

**TALOUSVEDEN KLOORIAMINIINIDESINFIOINNIN HAJU- JA  
MAKUHAITTOJEN SYYT JA HALLINTAKEINOT HS-VEDELLÄ**



YAMK opinnäytetyö  
Rakentamisen koulutusohjelma  
syksy 2023  
Sanna Heinonen

Rakentamisen koulutusohjelma

Tekijä Sanna Heinonen

Työn nimi Talousveden klooriamiinidesinfiointin haju- ja makuhaittojen syyt ja hallintakeinot HS-Vedellä

Ohjaajat Harri Mattila (HAMK), Juha Sipponen (HS-Vesi)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

---

Tämä opinnäytetyö on laadittu HS-Vedelle (Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy). Työssä käsiteltiin talousveden riskienhallintaa, laadukkaalle vedelle asetettuja lainsäädännöllisiä ja asiakaslähtöisiä vaatimuksia ja haasteita sekä pyrittiin löytämään syytä miksi klooriamiinidesinfiointiin paikoitellen ja ajoittain on liittynyt haju- ja makuhaittoja. Työn taustalla on HS-Veden tavoite laadukkaasta vedestä ja tyytyväisistä asiakkaista.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (1352/2015) muuttamisesta 2/2023 edellyttää, että pintavesimuodostumasta otettu vesi on desinfioitava aina ennen kuin vettä käytetään talousvetenä. Tekopohjaveden muodostaminen on eräs pintaveden hyödyntämisen muoto, joten mikäli riskienhallinnan perusteella ei voida osoittaa veden turvallisuutta ilman desinfiointia, on se tehtävä ennen veden toimittamista kulutukseen. Desinfiointin toteuttaminen on mahdollista esim. paikallisesti vaikuttavalla UV-valolla tai myös verkostovaikutuksen aikaansaavalla klooridesinfioinnilla.

Talousvettä toimittava laitos on vastuussa veden laadusta aina kiinteistön liittymispisteeseen saakka, joten koko toimitusketjun on oltava kunnossa raakavedestä, veden käsittelyyn ja verkostoon saakka. Jakeluverkostolla ja kiinteistöjen putkistoilla saattaa olla vaikutusta veden laatuun sen koko elinkaaren ajan. Uusista muoviputkissa on todettu voivan liueta pieniä määriä mikrobiravinteita veteen, joiden seurauksena uusiin verkoston osiin on voinut alkaa muodostua mikrobikasvustoa. Vanhoilla verkostoilla ongelmia aiheuttavat saostumat, liiallinen biofilmin muodostuminen, vuodot ja niiden myötä tehtävät korjaustoimet. HS-Vedellä tehdyssä tutkimuksessa verkoston ja saneerausten vaikutukset olivat havaittavissa asiakkaiden kokemaan veden aistittavaan laatuun. Sidotulla kloorilla vesijohtovedessä varmistetaan veden mikrobiologista laatua ja nopeutetaan palautumista, mutta hetkellisesti haju- ja makuhaittoja saattaa esiintyä. Työn tuloksena jatkotoimenpiteiksi ehdotetaan mm. kohdennettuja kunnossapitotoimia ja kloorin syöttömäärän tasaamista samalle vedenjakelualueelle syöttävien laitosten kesken. Laboratorionäytteiden tuloksiin ja palautteisiin reagoimista sekä HS-Veden eri yksiköiden välisiä sisäisiä prosesseja kannattaa kehittää edelleen ja valvontatutkimusohjelman omavalvontaa tehostaa nykyistä laajemmilla vesisäiliöihin kohdennettavilla lisänäytteenotoilla.

Avainsanat Talousvesi, riskienhallinta, klooriamiinidesinfiointi, haju- ja makuhaitat

Sivut 65 sivua ja liitteitä 31 sivua

This thesis was made for HS-Vesi (Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy). The research focused on the risk management of drinking water, legislative requirements, customer-oriented demands, and challenges related to providing high-quality water. The thesis also attempted to identify the reasons for odor and taste issues that occasionally has been linked for chloramine disinfection. The underlying objective of this work was to help HS-Vesi achieve its goal of delivering high-quality water and ensuring customer satisfaction.

The regulation of the Ministry of Social Affairs and Health 2/2023 mandates that water sourced from surface water must undergo disinfection before being used as drinking water. Creating artificial groundwater is one method of utilizing surface water. Therefore, if based on risk management, water safety cannot be demonstrated without disinfection, it must be conducted before supplying the water for consumption. Disinfection methods can include locally effective UV light or chlorine disinfection, which induces network effects.

The water utility is responsible for the quality of the water right up to the point of property connection. Therefore, the entire supply chain, from raw water sourcing to water treatment and distribution networks, must be in optimal condition. The distribution network and property plumbing can influence water quality throughout its lifecycle. New plastic pipes have been found to release small amounts of microbial nutrients into the water, leading to the growth of microbial populations in new sections of the network. In old networks, issues such as deposits, excessive biofilm formation, leaks, and the consequent repair work may arise. This HS-Vesi study revealed that the impact of the network and renovations was noticeable in the perceived water quality experienced by customers.

