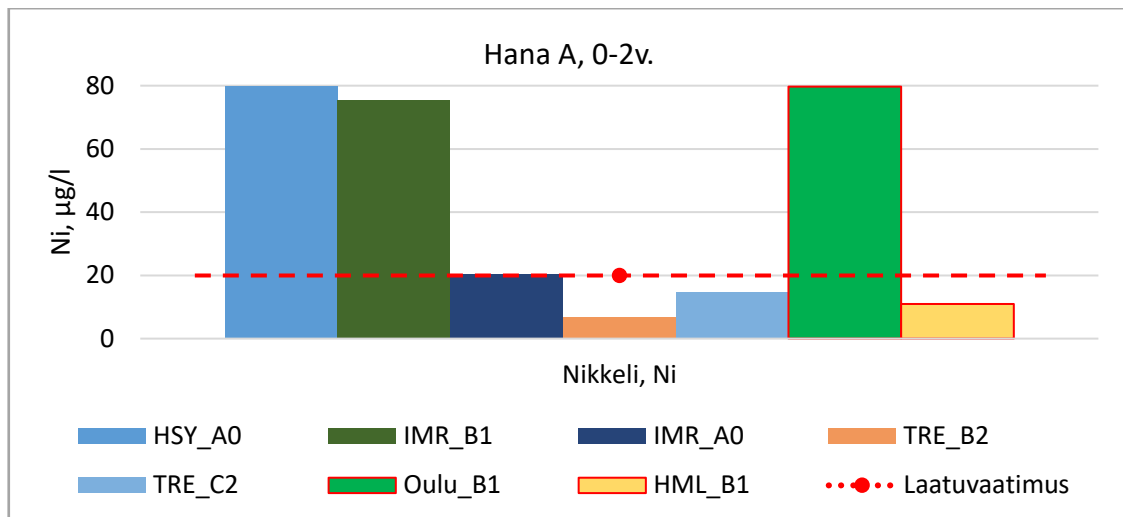


Kuva 10. Nikkelipitoisuus 1. 250 ml osanäytteissä eri seisotusajoilla (2, 4 ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä, 0–2 vuotta vanhat tyypin A hanat

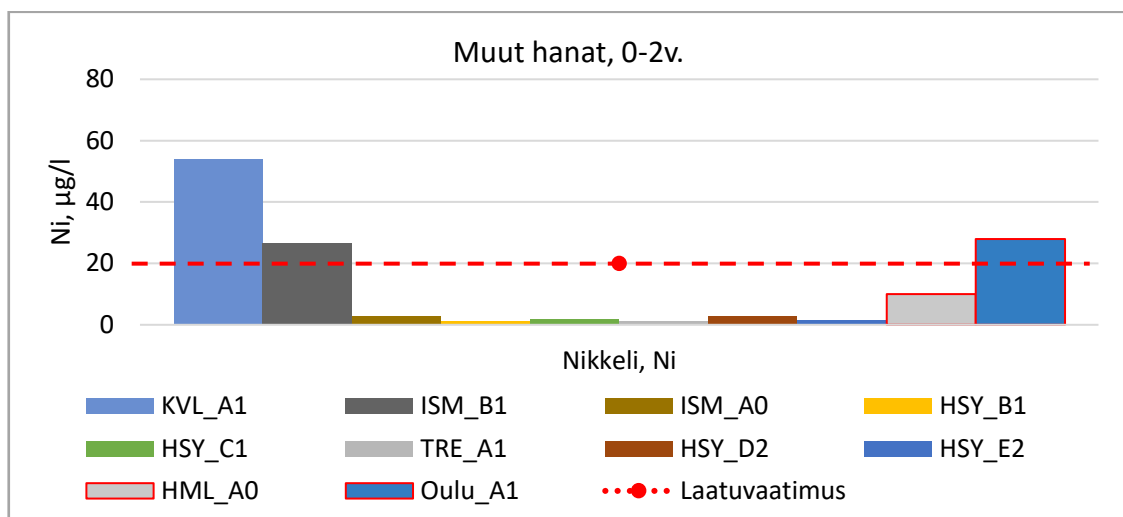


Kuva 11. Nikkelipitoisuus 1. 250 ml osanäytteissä eri seisotusajoilla (2, 4 ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetussa näytteessä, muut 0–2 vuotta vanhat hanat

Litran näytteissä tyypin A hanoissa (7 kpl) nikkelin laatuvaatimus 20 µg/l ylittyi reilusti kolmessa kohteessa, joissa nikkelpitoisuudet olivat yli 75 µg/l (Kuva 12). Yhdessä kohteessa laatuvaatimus ylittyi hieman. Kolmessa muussa kohteessa pitoisuudet vaihtelivat 5 ja 15 µg/l välillä (15 µg/l kohteessa 11 µg/l oli peräisin pohjavedestä). Tässä tarkastelussa oli lisäksi mukana kaksi näytepistettä, joista otettiin pelkästään litran näytteet (reunustettu kuvassa 12 punaisella). Muun tyyppisistä 0–2 vuotta vanhoissa hanoista kolmessa näytepisteessä kymmenestä nikkelpitoisuudet ylittivät laatuvaatimuksen pitoisuuksien ollessa 27, 28 ja 54 µg/l. (Kuva 13). Seisotusajat olivat näissä näytepisteessä 15, 17 ja 42 tuntia. Muissa kuudessa kohteessa pitoisuudet olivat alhaisia lukuun ottamatta yhtä kohdetta, jossa pitoisuus oli yli 10 µg/l. Näytepisteet (2 kpl), joista otettiin vain litran näytteet, on reunustettu kuvassa punaisella.



Kuva 12. Nikkeli pitoisuus litrassa yli 8 h veden seisottamisen jälkeen, 0–2 v. tyypin A hanat



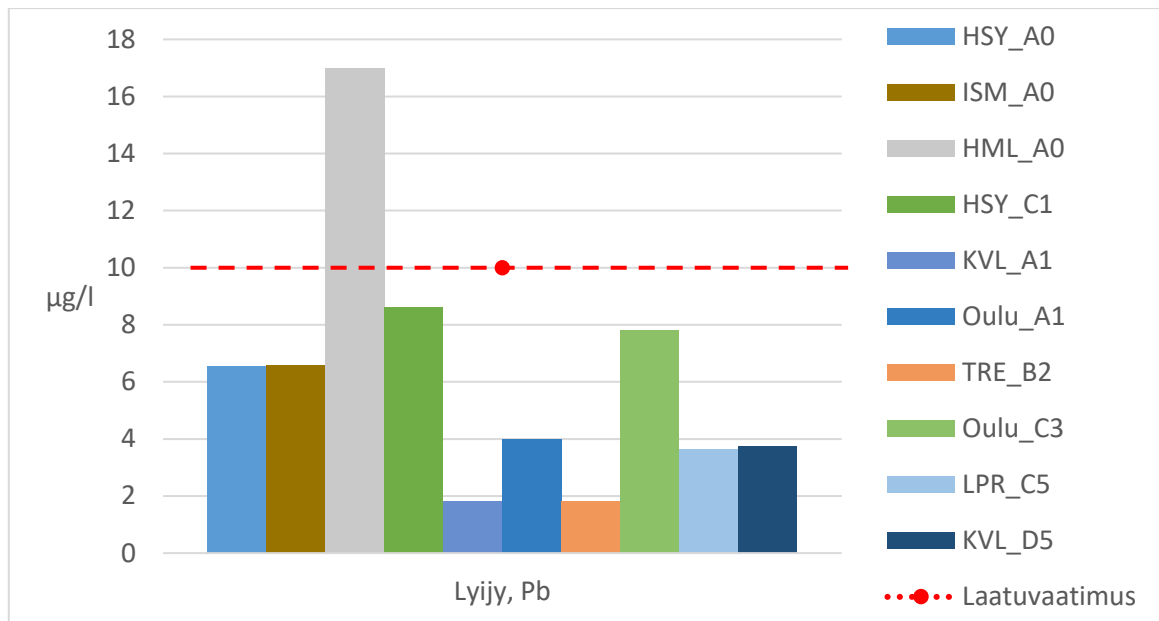
Kuva 13. Nikkeli pitoisuus litrassa yli 8 h veden seisottamisen jälkeen, Muut 0–2v. hanat

4.2 Lyijy

4.2.1 Litran näytteet

Litran näytteissä lyijypitoisuus ylitti STM:n laatuvaatimuksen 10 µg/l vain yhdessä näytestä (HML_A0), jossa lyijypitoisuus oli 8 tunnin veden seisotuksen jälkeen 17 µg/l. Neljän tunnin seisotuksen jälkeen pitoisuus oli myös huomattavan korkea (13 µg/l) ja ylitti laatuvaatimuksen. Kahden tunnin seisottamisen jälkeen lyijypitoisuus oli myös korkea 9 µg/l. Tästä kohteesta ei voida tarkemmin arvioida, onko lyijy peräisin kiinteistön putkistossa käytetyistä messinkiosista, hanasta vai molemmista, sillä tästä näytestä otettiin vain yksi näyte seisotusaikaa kohden. Kiinteistön hana on uusi (alle 2 kk vanha) ja myös kiinteistön vesijohdot ovat alle vuoden vanhaa muoviputkea.

Muissa näytestä lyijypitoisuus ei ylittänyt laatuvaatimusta yli 8 tunnin veden seisotuksen jälkeen otetuissa litran näytteissä (Kuva 14). Lyijypitoisuudet olivat kuitenkin korkeat myös seuraavissa näytestä: HSY_C1 (8,6 µg/l), Oulu_C3 (7,8 µg/l), HSY_A0 (6,5 µg/l) ja ISM_A0 (6,6 µg/l). Lisäksi kolmessa kiinteistössä pitoisuus oli välillä 3,6 – 4 µg/l.

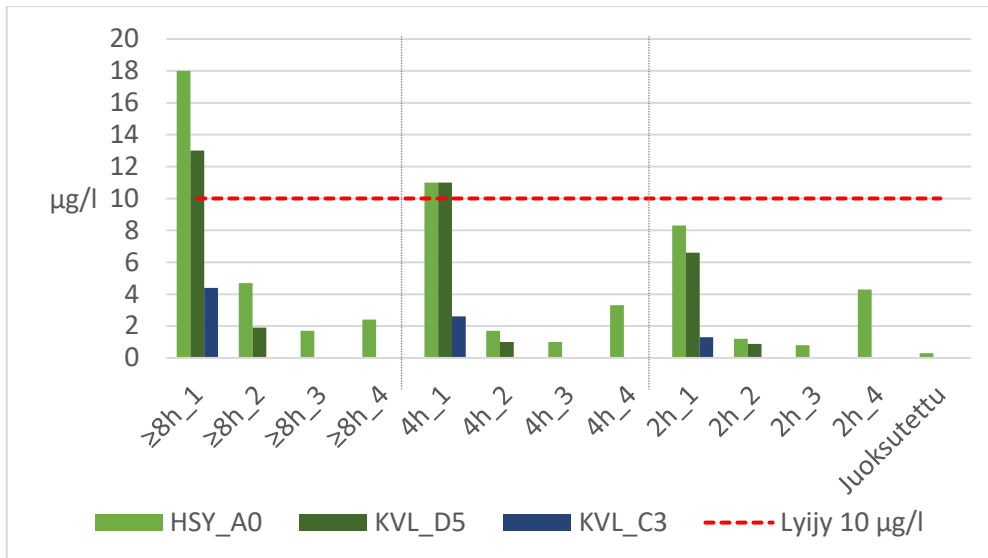


Kuva 14. Lyijypitoisuus litrassa yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen muutamassa näytepisteessä.

4.2.2 Osanäytteet

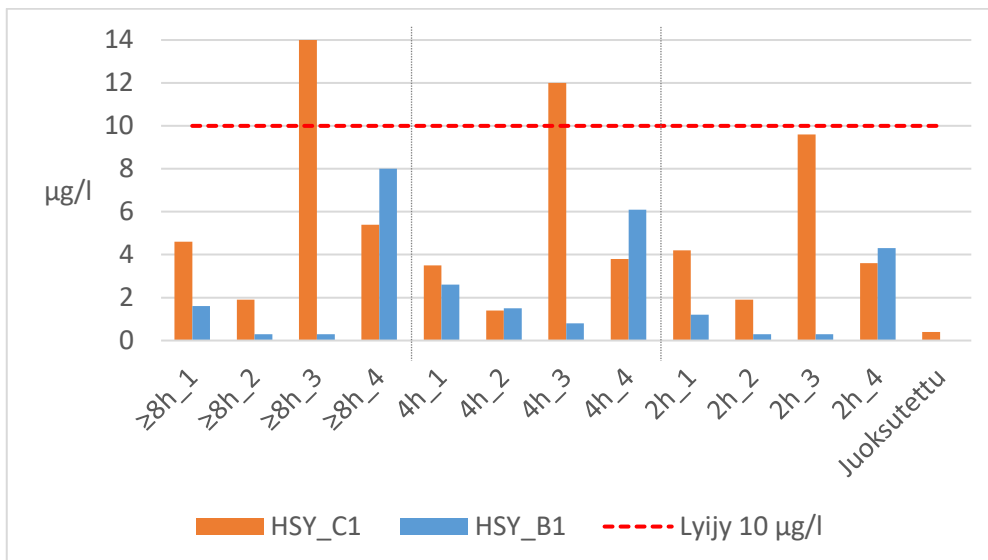
Lyijypitoisuus oli koholla joissakin näytteissä, mutta pääosin pitoisuudet olivat melko matalia. Kolmessa näytepisteessä ja yhteensä kuudessa osanäytteessä lyijyn laatuvaatimus 10 µg/l ylittyi. Korkeita lyijypitoisuuksia mitattiin eri osanäytteistä. Lyijyä liukeni kohteesta riippuen todennäköisesti joko hanojen sisäpinnoilta tai muista messinkiosista, kuten hanojen liitoksista tai putkiston liitoksista ja venttiileistä. Korkea pitoisuus ensimmäisessä 250 ml näytteessä viittaa siihen, että lyijy on peräisin hanasta tai sen liitoskappaleista. Muissa osanäytteissä korkea lyijypitoisuus viittaa siihen, että lyijyn lähteenä olisi putkiston messinkiset osat, kuten liitokset ja venttiilit. Myös muovi- ja komposiittiputkissa käytetään usein messinkiosia. Muutamassa uudiskohteessa oli käytössä hana, jossa valmistajan tuotetietojen mukaan on käytetty vähälyijyistä messinkiä, mikä havaittiin myös tuloksissa, sillä näistä kohteista ei havaittu kohonneita lyijypitoisuuksia.

Ensimmäisen 250 ml osanäytteen pitoisuus oli korkea esimerkiksi näytepisteissä HSY_A0 ja KVL_D5, joissa lyijypitoisuudet yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen olivat 13 ja 18 µg/l ja neljän tunnin jälkeen 11 µg/l (Kuva 15).



Kuva 15. Lyijypitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen oteussa näytteessä kiinteistöissä, joissa havaittiin korkeita lyijypitoisuuksia ensimmäisessä osanäytteessä

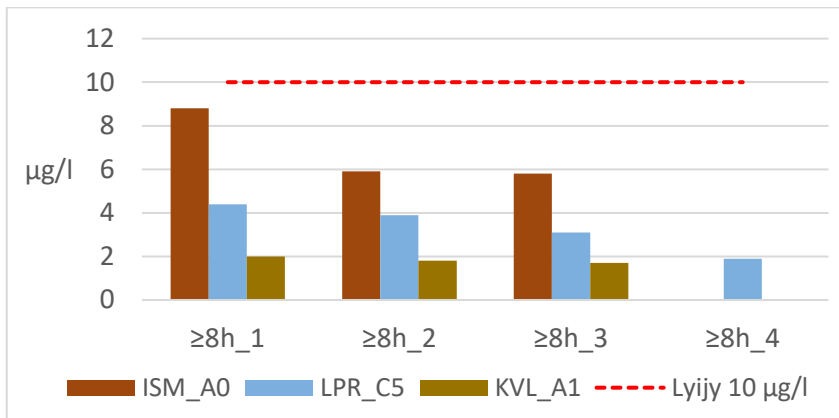
Näytenpisteissä HSY_B1 ja HSY_C1 lyijypitoisuus oli korkea kolmansissa tai neljänsissä osanäytteissä, mikä viittaa siihen, että lyijy irtoaa putkiston messinkisistä osista (Kuva 16). Kiinteistöissä HSY_C1 korkeimmat pitoisuudet olivat kolmansissa osanäytteissä (yli 8h: 14 µg/l ja 4 h: 12 µg/l), mutta myös ensimmäisissä ja neljänsissä osanäytteissä pitoisuudet olivat koholla. Kiinteistöissä HSY_B1 lyijypitoisuudet olivat korkeat neljännessä osanäytteessä (8 h: 8 µg/l, 4 h: 6 µg/l ja 2 h: 4 µg/l). Molemmissa kiinteistöissä oli uudet alle vuoden ikäiset muoviputket.



