



Sini Sivo

# Vesijohtoverkon jatkuvatoiminen laaduntarkkailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

29.11.2021

## Tiivistelmä

Tekijä: Sini Sivo  
Otsikko: Vesijohtoverkon jatkuvatoiminen laaduntarkkailu  
Sivumäärä: 21 sivua  
Aika: 29.11.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka  
Ammatillinen pääaine: Energiatekniikka  
Ohjaajat: Käyttöpäällikkö Venla Avelin  
Lehtori Kaj Lindedahl

---

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin jatkuvatoimista laadunvalvontaa vesijohtoverkossa. Työ tehtiin Lahti Aquan konserniin kuuluvalla Aqua Palvelu Oy:lle. Työssä pilotoitiin kahta eri jatkuvatoimista laadunvalvontalaitetta, Uroksen ja Uponorin. Uroksen laite asennettiin Lahden vesiverkoston jo vuonna 2020, mutta Uponorin laitteiden asennus kuului osaksi opinnäytetyötä.

Pilotoinnin aikana saatiin laitteet toimimaan ja tehtiin muutamia uusia huomioita verkoston toiminnasta. Esimerkiksi laitteiden avulla huomattiin, että Mustankallion paineenkorotusaseman paineenkorotuspumput kavitoivat (tämä oli uutta tietoa Aqua Palvelulle.) Uponorin laite ei aluksi tunnistanut ilmakuplia, joten havainnosta on hyötyä myös Uponorin laitteen tuotekehityksessä. Toinen esimerkkihavainto laitteiden toiminnasta oli, kun huomattiin pieniä muutoksia vedenlaadussa silloin, kun paineenkorotuspumput joko käynnistyvät tai sammuvat. Muutokset ovat niin pieniä, ettei niitä ole aiemmin havaittu.

Pilotoinnin päätteeksi arviointiin laitteiden toimivuutta sekä hyötyjä ja haittoja. Samalla selvitettiin, millaista lisäarvoa laitteiden käyttö tuo vesilaitoksen laadunvalvontaan.

Avainsanat: vesihuolto, vesiverkosto, laadunvalvonta

## Abstract

Author: Sini Sivo  
Title: Continuous Quality Control System in a Water Supply Network  
Number of Pages: 21 pages  
Date: 29 November 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Technology  
Professional Major: Energy Engineering  
Supervisors: Venla Avelin, Chief Operating Engineer  
Kaj Lindedahl, Senior Lecturer

---

Continuous quality control system in water supply network was examined in this thesis. The thesis was made to Aqua Palvelu Oy, which is part of Lahti Aqua group. Two different continuous quality control devices were piloted in this thesis, one from Uros and the other from Uponor. Uros's device was installed to Lahti's water supply networks already in 2020, but Uponor's device installation was part of this thesis.

During this pilot, all the devices got to work properly, and some new observations were made about the operation of the water supply network. For example, with the devices it was found that the booster pumps at the Mustakallio booster station cavitated (this was new information to Aqua Palvelu.) Uponor's device did not recognize air bubbles at first, so this information was useful to the device's product development. Another example of observations is that some changes of quality were noticed when booster pumps were started or stopped. Quality changes were so small that they had not been noticed before.

In the end of this pilot, the advantages and disadvantages as well as the functionality were estimated. In addition, the device's surplus value to water utility's quality control was established.

Keywords: water supply, water network, quality control

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lahti Aqua -konserni	1
3	Laadunvalvonta	2
3.1	Laadunvalvonta Aqua Palvelulla	2
3.2	Jatkuvatoiminen laadunvalvonta	3
4	Pilotoinnin laitteet	3
4.1	Uros	4
4.1.1	Tekniikka	4
4.1.2	Asennus	4
4.2	Uponor	5
4.2.1	Tekniikka	6
4.2.2	Valmistelevat työt	7
4.2.3	Asennus	7
4.3	Muut mahdolliset palveluntarjoajat	10
5	Tulokset	10
5.1	Uros	10
5.2	Uponor	12
6	Hyödyt vesilaitokselle	18
7	Yhteenveto	20
	Lähteet	22

## Lyhenteet

ATP: Adenosiinitrifosfaatti. ATP-mittauksen avulla voidaan tarkastella veden mikrobiologista laatua.

pH: pH-arvo. pH-arvolla ilmaistaan aineen happamuutta tai emäksisyyttä.

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin jatkuvatoimisen laadunvalvonnan hyötyjä vesiverkostossa vesilaitoksen näkökulmasta. Työ tehtiin Lahden vesilaitoksella Aqua Palvelu Oy:lle.

Pilotoinnissa oli mukana kaksi eri teknologiaan perustuvaa laitetta, Uroksen ja Uponorin. Uroksen laite on ollut käytössä jo vuodesta 2020, ja Uponorin laitteiden asennus oli osa opinnäytetyötä. Uponorin laitteita asennettiin 5 kappaletta vesijohtoverkoston. Kaikki laitteet sijoitettiin Lahden kaupungin alueelle eri puolille verkostoa.

Työssä on tarkoitus tarkastella laitteiden toimivuutta sekä niiden tuomaa lisäarvoa vesilaitoksen näkökulmasta, eikä niinkään laitteiden valmistajien. Opinnäytetyön aikana tehtiin kuitenkin myös paljon yhteistyötä laitteiden valmistajien kanssa, etenkin Uponorin.

## 2 Lahti Aqua -konserni

Lahti Aqua -konserniin kuuluu Lahti Aqua Oy:n lisäksi tytäryhtiöt Aqua Palvelu Oy, Aqua Verkko Oy ja Labio Oy.