The use of monochloramine in tap water ensures microbiological water quality and expedites recovery, but it may lead to temporary odor and taste issues. As a result of this work, several further actions are recommended, including targeted maintenance activities and equitable distribution of chlorine feed among facilities supplying the same water distribution area. It is also advisable to develop responses to laboratory test results and feedback and enhance internal processes within various units at HS-Vesi. Self-monitoring within the monitoring program should be strengthened with more extensive additional sampling in water tanks.

Keywords Drinking Water, Risk Management, Chloramine Disinfection, Odour and Taste Issues

Pages 65 pages and appendices 31 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Tutkimuksen toteuttaminen .....	2
2.1	Tutkimusmenetelmät.....	2
2.2	Tutkimuskysymykset .....	3
2.3	Teoreettinen viitekehys, talousveden vaatimukset.....	3
2.3.1	Lainsäädäntö, kansalliset vaatimukset.....	4
2.3.2	Hajun ja maun aistiminen .....	6
2.4	Tausta, verkostojen vaikutus .....	7
2.4.1	Kiinteistöjen putkistot .....	8
2.4.2	Muoviputkissa todetut haju- ja makuongelmat.....	9
2.4.3	Mikrobikasvu saneeratuissa tai uusissa vesijohdoissa .....	10
3	Desinfiointi.....	12
3.1	UV-desinfiointi .....	14
3.2	Klooridesinfiointi .....	16
3.2.1	Klooriamiinidesinfiointi .....	16
3.3	Klooridesinfiointin haitat ja ongelmat .....	17
3.3.1	Sivutuotteet.....	18
3.3.2	Biofilmit .....	19
4	HS-Vesi vedentuotannon ja -jakelun toimintaympäristö.....	21
4.1	Vedenjakelualueet .....	21
4.2	Vedenhankinta ja -käsittely .....	23
4.2.1	Ahveniston tekopohjavesilaitos .....	23
4.2.2	Kylmälahden tekopohjavesilaitos .....	24
4.2.3	Tuulimäen desinfiointiasema .....	27
4.3	Verkosto .....	28
4.4	Riskienhallinta .....	30
5	Palautteet haju- ja makuhaitoista .....	31
5.1	Vikanumeroihin tuleva palaute.....	31
5.2	Kirjallinen palaute .....	32
5.3	Sosiaalinen media .....	34
5.4	Asiakastytyväisyystutkimukset.....	35
6	Tarkasteltavat kohdealueet.....	38
6.1	Läntinen kanta-Hämeenlinna.....	38

6.1.1	Tehdyt selvitykset ja ratkaisu .....	39
6.2	Itäinen kanta-Hämeenlinna .....	41
6.2.1	Tehdyt selvitykset.....	43
6.3	Vertailualue HS-Vedellä Akaa .....	46
6.3.1	Tehdyt selvitykset.....	47
6.4	Alueiden vertailu .....	49
6.5	Monoklooriamiinin mittaaminen.....	51
7	Vertailulaitokset .....	53
7.1	Kysely .....	54
7.2	Tulokset.....	54
8	Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet .....	56
	Lähteet.....	61

## Kuvat ja taulukot

Kuva 1 WSP-periaatteen mukaisen riskienarvioinnin ja -hallinnan vaiheet .....	5
Kuva 2 HS-Veden vedenjakelualue Hämeenlinna - Hattula - Kalvola - Akaa.....	22
Kuva 3 Ahveniston tekopohjavesilaitoksen prosessi.....	24
Kuva 4 Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen prosessi .....	26
Kuva 5 HS-Veden arvosanat veden laadusta vuonna 2022 .....	36
Kuva 6 HS-Veden arvosanat veden laadun ominaisuuksista vuosina 2019–2022 .....	37
Taulukko 1 Vesi-Instituutin tutkimukseen osallistuneiden vesi- ja tukkuvesilaitosten jakeluverkostojen putkimateriaalien pituudet ja osuudet.....	8
Taulukko 2 Haju- ja makukynnykset .....	10
Taulukko 3 Desinfiointiprosessien tehokkuus .....	13
Taulukko 4 Desinfiointimenetelmien vertailu .....	14
Taulukko 5 Akaan kloorimäärät ajalla 01–10/2022 .....	28
Taulukko 6 HS-Veden vesijohtoverkoston materiaalien osuudet (tilanne 08/2023).....	29
Taulukko 7 HS-Veden vesijohtoputkiston asennusvuodet (tilanne 8/2023).....	29
Taulukko 8 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023) .....	39
Taulukko 9 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusmateriaalit (tilanne 08/2023) .....	39
Taulukko 10 Itäisen kanta-Hämeenlinnan vesijohtoverkoston asennusvuodet (tilanne 08/2023) .....	42
Taulukko 11 Itäisen kanta-Hämeenlinnan verkostomateriaalit (tilanne 08/2023).....	42
Taulukko 12 HS-Veden Akaan vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023) .	47
Taulukko 13 HS-Veden Akaan verkoston materiaalit (tilanne 08/2023).....	47
Taulukko 14 Monoklooriamiinin mittaustulokset .....	53
Taulukko 15 Veden alkuperä tutkimukseen osallistuneilla laitoksilla.....	54
Taulukko 16 Keskimääräiset klooripitoisuudet verrokkilaitoksilla ja HS-Vedellä .....	55