Kuva 16. Lyijypitoisuudet kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen oteussa näytteessä kiinteistöissä, joissa havaittiin korkeita lyijypitoisuuksia 3. tai 4. osanäytteessä.

Lisäksi oli muutama kohde, joissa lyijy oli useammassa eri osanäytteessä koholla (Kuva 17). Näytenpisteessä ISM_A0 pitoisuus oli korkein ensimmäisessä 250 ml osanäytteessä ja vaihteli osanäytteissä välillä 5,8–8,8 µg/l yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen. Kyseisestä

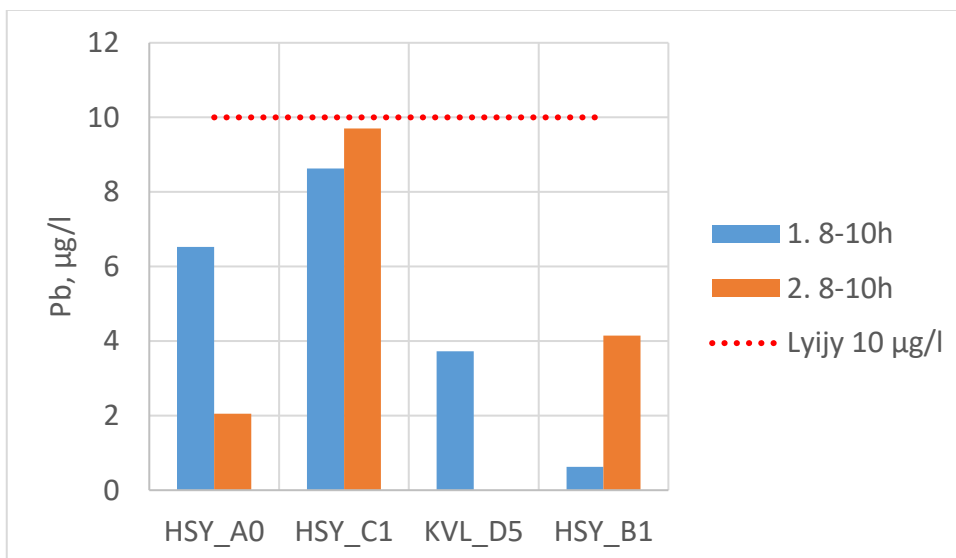
kiinteistöstä saatiin näytteet vain yhdellä seisotusajalla. Lisäksi kiinteistön hana oli termo-
staattihana, joka on yleinen suihkuissa. Näytepisteessä LPR_C lyijypitoisuus oli myös sel-
västi koholla kaikissa osanäytteissä ja vaihteli välillä 2–4 µg/l.



Kuva 17. Lyijypitoisuus yli 8h veden seisottamisen jälkeen osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) muutamassa näytepisteessä.

4.2.3 Juoksuttamisen vaikutus

Pienellä juoksuttamisella on vaikutusta, jos lyijypitoisuus on peräisin esimerkiksi hanasta, mutta jos pitoisuus on peräisin kiinteistön vesijohdoista, lyijypitoisuus litrassa voi nousta pienellä juoksuttamisella. Kuva 18 havainnollistaa 500 ml juoksuttamisen vaikutusta lyijypitoisuuteen. Kahdessa näytepisteessä (HSY_A0 ja KVL_D5) lyijypitoisuus laski näytteissä selvästi 500 ml veden juoksuttamisen vaikutuksesta, mutta kahdessa näytepisteessä (HSY_C1 ja HSY_B1) lyijypitoisuus vastaavasti nousi juoksuttamisen seurauksena. Kuvassa on siis lyijypitoisuus litrassa yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen ilman edeltävää veden juoksutusta (1. 8–10 h) ja pitoisuus litrassa, sen jälkeen, kun vettä oli laskettu 500 ml (2. 8–10 h). Lyijyä ei esiintynyt juoksutetussa näytteessä merkittäviä määriä, joten lyijy on peräisin pääosin kiinteistön vesilaitteistoista.

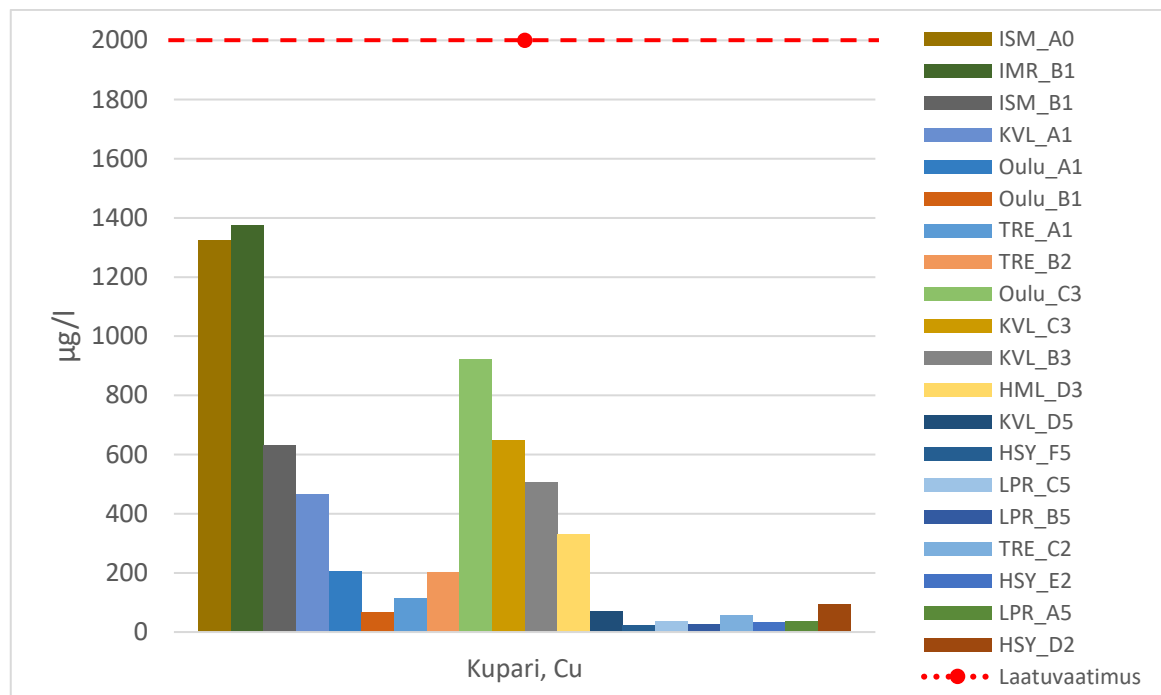


Kuva 18. 500 ml juoksuttamisen vaikutus lyijypitoisuuteen litran näytteissä yli 8 h veden seisottamisen jälkeen muutamassa näytepisteessä. Lyijypitoisuus litrassa ilman edeltävää juoksutusta (1. 8–10h) ja 500 ml juoksuttamisen jälkeen (2. 8–10h).

4.3 Kupari

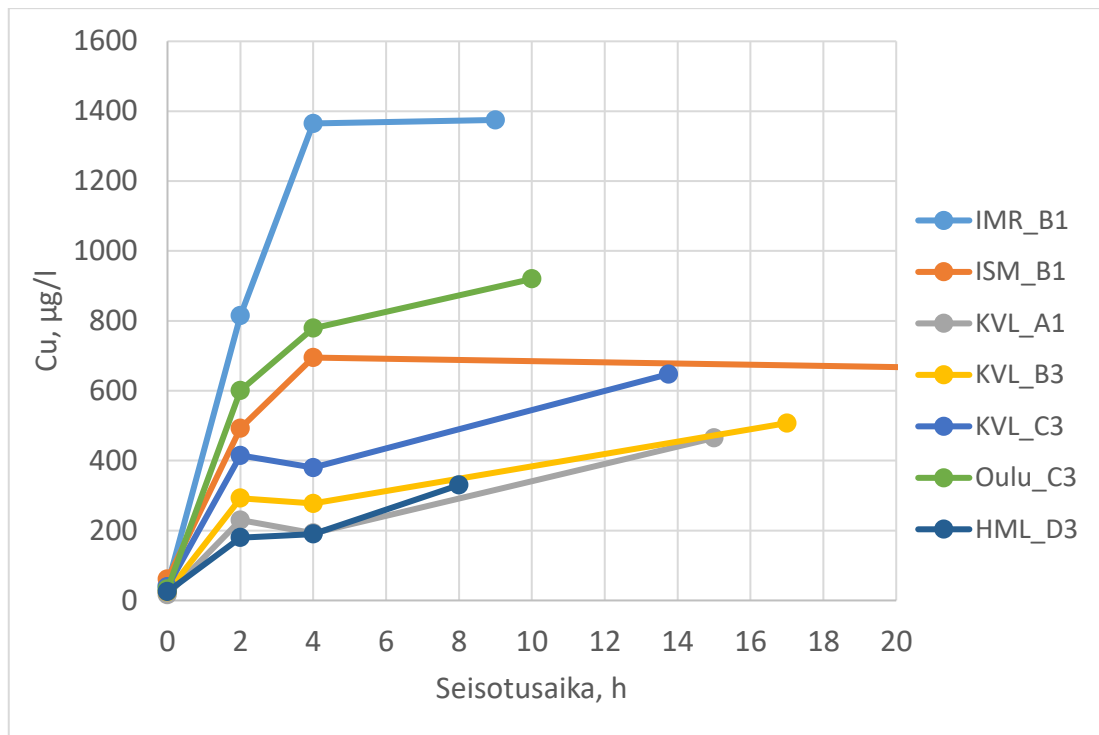
4.3.1 Litran näytteet

Kuparia liukeni merkittävästi muutamassa kohteessa, mutta laatuvaatimus 2 mg/l ei kuitenkaan ylittynyt litran näytteissä yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen. Suurimmat mitatut pitoisuudet litran näytteissä olivat 1,3 ja 1,4 mg/l. Molemmissa kiinteistöissä oli uusittu hana ja putkisto alle vuosi sitten. Kuvassa 19 kuparipitoisuus litrassa kiinteistöissä, joiden vesijohtot ovat kokonaan tai osittain kuparia.



Kuva 19. Kuparipitoisuudet litrassa yli 8 tunnin veden seisotuksen jälkeen näytepisteissä, joiden putket olivat kokonaan tai osittain kuparia.

Kuparia liukenee erityisesti kiinteistöistä, joiden vesijohtot on uusittu alle viisi vuotta sitten, mutta sitä vanhemmissa kohteissa kuparipitoisuudet ovat alhaisia. Kuvassa 20 on verrattu kiinteistön putkiston ikää ja litran näytteistä mitattua kuparipitoisuutta. Tuloksista on vähennetty juoksutuksen jälkeen otetun näytteen kuparipitoisuus, jotta voitaisiin paremmin arvioida kiinteistön vesijohtojen ja -kalusteiden vaikutusta kuparipitoisuuteen. Vertailussa on mukana vain kiinteistöt, joissa kylmävesiputket ovat joko osittain tai kokonaan kuparia. Kiinteistöissä, joissa oli uusittu putkisto alle viisi vuotta sitten, oli uusittu samalla myös hana. Joissakin kiinteistöissä oli vanha putkisto, mutta hana oli uusi.

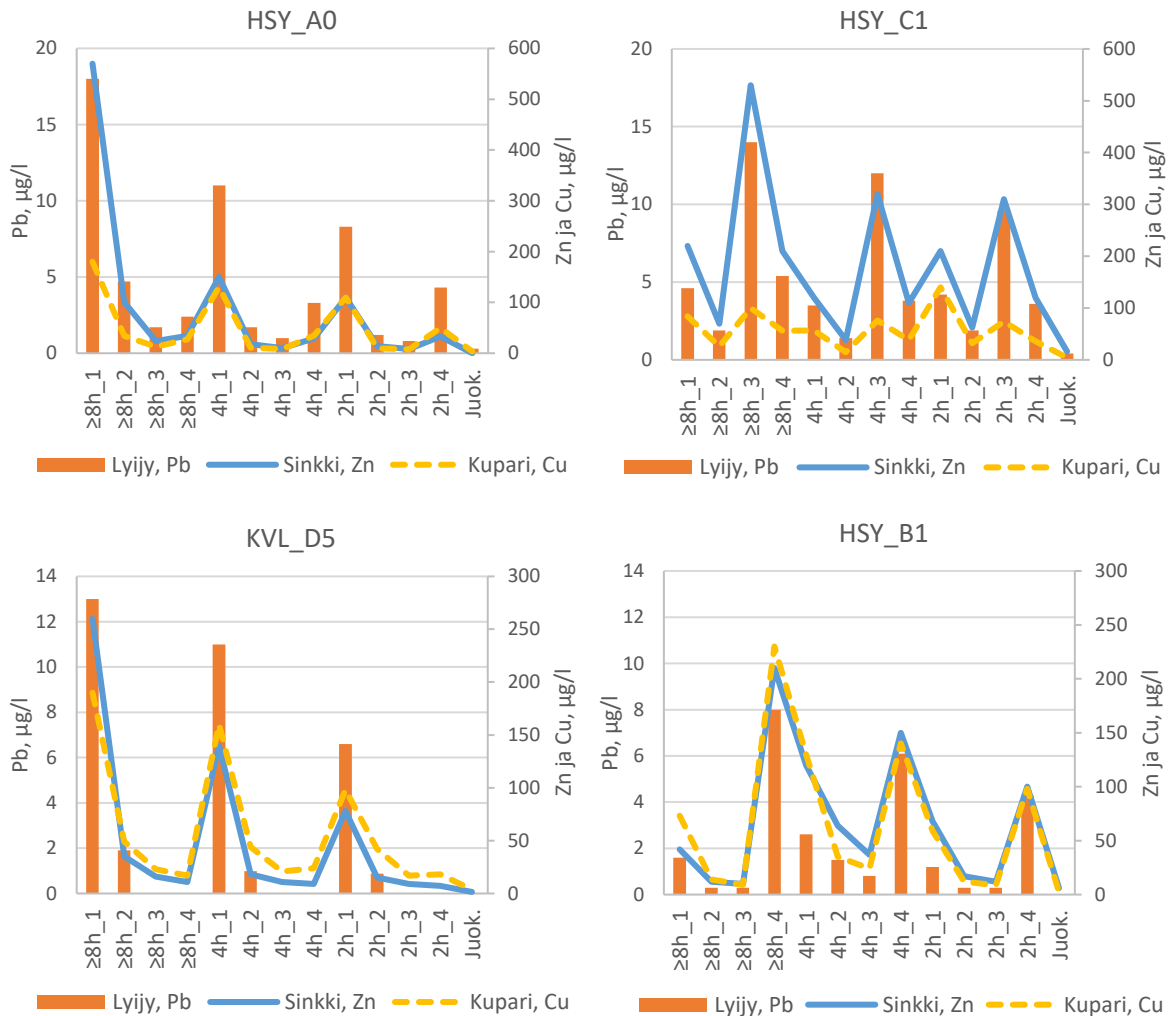


Kuva 21. Kuparipitoisuus litran näytteissä eri seisotusajoilla muutamissa näytepisteissä. Näytepisteessä ISM_B1 (oranssi viiva) pisin seisotusaika oli 42 h ja seisotusaikaa vastaava pitoisuus 630 µg/l, 4h kohdalla pitoisuus 695 µg/l.

4.4 Muut metallit

4.4.1 Sinkki

Kohonneita sinkkipitoisuuksia havaittiin eri-ikäisissä hana- ja verkostokohteissa eri seisotusajoilla ja eri osanäytteissä, mutta pitoisuudet olivat selvästi alle WHO:n suositusarvon 3 mg/l. Korkein osanäytteestä mitattu pitoisuus oli hieman yli 700 µg/l. Sinkkipitoisuudet olivat seisotetuissa näytteissä korkeammat kuin juoksutuksen jälkeen otetuissa näytteissä. Sinkki liukenee veteen todennäköisesti messinkiosista eli lähde on sama kuin lyijyllä. Havaintoa tukee se, että sinkkipitoisuus vaihteli useiden näytepisteiden osanäytteissä lyijyn kanssa samaan tahtiin. Sinkkipitoisuus oli koholla lyijypitoisuuden ollessa korkea ja vastavasti laski lyijypitoisuuden laskiessa. Myös kuparia liukeni messinkiosista. Kuvassa 22 esimerkkinä muutaman näytepisteen lyijy ja sinkkipitoisuudet sekä kuparipitoisuus kaikissa osanäytteissä eri seisotusajoilla.