Opinnäytetyö tehtiin Aqua Palvelu Oy:lle. Aqua Palvelun toimintaan kuuluu vedentuotanto ja -jakelu sekä jätevedenpuhdistus ja -viemärointi. Näiden tehtävien ohella huolehditaan vesihuoltoverkostosta ja kunnossapidosta.

Vedentuotanto tapahtuu pumppaamalla pohjavettä Salpausselän suurista pohjavesivarannoista. Vaikka pohjavesi on laadultaan erittäin hyvää, vesi desinfioidaan sekä kemikaaleilla että UV-laitteilla, jotta veden turvallisuus saadaan varmistettua. Veden pH:ta nostetaan myös hieman korkeammaksi, jotta putkistossa korroosio vähentyisi.

Aqua Palvelu Oy jakaa vettä Lahden ja Hollolan alueella 145 000 asukkaalle ja yrityksille. Vedenjakelu tapahtuu noin 1 200 kilometriä pitkässä vesijohtoverkostossa, johon kuuluu myös vesisäiliöitä sekä säätö- ja mitta-asemia, joiden avulla saadaan tieto verkostosta. [1.] Lisäksi verkon painetta säädetään paineenkorotus- ja alennusasemilla.

Jätevesi kulkeutuu jätevedenpuhdistamoille viemäriverkkoa pitkin. Viemärin virtausta autetaan pumppaamoilla. Aqua Palvelu Oy puhdistaa asukkaiden ja yritysten jätevesiä neljällä eri jätevedenpuhdistamolla.

Lahti Aqua Oy:n toimenkuvaan kuuluu konsernin hallinto, asiakaspalvelu, suunnittelu ja rakentaminen, Aqua Verkko Oy omistaa vesihuoltolaitoksen omaisuuden ja Labio Oy käsittelee biojätteitä ja jätevedenpuhdistamoilta syntyvää lietettä. Lahti Aqua omistaa Labiosta 60 prosenttia.

### **3 Laadunvalvonta**

#### **3.1 Laadunvalvonta Aqua Palvelulla**

Aqua Palvelussa laadunvalvontaa tehdään ottamalla näytteitä viikoittain vedenottamoiden raaka- ja lähtevästä vedestä sekä verkostosta. Verkoston näytteitä otetaan paineenkorotus- ja mitta-asemilta sekä vesisäiliöistä. Lisäksi pohjaveden laatua tarkkaillaan säännöllisesti. Viranomaisnäytteet otetaan verkostosta julkisista käyttöpisteistä kuten kouluista. [2.]

Käyttötarkkailunäytteet analysoidaan Lahti Aquan omassa laboratoriossa. Lisäksi vedestä otetaan viranomaisnäytteitä. Vuonna 2020 Lahden alueelta otettiin 578 näytteitä omavalvontaan ja viranomaisnäytteitä 88 kappaletta. [3.] Hollolan alueelta näytteitä otettiin 398 kappaletta omavalvontaan ja viranomaisnäytteitä 34 kappaletta [3.] Omavalvonta kattaa verkosto- ja pohjavesinäytteet.

Vesihuoltolain 14 § mukaan vesihuoltolaitoksen on huolehdittava, että talousvesi täyttää terveydensuojelulain mukaiset laatuvaatimukset [4.]

## 3.2 Jatkuvatoinen laadunvalvonta

Jatkuvatoimisella vedenlaadun tarkkailulla tarkoitetaan automaatiota hyödyntävää jatkuvaa veden muuttujien mittaamista [5.] Mitattavia tietoja voivat olla esimerkiksi veden lämpötila tai sähkönjohtavuus.

Mittauslaitteet tarvitsevat sähköä toimiakseen ja kerätäkseen tietoa antureiden avulla. Kerätty tieto lähetetään reaaliaikaisesti tai tietyllä aikavälillä palvelimelle, josta taas tiedon lukijan käyttöön. [5.]

Jatkuvatoimisen mittaamisen etuja on välitön tieto ja hälytys saastumisesta tai sen epäilystä sekä muusta vedenlaadun heikkenemisestä tai muutoksesta. Perinteisesti näytteitä ottamalla huomataan laatumuutokset joko asiakkaan soistosta tai mikäli näyte satutaan ottamaan oikeaan aikaan oikeasta paikasta. Terveysturvallisuuslaki määrittää talousveden laatuvaatimukset ja velvoittaa, että vesilaitoksen on ilmoitettava välittömästi viranomaisille saastumisepäilystä [6.]

Jatkuvatoimisten laadunvalvontalaitteiden sijainnin valitseminen on tärkeää suunnitella kunnolla. Hyviä sijoituspaikkoja ovat kohdat, joissa saastumisen satuttaessa seuraukset olisivat suuria. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi suuret runkolinjat, joissa virtausmäärät ovat korkeita ja joista vettä kulkeutuu suurellekin alueelle. [7. s. 34–36.]

## 4 Pilotoinnin laitteet

Pilotoinnissa olivat mukana yksi Uros Sense -anturi ja viisi kappaletta Uponor Qumo -laitetta. Löyttymäen mitta-asemalle on sijoitettuna kummatkin laitteet, jotta vertailu olisi helppoa. Vuonna 2022 Löyttymäen mitta-asemalle tulee käyttöön vielä kolmas laite.



## 4.1 Uros

Aqua Palvelulla on käytössään viisi Uros Sense -anturia, joista yksi on käytössä puhtaan veden verkostossa Löyttymäen mitta-asemalla. Muut neljä kappaletta ovat käytössä jätevesiverkostossa erilaisissa pisteissä.