## **Liitteet**

- Liite 1 Riskien arvottaminen ja riskien arvottamisen periaatteet
- Liite 2 Ahveniston tekopohjavesilaitoksen raakavesikaivojen veden laatu vuosina 2021–2022
- Liite 3 Ahveniston tekopohjavesilaitoksen lähtevän veden laatu vuosina 2021–2022
- Liite 4 Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen raakavesikaivojen veden laatu vuosina 2021–2022
- Liite 5 Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen lähtevän veden laatu vuosina 2021–2022
- Liite 6 Talousveden riskienhallinta HS-Vedellä
- Liite 7 HS-Veden tehostetun kloorimäärätarkkailun tulokset vuodelta 2015 sekä näytepisteet kartalla
- Liite 8 Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n testausselostet klooritarkkailunäytteistä vuodelta 2015
- Liite 9 HS-Veden verkostosaneeraukset itäinen kanta-Hämeenlinna vuodet 2020–2022
- Liite 10 KVVY Tutkimus Oy:n testausselostet VOC-yhdisteiden ja indikaattoriaineiden analysoinneista
- Liite 11 Vesisäiliöiden kootut vedenlaatutulokset 2022–07/2023
- Liite 12 Vertailulaitoksille lähetetty kysely

## Käsitteitä

Aktinomykeetit

eli sädesienet ovat bakteereita

Alkalointi Veden pH:n nosto kemikaalilla emäksiselle alueelle syövyttävyyden vähentämiseksi

Desinfiointi Taudinaiheuttajamikrobien tuhoaminen joko fysikaalisesti tai kemiallisesti  
Heterotrofinen pesäkeluku

Kokonaispesäkeluku, jolla määritetään veden yleistä mikrobiologista laatua

Indikaattoribakteeri

Bakteeri, joka osoittaa saastumista, mutta ei välttämättä aiheuta sairastumista

Kalkkikivialkalointi

Alkalointimenetelmä, jossa veden pH nostetaan kalkkirouheella  $\text{CaCO}_3$

Klooriamiini Kloorin ja ammoniumin muodostama yhdiste, jota käytetään mikrobien kasvun ehkäisyyn

Kokonaiskloori

Sidotun ja vapaan kloorin yhteismäärä

MBA Microbial barrier analysis on eräs laskentatapa määrittää, onko vedentuotantoketjun taudinaiheuttajien poistoteho riittävällä tasolla

Mikrosieni Hiivoja ja homeita

Mykotoksiini Homemyrkyt ovat homesienten tuottamia terveydelle haitallisia myrkyjä

PE Polyeteeni, vesijohdoissa käytettävä muovilaatu

pmy/ ml bakteerien määrää kuvaava yksikkö, pesäkettä muodostavaa yksikköä millilitran näytteessä

Sidottu kloori

Typpiyhdisteillä sidottu kloori mm. klooriamiini

Valvontatutkimusohjelma

Laitoskohtainen ohjelma vedenlaadun valvonnasta, jossa on kokonaisuutena viranomaisvalvonnan sekä omavalvonnan näytteet ja näytepisteet

VOC Volatile organic compound, haihtuvat orgaaniset yhdisteet

WSP Water Safety Plan, on toimenpideohjelma vedentuotannon toimintaympäristön ja tuotantoketjun riskien tunnistamiseen ja hallintaan



## 1 Johdanto

HS-Vesi (Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy) on Hämeenlinnan, Akaan ja Hattulan omistama vesihuolto-yhtiö, joka tuottaa vesihuoltopalveluita asiakkailleen vahvistetuilla toiminta-alueillaan. Yhtiön vedenhankinta perustuu pohja- sekä tekopohjaveteen ja vedenottamoita on 12 kpl. Vedenjakelualueita on neljä, joista suurimmalla on käytössä klooriamiinidesinfiointi. Klooriamiinidesinfiointi on yhtiössä otettu käyttöön riskienhallintatoimenpiteenä vaiheittain 2010-luvulla.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1352/2015 määrittää Suomessa asiakkaille myytävän veden laatuvaatimukset ja -tavoitteet. Veden on oltava asiakkaille turvallista käyttää. Vesilaitos on asetuksen mukaisesti vastuussa veden laadun säilymisestä myös verkostossa aina kuluttajan liitoskohtaan asti. Vedentuotannossa vedenhankinnan, tuotannon ja jakelun riskienhallinta on olennaisessa osassa. Ei riitä, että yksi osa-alue on kunnossa, vaan koko ketju on varmistettava niin ettei veden laatu vaarannu. Pitkät ja osittain vanhentuneet vesijohtoverkostot asettavat lisää vaatimuksia veden käsittelylle ja tarkkailulle.