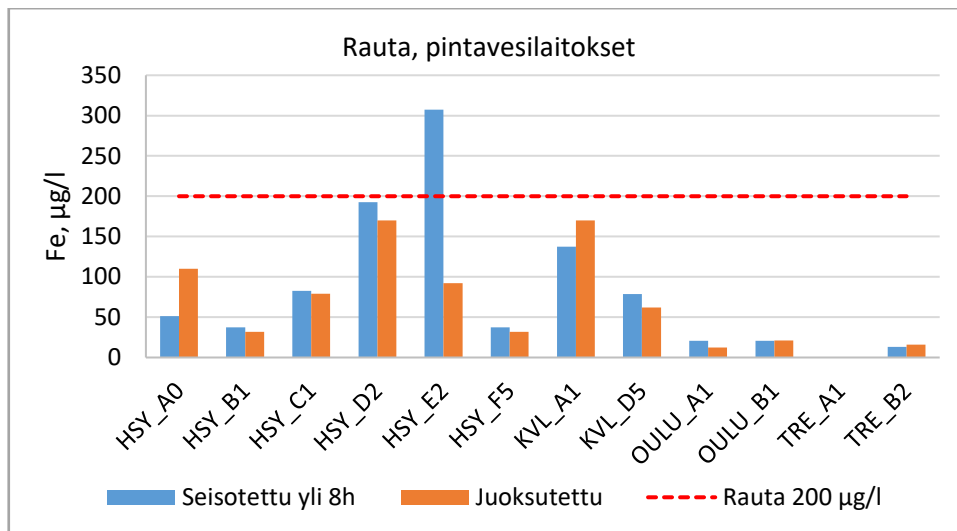


Kuva 22. Lyijy-, sinkki- ja kuparipitoisuus muutamassa näytepisteessä kaikissa osanäytteissä (1=250ml, 2=250ml, 3=500 ml, 4=500ml) ja eri seisotusajoilla (2h, 4h, ja yli 8h) sekä juoksutuksen jälkeen otetuissa näytteissä

4.4.2 Rauta

Rautapitoisuus ylitti laatusuosituksen 200 $\mu\text{g/l}$ yhdessä näytepisteessä yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen litran näytteessä. Laatusuosituksen ylittäneessä kiinteistössä rautapitoisuus litrassa oli 308 $\mu\text{g/l}$. Kohteessa on yli 50 vuotta vanhat kupariputket. Kahdessa muussa kiinteistössä pitoisuudet olivat myös melko korkeat (140 ja 190 $\mu\text{g/l}$). Näissä kohteissa myös juoksuttamisen jälkeen otetuissa näytteissä veden rautapitoisuudet olivat korkeat. Rauta on todennäköisesti pääosin peräisin pintavesilaitosten verkostosta tai kiinteistön valurautaisista tonttijohdoista. Pohjavesi- ja tekopohjavesilaitosten verkostoalueelle kuuluneissa näytepisteissä pitoisuudet olivat pieniä.

Kuvassa 23 on pintavesilaitoksien verkostoalueilla sijaitsevien näytepisteiden rautapitoisuudet yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen verrattuna juoksutetun näytteen pitoisuuteen. Joissakin kiinteistöissä rautaa saostuu verkostovedestä kiinteistön putkiin ja joissakin rautaa liukenee kiinteistön vesijohdoista seisovaan veteen.



Kuva 23. Rautapitoisuus yli 8h veden seisottamisen jälkeen ensimmäisessä litrassa ja juoksuutuksen jälkeen otetussa näytteessä pintavesilaitosten verkostoalueella.

4.4.3 Muut metallit

Mangaania esiintyi muutamissa näytteissä, mutta pitoisuudet jäivät selvästi alle laatusuosituksen 50 µg/l. Korkein mitattu mangaanipitoisuus oli litran näytteissä 20 µg/l. Lisäksi kolmessa kohteessa pitoisuus vaihteli välillä 13–17 µg/l. Seisotettujen ja juoksuutettujen näytteiden mangaanipitoisuus oli pääosin samalla tasolla. Mangaani on siis peräisin vesilaitoksen toimittamasta verkostovedestä.

Yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen otetuissa litran näytteissä alumiinia havaittiin 15 näytepisteessä. Suurin mitattu pitoisuus oli 26 µg/l. Talousveden laatusuositus alumiinille on 200 µg/l.

Antimonin, kromin ja kadmiumin pitoisuudet olivat alhaisia tai alle määrittäysrajan. Yli 8 tunnin veden seisottamisen jälkeen otetuissa litran näytteissä havaittiin edellä mainittuja metalleja seuraavasti:

- Antimonia kahdessa näytepisteessä, pitoisuudet alle 0,2 µg/l
- Kromia kolmessa näytepisteessä, pitoisuudet alle 0,06 µg/l
- Kadmiumia viidessä näytepisteessä, pitoisuudet alle 0,7 µg/l

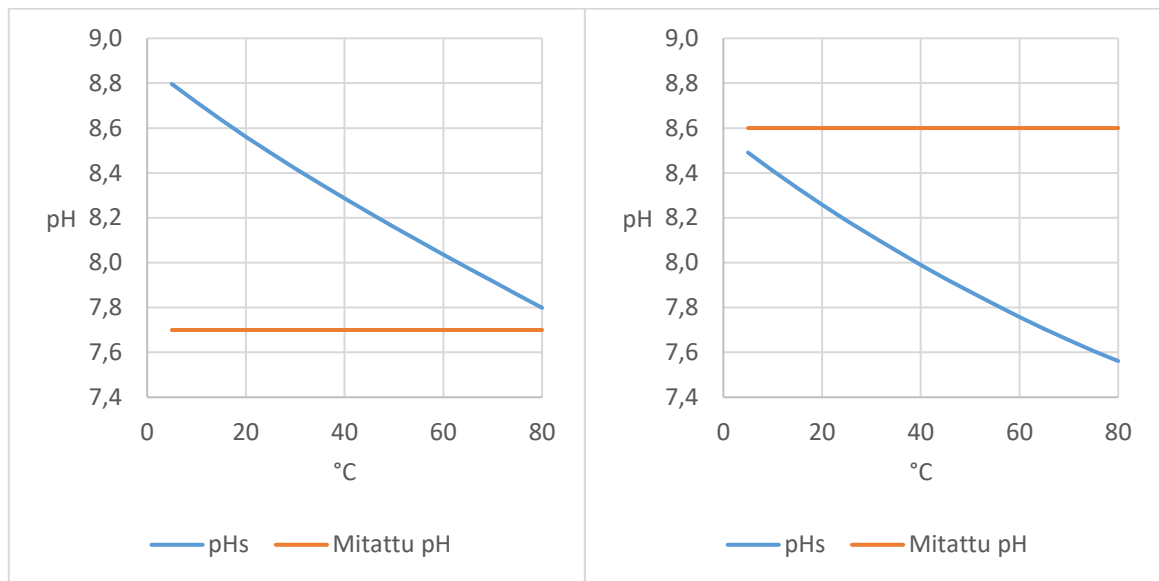
Imatran näytteistä määritettiin lisäksi arseenipitoisuus, joka oli kaikissa näytteissä alhainen tai alle määrittäysrajan.

4.5 Vedenlaatu

Tietoa verkostoveden laadusta sillä alueella, jolla näytteenottopiste sijaitsee, saatiin ottamalla näyte veden juoksuuttamisen jälkeen. Näyte tosin kuvaa vain sen hetkistä tilannetta verkostossa. Vesilaitoksia pyydettiin lähettämään taustatiedoiksi vedenlaatutiedot muutamalta edelliseltä vuodelta laitokselle tulevasta ja sieltä lähtevästä vedestä. Vedenlaatu saattoi vaihdella joillakin laitoksilla esimerkiksi pH:n osalta. Pintavesilaitoksilta lähtevän veden lämpötila vaihteli vuodenajan mukaan.

Mukana oli vedenlaadultaan hyvin erilaisia vesilaitoksia ja yhden vedenottamon alueelta oli useimmiten vain yhdestä kahteen näytepistettä, mikä teki vedenlaadun vaikutuksen arvioimisesta vaikeaa suhteessa metallien liukenemiseen. Vedestä tutkittuja parametreja verrattiin kirjallisuudesta löytyviin suosituksiin esimerkiksi kuparista ja messingistä valmistetuille tuotteille soveltuvasta vedestä.

Kaikille näytepisteille määritettiin myös kalkki-hiilihappo-tasapaino veden syövyttävyyden arvioimiseksi. Kalkki-hiilihappo-tasapainojen määrittämisestä on kerrottu lisää luvussa 3.5. Osassa kohteista kalkki-hiilihappo-tasapainon perusteella oli syövyttävää vettä, ja pH oli liian alhainen suhteessa optimitasoon, jolloin kalkkia alkaa saostua vasta tosi korkeissa lämpötiloissa (esimerkki kuvassa 24). Toisaalta osassa kohteista oli liian korkea pH suhteessa optimitasoon, jolloin kalkkia saostuu jo kylmään käyttöveteen (esimerkki kuvassa 25).



Kuva 24. Liian matala pH

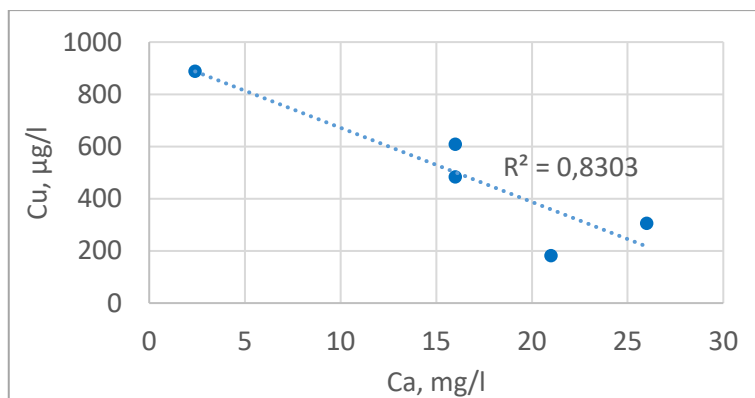
Kuva 25. Liian korkea pH

Veden juoksuttamisen jälkeen otettujen näytteiden pH vaihteli välillä 6,8 ja 8,6. Happipitoisuudet olivat hyvällä tasolla ja vaihtelivat välillä 8–15 mg/l lukuun ottamatta yhtä kohdetta, jossa happipitoisuus oli 1 mg/l. Hiilidioksidipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,8–3,6 mg/l. Klooridipitoisuudet olivat pääosin alhaisia ja vain yhdessä kohteessa ylittyi 25 mg/l, jota voidaan pitää ohjeellisena suosituksena vesijohtomateriaalien syöpymisen estämiseksi (Talousvesiasetus 1352/2015). Sulfaattipitoisuus vaihteli välillä 2,2–56 mg/l. Talousvesiasetuksessa (1352/2015) vesijohtomateriaalien kannalta suotuisana sulfaattipitoisuutena pidetään alle 150 mg/l. Pääkkösen ja Kuivamäen (1989) mukaan sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 50 mg/l. Vapaan kloorin (0,03–0,22 mg/l) pitoisuudet olivat alhaisia. Fluoridia tutkittiin neljässä näytepisteestä ja kahdessa niistä pitoisuus oli korkea (1,3 mg/l). Näissä kohteissa myös alumiinipitoisuudet olivat verkostovedessä koholla (28 ja 33 µg/l). Fluoridin vaikutusta ei voida kuitenkaan arvioida tarkemmin liian pienen otannan vuoksi. Silikaattipitoisuus vaihteli tekopohja- ja pohjavesilaitoksilla 7,9–19 mg/l ja pintavesilaitoksilla välillä 0,98 – 5,2 mg/l. Silikaatin vaikutusta metallien liukenemiseen ei voida arvioida tämän aineiston pohjalta.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että seisoneessa vedessä lämpötila nousee nopeasti. Kahden tunnin seisotuksella lämpötila nousi 5–15 astetta juoksutetun vesinäytteen lämpötilaan verrattuna. Lämpötilan nouseminen voi lisätä metallien korroosionopeutta.

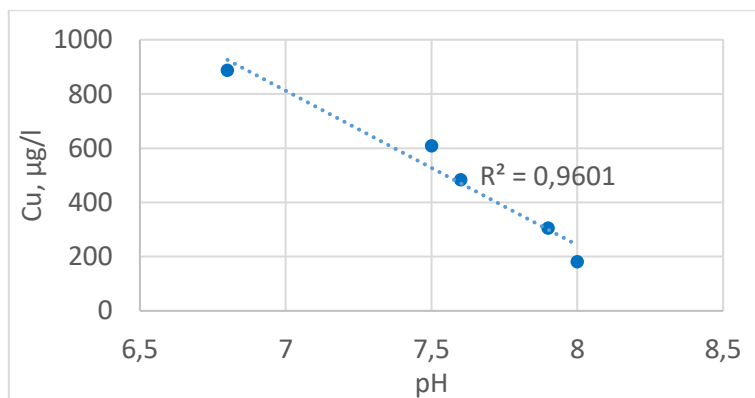
Näytepisteissä, joissa kiinteistön vesijohdot olivat joko kokonaan kuparia tai osittain kuparia ja osittain muovia, tutkittiin vedenlaadun vaikutusta kuparipitoisuuteen. Havaittiin, että vesijohtojen ja -kalusteiden ikä on niin hallitseva tekijä kuparin liukenemisessä, että vedenlaadun vaikutusta on tämän aineiston perusteella vaikea arvioida. Alle vuoden vanhoissa putkissa passivoituminen on luultavasti vielä kesken, joten kuparipitoisuudet voivat olla korkeita vedenlaadusta riippumatta. 1–5 vuotta vanhoissa putkista vedenlaadun vaikutus näkyi, mutta tässä tutkimuksessa tähän kategoriaan kuului vain viisi näytepistettä. Näytepisteistä, joissa oli yli 5 vuotta vanhat kupariputket, kuparia ei enää liuennut. Kuparin pistekorrosiota ei voida arvioida tällä tutkimusasetelmalla.

Tarkastelussa havaittiin viitteitä siitä, että kalsiumpitoisuudella saattaisi olla vaikutusta kuparin liukenemiseen: mitä pienempi kalsiumpitoisuus, sitä enemmän kuparia liukenee ($R^2=0,83$). Tämä suuntaus havaittiin näytepisteissä, joissa kupariputket tai kupari/muoviputket ovat 1–5 vuotta vanhoja (Kuva 26). Näytepisteitä on kuitenkin vain viisi, joten tuloksia voidaan pitää vain suuntaa-antavina.



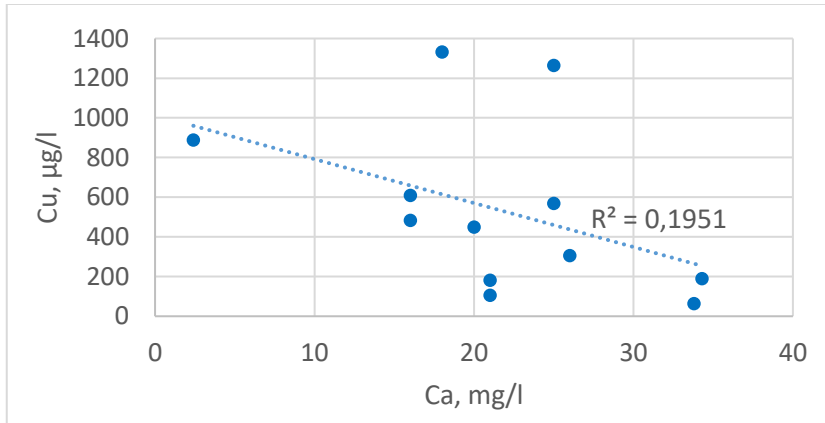
Kuva 26. Kuparipitoisuuden riippuvuus kalsiumpitoisuudesta 1-5v. kupariputkilla. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.

Myös pH-arvon ja kuparipitoisuuden välillä havaittiin oleva yhteys 1–5-vuotiailla kupariputkikohteilla ($R^2=0,96$). Alhainen pH-taso lisää kuparin yleistä korroosiota. Vastaavasti pH:n noustessa korrosio hidastuu veden syövyttävyyden vähentyessä. Kuvassa 27 on kuparipitoisuus litrassa suhteessa pH-arvoon näytepisteissä, joissa on 1–5 vuotta vanhat kupariputket tai kupari/muoviputket. Tässäkin tarkastelussa on mukana vain 5 näytepistettä, joten tulokset ovat suuntaa-antavia.