### 4.1.1 Tekniikka

Uros Sense -sensorit tunnistavat muutoksia vedenlaadussa. Laitteen toiminta perustuu hapettumis-pelkitysmisreaktioon eli redox-ilmioon. Anturissa on metallipaloja, joiden välistä reaktioita mitataan. Mitattavana on 7 redox-ilmioon perustuvan arvon lisäksi lämpötila. [8.]

Laitteelle opetetaan, millaista hyvä vesi on. Opetuksella tarkoitetaan näytteenottamista putkesta, johon laite on asennettu. Vesinäyte tutkitaan laboratoriossa ja jos näyte on erinomainen, laitteelle kerrotaan näytteenottohetki. Tästä eteenpäin laite vertaa vettä näytteenottohetken veteen ja ilmoittaa samankaltaisuu-den prosentteina. [8.]

Sensorilta tieto kulkee Uroksen omaan palveluun LoRaWAN-verkon avulla. Palvelua voi muokata monilla eri tavoilla käyttökohteesta riippuen [8.] Aqua Palvelulla on käytössään myös 4 Uros Sense -laitetta jätevesiverkossa, ja niiden toimintaa tarkkaillaan samasta palvelusta kuin Löyttymäen mitta-asemalle asennetun laitteen.

### 4.1.2 Asennus

Uros Sense -anturi asennettiin Löyttymäen mitta-asemalle jo toukokuussa 2020. Laitteen anturiosa on asennettuna paineellisen putken sisäpuolelle ja laitteen muu osa putken ulkopuolella (Kuva 1.)



Kuva 1: Uros Sense Löyttymäen mitta-asemalla

Laitteen antenni on sijoitettuna maan alaisen mitta-aseman luukun välittömään läheisyyteen. Yhteys on toiminut hyvin, vaikka esimerkiksi puhelimen kuuluvuus mitta-asemalla on huono.

## 4.2 Uponor

Aqua Palvelun pilotoinnissa käytettiin viittä Uponor Qumo -laitteistoa.

#### 4.2.1 Tekniikka

Uponorin laitteistoon kuuluu kaksi erillistä osaa, kuten kuvasta 2 huomataan. Kuvan 2 alemman osan läpi kulkee pieni virtaus ja lopulta vesi johdetaan viemäriin. Laitteiston käyttämä tekniikka perustuu hologrammimikroskopiaan. Laitte ikään kuin ottaa kuvia ja analysoi niitä tekoälyn avulla. [9.]



Kuva 2: Uponorin laite ilman suojakuorta Pirttiharjun paineenkorotusasemalla.

Laitteen tunnistamat partikkelit jaetaan neljään eri luokkaan: pieniin partikkeleihin sekä B-, C- ja F-partikkeleihin. B-partikkeleita ei normaalisti esiinny puhtaassa vedessä, vaan ne ovat monimutkaisia partikkeleita, kuten putkesta irronnutta sedimenttiä tai biofilmiä. C-partikkelit ovat yleisin jätevedessä esiintyviä

partikkeleita, ja niitä voi tulla vesiverkkoon putken ulkopuolelta esimerkiksi putkiriikkotilanteessa. F-partikkelit ovat kuidunkaltaisia partikkeleita, ja niitä esiintyy yleisin saastuneessa vedessä. F-partikkeleita voi tulla verkostoon korroosion myötä tai B-partikkeleiden tavoin verkoston ulkopuolelta. [9.]

Partikkeleiden lisäksi laite mittaa lämpötilaa, sähkönjohtavuutta sekä ilmoittaa sameuden laskennallisen arvon [9.]

#### 4.2.2 Valmistelevat työt

Ennen laitteiston asentamista vaadittiin valmistelevia töitä. Aluksi kartoitettiin sopivat asennuskohteet. Kohteiden valinnassa piti ottaa huomioon valmiina olevat putkiyhteet, viemärointi, kuuluvuus sekä virtalähde. Asennuskohteiksi valittiin Mustakallion, Pirttiharjun ja Saksalan paineenkorotusasemat, Löyttymäen mitta-asema sekä Nastolan vesitorni. Valintojen jälkeen kohteet kierrettiin läpi ja tarkastettiin edellä mainitut huomioon otettavat asiat.

Ennen laitteiden asennusta kohteet valmisteltiin. Jokaiseen kohteeseen lisättiin ½ tuuman haarat putkiyhteisiin. Lisäksi Löyttymäen mitta-asemalle asennettiin kaksi uutta pistorasiaa yhteen läheisyyteen. Löyttymäessä viemärointi oli puutteellinen, joten myös viemärivereden poistopumpulle tehtiin sähköpistoke.

#### 4.2.3 Asennus

Laitteistojen asennus suoritettiin 21.5.2021. Asennuksessa oli mukana opinnäytetyöntekijä Sini Sivo, Uponorin Sami Matikka ja Aqua Palvelun Teppo Muho-nen. Asennus aloitettiin Mustakallion paineenkorotusasemalta (Kuva 3.) Mustakallion ja Saksalan paineenkorotusasemilla sekä Nastolan vesitornilla asennukset onnistuivat hyvin.



Kuva 3: Uponorin laitteisto valmiiksi asennettuna Mustakallion paineenkorotus-  
asemalla.

Pieniä haasteita kuitenkin aiheutti huonot yhteydet maanalaisissa asennuskoh-  
teissa, joita olivat Pirttiharjun paineenkorotusasema ja Löyttymäen mitta-asema.  
Pirttiharjun paineenkorotusasemalla antenni asetettiin ilmanvaihtoputkeen  
maanpinnalle jo laitteen asennuksen yhteydessä, kun yhteyttä ei saatu aseman  
sisäpuolella toimimaan. Löyttymäen mitta-asemalla antenni asennettiin aluksi  
aivan luukun läheisyyteen, ja yhteys lähti toimimaan. Myöhemmin huomattiin,  
ettei yhteys ole riittävän hyvä ja siirrettiin antenni mitta-aseman ulkopuolelle  
sekä vielä uudestaan entistä ylemmäs. Antenni sijoitettiin muoviputken sisälle,  
jotta ilkeillä vältyttäisiin (Kuva 4.)