Pohja- ja tekopohjavesilaitoksilla veden mikrobiologinen laatu on monesti niin hyvä, että desinfiointia ei välttämättä tarvittaisi lainkaan. Riskienhallintatoimenpiteenä monille laitoksille on kuitenkin lisätty UV-desinfiointi, joka oikein käytettynä varmistaa veden mikrobiologisen laadun. UV-laitteen teho on paikallinen, joten sillä ei saada desinfiointin vaikutusta jatkumaan verkostoon, vaan siihen tarvitaan klooridesinfiointia.

Klooridesinfiointimenetelmillä on erilaisia hyötyjä ja haittoja, joten desinfiointitapa pitää valita tapauskohtaisesti. Klooriamiinia käytettäessä desinfiointiteho ei ole kaikkein voimakkain, mutta sen säilyvyys on hyvä ja maku- sekä hajuhaittojen ilmeneminen vähäisempää. Tästä syystä klooriamiinidesinfiointi on valikoitunut HS-Veden desinfiointitavaksi. Käyttöönoton sekä normaalin käytön aikana kloorin haju- ja makuhaittoja on kuitenkin paikoitellen ja ajoittain esiintynyt. HS-Veden arvoina ovat laadukas vesi ja tyytyväiset asiakkaat, joten syitä ongelmaan halutaan tarkastella, jotta ongelma-alueille voidaan kohdistaa oikeanlaisia kunnossapitotoimia haitan välttämiseksi. Klooridesinfiointin laajentaminen uusille alueille on myös tulevaisuudessa todennäköistä ja sujuvaan käyttöönottoon halutaan valmistautua.

## 2 Tutkimuksen toteuttaminen

Tässä tutkimuksessa haetaan vastauksia luvun 2.2 tutkimuskysymyksiin liittyen HS-Veteen, klooridesinfointiin ja havaittuihin maku- ja hajuhaittoihin talousvedessä. Yleiset vaatimukset talousveden laadulle tulevat WHO:lta (World Health Organization), EU:sta, kansallisesta lainsäädännöstä pääosin Sosiaali- ja terveysministeriöltä sekä toisaalta asiakkaiden vaatimuksista. Työssä käsitellään näitä vaatimuksia ja selvitetään mahdollisuuksia, miten toimitettavan veden laatua HS-Vedellä voitaisiin vielä erityisesti hajun ja maun osalta parantaa.

### 2.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö on toimintatutkimus, jota on täydennetty kirjallisuustiedoilla sekä verrokkilaitoksille kohdennetulla kyselytutkimuksella. Teoriaosuudessa käsitellään lainsäädännön vaatimuksia riskienhallintatoimenpiteistä ja veden laadusta sekä desinfiointin toteutustapoja ja niiden hyötyjä ja haasteita. Työn teoria pitää sisällään myös mahdollisia veteen hajua ja/ tai makua aiheuttavia syitä ja tapoja niiden selvittämiseen. HS-Veden osalta työssä esitellään veden laatuun vaikuttavia tekijöitä laitosten ja verkoston osalta sekä tarkastellaan veden laadusta eri kanavia pitkin saatua palautetta.

Työn tutkimusosuudessa teetätettiin vesinäyteanalyysijä ongelma-alueelta sekä vertailevia näytteitä laitoksilta ja muilta verkoston osilta. Lisäksi tarkasteltiin aiempia näytetuloksia ja koostettiin näistä yhteenvetoja eri laitoksista ja verkostoalueista. Verkoston vaikutus tutkittavaan asiaan on pyritty huomioimaan keräämällä yhteenvetoja verkkotietojärjestelmästä ja vertaamalla niitä alueiden kesken.

Tutkimusmenetelmät on rajattu teetätettävien laboratorioanalyysien suhteen niihin, joita on pystytty tilaamaan HS-Veden yhteistyölaboratorion KVVY tutkimus Oy:n kautta. Tämän lisäksi työssä on testattu mahdollisuutta analysoida monoklooriamiinia HS-Veden omassa käyttötarkkailulaboratoriossa.

## 2.2 Tutkimuskysymykset

Tässä opinnäytetyössä haetaan vastauksia alla oleviin tutkimuskysymyksiin.

- Miksi talousveden klooriamiinista aiheutuu tietyille HS-Veden verkostoalueille haju- ja makuhaittoja?
  - o Millaisilla alueilla ongelmia esiintyy?
  - o Mikä hajua ja makua aiheuttaa?
- Voidaanko näitä haittoja ennaltaehkäistä desinfiointitehon kärsimättä?