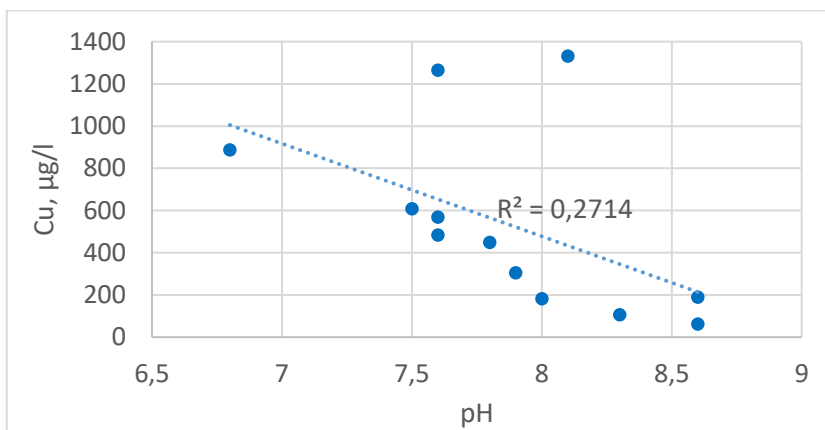


Kuva 27. Kuparin riippuvuus pH-arvosta, 1-5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.

Kun yhdistettiin kaikki alle 5 vuotta vanhat kupariputkikohteet, korrelaatio muuttujien välillä huononi ratkaisevasti, eikä riippuvuutta voitu enää todeta (Kalsium: $R^2=0,2$ ja Kupari: $R^2=0,27$). Kuvissa 28 ja 29 on esitetty kalsiumin (Ca) ja pH-arvon yhteys kuparipitoisuuteen alle 5 vuotta vanhoissa kupariputkikohteissa. Tässä tarkastelussa oli mukana 12 näytenpistettä.

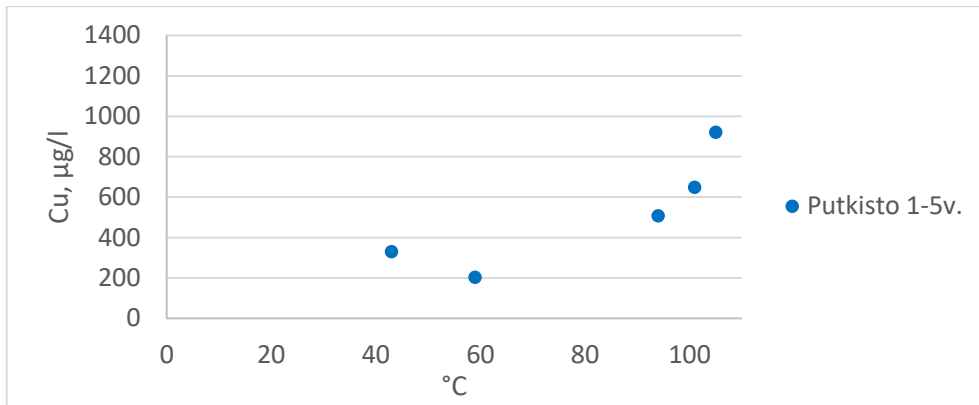


Kuva 28. Kuparipitoisuuden riippuvuus kalsiumpitoisuudesta, alle 5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.

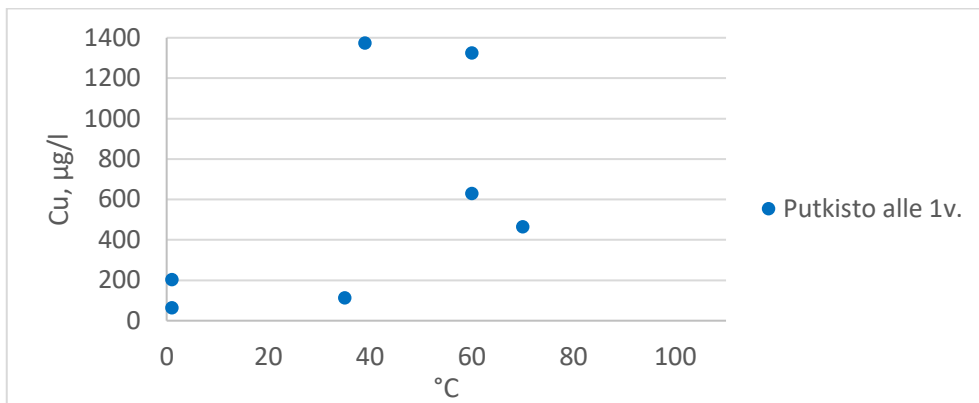


Kuva 29. Kuparipitoisuuden riippuvuus pH-arvosta, alle 5v. kupariputket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.

Lisäksi havaittiin pieniä viitteitä siitä, että kalkki–hiilihappo-tasapainon mukaan lasketulla kalkin saostumislämpötilalla saattaisi olla vaikutusta kuparin liukenemiseen, niin että lämpötilassa 40–60 astetta kuparia liukenisi vähemmän kuin korkeammassa lämpötilassa 1–5-vuotiaissa putkistokohteissa (Kuva 30). Näytenpisteitä on kuitenkin vain 5, mikä on liian vähän korrelaation arvioimiseen, mutta tulokset ovat kuitenkin suuntaa-antavia. Alle yksivuotiaista kohteista kuparia liukeni myös kalkin saostumislämpötilan ollessa 40–60 astetta, mikä poikkeaa selvästi 1–5-vuotiailla putkilla tehdyistä havainnoista (Kuva 31).



Kuva 30. Kuparipitoisuus verrattuna kalkin saostumislämpötilaan, 1-5 v. putket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen

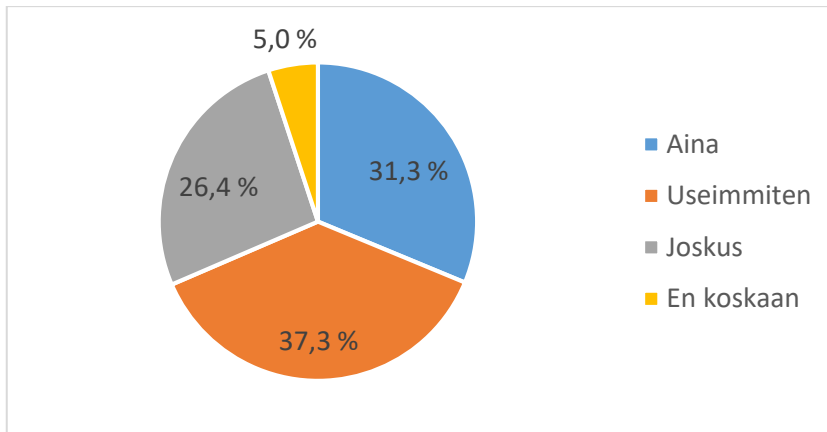


Kuva 31. Kuparipitoisuus verrattuna kalkin saostumislämpötilaan, alle 1v. putket. Kuparipitoisuudet litran näytteissä yli 8h veden seisottamisen jälkeen.

4.6 Juoksutustottumuskysely

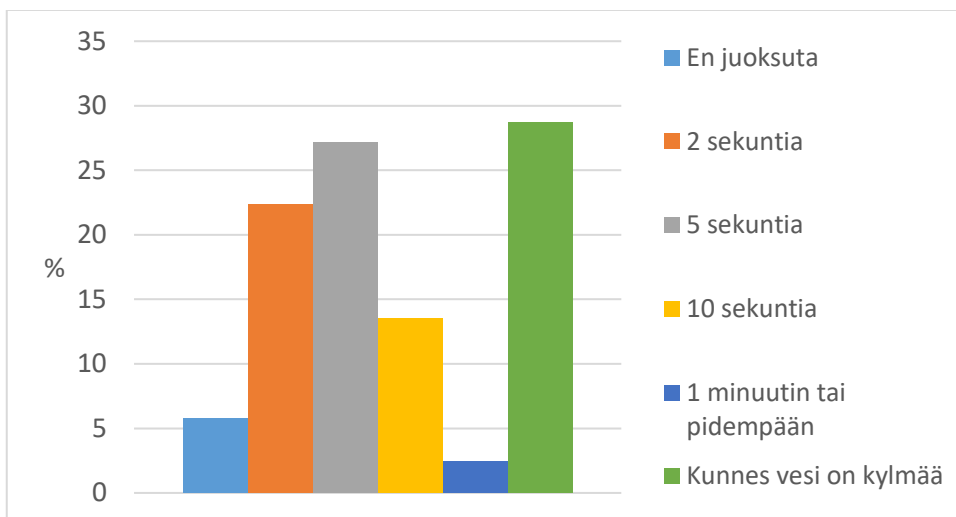
Hankkeen yhteydessä toteutettiin juoksutuskysely, jonka tavoitteena oli selvittää kuluttajien juoksutustottumuksia. Kysymykset vastausvaihtoehtoineen on esitetty liitteessä 2. Yhteen-veto kaikista vastauksista on liitteessä 4. Kolme ensimmäistä kysymystä olivat pakollisia ja koskivat juoksutustottumuksia. Seuraavat neljä kysymystä olivat vapaaehtoisia yleiskysymyksiä, joilla kerättiin tietoa vastaajan taustoista.

Noin 69 % vastaajista ilmoitti juoksuuttavansa vettä aina tai useimmiten ennen juomista tai ruuanlaittoa. Vastaavasti noin 26 % vastaajista juoksuutti vettä joskus ja vain noin 5 % ei koskaan (Kuva 32).



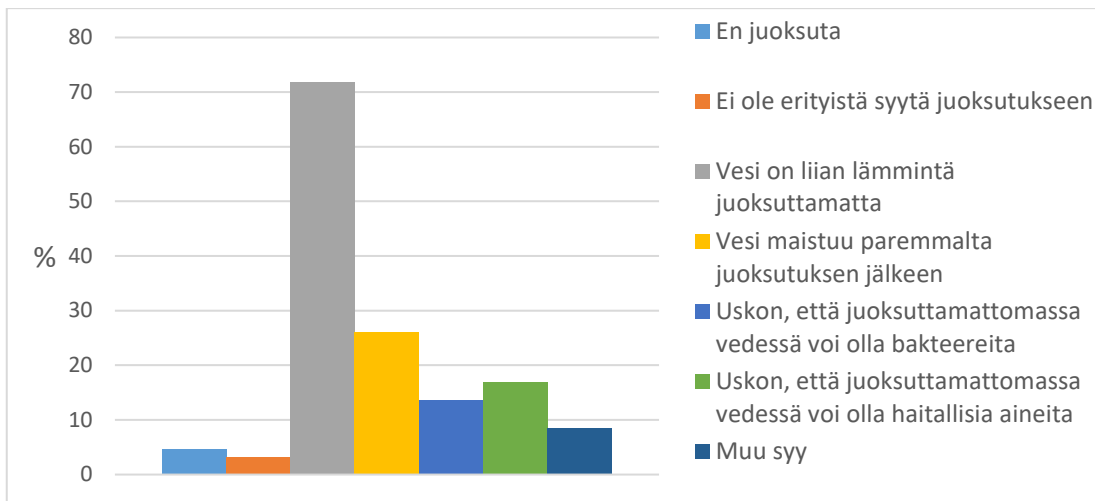
Kuva 32. Juoksetatteko vettä hanasta ennen kuin otatte sitä juomiseen tai ruuanlaittoon?

Toisella kysymyksellä selvitettiin, kuinka paljon vettä ihmiset yleensä juoksevat ennen juomista tai ruuanlaittoa. Noin 29 % vastaajista juoksevat vettä yleensä, kunnes vesi on kylmää ja noin 50 % 2 tai 5 sekuntia (Kuva 33).



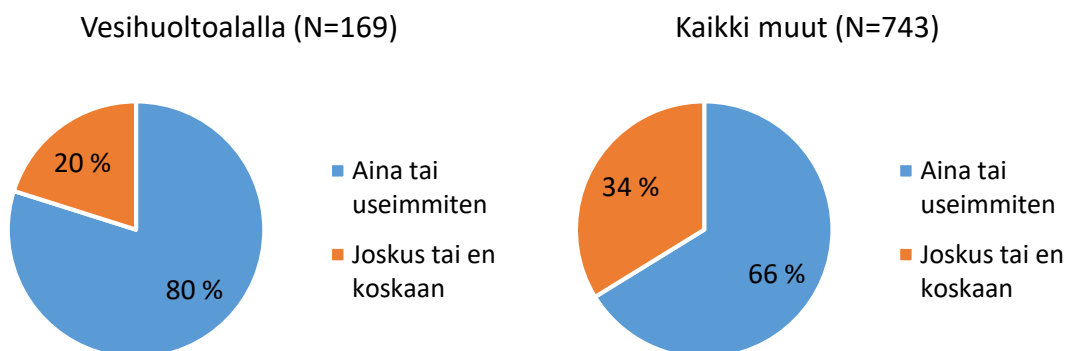
Kuva 33. Kuinka paljon juoksetatte vettä yleensä silloin, kun juoksetatte (ennen juomista tai ruuanlaittoa)?

Kolmannessa kysymyksessä selvitettiin syitä veden juokseamiseen. Tässä monivalintakysymyksessä sai valita useamman eri vastausvaihtoehdon. Suurin osa vastaajista (yli 70 %) ilmoittivat juoksevat vettä, koska vesi on muuten liian lämmintä. 26 % juoksevat, koska vesi maistuu sen jälkeen paremmalta. Vain 17 % kertoi uskovansa, että juoksevat vedessä voi olla haitallisia aineita. Kuvassa 34 on esitetty, kuinka monta prosenttia vastaajista valitsi kunkin vastausvaihtoehdon.



Kuva 34. Miksi juoksuatte vettä, jos juoksuatte?

Noin 56 % vastaajista oli naisia ja noin 43 % miehiä. Ikä- ja koulutusjakauma olivat melko edustavat (Liite 4). Sukupuolella, iällä tai koulutusasteella ei havaittu olevan vaikutusta juoksuustottumuksiin. Sen sijaan vesihuoltoalalla työskentelevät tai alaa opiskelleet juoksuivat vettä muita useammin, sillä heistä noin 80 % ilmoitti juoksuavansa vettä aina tai useimmiten. Muilla vastaava osuus oli 66 % (Kuva 35). Kaikista vastaajista noin 19 % ilmoitti työskentelevänsä vesihuoltoalalla tai opiskelleensa alaa.



Kuva 35. Vesihuoltoalalla työskentelevien tai alaa opiskelleiden juoksuustottumukset verrattuna muihin

5 Tulosten arviointi

5.1 Tulosten vertailua

Taulukossa 10 on esitetty tässä tutkimuksessa havaittujen nikkeli-, lyijy- ja kuparipitoisuuksien keskiarvot (avg) ja maksimi-arvot (max) eri seisotusaikojen (2, 4 ja yli 8 h) ja juoksuttamisen jälkeen otetuissa litran näytteissä (J). Taulukossa 10 on myös esitetty EU:lle raportoitavien suurten laitosten talousveden valvonnasta ja laadusta tehtyjen yhteenvetojen (Zacheus 2015 ja 2016) keskiarvopitoisuudet ja maksimi-arvot vuosilta 2014 ja 2015. Tuloksia vertailemalla havaitaan, että tässä tutkimuksessa seisoneesta vedestä otettujen vesinäytteiden keskiarvopitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin vuosien 2014 ja 2015 EU:lle raportoitavissa tuloksissa. Tämän perusteella on todennäköistä, että keskimääräiset metallipitoisuudet tulevat kasvamaan uuden näytteenottotavan myötä valvontänäytteissä. Tässä tutkimuksessa veden juoksuttamisen jälkeen otettujen näytteiden keskiarvopitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin EU:lle raportoitavissa tuloksissa.

Taulukko 10. Tämän tutkimuksen keskeisten tulosten yhteenveto ja EU:lle raportoitavien suurten vesilaitosten yhteenveto vuosilta 2014 ja 2015 (Zacheus 2015 ja 2016).

Tutkimus	Vuosi	Seisotusaika/ Juoksutettu näyte (J)	Nikkeli µg/l		Lyijy µg/l		Kupari mg/l	
			Max	Avg	Max	Avg	Max	Avg
Tämän tutkimuksen tulokset	2017	≥ 8 h	80	17	17	2,4	1,4	0,26
		4 h	48	6,2	13	1,6	1,4	0,17
		2 h	28	4,1	9	1,2	0,82	0,14
		J	11	0,77	0,8	0,14	0,06	0,01
EU:lle raportoitavat valvontänäytetulokset	2015	J	18	1	7	0,1	1,9	0,03
	2014	J	21	1,4	5	0,1	1,8	0,04

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli ottaa näytteet kaikista näytepisteistä kahden, neljän ja 8–10 tunnin veden seisottamisen jälkeen. Kahden ja neljän tunnin näytteissä seisotusaika oli kaikissa näytteenotoissa samanmittainen, mutta pisin seisotusaika vaihteli 8–48 tunnin välillä. Yhteensä kymmenessä näytepisteessä 30:stä pisin seisotusaika oli yli kymmenen tuntia. Seisotusaika vaikuttaa selvästi veden metallipitoisuuksiin siten, että pidemmällä seisotusajoilla veden metallipitoisuudet ovat korkeammat. Veden seisotusajan vaikutus huomattiin verrattaessa saman näytepisteen nikkeli- ja kuparipitoisuuksia eri seisotusaikojen välillä. Pitoisuudet olivat pääosin korkeammat pidemmällä seisotusajalla. Ero näkyy myös taulukon 10 yhteenvedossa.