Kuva 4: Antenni Löyttymäen mitta-aseman ulkopuolella.

Antennin johto menee alumiiniputkeen poratun reiän kautta mitta-aseman sisäpuolelle.

Löyttymäen mitta-asemalla yhteysongelmat jatkuivat, vaikka antenni oli sijoitettuna maanpinnalle. Lopulta yhteys saatiin pelaamaan, kun laitetta vaihdettiin ja eikä yhteyttä pakotettu Telian verkkoon.

### 4.3 Muut mahdolliset palveluntarjoajat

Markkinoille on tullut vastaavanlaisia laitteita useita viime vuosina. Opinnäyte-työtä tehdessä oli keskusteluita myös kahden muun laitteenvalmistajan kanssa. Toinen niistä on ColloidTek. ColloidTekin laite määrittää nesteelle ”sormenjäljen” nesteen sähkömagneettisten ominaisuuksien avulla. Kuten Uroksen ja Uponorin laitetta, myös ColloidTekin laitetta tarkkaillaan samankaltaisesta omasta palvelusta ja se ilmoittaa vedenlaadullisista muutoksista. [10.] Laitteen piti alun perin olla mukana pilotoinnissa, mutta sen toimitus viivästyi vuoden 2021 loppukesästä vuodelle 2022. Laitteen asennusvalmisteluita tehtiin jo heinäkuussa 2021.

Myös Teollisuuden Veden kanssa oli keskusteluita. Teollisuuden Vedeltä on tulossa vastaavanlainen pilotointi, jossa testataan jatkuvatoimista ATP-mittaria. Veden mikrobiologista laatua voidaan mitata ATP-mittauksen eli solunsisäisen adenosinitrifosfaatin mittauksen avulla. Mittaustekniikalla saadaan selville veden kokonaisbakteerimäärän tasoa. [11.]

## 5 Tulokset

Pilotoinnin aikana seurattiin laitteiden toimintaa. Testejä saastumistilanteesta ei voitu järjestää, sillä laitteet olivat asennettuina toiminnassa olevaan vesijohtoverkostoon. Siitä huolimatta erilaisia tilanteita tapahtui ja saatiin tietoa laitteiden toimivuudesta.

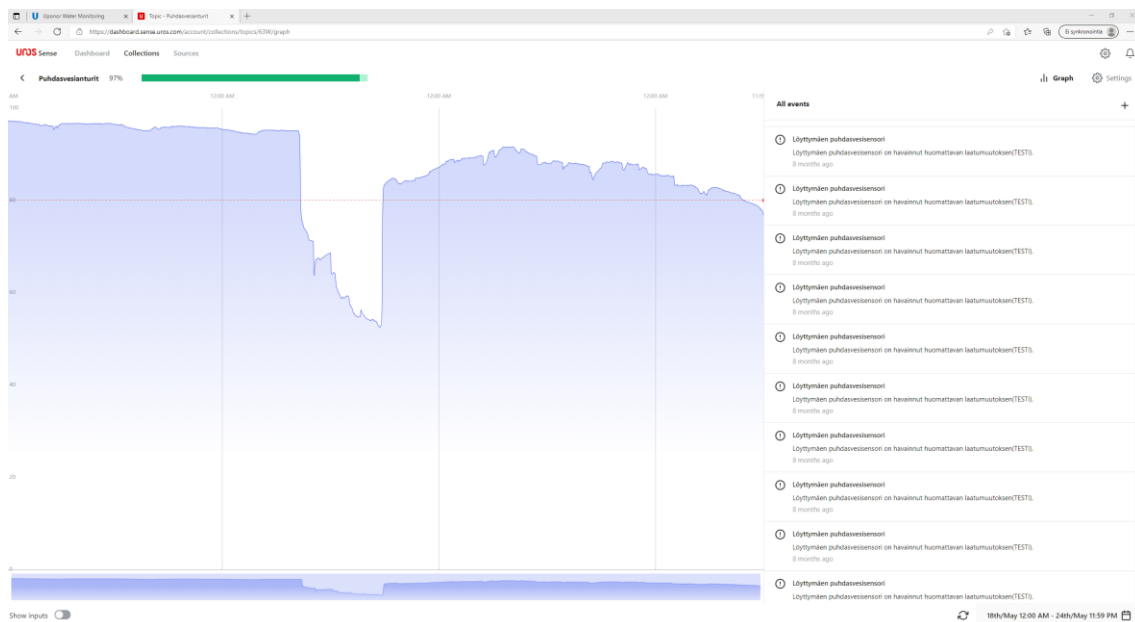
### 5.1 Uros

Uros Sense -palvelu on toiminut hyvin, sillä hälytys tuli vain kerran kesällä 2021. Palvelu ilmoitti huomattavasta muutoksesta vedenlaadussa tiistaina 29.6., kun Löyttymäen putki tyhjennettiin vedestä laipan asennuksen ajaksi. (Kuva 5)



Kuva 5: Muutos Uros Sense -palvelussa.

Koska Uroksen anturi asennettiin jo toukokuussa 2020, se on ollut käytössä vuoden Uponorin laitetta pidempään. Silti suuria muutoksia on havaittu vain kahdesti. Ensimmäinen hälyttävä tilanne tuli melkein heti anturin asentamisen jälkeen toukokuussa 2020, kun anturi havaitsi merkittävän muutoksen vedenlaadussa (Kuva 6.)