## 2.3 Teoreettinen viitekehys, talousveden vaatimukset

Talousvedeen voi tulla laadullisia ongelmia, jostakin vedentoimitusketjun neljästä osa-alueesta: raakavesilähteestä, käsittelyvaiheesta, jakeluverkostosta tai kiinteistön putkistosta. Riskienhallinnan pitää olla kunnossa koko vedentuotantoketjussa, jotta asiakkaille voidaan tuottaa terveydelle haitatonta vettä. Terveys- ja turvallisuusvaatimusten lisäksi kuluttajat odottavat juomaveden olevan myös aistinvaraisesti miellyttävää hajun, maun, värin ja sameuden osalta. (Gray, 2010, s. 328)

Maailman terveysjärjestö WHO on linjannut ja tutkinut laajasti puhtaan juomaveden kriteereitä. Veden mikrobiologinen turvallisuus on tärkeintä ja siitä ei voida tinkiä desinfiointin mahdollisten sivutuotteidenkaan vuoksi. Olennaista on myös, että mikrobiologisia riskejä vastaan on useampia torjuntakeinoja ja koko toimitusketjun riskienhallinta on hallinnassa. Riskienhallinta voidaan todentaa eri tavoin, esim. siihen kehitetyn WSP-työkalun (Water Safety Plan) avulla. Liitteessä 1 on esitelty riskien arvottamisen periaatteet WSP:n mukaan. Norjassa kehitetty MBA analyysilaskenta (Microbial barrier analysis) on yksi tapa määrittää, onko vedentuotantoketjun taudinaiheuttajien poistoteho riittävällä tasolla. Analyysissä pyritään huomioimaan desinfiointivaiheen tai -vaiheiden lisäksi raakaveden suojelun taso sekä vedenoton turvallisuus. Desinfiointin merkitys turvallisen lopputuloksen kannalta on kuitenkin analyysissa merkittävässä osassa, kun lasketaan mikrobien logaritmista poistumista. Desinfiointimenetelmien korvattavuus ja koko veden toimittamisen aikainen laadun takaaminen mm. varajärjestelmien kautta tuottaa varmemmin jatkuvasti laadukkaan

lopputuotteen. Raakavedenhankinta ja tuotettavan veden määrä vaikuttavat riskiperusteisesti tarvittavien suojaustoimenpiteiden määrään ja vaatimuksiin. (Valvira, 2020c; WHO, 2022, ss. 4–6; Vesilaitosyhdistys, 2019, ss. III, 10–15)

### **2.3.1 Lainsäädäntö, kansalliset vaatimukset**

Suomessa Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 1352/2015 määrittää vaatimukset ja suositukset toimitettavan talousveden laadulle, kun kyseessä on laitos, joka toimittaa talousvettä vähintään 10 m<sup>3</sup> tai vähintään 50 henkilölle vuorokaudessa. Asetuksella on saatettu voimaan kansallisesti juomavesidirektiivi 98/83/EY. Uusi EU:n juomavesidirektiivi 2020/2184 on lisäksi tuonut päivitystarvetta osaan kansallista lainsäädäntöä. Uusia aiempia täydentäviä asetuksia on astunut voimaan tammikuussa 2023, näillä tarkennetaan mm. riskinarviointia. (Valvira, 2020a, s.2; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 1352/2015; Sosiaali- ja terveysministeriö, n.d.-a)

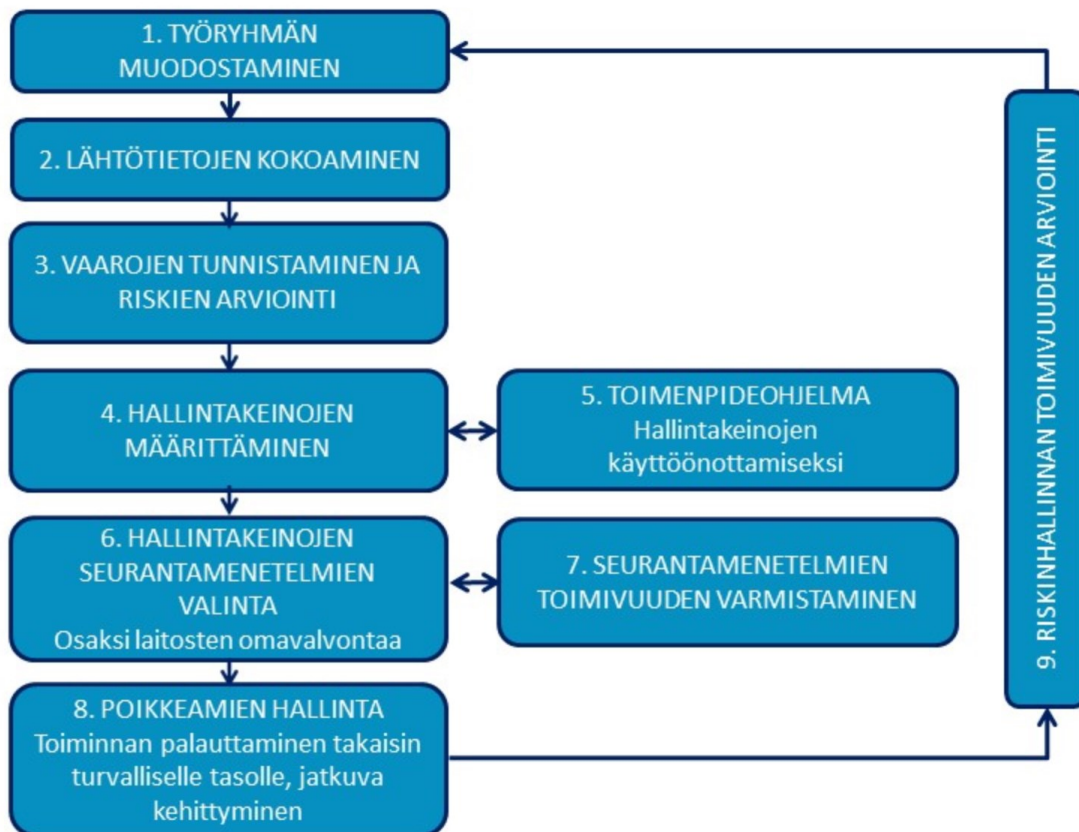
Talousveden toimittamisen ja laadunvalvonnan perustana on riskien arviointi.