Uudessa näytteenottotavassa voi hyvin tulla vastaan tilanteita, jossa vesi on seissyt pidempään kuin kymmenen tuntia ennen näytteenottoa. Siksi näytteenottotavan muutoksen vaikutuksia valvontatutkimusnäytteissä havaittaviin metallipitoisuuksiin voidaan arvioida myös yli kahdeksan tuntia seisseistä vesinäytteistä, vaikka seisotusajat vaihtelivatkin paljon. Tässä tutkimuksessa pyrittiin myös tarkastelemaan syitä sille, miksi jostain näytepisteestä mitattiin korkeampia metallipitoisuuksia kuin toisesta esimerkiksi arvioimalla hanan ja putkiston iän

ja materiaalin vaikutusta. Eripituiset seisotusajat voivat vaikuttaa näiden tarkastelujen luotettavuuteen jonkin verran, koska vertailut tehtiin pääosin yli kahdeksan tuntia seisoneen veden näytteistä saaduista tuloksista, joissa toteutuneet seisotusajat vaihtelivat paljon.

5.2 Nikkeli

5.2.1 Nikkelitulosten arviointia

EU:lle raportoitavien valvontanäytetuloksien nikkeli-pitoisuuksien keskiarvo Suomessa vuonna 2015 oli 1,0 µg/l ja suurin mitattu arvo 18 µg/l (Zacheus 2016). Yhtään laatuvaatimuksen ylitystä ei siis tullut ja keskiarvopitoisuus oli todella alhainen. Tässä työssä keskiarvopitoisuus nikkeli-litran näytteissä oli yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen noin 17 µg/l. Kahden ja neljän tunnin jälkeen keskiarvopitoisuudet olivat 4,1 ja 6,2 µg/l. Suurimmat havaitut arvot olivat kahden, neljän ja yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen 28, 48 ja 80 µg/l, jotka ylittävät selvästi laatuvaatimuksen 20 µg/l. Nämä tulokset vastaavat direktiivimuutoksen mukaista näytteenottotapaa, jossa vettä ei juokseteta ennen näytteenottoa.

Talousveden laatuvaatimus nikkeli-litran näytteissä ylittyi yhdeksässä näytepisteessä yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen litran näytteissä. Neljässä näytepisteessä nikkeli-pitoisuus oli yli 50 µg/l (Kuva 2). Näissä toteutuneet seisotusajat olivat 48 tuntia (HSY_A0), 9 tuntia (IMR_B1), 15 tuntia (KVL_A1) ja 18 tuntia (Oulu_B1). Pidempi seisotusaika voi vaikuttaa siihen, että pitoisuudet olivat näinkin korkeita. Pitoisuus olisi todennäköisesti ollut kymmenen tunnin kohdalla alhaisempi. Jos oletetaan, että nikkeli-pitoisuus kasvaa lineaarisesti suhteessa seisotusaikaan, kymmenen tunnin kohdalla näissä neljässä pisteessä pitoisuudet olisivat olleet noin 17, 36, 44 ja 83 µg/l. Laatuvaatimus olisi siis ylittynyt kaikissa koh-teissa selvästi yhtä näytepistettä lukuun ottamatta.

Tutkimuksessa havaittiin, että jos vettä juoksetettaisiin 500 ml ennen näytteen ottamista, yksikään näyte ei enää ylittäisi nikkelin raja-arvoa. (Kuva 9). Pienemmälläkin juoksettami-sella (250 ml) olisi todennäköisesti päästy lähes samaan lopputulokseen, koska talousveden nikkeli oli pääosin peräisin hanasta. Näytepullojen vesitilavuuksista johtuen 250 ml juokset-tamisen vaikutusta ei kuitenkaan voitu suoraan laskea.

Laatuvaatimuksen ylityksiä voi tulla niillä alueilla herkemmin, joissa pohjavedessä on val-miiksi maa- ja kallioperästä liennuttua nikkeliä. Tällöin hanan ja raakaveden yhteisvaiku-tuksesta pitoisuudet voivat ylittää laatuvaatimusarvon 20 µg/l. Tässä tutkimuksessa yhden näytepisteen verkostoalueella nikkeliä oli pohjavedessä, mutta muilla verkostoalueilla juok-sutuksen jälkeen otetuissa näytteissä nikkeli-pitoisuudet olivat alhaisia.

Suomessa aiemmin tehdyissä tutkimuksissa nikkeliä ei havaittu kylmästä talousvedestä ve-den seisottamisen jälkeen otetuista näytteistä (Inkinen ym. 2014; Hiisvirta 2003; Ahonen ym. 2008). Ahosen ym. 2008 tekemässä tutkimuksessa nikkeli-pitoisuudet jäivät alle labora-torion määritysrajan 1 µg/l. Inkinen ym. (2014) havaitsi nikkeliä vain lämpimästä vedestä otetuissa näytteissä. Hiisvirta (2003) havaitsi nikkeliä vain kahdessa näytepisteessä, mutta näissäkin pitoisuudet olivat alle laatuvaatimuksen. Muut näytteet jäivät alle laboratorion määritysrajan, joka oli Hiisvirran (2003) tutkimuksessa 10 µg/l.

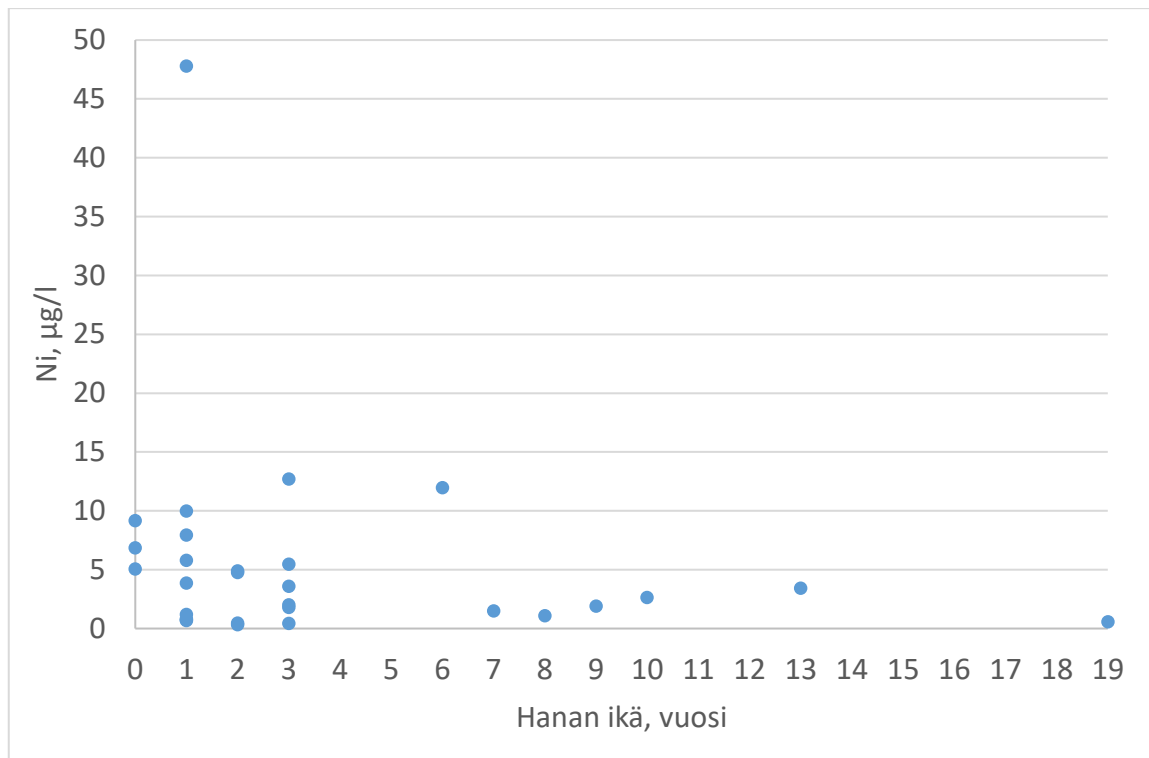
Hiisvirran (2003) ja Ahonen ym. (2008) tutkimuksessa hanojen ikää ei huomioitu, mikä voisi selittää sen, ettei nikkeliä havaittu, vaikka näytteitä otettiin myös seisoneesta vedestä. Näytteenottohanaksi ei ehkä osunut yhtään uutta hanaa. Ahosen ym. (2008) tutkimuksessa ei myöskään mainita, mistä verkostonäytteet kerättiin tai miten näytepisteet valittiin. Inkisen ym. (2014) tutkimuksessa keskityttiin kiinteistön vesijohdoista liukenevien metallien tutkimiseen. Näytteet otettiin suoraan kiinteistön vesijohtoihin asennetuista yksinkertaisista venttiilihanoista, jota ei oltu pinnoitettu nikkeli-kromipinnoitteella. Todennäköisesti tämä selittää sen, ettei nikkeliä havaittu Inkisen ym. (2014) tutkimuksessa.

5.2.2 Hanan vaikutus

Nikkelipitoisuus oli kaikissa näytepisteissä korkein ensimmäisessä 250 ml osanäytteessä eri veden seisotusajoilla. Toisen, kolmannen ja neljännen osanäytteen pitoisuudet olivat yleisesti alhaisempia. Tämä viittaa siihen, että nikkeli on peräisin hanoista tai sen liitoksista. Kahdesta näytepisteestä otettujen pienempien osanäytteiden (noin 50–100 ml) tulokset viittaavat myös siihen, että nikkeliä liukenee hanan juoksuputkesta ja hanan pesästä. Kolmessa näytepisteessä nikkelipitoisuus oli korkea myös toisessa 250 ml osanäytteessä. Tähän voi olla syynä esimerkiksi nikkelipinnoitettu osa tai kromattu putki tai putkivaruste. Nikkelin alkuperää ei kuitenkaan tarkemmin selvitetty.

Samansuuntaisia tuloksia on havaittu muualla Euroopassa tehdyissä tutkimuksissa (Zietz ym. 2014; Andersen ym. 1983; Andersen ja Fontenay 2008). Tutkimuksissa nikkelin lähteeksi arvioitiin pääosin nikkeli-kromipinnoitteisia messinkituotteita, kuten hanoja, venttiilejä ja asennusosia. Nikkeliä voi esiintyä myös pohjavedessä maa- ja kallioperän mineraaleista liunneena (Ahonen ym. 2008, Fontenay ja Andersen 2008), kuten yhdessä näytepisteessä havaittiin tässä diplomityössä. Tulppaamalla hanan vesitiehyet ennen hanan pinnoitusprosessia voitaisiin vähentää nikkelin liukenemistä veteen (Fontenay ja Andersen 2008).

Kuvan 4 perusteella vaikuttaa siltä, että kiinteistöistä, joissa on uusittu hana alle vuosi sitten, irtoaa nikkeliä keskimääräistä enemmän tätä vanhempiin hanoihin verrattuna. Myös muutamissa vanhemmissa hanakohteissa nikkelipitoisuus oli korkea ja ylitti laatuvaatimuksen. Tulosten vertailukelpoisuutta huonontaa kuitenkin se, että pisimmät seisotusajat vaihtelivat kahdeksan ja 48 tunnin välillä. Siksi hanan iän ja näyteveden nikkelipitoisuuden välistä yhteyttä verrattiin myös neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen otetuissa näytteissä. Tulos oli samansuuntainen, mutta ero ei ollut yhtä selkeä kuin yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen (Kuva 36). Nikkelipitoisuudet olivat myös neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen keskimäärin hieman korkeammat alle vuoden ikäisissä hanoissa kuin tätä vanhemmissa hanoissa (taulukko 9). Taulukko 9 keskiarvopitoisuuksissa yksi korkea nikkelipitoisuus neljän tunnin näytteissä nostaa alle yksivuotiaiden hanakohteiden keskiarvopitoisuutta merkittävästi.



Kuva 36. Nikkelipitoisuus litran näytteissä 4 h veden seisottamisen jälkeen suhteessa hanan ikään. Nikkelipitoisuuksista on vähennetty verkostovedessä oleva nikkeli. Nikkelin laatuvaatimuksen raja-arvo on 20 µg/l.

Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa (Andersen ja Fontenay 2008) havaittiin samankaltaisia tuloksia. Nikkeliä liukeni erityisesti 0–2 vuotta vanhoista hanoista. Tässä diplomityössä näytepisteitä, joissa hana on uusittu 1–2 vuotta sitten, oli mukana vain neljä ja pitoisuudet olivat niissä alhaisia. Ei voida arvioida, kuinka hyvin tutkimukseen valikoituneet hanat kuvaavat keskimääräistä ikäluokkansa hanaa nikkelin liukenemisen suhteen. Toisaalta Tanskan tutkimuksessakin oli mukana vain kolme 1–2-vuotiasta hanaa ja kahdeksan alle yksivuotiaista. Otos oli siis pieni myös siinä tutkimuksessa. Suuremman aineiston avulla pystyisi määrittämään luotettavammin, miten hanan ikä korreloi nikkelpitoisuuden kanssa. Muissa tutkimuksissa hanan ikää ei ollut raportoitu.

Yli yksi vuotta vanhoista hanoista nikkeliä liukeni keskimäärin huomattavasti vähemmän kuin alle yksivuotiaista hanoista. Vanhemmissa hanoissa oli useampi kohde, joissa pitoisuus nousi yli laatuvaatimuksen 20 µg/l. Kaikki näytteenottohanat eivät todennäköisesti olleet säännöllisessä juomavesikäytössä, sillä mukana oli muun muassa lämmönjakohuoneen ja LVI-tilan hana. Kaikkien näytteenottohanojen tarkempaa sijaintia kiinteistössä ei tiedetä. Jos hanan käyttö on ollut vähäistä, hanan voisi ajatella käyttöhistorialtaan vastaavan paremmin uudempaa hanaa.

Alle kaksivuotiaita hanakohteita tarkasteltaessa havaittiin viitteitä siitä, että hanamallilla voisi olla vaikutusta nikkelpitoisuuteen. Havainnot on esitetty tuloksissa luvussa 4.1.5. Hanamallien vaikutusta arvioidessa on kuitenkin huomioitava, että näytepisteitä on kaiken kaikkiaan melko vähän ja on sattumaa, millaisia hanoja tähän tutkimukseen on valikoitunut mukaan. Hanamallitutkimuksessa tutkimusasetelman tulisi olla erilainen. Tyypin A hanoja pitäisi olla enemmän mukana tutkimuksessa, jotta kyseisen mallin ominaisuuksia voisi luotettavammin arvioida. Pitkä juoksuputki yksistäänkin voi olla selittävä tekijä, sillä hanan

vesitilavuus on tällöin suurempi. Tästä saatiin viitteitä Hämeenlinnan kahden näytepisteen tuloksista. Juoksuputken kaareva muoto saattaisi toisaalta aiheuttaa sen, että valmistusprosessissa kromi ei levittyisi niin hyvin nikkeli-kerroksen päälle ja paljaita kohtia jäisi enemmän.

Korkeita nikkeli-pitoisuuksia mitattiin myös kaikissa (3 kpl) niin kutsutuissa aputilahanoissa (KVL_D5; Oulu_C3; Oulu_A1), joita voidaan käyttää myös keittiöissä, kuten myös molemmista mukana olleista pesuallashanoista (KVL_A1 ja KVL_B3). Hanan vedenkäyttömäärä voi mahdollisesti vaikuttaa myös nikkeli-pitoisuuteen. Hanojen välillä voi olla myös yksilöllisiä eroja siinä, kuinka paljon nikkeliä jää hanan sisäpinnalle valmistusprosessissa. Tutkimuksessa oli mukana kuuden eri valmistajan hanoja. Otanta ei riitä hanavalmistajien välisten erojen arvioimiseen, sillä joidenkin valmistajien hanoja oli vain yksittäisissä näytepisteissä.