Kuva 6: Muutos vedenlaadussa toukokuussa 2020.

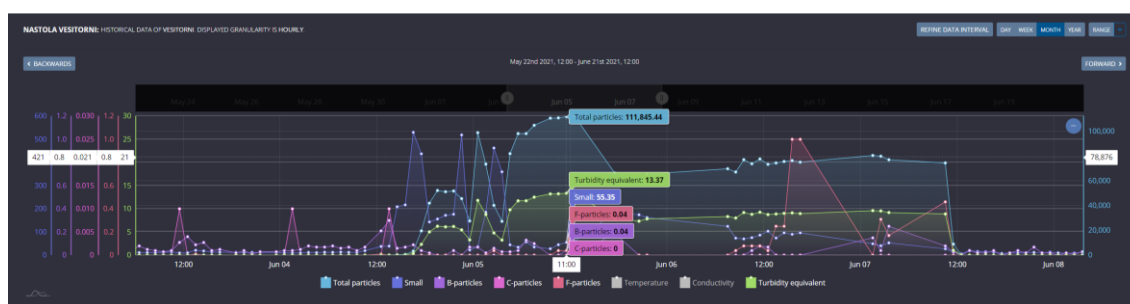


Muutos johtui putkirikosta Hämeenkoskella, jonne on matkaa noin 20 kilometriä. Hämeenkoskelta tulee vettä Lahden painepiiriin, ja vesi kulkee Löyttymäen mitta-aseman kautta.

Löyttymäen mitta-asemalta otettiin näyte Uponorin laitetta varten 27.7. Laboratoriotuloksia hyödynnettiin myös Uroksen laitteen kanssa, kun sille tehtiin ”opetus” tulosten perusteella 18.8. Opetuksen avulla vedenlaadun samanlaisuusprosentti nousi 64 prosentista 97 prosenttiin. Opetuksella tarkoitetaan näytteenottohetken kirjaamista palveluun, jolloin vedenlaatua verrataan näytteenottohetken veteen. Edellinen opetus oli tehty vuonna 2020.

## 5.2 Uponor

Laitteiden kanssa oli alkuun ongelmia, kun kaikkien laitteiden kameralinssit likaantuivat pilotoinnin alkupuolella. Likaantumisien varmoja syitä ei ole selvillä, mutta suurimaksi osaksi uusien putkiliitosten tekemiseen käytettiin putkikittiä, joten arveltiin lian olevan siitä peräisin. Koska laitteen kameran linssi on mikroskoopi, likaantumiseen riittää mikroskooppisen pieni määrä likaa. Kuvassa 7 on esimerkki siitä, miltä likaantumistilanne näyttää Uponorin palvelussa. Likaantumistilanteessa kokonaispartikkelit nousevat moninkertaisiksi ja äkillisesti sekä muissa partikkeleissa on lyhyitä piikkejä.



Kuva 7: Likaantumistilanne Nastolan vesitornilla 5.-7.6.2021.

Likaantumisen yhteydessä yhteyskatkot olivat tyypillisiä, sillä laitteen kameralinssin likaantuessa pahoin se ei pysty keräämään dataa. Tuolloin tilanne näkyy

palvelussa yhteyskatkona. Uponorilla laitteen ottamaa kuvaa pystytään rajaamaan siten, ettei linssin likaantuminen häiritse laitteen toimintaa. Pilotoinnin aikana kuitenkin oli myös tilanteita, jolloin linssi oli niin likaantunut, ettei rajaamallaan saanut kerättyä kunnolla dataa. Erityisesti Löyttymäen mitta-asemalle likaantumista tapahtui paljon. Laitetta asennettaessa Löyttymäen putkiyhdetä jouduttiin supistamaan monesti (kuva 8.)



Kuva 8: Löyttymäen supistettu putkiyhde ennen laitteen asennusta. Alempi hana on asennettu laitteen käyttöön.

Mikäli lika olisi putkikittiä, se selittäisi, miksi juuri Löyttymäessä likaantumista tapahtui paljon. Muissa asennuskohteissa laitteet saatiin asennettu yksinkertaisesti.

Mustakallion paineenkorotusasemalla laite asennettiin vanhaan putkiyhteeseen, joka ei ole ollut käytössä vuosiin. Asennuksen yhteydessä vettä juoksutettiin muutaman minuutin. Kun laite likaantui ja sovittiin laitteen vaihtamisesta uuteen, juoksutettiin vettä vuorokauden ajan. Tämä osoittautui kuitenkin virheeksi, sillä tilalle vaihdettu uusi laite likaantui uudestaan muutamassa tunnissa. Putkiyhdyksestä laitteelle tuleva letku oli värjäytynyt ruskean väriseksi, josta voitiin päätellä vanhasta putkesta tulevan ruostetta, jota oli irronnut huuhtelun yhteydessä entistä enemmän.

Löyttymäen mitta-asemalla suoritettiin myös putkiyhteen huuhtelu huollon yhteydessä. Putkiyhdyttä huuhdeltiin muutama tunti normaalia kovemalla paineella. Uuden laitteen asentamisen jälkeen likaantumisongelmia ei enää ollut, joten huuhtelu oli hyödyllinen. Voi siis todeta, että asennuksen yhteydessä kannattaa suorittaa pidempi huuhtelu, varsinkin jos laitteelle on asennettu uusi putkiyhde.

Likaantumisen lisäksi huoltojen aikana kalibroitiin sähkönjohtavuutta mittaavia antureita. Näytteidenoton yhteydessä vertailtiin saatuja arvoja. Taulukkoon 1 on merkitty tiedot sekä 31.5.2021 otetut ja laboratoriossa analysoidut näytteet sekä laitteen antamat arvot. Näytteiden ottamisen yhteydessä kirjattiin ylös kellon-aika, jotta saatiin samalta hetkeltä katsottua laitteen antamat arvot sähkönjohtavuudelle sekä laskennalliselle sameudelle.