Terveydensuojelulain 2§:n 2 momentissa säädetään, että elinympäristöön vaikuttavan toiminnanharjoittajan on tunnistettava toimintansa terveyshaittaa aiheuttavat riskit ja niihin vaikuttavat tekijät. Lisäksi Terveydensuojelulain 20§ edellyttää, että talousvettä toimittavan laitoksen omavalvonnan ja velvoitetarkkailun on perustuttava veden terveydelliseen laatuun vaikuttavien riskien arviointiin ja hallintaan. Riskienarviointi on tehtävä toiminnanharjoittajan ja viranomaisten yhteistyönä. Riskienhallintasuunnitelman, -arvioinnin ja -hallinnan sisällöstä on lisäksi tarkentavasti säädetty uudistetun juomavesidirektiivin mukaisesti valtioneuvoston asetuksella 7/2023. (Valvira, 2020c)

Talousvesiasetuksessa on määritelty vaatimukset riskien arvioinnille. Riskienhallinnalla tarkoitetaan tässä standardin SFS-EN 15975-2 tai sitä vastaavan muun kansainvälisen standardin mukaisesti vedentuotantoketjulle tehtävää talousveden laatua uhkaavien tekijöiden tunnistamista, riskien arviointia sekä hallintakeinojen ja seurantamenetelmien määrittämistä ja käyttöönottoa. Suomessa on käytössä verkkopohjainen WSP-työkalu, jonka avulla riskienarviointi voidaan laatia. WSP-työkalua ja ohjeistusta riskienarvioinnin

laatimisesta päivitetään uuden lainsäädännön mukaiseksi, mutta pääpiirteiltään Suomessa jo käytössä olleet ohjeet ja vaatimukset vastaavat hyvin myös nykyistä lainsäädäntöä. Työn vaiheet on esitetty kuvassa 1 (Kuva 1 WSP-periaatteen mukaisen riskienarvioinnin ja -hallinnan vaiheet (Valvira, 2020c)). Riskienarviointi ja -hallinta voidaan tehdä myös ilman ko. työkalua, kunhan vaatimukset sisällöstä täyttyvät. (Valvira, 2020c)

Kuva 1 WSP-periaatteen mukaisen riskienarvioinnin ja -hallinnan vaiheet (Valvira, 2020c)



Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (1352/2015) muuttamisesta 2/2023 edellyttää pykälässä 20a, että pintavesimuodostumasta otettu vesi on desinfioitava aina ennen kuin vettä käytetään talousvetenä. Desinfiointissa on

huomioitava tarpeellinen esikäsittely, jotta desinfioinnista ei synny haitallisia sivutuotteita, jotka saattaisivat olla terveydelle haitallisia. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 1352/2015 § 20a; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023)

Tekopohjaveden muodostamista voidaan pitää yhtenä pintavesimuodostumasta otettavan veden käsittelymuotona, jolloin vesi on tämän jälkeen desinfioitava ennen talousvedeksi toimittamista. Toisaalta ennen veden imeyttämistä tehdyn esikäsittelyn tai muutoin pitkän imeytymisen viipymän ansiosta tekopohjavesi voi vastata hyvälaatuista pohjavettä, jolloin desinfiointi ei olisikaan välttämätön. Mikäli päädytään siihen, että tekopohjavettä ei desinfioida on sen perustuttava huolelliseen riskinarviointiin tekopohjaveden muodostumisesta ja vedenotosta sekä tutkimustuloksiin mm. laajennetuin mikrobiologisin analyysein valvontatutkimuksissa sekä omavalvonnassa. Häiriötilanteiden varalle kaikilla talousvettä toimittavilla laitoksilla tulee olla riittävä osaaminen ja valmius talousveden desinfioinnin aloittamiseen kuuden tunnin vasteajalla häiriön tiedoksi saamisesta. (Valvira, 2020b, ss. 99–100; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023)