5.3 Lyijy

Yhteensä neljässä näytepisteessä lyijyn laatuvaatimus 10 µg/l ylittyi joko litran näytteissä tai osanäytteissä yli kahdeksan tunnin veden seisotuksen jälkeen. Näistä näytepisteistä kolmessa oli uudet alle vuosi sitten asennetut muoviputket sekä uusi hana. Myös Tanskassa havaittiin veden seisottamisen jälkeen otetuissa näytteissä korkeita lyijypitoisuuksia erityisesti kiinteistöissä, joissa oli alle vuoden ikäinen hana (Andersen ja Fontenay 2008). Myös Inkinen ym. (2014) havaitsi, että uusista messinkiosista liukenee ensimmäisten viikkojen aikana runsaasti lyijyä. Havaitut pitoisuudet vaihtelivat seisoneessa vedessä välillä 15–29 µg/l (Inkinen ym. 2014).

STM:n tutkimuksessa lyijyn laatuvaatimus ylittyi kahdessa näytepisteessä (Hiisvirta 2003). Saksassa tehdyssä tutkimuksessa lyijy ylitti laatuvaatimuksen kolmessa näytepisteessä (Zietz ym. 2014). Lyijy oli todennäköisesti peräisin messinkisistä hanoista, liittimistä ja venttiileistä. Lyijyä voi liueta myös vanhojen putkien lyijyjuotteista tai putkiston muista messinkiosista (Andersen ja Fontenay 2008; Zietz ym. 2014).

EU:lle raportoitavien valvontanäytetuloksien lyijypitoisuuksien keskiarvo Suomessa vuonna 2015 oli 0,1 µg/l ja suurin mitattu arvo 7 µg/l (Zacheus 2016). Yhtään laatuvaatimusten ylitystä ei siis mitattu ja keskiarvopitoisuus oli todella alhainen. Tässä työssä keskiarvopitoisuus lyijylle litran näytteissä oli yli kahdeksan tunnin vedenseisottamisen jälkeen 2,4 µg/l. Kahden ja neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen vastaavat keskiarvopitoisuudet olivat 1,2 ja 1,6 µg/l. Suurimmat pitoisuudet kahden, neljän ja yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen olivat 9, 13 ja 17 µg/l, joista kaksi ylittää laatuvaatimuksen 10 µg/l ja kolmaskin on lähellä raja-arvoa. Juoksuttamattomissa uuden näytteenottotavan mukaisissa näytteissä havaitut pitoisuudet olivat siis huomattavan korkeita aikaisempiin valvontanäytetuloksiin verrattuna. Tanskassa keskiarvo oli 3,7 µg/l neljän tunnin veden seisotuksen jälkeen litran näytteessä (Andersen ja Fontenay 2008). Ahosen ym. (2008) tutkimuksessa havaitut lyijypitoisuudet olivat pääosin alle laboratorion määrittämissä 1 µg/l.

5.4 Kupari

Kuparin laatuvaatimus 2 mg/l ei ylittynyt uutta näytteenottotapaa vastaavissa litran näytteissä yhdessäkään näytepisteessä, mutta kahdessa 250 ml osanäytteessä raja-arvo ylittyi pitoisuuksien ollessa 2,1 mg/l ja 2,6 mg/l. Kupari on todennäköisesti peräisin pääosin kiinteistöjen vesijohdoista ja hanojen kuparisista liitosputkista. Messinkisistä osista, kuten hanoista

venttiileistä ja liitoskappaleista voi myös liueta kuparia. Zietzin ym. (2014) Saksassa tekemässä tutkimuksessa kuparin lähteeksi epäiltiin myös messinkihanoja ja metallisia liitososia.

Putkiston ikää ja kuparipitoisuutta verrattiin toisiinsa näytepisteissä, joiden kylmävesiputkisto oli joko kokonaan tai osittain kuparia (Kuva 19). Havaittiin, että yli viisi vuotta vanhoista putkista kuparia ei enää liuennut. Korkeimmat kuparipitoisuudet mitattiin näytepisteissä, joissa oli uusittu sekä hana että putkisto alle vuosi sitten. Myös 2–5 vuotta vanhoista putkistoista liukeni kuparia. Alle yksi vuotta vanhoista kupariputkikohteissa kupariputken pintaan ei ole välttämättä ehtinyt vielä muodostua korroosiolta suojaavaa passiivikerrosta, mikä voi olla syynä korkeampiin pitoisuuksiin. Yli viisi vuotta vanhojen putkikohteiden alhainen kuparipitoisuus vesinäytteessä selittyy sillä, että putken sisäpintaan on muodostunut passiivikerros, joka suojaa korroosiolta. Tässä tutkimuksessa pystyttiin arvioimaan vain kupariputken yleistä korroosiota, mutta ei pistekorroosiota.

Vertailussa mukana olleista 20 kiinteistöstä putkimateriaalina oli kupari 11 kohteessa ja yhdeksässä kohteessa putkistossa oli muovia ja kuparia. Ei ole kuitenkaan tiedossa, mikä osa kiinteistön vesijohdoista oli muovia ja mikä kuparia. Kuvassa 19 vertailtiin yli kahdeksan tunnin seisotusajan jälkeen ensimmäisestä litrasta mitattuja pitoisuuksia. Osassa näytepisteistä litran näytteeseen saattoi tulla siis muoviputkessa seissyttä vettä, mikä voi vaikuttaa tuloksiin jonkin verran.

Putkimateriaalitiedot perustuvat pääosin asukkaan tai näytteenottajan ilmoitukseen. Joissakin kiinteistöistä putkimateriaalia oli vaikea selvittää ja siksi materiaali on arvioitu tulosten perusteella kupariputkiksi. Materiaalitietoihin liittyy siis epävarmuuksia.

Tässä tutkimuksessa mukana olleissa kohteissa uusi näytteenottotapa ei olisi aiheuttanut laatuvaatimusten ylityksiä kuparin osalta. Tämän aineiston perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kuparipitoisuus nousee vettä seisotettaessa. Yli kahdeksan tuntia seisoneesta vedestä otettujen litran näytteiden keskiarvo oli 0,26 mg/l ja neljän tunnin seisotuksen jälkeen 0,17 mg/l. Ahosen ym. (2008) tutkimuksessa seisoneen veden mediaanipitoisuus kuparille oli 0,12 mg/l. EU:lle raportoitavissa valvontanäytetuloksissa vuodelta 2015 kuparin keskiarvopitoisuus oli sen sijaan 0,03 mg/l (Zacheus 2016). Seisoneesta vedestä uuden näytteenototavan mukaisesti otetuissa näytteissä kuparipitoisuus oli siis keskimäärin selvästi korkeampi kuin EU:lle raportoiduissa valvontanäytetuloksissa.

Zacheuksen (2016) suurin raportoima valvontanäytetulos kuparille oli 1,9 mg/l, mikä oli korkeampi kuin tässä tutkimuksessa litran näytteistä mitatut suurimmat pitoisuudet 1,3 ja 1,4 mg/l. STM:n tutkimuksessa neljän tunnin seisottamisen jälkeen otetuissa näytteissä laatusuositus 2 mg/l ylittyi kolmessa näytepisteessä (Hiisvirta 2003). Hiisvirran (2003) tutkimukseen näytepisteiksi pyrittiin valitsemaan kiinteistöjä, joissa korkea kuparipitoisuus on aiheuttanut ongelmia. Sitä taustaa vasten oli yllättävää, ettei raja-arvon ylityksiä tullut tämän enempää. Zietzin ym. (2014) tutkimuksessa Saksassa kuparin laatuvaatimus ylittyi vain yhdessä kohteessa pitoisuuden ollessa 2,6 mg/l.

5.5 Vedenlaatu

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että vettä seisotettaessa sen lämpötila nousee nopeasti. Juoksetun näytteen lämpötilaan verrattuna lämpötila voi nousta jopa 5–15 astetta kahden tunnin veden seisottamisella. Kylmän veden lämpötilan olisi suositusten mukaan hyvä pysyä alle

20 asteessa (Ympäristöministeriö 2007). Yli 20 asteen lämpötiloissa saattaa jo esiintyä legionella-bakteeria (Valvira 2016a), joten seisoneen veden juoksuttaminen on tärkeää myös tästä syystä.

Tutkimusaineisto ei ollut riittävän laaja vedenlaadun vaikutusten arviointiin. Keskenään vertailukelpoisia näytepisteitä ei ollut riittävästi, sillä näytepisteet olivat vedenlaadultaan hyvin erilaisia. Havaittiin kuitenkin viitteitä siitä, että kuparin liukeneminen vähenee pH:n kasvaessa. Myös kirjallisuus tukee tätä havaintoa (esim. Johansson 1989, Pääkkönen 1993). Kohteita, joissa kupariputken ikä oli 1–5 vuotta oli kuitenkin vain viisi, joten tämän aineiston perusteella ei voi tehdä tilastollisesti luotettavia johtopäätöksiä. Kun mukaan otettiin kaikki alle 5-vuotiaat kupariputket, korrelaatio oli heikko. Alle yksivuotiaissa kohteissa kuparin passivoituminen voi olla vielä kesken, jolloin kuparia voi liueta pH-arvosta riippumatta. Näytepisteiden pH-arvo kuvaa vain näytteenottohetken tilannetta. Passiivikerroksen muodostumiseen vaikuttaa hetkellistä pH-arvoa enemmän vedenlaadun korroosio-ominaisuudet ja veden pH:n tasaisuus verkostoalueella.

Lisäksi talousveden kalsiumpitoisuuden ja kalkin saostumislämpötilan vaikutuksesta kuparipitoisuuteen havaittiin pieniä viitteitä kohteissa, joissa oli 1–5 vuotta vanhat kupariputket. Pienen aineiston vuoksi havaintoja voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa-antavina, eikä tulosten pohjalta voida luotettavasti todeta kalsiumin ja kalkin saostumislämpötilan yhteyttä kuparin liukenemiseen. Kirjallisuutta ei löytynyt näiden havaintojen tueksi.

5.6 Juoksutustottumuskysely

Juoksutustottumuskyselyyn saatujen vastausten perusteella vaikuttaa siltä, että kuluttajat juoksuvat vettä melko hyvin, sillä lähes 70 % vastaajista ilmoitti juoksuavansa vettä aina tai useimmiten ennen juomista tai ruuanlaittoa. Vain 5 % ei juoksu koskaan. Tilanne vaikuttaa hyvältä, mutta juoksuamisen syitä tarkasteltaessa huomattiin, että yli 70 % vastaajista kertoi syyksi veden olevan liian lämmintä juoksuamatta, mutta vain 17 % vastaajista ilmoitti uskovansa, että juoksuamattomassa vedessä voi olla haitallisia aineita. Vaikuttaa siis siltä, että vaikka suurin osa kyselyyn vastanneista juoksuu vettä, he eivät silti joko ole tietoisia talousveden liukenevista metalleista tai se ei vaikuta heidän juoksutuskäytäntöihinsä.

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa (Becker ym. 2001) selvitettiin kuluttajien juoksutustottumuksia kysymällä, laskevatko he hanasta vettä ennen kuin ottavat sitä esimerkiksi teen tai kahvin keittoon tai ruuanlaittoon. Vastaajista 58 % otti vettä ruuan tai juoman valmistukseen heti avattuaan hanan, 1 % ei käyttänyt hanavettä näihin tarkoituksiin ja loput juoksuivat vettä jonkin aikaa ennen käyttöä. Sukupuolella, koulutustaustalla tai asuinpaikalla ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta vastauksiin. Tutkimukseen osallistui yli 4000 henkilöä. Beckerin ym. (2001) mukaan otos on edustava poikkileikkaus 18–69-vuotiaista Saksassa asuvista henkilöistä.

Beckerin ym. (2001) kyselyn tulos poikkeaa merkittävästi tämän diplomityön yhteydessä toteutetun juoksutustottumuskyselystä saaduista tuloksista, sillä Saksan kyselyssä 58 % ei juoksu koskaan, kun tämän projektin yhteydessä toteutetussa kyselyssä 26 % juoksu jossain ja 5 % ei koskaan. Yksi syy eroon voi olla kysymyksen asettelussa. Beckerin ym. (2001) kyselyssä kysyttiin juoksuamisesta ennen ruuan tai juoman valmistusta, kun taas tässä tutkimuksessa kysyttiin juoksutustottumuksia ennen juomista tai ruuanlaittoa. Tässä

tutkimuksessa yli 70 % vastaajista ilmoitti yhdeksi juoksutuksen syyksi sen, että vesi on liian lämmintä juoksuttamatta, mikä viitanee siihen, että kuluttajat haluavat juoda mieluummin kylmää vettä. Jos olisi kysytty juoksutustottumuksia vain ruuanlaiton yhteydessä, tulos olisi voinut olla lähempänä Saksan tulosta. Toisaalta, vaikka hankkeen yhteydessä toteutettuun kyselyyn saatiinkin paljon vastauksia (912 kpl) ja taustatietojen perusteella otos vaikuttaa melko edustavalta, on otos silti selvästi pienempi kuin Saksassa. Lisäksi ei voida arvioida, kuinka hyvin hankkeen yhteydessä toteutetun kyselytutkimuksen tulos kuvaa tavallisen kuluttajan juoksutustottumuksia, sillä kyselyyn vastanneet saattoivat olla keskimääräistä kiinnostuneempia juoksuttamiseen liittyvistä asioista. On myös mahdollista, että suomalaiset ovat paremmin tietoisia juoksuttamisen tärkeydestä Saksassa asuviin verrattuna.

6 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että veden seisotusajalla oli selkeästi vaikutusta metallien liukenemiseen. Korkeimmat pitoisuudet havaittiin yli kahdeksan tunnin veden seisotuksen jälkeen otetuissa näytteissä lähes poikkeuksetta lukuun ottamatta muutamia yksittäisiä näytteitä ja metalleja, jotka eivät lienneet kiinteistön vesijohdoista tai hanoista. Jo kahden tunnin seisottamisen jälkeen havaittiin selvästi kohonneita metallipitoisuuksia verrattuna veden juoksuttamisen jälkeen otettuihin vesinäytteisiin. Havaittiin myös, että veden lämpötila kasvaa nopeasti vettä seisotettaessa. Yleisesti tiedetään, että metallien korroosionopeus kasvaa vedenlämpötilan noustessa.

Kiinteistöjen vesijohdoista ja -kalusteista liukeni seisoneeseen veteen merkittävästi nikkeliä, lyijyä, kuparia ja sinkkiä. Sinkkiä liukenee todennäköisesti messinkiosista. Tätä havaintoa tukee myös Zietzin ym. (2014) tekemät havainnot. Korkeita rautapitoisuuksia havaittiin muutamassa näytepisteessä. Rauta oli todennäköisesti peräisin pintavesilaitosten verkostosta tai kiinteistöjen valurautaisista tonttijohdoista. Mangaania ei liennut kiinteistön vesilaitteistoista. Alumiinin, antimonin, kadmiumin ja kromin pitoisuudet olivat alhaisia tai alle määritysrajan kaikissa näytteissä.

Suurimmat nikkelpitoisuudet havaittiin ensimmäisistä 250 ml näytteistä, mikä viittaa siihen, että nikkeliä liukeni hanasta tai sen liitoksista. Nikkeli oli todennäköisesti peräisin hanojen pinnoitteesta, sillä nikkeliä käytetään välikerroksena kromipinnoitteen ja messinkihanavan välillä. Pinnoitusprosessissa kromi ei välttämättä levity tasaisesti hanan sisäpinnalle, jolloin hanan juoksutukseen voi jäädä kohtia, joissa nikkeli pääsee kosketuksiin veden kanssa. (Fontenay ja Andersen 2008; Peltö-Huikko ja Kaunisto 2010).

Nikkeliä liukeni erityisesti näytepisteistä, joissa hana oli uusittu alle vuotta aiemmin, mutta korkeita nikkelpitoisuuksia havaittiin myös muutamassa kohteessa, jossa oli tätä vanhempi hana. Yhdeksässä näytepisteessä kolmestakymmenestä nikkelpitoisuus ylitti STM:n laatuvaatimuksen 20 µg/l, kun vettä oli seisotettu 8–48 tuntia, ja vesinäytteet otettiin direktiivimuutoksen mukaista uutta näytteenottotapaa vastaavasti litran suuruisina ja suoraan seisoneesta vedestä vettä juoksuttamatta. Vastaavissa näytteissä kahden ja neljän tunnin veden seisottamisen jälkeen nikkelin raja-arvo ylittyi vain yhdessä näytepisteessä.

Todennäköisesti juomavesidirektiivimuutoksen mukaisella näytteenottotavalla otettavissa valvontanäytteissä nikkelin laatuvaatimuksen raja-arvon 20 µg/l ylittäviä näytteitä tulee nykyistä enemmän. Erityisesti, jos vesi on seissyt hanassa pitkään, esimerkiksi yön yli, ennen näytteenottoa ja näytteenottohana on hiljattain uusittu tai hana on ollut muuten vähällä käytöllä. Laatuvaatimuksen ylityksiä tulee herkemmin alueilla, joilla pohjavesi on nikkelpitoista. Laatuvaatimus ei ylittynyt yhdessäkään kohteessa 500 ml juoksuttamisen jälkeen. Noin 250 ml juoksuttamisellakin päästäisiin todennäköisesti suunnilleen samaan lopputulokseen, koska tässä tutkimuksessa nikkelpitoisuus oli pääosin peräisin hanasta.