Taulukko 1. Ensimmäinen näytekierros ja huomattavat erot. Vihreällä merkityt vaihtelut ovat normaaleja.

Näytekierros 31.5.	Sähkönj. LABRA	Sähkönj. LAITE	Sameus LABRA	Sameus LAITE
Löyttymäki	143	134,9	0,17	0,01
Pirttiharju	102	95,67	0,1	0,02
Saksala	227	167,1	0,15	0,02
Mustakallio	156	205,8	0,11	0,02
Nastola	242	260,9	0,22	0
	μS/cm	μS/cm	NTU	NTUe

Normaaliksi vaihteluksi arvioitiin sähkönjohtavuudessa 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Uponorin laitteen mittaama sameus on laskennallinen arvo, joten sitä ei voi suoraan verrata laboratoriossa mitattuun arvoon, vaan se on suuntaa antava. Laitteiden huollon jälkeen suoritettiin toinen näytekierros 27.7.2021. Taulukossa 2 on vertailtu näytteenoton tuloksia.

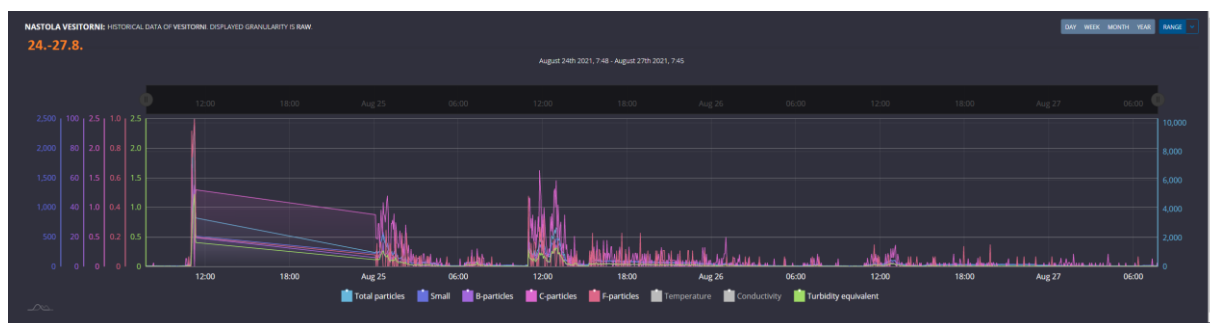
Taulukko 2. Toinen näytekierros ja huomattavat eroavaisuudet.

Näytekierros 27.7.	Sähkönj. LABRA	Sähkönj. LAITE	Sameus LABRA	Sameus LAITE
Löyttymäki	122	140	0,12	0,03
Pirttiharju	106	108,5	0,13	0
Saksala (26.7.)	232	231,6	0,13	0,01
Mustakallio	164	165,3	0,11	0,02
Nastola	217	233,3	0,13	0,01
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$\mu\text{S}/\text{cm}$	NTU	NTUe

Toisella näytteenottokierroksella kaikki sähkönjohtavuuden arvot olivat normaalin vaihtelun mukaisia. Saksalan näyte otettiin päivä muita ennen, sillä sieltä otettiin samalla näyte vesilaitoksen omaan laadunvalvontaan. Taulukosta 2 voidaan huomata, että huollossa sähkönjohtavuuden mittaaminen parantui ensimmäisestä näytekierroksesta.

Pilotoinnin aikana huomattiin, että Saksalan paineenkorotusasemalla on aika ajoin pieniä B- ja C-partikkelipiikkejä, joille ei löytynyt selitystä. Kun kuvia arvioitiin Uponorilla, huomattiin, että partikkelipiikit johtuvat mikroskooppisen pienistä ilmakuplista, joita laite ei osannut tunnistaa. Huomattiin siis, että Saksalan paineenkorotuspumpun kavitoivat. Tästä tiedosta on hyötyä paineenkorotuspumpun käyttöikä arvioidessa. Huomion jälkeen osattiin laitteen tekoöllylle ”opettaa” millaisia ilmakuplat ovat, joten tilanteesta oli hyötyä sekä vesilaitokselle että Uponorin tuotekehitykselle. ”Opetuksen” jälkeen kavitointi ei aiheuttanut partikkelipiikkejä.

Nastolan painepiirissä testattiin teollisuuslaitoksen sprinklerijärjestelmää 24.8.2021, jolloin piiriin syntyi suuria painevaihteluja. Painemuutos vaikutti verkoston sekä vesitornin toimintaan paine- sekä virtauspiikkeinä, jonka myötä verkostosta irtosi partikkeleita veteen. (Kuva 9.) Uponorin laitteistosta katosi yhteys heti piikin alettua, ja se kesti puoli vuorokautta.



Kuva 9: Teollisuuslaitoksen sprinklerijärjestelmän testauksen aiheuttama partikkelipiikki Nastolan vesitornilla. Kuvasta huomaa tilanteen rauhoittumisen kolmen päivän aikana.

Kuvasta 9 kuitenkin huomataan, että hetkellinen verkoston rasitustilanne vaikuttaa vesitornin ja verkoston partikkelimäärään vielä päiviä tilanteen jälkeen. Partikkelimäärät palasivat normaalille tasolla kolmessa vuorokaudessa. Häiriöstä ei saatu yhtään asiakaspalautetta, joten partikkelimäärät olivat niin alhaisia, ettei asiakas erota muutosta vedenlaadussa.