### **2.3.2 Hajun ja maun aistiminen**

Terveysvaikutusten lisäksi on tärkeää, että juomavesi on käyttäjilleen hyvää, jotta sitä mielellään käytetään eikä esimerkiksi siirrytä käyttämään huonompilaatuisia vesilähteitä tai turhaan pullovesiä, jota kautta kuluttajille ja ympäristölle saattaa tulla muita ongelmia. Maku- ja hajuhaittoihin pitää tästä syystä suhtautua vakavasti ja niiden ehkäisemiseen ja hallintaan yrittää löytää ratkaisut. Desinfioinnin yhteydessä tämä tuo haasteita, koska mm. kloori on havaittavissa huomattavasti ennen haitallisia terveysvaikutuksia. (WHO, 2022, ss. 237–239)

WHO:n ohje vapaan kloorin enimmäismääräksi talousvedessä on 5 mg/l ja monoklooriamiinille 3 mg/l. WHO:n arvot ovat terveysperusteisia. Suomalaisen

talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa todetaan vapaan ja sidotun aktiivisen kloorin määrän olevan yleensä alle 1 mg/l. Normaalitylanteessa, kun saastumista ei epäillä, pidetään kloorimäärää riittävänä, kun kloorijäämä on todennettavissa kaikissa vesijohtoverkoston osissa tai kun verkostoon ei muodostu haitallista bakteerikasvua. Mikäli laitoksella on käytössä klooridesinfiointi, ei kloorin hajua tai makua vedessä katsota laaturvirheeksi. (WHO, 2022, ss. 358–360, 525–527; Valvira, 2020d, s. 46)

Hajun ja maun analysointi vedestä on haastavaa, koska tietyillä yhdisteillä voi olla hyvinkin matala havainnointikynnys ja toisaalta testit tehdään pääosin subjektiivisesti harjaantuneiden ammattilaisten toimesta. Myös hajun tai maun kuvailu on persoonakohtaista. Hajua ja makua talousveteen voi tulla kaikissa sen toimitusketjun vaiheissa. Yleisiä syitä verkostosta haju- ja makuhaitoille ovat esim. rauta, mangaani, kupari ja sinkki tai rauta- ja rikkibakteerit. Kloori itsessään ei normaalisti annosteltuna aiheuta hajua tai makua, mutta kloori reagoi herkästi muiden yhdisteiden kanssa ja reagoitutuotteista veteen aiheutuu kloorinen maku. Kloorin yleinen havaintokynnys on 0,16 mg/l veden pH:n ollessa 7 ja vastaavasti 0,45 mg/l pH tasolla 9. Klooriamiinien ja kloorin yhdisteiden aistikynnys vaihtelee, monoklooriamiineilla kynnys on korkeampi kuin di- tai triklooriamiineilla ja kloorin yhdisteiden kohdalla vaikuttaa minkä kanssa kloori on reagoinut ja missä määrin. (Gray, 2010, ss. 329–332, 342–343)

## **2.4 Tausta, verkostojen vaikutus**

Raakavesilähteellä ja veden käsittelyllä on merkittävä vaikutus toimitettavan veden laatuun. Nämä vaiheet eivät kuitenkaan yksistään riitä takaamaan kuluttajille laadukasta vettä, vaan myös jakeluverkostolla ja kiinteistöjen putkistoilla on iso merkitys kokonaisuuden kannalta. Laadukkaana laitokselta lähtenyt vesi voi saastua tai pilaantua verkostossa, tämän vuoksi putkistoissa käytettäviin materiaaleihin, työn hygieeniseen laatuun ja oikea-aikaiseen saneeraamiseen on tärkeää kiinnittää huomiota.

Vesihuoltolaitosten vesijohdoissa käytetään nykyään yleisesti muoviputkia, joskin vanhoja rautajohtoja on vielä suhteellisen runsaasti käytössä ja jonkin verran asbestisementtiä tarkemmin vesijohtomateriaalien käytöstä taulukossa 1 (Taulukko 1 Vesi-Instituutin tutkimukseen osallistuneiden vesi- ja tukkuvesilaitosten jakeluverkostojen putkimateriaalien

pituuudet ja osuudet\* (Kekki ym., 2007, s.35)). Kiinteistöjen uudet tai saneeratut vesijohdot ovat kuparia, muovia tai komposiittia. Materiaalien valintaan vaikuttavat olosuhteet ja on tärkeää, että käytetyt tuotteet ovat talousvesikäyttöön hyväksytyjä. Varsinkin kiinteistöjen putkimateriaalien kohdalla on noussut lisäksi esiin käytettävien materiaalien ympäristövaikutukset ja putkistojen hiilijalanjälki. Muovi- ja kupariputkien hiilijalanjäljessä ei ole todettu olevan merkittävää eroa, mikäli käytössä on kierrätyskupari, mutta raaka-aineen alkuperällä on tässä avainasema. (Laitinen, 2020, ss. 9, 20)