Lyijypitoisuus ylitti uutta direktiivin mukaista valvontanäytettä vastaavissa litran vesinäytteissä laatuvaatimuksen 10 µg/l yhdessä näytepisteessä neljän ja yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen. Osanäytteissä raja-arvon ylityksiä tuli kolmessa näytepisteessä neljän ja yli kahdeksan tunnin veden seisottamisen jälkeen. Lyijyä liukeni sekä hanoista että putkistosta kohteesta riippuen. Todennäköisesti lyijy on peräisin messinkituotteista, kuten ha-

noista, venttiileistä ja liitoskappaleista, joissa yhtenä seosaineena on käytetty lyijyä. Vähäinen (esim. 500 ml) juoksumies voi joko nostaa tai laskea litran näytteen lyijypitoisuutta riippuen siitä, liukeneeko lyijy hanasta vai putkistosta. Vettä olisi siis hyvä juoksuttaa reilusti ennen veden juomista tai ruuanlaittoa.

Yhdessä näytepisteessä kuparin laatuvaatimuksen raja-arvo 2 mg/l ylittyi osanäytteissä, mutta litran näytteissä enimmäisarvo ei kuitenkaan ylittynyt. Suurimmat kuparipitoisuudet havaittiin kiinteistöissä, joissa hana ja kupariputket oli uusittu alle vuotta aiemmin. Kuparin todennäköisiä lähteitä ovat kupariputket, hanan kupariset liitosputket sekä messinkiset osat, kuten hanat, venttiilit ja liitoskappaleet.

Vedenlaadun osalta havaittiin viitteitä siitä, että 1–5 vuoden ikäisistä kupariputkissa kuparin liukeneminen vähenee pH-arvon noustessa ja kalsiumpitoisuuden kasvaessa. Tämän aineiston pohjalta ei kuitenkaan voida arvioida tilastollisesti merkitsevästi vedenlaadun vaikutusta metallien liukenemiseen. Vedenlaadun vaikutuksen tutkimiseksi näytepisteitä olisi hyvä olla enemmän, jotta tilastollista tarkastelua voitaisiin tehdä. Lisäksi näytepisteiden välistä vertailukelpoisuutta voisi parantaa vähentämällä muuttujia esimerkiksi ottamalla mukaan tutkimukseen enemmän näytepisteitä samalta verkostoalueelta. Tässä tutkimuksessa kultakin verkostoalueelta oli yleensä vain yhdestä kahteen näytepistettä. Lisäksi kiinteistöjen vesijohtojen ja hanojen iät ja materiaalit näyttivät vaikuttavan tuloksiin niin merkittävästi, että oli vaikea arvioida muiden tekijöiden vaikutusta luotettavasti.

Juoksumieskyselyn perusteella suurin osa (69 %) kuluttajista juoksuttaa vettä hanasta aina tai useimmiten ennen kuin ottavat vettä juotavaksi tai ruuanlaittoon. Noin puolet vastaajista ilmoitti yleensä juoksumiesvansa vettä kaksi tai viisi sekuntia ja noin 30 % juoksumies vettä, kunnes vesi oli kylmää. Veden juoksumiesminen aina ennen juomista tai ruuanlaittoa on suositeltavaa, koska seisoneessa vedessä voi olla korkeita nikkeli-, lyijy- tai kuparipitoisuuksia. Juoksumiesminen tärkeydestä tulisi tiedottaa nykyistä paremmin. Viranomaiset ja vesilaitokset voisivat nykyistä enemmän valistaa kuluttajia juoksumiesminen tärkeydestä. Viranomaisten ja vesilaitoksien nettisivuille olisi myös hyvä lisätä tietoa juoksumiesminen tärkeydestä.

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahta vaihtoehtoista näytteenottotapaa, joista toisessa (A) otettiin neljä osanäytettä (250 ml + 250 ml + 500 ml + 500 ml) ja toisessa (B) yksi litran näyte seisotusaikaa kohden. Metallipitoisuudet ensimmäisessä litrassa ilman edeltävää juoksumiesmistä pystyttiin määrittämään kaikille näytepisteille, mutta näytteenottotavassa B metallin tarkempia lähteitä ei voitu arvioida. Näytteenottotapa A antoi viitteitä siitä, liukeniko havaitut metallipitoisuudet hanasta ja sen liitoksista vai putkistosta. Uusia tutkimuksia suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon, että osanäytteisiin perustuvalla näytteenottotavalla voidaan arvioida metallien alkuperää paremmin. Näytekojoja valittaessa kannattaa selvittää hanojen vesitilavuudet. Mikäli talousveden liuenneiden metallien alkuperää halutaan selvittää tarkemmin, vaatisi se hanojen ja putkistojen tarkempaa tutkimista.

Tarkoituksena oli ottaa näytteet säännöllisesti käytössä olevista keittiöhanoista. Tutkimukseen päätyi kuitenkin mukaan myös muita hanoja, joista osa oli aktiivisessa juomavesikäytössä, mutta osa oli todennäköisesti vähäisellä käytöllä. Keittiöhanojen lisäksi mukana oli muun muassa pari pesuallashanaa, suihkun termostaattihana sekä LVI-tilan ja lämmönjakohuoneen hanat. Tulokset eivät siis ole tältä osin täysin vertailukelpoisia.

Tietoja hanojen käyttöhistorioista ei selvitetty, joten eri näytepisteiden vedenkäyttömäärät ovat voineet olla hyvinkin erilaisia. Pienellä käytöllä ollut hana vastaa metallien liukenemiseltaan todennäköisesti ikäänsä uudempaa hanaa. Käyttöönottovaiheen toimenpiteillä, kuten vesijohtojen huuhtelulla ennen hanan asentamista, voi olla vaikutusta siihen, mitä vesilaitteistoista myöhemmin liukenee talousveteen. Käyttöönottovaiheen toimenpiteiden vaikutusta ei kuitenkaan voitu tässä arvioida, koska kiinteistökyselyllä kerätyt tiedot olivat siltä osin puutteellisia, koska asukkaat eivät välttämättä tienneet käyttöönottovaiheessa tehdyistä toimenpiteistä varsinkaan vanhemmissa rakennuksissa.

Tässä tutkimuksessa eri laboratorioden ja näytteenottajien käyttäminen oli perusteltua, koska myös valvontanäytteet otetaan samalla tavalla ja tulosten analysointiin käytetään useita eri laboratorioita. Näytteenottoon laadittiin tarkat ohjeet, mutta eroavaisuuksia yksittäisten näytteidenottamisessa voi silti olla. Tulokset olisivat luotettavampia, jos sama näytteenottaja olisi ottanut kaikki näytteet, koska silloin ne olisi todennäköisemmin otettu kaikki samalla tavalla. Näytteet olisi hyvä analysoida samassa laboratoriossa samoilla menetelmillä ja määrittämisrajoilla. Tässä tutkimuksessa käytettiin kunkin laitoksen omaa yhteistyölaboratoriota, joten käytetyt menetelmät poikkeavat jonkin verran toisistaan. Kaikki tulokset analysoitiin akkreditoituilla ICP-MS- ja ICP-OES-menetelmillä, joiden määrittämisrajat olivat riittävän tarkat tähän tutkimukseen.

Samasta näytepisteestä olisi ollut hyvä ottaa useampi rinnakkaisnäyte, jotta hetkelliset virhetekijät saataisiin paremmin suljettua pois. Luotettavampien johtopäätösten tekemiseksi rinnakkaisnäytteitä olisi hyvä olla esimerkiksi kaksi tai kolme per näytepiste. Tämä olisi kuitenkin melko haastavaa järjestää, koska näytteenottotapa on melko työläs järjestelyiltään ja vaatii kiinteistön käyttäjien sitoutumista tutkimukseen. Kolmella eri seisotusajalla otetut näytteet lisäävät kuitenkin tutkimuksen luotettavuutta, sillä metallipitoisuuksia voitiin verrata muilla seisotusajoilla saatuihin pitoisuuksiin. Metallien alkuperää pohdittaessa osanäytteiden pitoisuuksia verrattiin muiden seisotusaikojen pitoisuuksiin ja arvioitiin, onko niissä samanlaisia suuntauksia havaittavissa.

Yksi vaihtoehto olisi toteuttaa vastaava tutkimus julkisissa rakennuksissa viikonloppuisin, kun niillä ei ole muuta käyttöä. Käytännön toteutuksen kannalta haastavaa voi olla se, että koeyrjestely vaatisi näytteenottajalta useita vierailuja kiinteistössä viikonloppun aikana.

Nämä tulokset ovat suuntaa-antavia ja esimerkiksi vedenlaadun ja hanan vaikutusta metallien liukenemiseen tulisi tutkia lisää. Tässä tutkimuksessa vertailtiin yksittäisistä näytepisteistä saatuja tuloksia, koska otanta ei riittänyt tilastolliseen tarkasteluun. Kattavamman tutkimuksen tekemiseen tarvittaisiin laajempi aineisto, jolloin myös tilastollisia merkitsevyyksiä voitaisiin tarkastella. Tutkimus antoi kuitenkin viitteitä siitä, millaisia vaikutuksia näytteenottotavan muutoksella voi olla mitattaviin metallipitoisuuksiin.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kiinteistöjen vesijohdoista ja hanoista voi liueta seiseeseen veteen merkittäviä määriä nikkeliä, lyijyä ja kuparia ja siksi veden juoksentaminen on tärkeää aina ennen juomista tai ruuanlaittoa. Metallipitoisuuksiin vaikuttaa veden seisotusaikojen lisäksi ainakin kiinteistön hanan ja putkiston ikä sekä käytetyt materiaalit. Direktiivimuutoksen myötä valvontanäytteissä havaittavat keskimääräiset metallipitoisuudet tulevat todennäköisesti nousemaan selvästi nikkelin, lyijyn ja kuparin osalta, koska pitoisuudet ovat yleensä korkeampia seiseessä vedessä kuin juoksetussa vedessä, josta

valvontanäytteet on otettu aiemmin. Metallien laatuvaatimusten enimmäisarvojen ylityksiä voi tulla valvontanäytteissä nykyistä enemmän erityisesti nikkelin osalta.

Lähdeluettelo

- Ahonen, M. H., Kaunisto, T., Mäkinen, R., Hatakka, T., Vesterbacka, P., Zacheus, O. ja Keinänen-Toivola, M.M. 2008. Suomalainen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan haan vuosi 1999–2007. Vesi-Instituutin julkaisu 4. ISBN 978-952-99840-7-7 (PDF).
- Andersen, A. ja Fontenay, F. 2008. Metal release from drinking water installations – Screening survey of metal release in 51 domestic installations on Zealand, Denmark. FORCE Technology. Tanska.
- Andersen, K.E., Nielsen, G.D., Flyvholm, M-A., Fregert, S. ja Grubbe, B. 1983. Nickel in tap water. Contact dermatitis 1983:9, 140-143.
- Becker, K., Kaus, S., Helm, D., Krause, C., Meyer, E., Schulz, C. ja Seiwert, M. 2001. Umwelt-Survey 1998, Band IV, Trinkwasser, Elementgehalte in Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers der Bevölkerung in Deutschland. Umweltbundesamt, Berlin 2001. ISSN 0175-4211.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. ja Trussell, R.R. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17. painos. ISBN 0-87553-161-X. s. 2-40–2-47
- Euroopan unioni, EU. 2015. Komission direktiivi (EU) 2015/1787, annettu 6 päivänä loka-kuuta 2015, ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta annetun direktiivin 98/83/EY liitteiden II ja III muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L260. s. 6–16. ISSN 1977-0812.
- Evira. 2017. Raskasmetallit. Nikkeli. Verkkosivusto. [Viitattu 3.11.2017]. Saatavissa: <https://www.evira.fi/yhteiset/vierasaineet/tietoa-vierasaineista/raskasmetallit/nikkeli/>
- Fontenay, F. ja Andersen, A. 2008. Metal release to drinking water – an overview of Danish and European regulation and investigations. The Department of Corrosion and Metallurgy. FORCE Technology. Tanska.
- Forsberg, M. 2009. Kiinteistöjen metallisten käyttövesiputkistojen ja -laitteistojen kestävyys. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 113 s.
- Gonzalez, S., Lopez-Roldan, R., Cortina J-L. 2013. Presence of metals in drinking water distribution networks due to pipe material leaching: a review. Toxicological and Environmental Chemistry, 95:6, 870-889, DOI: 10.1080/02772248.2013.840372.
- Hansa. 2017. Hansa for the Kitchen. Tuote-esite. HANSA Metallwerke AG, Stuttgart. [Viitattu 5.11.2017] Saatavissa: http://www.hansa.com/downloads/brochures.html?eID=file-download&file=downloadcenter/_data/19/hansa_for_the_kitchen.pdf
- Hiisvirta, L. 2003. Erilaisten näytteenottotapojen vaikutus vesijohdosta saatavan veden kupari- ja nikkeli- ja raskasmetallipitoisuuteen. Julkaisematon tutkimus. Sosiaali- ja terveysministeriö.

- Hoekstra, E., Pedroni, V., Passarella, R., Pier Renato Trincerini, P.R. ja Eisenreich S.J. 2004. Elements in tap water. Part 3. Effect of sample volume and stagnation time on the concentration of the element. European Commission Joint Research Centre.
- Inkinen, J., Kaunisto, T., Pursiainen, A., Miettinen, I.T., Kusnetsov, J., Riihinen, K. ja Keinänen-Toivola, M.M. 2014. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. Water research 2014:49, 83-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.013>
- Johansson, E. 1989. Importance of Water Composition for Prevention of Internal Copper and Iron Corrosion. Väitöskirja. Chalmers University of Technology. Department of Sanitary Engineering. 194 s.
- Juomavesidirektiivi. Neuvoston direktiivi 98/83/EY, annettu 3 päivänä marraskuuta 1998, ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. Euroopan Unionin virallinen lehti L330 s.32–54.
- Kekki, T., Kaunisto, T., Keinänen-Toivola, M., Luntamo, M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 3. ISBN 978-952-99840-5-3 (PDF).
- Kekki, T., Keinänen-Toivola, M., Kaunisto, T., Luntamo, M. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. ISBN 978-952-99840-1-5 (PDF).
- Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. 2001. Kuparimetallit. Raaka-ainekäsikirja 3. MET-julkaisuja nro 1/2001. 186 s. ISBN. 951-817-742-2
- Oras. 2017. Get Professional. Oras hinnasto ja tuoteluettelo 1.1.2017. Oras Oy Rauma, Finland. [Viitattu 26.11.2017]
- Pelto-Huikko, A. ja Kaunisto, T. 2010. Rakennustuotteet, talousvesi ja tuotehyväksyntä. Vesi-instituutin julkaisuja 6. ISBN 978-952-67166-2-6 (PDF)
- Pääkkönen, J. 1993. Vesijohtoveden laatu ja korroosio. Vesi- ja viemäri-laitosyhdistys. Helsinki. 33 s. ISBN 951-598-005-4
- Pääkkönen, J. ja Kuivamäki, R. 1999. Talousveden laadun parantaminen verkostossa tehtävin toimenpitein. Vesi- ja viemäri-laitosyhdistyksen monistesarja Nro 7. Helsinki.
- RIL. 2003. RIL 124-1 Vesihuolto I. Karttunen, E. (toim.). Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 314 s. ISBN 951-758-431-8.
- RIL. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Karttunen, E. (toim.). Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 684 s. ISBN 951-758-438-5.
- Talousvesiasetus 1352/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Annettu Helsingissä 17 päivänä marraskuuta 2015.

Talousvesiasetus 683/2017. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta. Annettu Helsingissä 6 päivänä lokakuuta 2017.

Valvira. 2016a. Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa I. Talousvettä koskevia säädöksiä. Ohje 12/2016. Dnro. 4843/06.10.01/2016

Valvira. 2016b. Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa II. Talousvesiasetuksen säännöskohtaiset soveltamisohjeet. Ohje 12/2016. Dnro 4843/06.10.01/2016

Valvira. 2016c. Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa III. Enimmäisarvojen perusteet. Ohje 12/2016. Dnro 4843/06.10.01/2016

WHO, World Health Organization. 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition. ISBN 978 92 4 154815 1.

Ympäristöministeriö 2006. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus vesikalusteiden tyyppihyväksynnästä. Annettu Helsingissä 15 päivänä kesäkuuta 2006.