Laitteen toimivuutta voidaan todistaa muun muassa sillä, että laite reagoi muutoksiin verkostossa. Pilotoinnin aikana huomattiin tästä esimerkkitilanne, kun laite reagoi paineenkorotuspumpun käymisrytmiin. Kuvassa 10 havainnoidaan paineenkorotuspumpun käynnistymisen ja sammumisen vaikutusta partikkelimäärään. Kuvassa 10 toisiaan vastaavat ajankohdat on merkitty oransseilla nuolilla. Kuvan 10 alaosassa tummanpunainen ja – vihreä viiva osoittavat korkeapainepumpun olevan käynnissä.



Kuva 10: Mustankallion paineenkorotusaseman pumppujen sammumisen ja käynnistymisen vaikutus veden partikkelimäärään. Kuvan alaosa on näyttökuvaa Insta-automaatio-ohjelmasta. Oranssit nuolet osoittavat samaa ajankohtaa eri palveluissa.

Kuvasta 10 huomaa, että sekä paineenkorotuspumpun käynnistyessä että sammutuessa partikkeleita on enemmän ja laskennallinen sameus on korkeampi. Virtauksen ja paineen muuttuessa putkesta irtoaa helpommin sakkaa. Muutos vedenlaadussa on niin vähäistä, ettei sitä pystyisi silminnähdessä huomaamaan, mutta laiteen avulla muutos havaitaan.

Pirttiharjun paineenkorotusasemalla pilotointi sujui hyvin alkupuolen likaantumista lukuun ottamatta. Mustakallion paineenkorotusaseman tavoin, Pirttiharjulla on myös huomattavissa pumppujen käyntisyklin vaikutus veden partikkelimäärään.

Pilotoinnin aikana huomattiin myös, että kun verkostossa virtaus on vähäistä, partikkelimäärät lähtevät nousuun. Kuvasta 11 huomaa, että partikkelimäärien nousu ja virtauksen lähes pysähtyminen tapahtuvat samanaikaisesti. Kuvasta

11 huomaa partikkelimäärien lisäksi lämpötilan nousevan virtauksen ollessa vähäistä.



Kuva 11: Virtauksen vaikutus partikkelimäärään Saksalan paineenkorotusasemalla. Kuvan alaosaa on näyttökuvaa Insta-automaatio-ohjelmasta. Oranssi viiva osoittaa samaa ajankohtaa eri palveluissa.

Laitteen huonona puolena on sen läpi virtaava vesi, sillä silloin asennuspaikalla täytyy olla viemäröinti. Löytymäen mitta-asemalla viemäröintiä ei ole, ja sen takia sieltä piti käydä säännöllisesti pumppaamassa vettä pois lattialta. Löytymäen mitta-aseman kaltaisiin asennuskohteisiin sopisi paremmin putkeen asennettava laadunmittauslaite. Laitteen läpi virtaava vesi vaikuttaa myös vesilaitoksen vuotovesiprosenttiin, sillä vesi ei kulje vesimittarin läpi.

## 6 Hyödyt vesilaitokselle

Jatkuvatoimiset laadunvalvontalaitteet tuovat lisäarvoa vedenlaadun tarkasteluun. Niiden avulla saadaan tietoa vedenlaadusta taukoamatta sekä huomataan pienetkin muutokset vedenlaadussa.

Vedensaastumistilanteessa jatkuvatoimisilla mittausmenetelmillä saadaan lisä-aikaa ongelmatilanteen selvittämiseen. Koska viranomaiset eivät tunnista jatkuvatoimisia mittauslaitteita virallisena laadunvalvontamenetelmänä, niiden perusteella ei voi asettaa esimerkiksi vedenkäyttörajoituksia tai niillä ei voi korvata viranomaisnäytteenottoa. Mittalaitteen hälyttäessä verkostosta otetaan näyte viipymättä ja näyte tutkitaan laboratoriossa.

Jotta eri valmistajien laitteiden yhteiskäytöstä saisi kaiken hyödyn irti, olisi yhteinen ”tilannekuvan” kaltainen järjestelmä ehdoton. Koska tällä hetkellä jokaisella laitteella on oma palvelunsa, josta dataa voi lukea, menee niiden tarkkailuun turhan paljon aikaa ja resursseja. Mikäli ”tilannekuva” olisi karttapohjalla ja siihen olisi saatu myös virtauksen suuruudet ja suunnat, olisi helppoa havainnoida ongelmatilanteita, kuten putkirikkoja. Olennaisena osana palvelua olisi myös hälytystaso, josta hälytys suurista muutoksista tulisi esimerkiksi puhelimeen. Lahti Aquan edustajien haastattelussa nousi muutamia mahdollisia erillisiä palvelun tarjoajia kuvaillun kaltaiselle ”tilannekuvalle”, kuten WRM Systemsin GWP-palvelu tai Timblen Trimble UTG. [12.] Myös virrehälytykset, kuten laitteen likaantuminen, huomattaisiin helpommin, jos toisen palveluntarjoajan laite ei hälytä samalla tai läheisellä paikalla.

Laitteita otettaisiin laajempaan käyttöön, jos viranomaiset hyväksyisivät laitteet säännöllisen käyttötarkkailun rinnalle laadunvalvonnassa. Näin näytteenottoväliä voitaisiin pidentää. Esimerkiksi kohteista, joissa näytteitä otetaan nyt viikoittain, otettaisiin näytteitä vain joka toinen viikko. Näytteidenottoväliä pidentämällä säästettäisiin resursseja. Joissain tilanteissa jatkuvatoimiset laitteet olisivat jopa parempia kuin tavanomaiset laboratorionäytteet, sillä niillä havaitaan muutokset vedenlaadussa myös näytteenottohetkien välillä. Laitteiden avulla saadaan tietoa vedenlaadusta ympäri vuorokauden ja viikon, sekä kulutuksen tai virtauspiikkien vaikutuksesta vedenlaatuun. [12.]