Ympäristöministeriö. 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. Annettu Helsingissä 24 päivänä tammikuuta 2007.

Zacheus, O. 2015. Yhteenveto suurten, EU:lle raportoivien laitosten talousveden valvonnasta ja laadusta vuonna 2014. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. [Viitattu 25.11.2017]. Saatavissa: <http://www.valvira.fi/documents/14444/249256/Talousvesi+2014+tiivistelm%C3%A4> Liitteet saatavissa: <http://www.valvira.fi/documents/14444/249256/Talousvesi+2014+liitteet+1-10/f09d3766-931c-46a7-b298-f1fc09345067>

Zacheus, O. 2016. Yhteenveto suurten, EU:lle raportoivien laitosten talousveden valvonnasta ja laadusta vuonna 2015. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. [Viitattu 3.11.2017]. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/249256/2015+Yhteenveto+EU-vedenjakealueiden+valvonnasta+ja+laadusta/651856d2-e57e-40cb-bc6d-901589b0165b> Liitteet saatavissa: <http://www.valvira.fi/documents/14444/249256/2015+EU+Liitteet+1-10/67362f49-2a6a-4d80-ae86-da817a4ae564>

Zietz, B. P., Richter, K., Laß, J., Suchenwirth, R., Huppmann, R. 2014. Release of Metals from Different Sections of Domestic Drinking Water Installations. Water Quality, Exposure and Health [1876-1658] 2015: 7: 2, 193 -204. DOI 10.1007/s12403-014-0140-8.

Liiteluettelo

Liite 1. Kiinteistökyseleyn lomake. 1 sivu.

Liite 2. Juokstustottumuskysely. 1 sivu.

Liite 3. Käytetyt analyysimenetelmät. 1 sivu.

Liite 4. Juokstustottumuskyselyyn vastaukset. 3 sivua.

Liite 1. Kiinteistökyseilyn lomake

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Vesijohtoverkostosta ja -laitteista talousveteen liukenevat metallit

Kiinteistön osoite: _____
 Vastaajan nimi: _____ Puhelinnumero: _____
 Sähköpostiosoite: _____

Kiinteistötyyppi: _____ Puhelinnumero: _____
 omakotitalo julkinen rakennus, mikä? _____
 rivitalo muu, mikä? _____

Keittiön hana

Hanamerkki: _____
 Hanan malli: _____

Hanatyyppi: Yksiotehana Kaksiotehana

Hanan materiaali (jos tiedossa)? ulkopinta: _____
 sisäpinta: _____

Hanan ikä: 0-2 kuukautta alle 1 vuosi 1 - 2 vuotta
 2 - 5 vuotta muu, mikä? _____

Kiinteistön kylmävesiputket

Putkimateriaali: kupari muovi
 ruostumaton teräs galvinoitu teräs
 muu, mikä? _____

Putkiston ikä: 0-2 kuukautta alle 1 vuosi 1 - 2 vuotta
 2 - 5 vuotta muu, mikä? _____

Toimenpiteet putkiston käyttöönoton yhteydessä

(tietojen pitäisi löytyä kiinteistön rakennustyön tarkastusasiakirjasta)

Putkisto huuhdeltu liasta? Kyllä Ei Ei tiedossa
 Virtausnopeus säädetty? Kyllä Ei Ei tiedossa
 Lämpimän käyttöveden lämpötila säädetty? Kyllä Ei Ei tiedossa

Kauanko kiinteistö oli käyttämättä putkistosaneerauksen ja painekokeen jälkeen?

< 1 kk 1-3 kk 3-6 kk > 6 kk ei tiedossa

Veden juoksutuskäytännöt loma-aikoina? (kysymys koskee vain julkisia rakennuksia)

Vettä käydään juoksuttamassa _____ viikon välein.
 Vettä ei juoksuteta loma-aikoina
 Muu, mikä? _____

Muuta kommentoitavaa:

Lähetä täytetty lomake ja valokuva hanasta sähköpostitse Meri Sipilälle (meri.sipila@aalto.fi) ja Päivi Peltoselle (paivi.peltonen@fcg.fi).

Kiitos vastauksestanne!

Liite 2. Juokсутustottumuskysely



Talousveden juokсутtamistottumuskysely kuluttajille

Tällä kyselyllä selvitetään vedenkäyttäjien tottumuksia veden juokсутtamisessa. Kysely liittyy hankkeeseen, jossa selvitetään talousveden laadun muuttumista kiinteistöissä. Aiheesta tehdään diplomityö. Lisätiedot meri.sipila@aalto.fi.

1. Juokсутatteko vettä hanasta ennen kuin otatte sitä juomiseen tai ruuanlaittoon? *

- Aina
- Useimmiten
- Joskus
- En koskaan

2. Kuinka paljon juokсутatte vettä yleensä silloin kun juokсутatte (ennen juomista tai ruuanlaittoa)? *

Valitse lähimpänä oikeaa oleva vaihtoehto.

- En juokсутa
- 2 sekuntia (noin juomalasillinen)
- 5 sekuntia (noin 0,5 litraa)
- 10 sekuntia (noin 1 litra)
- 1 minuutin
- Pidempään
- Kunnes vesi on kylmää

3. Miksi juokсутatte vettä, jos juokсутatte? *

Valitse yksi tai useampi vaihtoehto

- En juokсутa
- Ei ole erityistä syytä juokсутukseen
- Vesi on liian lämmintä juokсутtamatta
- Vesi maistuu paremmalta juokсутuksen jälkeen
- Uskon, että juokсутtamattomassa vedessä voi olla bakteereita
- Uskon, että juokсутtamattomassa vedessä voi olla haitallisia aineita
- Muu syy, mikä?

4. Sukupuoli

- Nainen
- Mies

5. Ikä

- alle 18-vuotias
- 18–25-vuotias
- 26–35-vuotias
- 36–50-vuotias
- 51–64-vuotias
- yli 65-vuotias

6. Korkein suorittamanne tutkinto?

- Peruskoulu tai alempi
- Ammattitutkinto
- Ylioppilas
- Alempi korkeakoulututkinto (ammattikorkeakoulu/kandidaatti)
- Ylempi korkeakoulututkinto tai ylempi

7. Olen töissä vesihuoltoalalla tai olen opiskellut alaa

- Kyllä
- Ei

Liite 3. Käytetyt analyysimenetelmät

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut, HSY

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 17294-2:2005 ja SFS-EN ISO 11885:2009
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 11885:2009
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-2:2005 ja SFS-EN ISO 11885:2009
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 11885:2009
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 11885:2009

Imatran Vesi

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 17294-2:2005
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 17294-2:2005

Kouvola Vesi Oy

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 11885:2009 modif.
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 11885:2009 modif.
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif.
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005

Oulun Vesi

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 17294-2:2016 / OUL

Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)

Iisalmen Vesi

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL30), SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja 17294-2:2005 (TL30)
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL30)

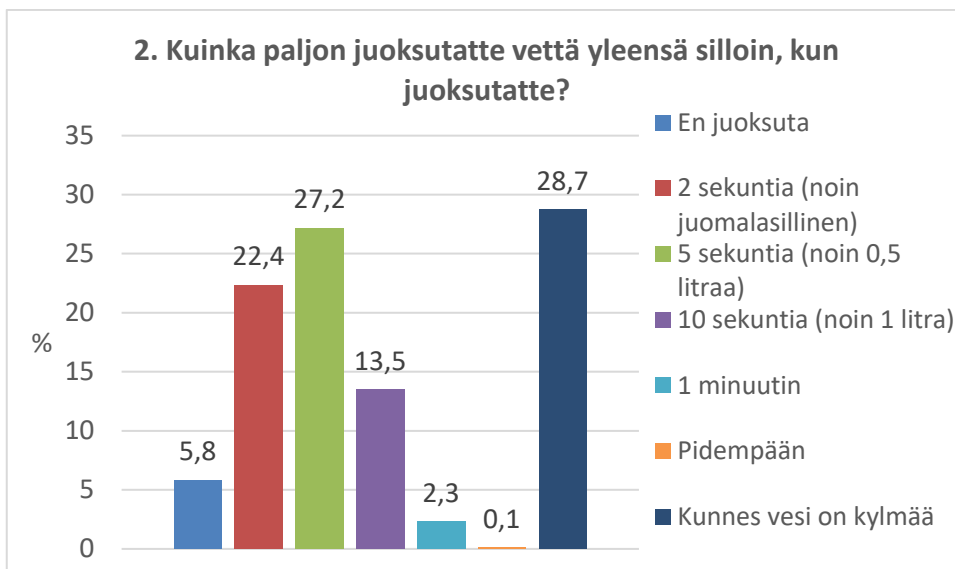
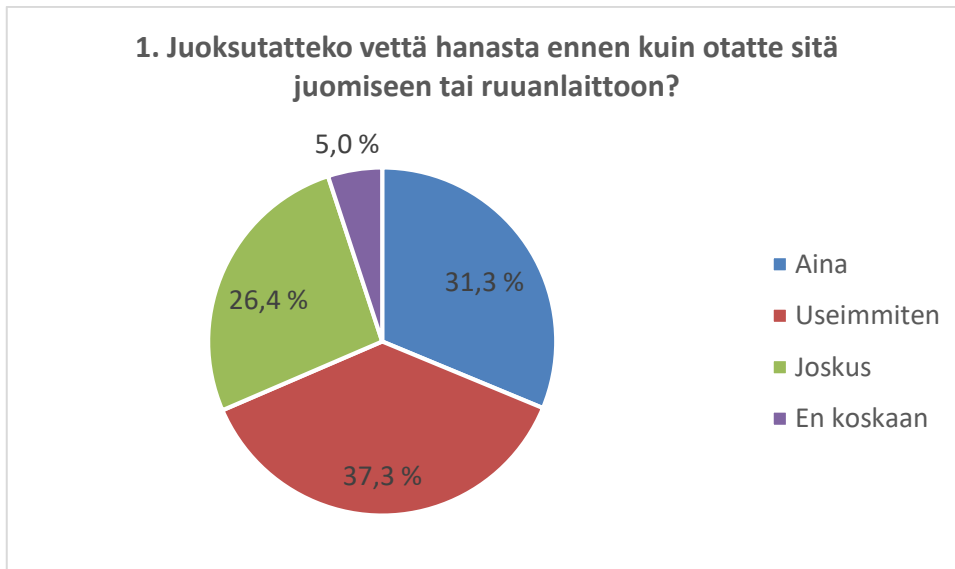
Lappeenrannan Energiaverkot Oy

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL25)

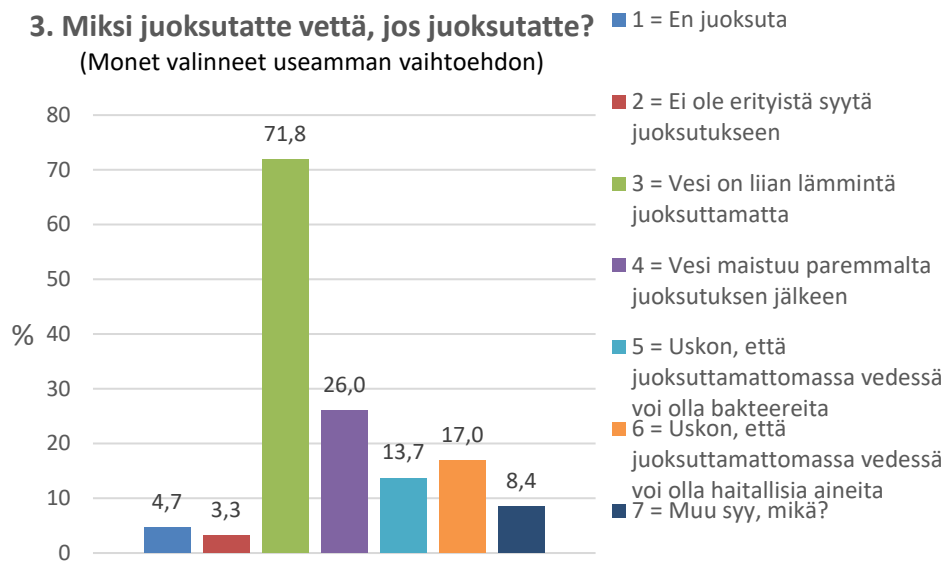
Tampereen Vesi

Alumiini, Al	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Antimoni, Sb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kadmium, Cd	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Kromi, Cr	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Kupari, Cu	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Lyijy, Pb	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Mangaani, Mn	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Nikkeli, Ni	SFS-EN ISO 17294-1;2006 ja SFS-EN ISO 17294-2;2016 (TL25)
Rauta, Fe	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)
Sinkki, Zn	SFS-EN ISO 11885, 2009 (TL25)

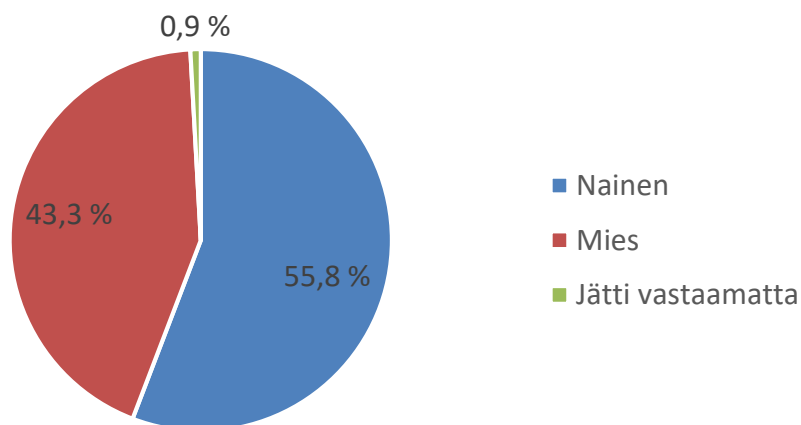
Liite 4. Juokсутustottumuskyselyn vastaukset



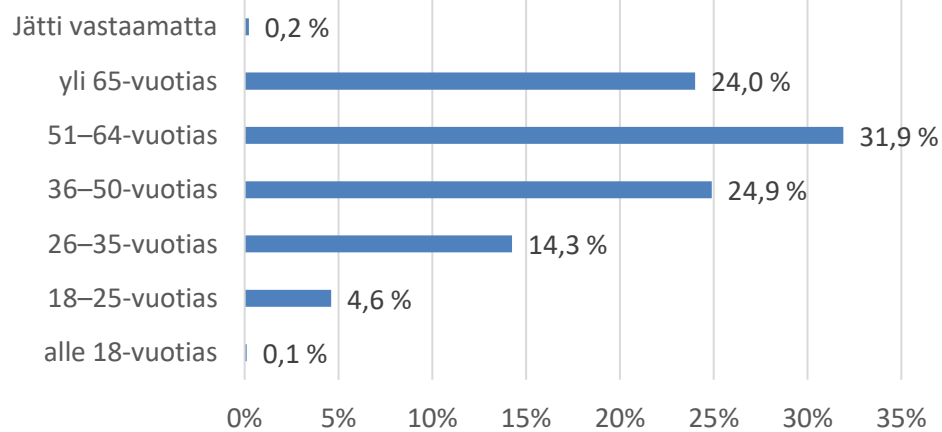
3. Miksi juoksutatte vettä, jos juoksutatte? (Monet valinnat useamman vaihtoehdon)

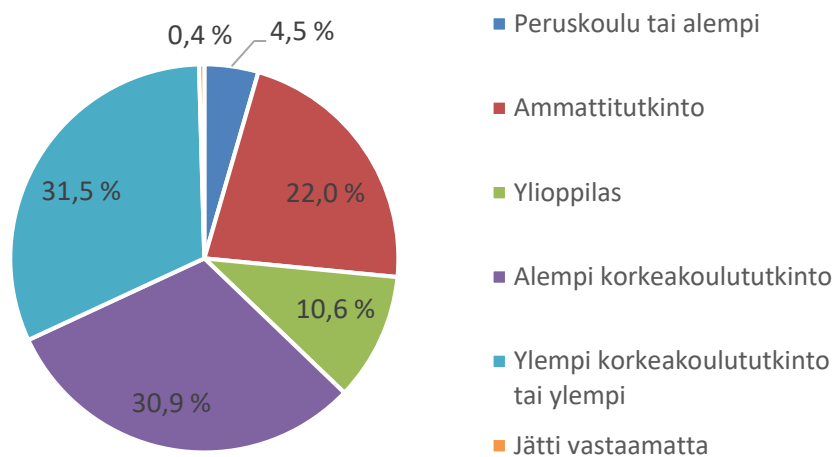


4. Sukupuoli



5. Ikä



6. Korkein suorittamanne tutkinto?**7. Töissä vesihuoltoalalla tai opiskellut alaa?**