Pilotoinnin lopuksi pohdittiin myös, että laitteista voisi olla vielä enemmän hyötyä pintavettä käyttäville vesilaitoksille. Pintavesilaitokset ovat alttiimpia veden-



käsittelyprosessin muutoksille, jolloin laitteista olisi hyötyä verkoston lisäksi vedenkäsittelylaitoksen lähtevässä vedessä. [12.] Tässä pilotoinnissa laitteita ei testattu pohjavesilaitoksen lähtevän veden laadun mittauksessa, koska verkostoveden laatumuutoksien havaitseminen koettiin tärkeämmäksi.

## 7 Yhteenveto

Pilotointia voidaan pitää onnistuneena. Pilotoinnin aikana selvisi jatkuvatoimisten laadunvalvontalaitteiden hyötyjä ja kehityskohteita, sekä laitteet saatiin toimimaan ongelmitta.

Merkittävimpinä etuina voidaan pitää juuri jatkuvatoimista laadunvalvontaa ja tiedonsaantia sekä uutta tarkempaa tietoa laatumuutoksista. Mikäli saastuminen tai muu ongelmatilanne, kuten putkirikko, tapahtuisi verkostosta, jatkuvatoimiset vedenlaadunvalvontalaitteet ilmoittaisivat siitä heti. Vaikka viranomaiset eivät hyväksy laitteita laaduntarkkailuun ja saastumistilanteessa otettaisiin ja tutkittaisiin näyte ennen esimerkiksi vedenkäyttörajoituksia, saataisiin laitteiden avulla aikaa valmistautua mahdolliseen saastumiseen.

Uutta tarkempaa tietoa laatumuutoksista saatiin esimerkiksi paineenkorotusasemilla, missä oli huomattavissa, että paineenkorotuspumpun käynnistyminen ja sammuminen vaikutti hieman vedenlaatuun. Tästä ei ole aiemmin saatu yhtä tarkkaa dataa, jota Uponorin laitteella voitiin havainnoida. Laitteilla pystyttiin havainnoimaan myös virtauksen vaikutusta vedenlaatuun, sillä huomattiin, että virtauksen vähentyessä partikkelimäärät lähtevät nousuun.

Pilotoinnin aikana saatiin tietoja, joita ei alkuun osattu edes olettaa saavan. Uponorin laitteiden avulla selvisi, että Saksalan paineenkorotusaseman paineenkorotuspumput kavitoivat. Tieto oli uutta Aqua Palvelulle. Tiedosta oli myös hyötyä laitteen jatkokehitykselle, sillä se ei ennestään tunnistanut tapauksen ilmakuplia.

Kehityskohteista suurin olisi yhteinen palvelu, josta voitaisiin seurata kaikkien palveluntarjoajien laitteita yhtäaikaisesti. Tällaisella "tilannekuvalla" olisi helpompi ymmärtää vesiverkoston tilaa, kun ei tarvitsisi käyttää montaa eri palvelua kaikkien laitteiden seuraamiseen. Palvelu myös hälyttäisi suurista muutoksista. Tällä palvelulla säästettäisiin myös resursseja, kuten aikaa ja monen eri palvelun kuukausimaksuja.

Pilotoinnin aikana huomattiin myös, että laitteiden asennuksen yhteydessä kannattaa suorittaa pidempi huuhtelu uudessa putkiyhteessä. Tästä tiedosta on hyötyä, mikäli laitteita asennetaan lisää, sekä laitteiden valmistajille muissa asennuskohteissa.

## Lähteet

- 1 Lahti Aqua tutuksi. Yrityksen sisäinen materiaali. Lahti Aqua Oy.
- 2 Talousveden valvontatutkimusohjelma 2017-2021 Lahti Aqua Oy Lahden toiminta-alue. Yrityksen sisäinen materiaali. Lahti Aqua Oy.
- 3 Lahti Aquan raportointijärjestelmä. Yrityksen sisäinen materiaali. Lahti Aqua Oy.
- 4 Vesihuoltolaki. 2001. 119/9.2.2001.
- 5 Heikkinen, Heli. 2012. Jatkuva toiminen vedenlaaduntarkkailu turvetuotannossa. Opinnäytetyö. Ammattikorkeakoulu Savonia. Theseus-tietokanta.
- 6 Terveysturvallisuuslaki. 1994. 763/19.8.1994.
- 7 Rantala, Lauri. 2018. Vesijohtoverkoston vedenlaadun jatkuvatoimisen mittauksen sijoittelun suunnittelu. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 8 Luukkonen, Juuso. 2021. Junior Technical Account Manager, Uros, Oulu. Käyttökoulutus 2021.
- 9 Niemelä, Jussi. 2021. Sales Manager, Uponor, Tampere. Käyttökoulutus. 2021.
- 10 Process Control Solutions. Verkkoaineisto. Colloidtek Oy. <<https://www.collo.fi/collo-solution/>>. Luettu 15.10.2021.
- 11 Lehtikuja, Nuutti. 2021. Uutta tekniikkaa ATP-mittaukseen. Verkkoaineisto. Teollisuuden Vesi Oy. <<https://www.teollisuudenvesi.fi/ajankohtaista/uutta-tekniikka-atp-mittaukseen>>. Luettu 25.10.2021.
- 12 Avelin, Venla; Mustonen, Hannu; Mäki-Petäjä, Janne ja Pihamaa, Sauli. Aqua Palvelu Oy, Lahti. Haastattelu. 2021