Taulukko 1 Vesi-Instituutin tutkimukseen osallistuneiden vesi- ja tukkuvesilaitosten jakeluverkostojen putkimateriaalien pituuudet ja osuudet\* (Kekki ym., 2007, s.35)

Materiaali	Kokonaispituus (km)	Materiaalin osuus verkoston pituudesta (%)	Materiaalin ensimmäinen ilmoitettu asennusvuosi	Materiaalin viimeinen ilmoitettu asennusvuosi	Laitosten määrä, joilla kyseistä materiaalia
Asbestisementti	423	2,8	1940	1985	20
Ruostumaton/haponkestävä teräs	28	0,2	1940	käytetään	6
Polyeteeni, pehmeä (PEL)	478	3,2	1956	käytetään	11
Polyeteeni, keskikova (PEM)	379	2,5	1966	käytetään	10
Polyeteeni, kova (PEH)	4289	28,6	1961	käytetään	24
Polyvinyylikloridi (PVC)	2579	17,2	1961	käytetään	18
Polyeteeni, ristisilloitettu (PEX)	0,4	0,0	2001	käytetään	2
Muovit, tuntematon	1437	9,6	1960	käytetään	6
Harmaa valurauta	1561	10,4	1880	1980	15
Pallografiittirauta	3364	22,5	1958	käytetään	18
Tunnelit	26	0,2	pintamateriaalista ei tietoja	käytetään	1
Muut (käytännössä suurin osa terästä)	419	2,8	1910 (teräs)	käytetään	5
Verkoston pituus ilman tonttiliittymiä	14984	100			

\*Luvuissa ei ole tonttijohtoja. Osa vuosiluvuista on arvioita. Lisäksi neljän laitoksen valurautamateriaalit on kirjattu pallografiittiraudaksi, (yht. 775,8 km), josta osa on harmaata valurautaa. Osallistuneiden laitosten määrä oli 48.

#### 2.4.1 Kiinteistöjen putkistot

Vesihuoltolaitoksen asiakkaina on monenlaisia kiinteistöjä ja niissä erilaisia putkistoja ja niihin liitettyjä vesilaitteita. Kiinteistöjen järjestelmillä on merkitystä asiakkaiden talousveden laatuun, esimerkiksi putkimateriaalit ja käyttöikä vaikuttavat veteen. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamisen yleisiä edellytyksiä, teknisiä vaatimuksia ja valvontaa, kun tarkemmat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen



rakentamismääräyskokoelmaan. Ohjeilla ja säädöksillä pyritään vaikuttamaan oikeanlaisten järjestelmien rakentamiseen. On tärkeää, että kiinteistössä käytetyt materiaalit ovat käyttöön sopivia, linjat on rakennettu oikein mm. kylmä- ja lämminvesilinjojen liian lähekkäin sijoittaminen saattaa aiheuttaa ongelmia oikean veden lämpötilan ylläpitämisessä (kylmän veden pitäisi olla  $< 20\text{ °C}$  ja kuumaa  $> 55\text{ °C}$ ). Oikeilla lämpötiloilla on merkitystä, jotta kiinteistöjen linjoihin ei muodostu haitallisia kasvustoja ja toisaalta myös veden aistinvarainen laatu on silloin parempi. Suurissa kiinteistöissä tai pitkien tonttijohtojen perässä olevilla vedenkäyttöpisteillä saattaa lisäksi olla ongelmana veden huono vaihtuvuus. Tästä syystä myös pitkään käyttämättöminä olleet linjat kannattaa ennen käytön jatkamista huuhdella huolellisesti, jotta vesi vaihtuu tuoreeseen. (Gray, 2008, ss. 411–413; Suomen rakentamismääräyskokoelma, n.d.)

Vesihuoltolaitos on vastuussa veden laadusta liittymispisteeseen asti, jonka jälkeen asiakkaat, asukkaat, kiinteistönhuolto jne. ovat vastuussa laitteistojen ja linjastojen huoltamisesta ja asianmukaisesta kunnossapidosta.

#### **2.4.2 Muoviputkissa todetut haju- ja makuongelmat**

Kaikista vesijohtomateriaaleista liukenee veteen pieniä määriä kemikaaleja, pitoisuudet kuitenkin yleensä laskevat ajan kuluessa. Käytettyjen tuotteiden lisäksi liukenemiseen vaikuttavat veden lämpötila, virtausnopeus, juoksutetun veden määrä ja laatu. Muoveille ja etenkin polyeteeneille on tyypillistä materiaalin läpäisevyys orgaanisille molekyyleille. Tästä syystä erilaiset liuottimet, hajut ja maut saattavat siirtyä putkien seinämien läpi veteen. Tämä on huomioitava erityisesti asennettaessa putkia alueille, joissa maaperä on saastunut. (Laitinen, 2020, ss. 15–16; Kekki ym., 2007, ss. 56–57)

PEX-muoviputkia on omakotitaloissa käytetty jo 1980-luvulta ja vesihuoltolaitosten verkostoissakin 2000-luvun alkupuolelta asti. PEX-putket ovat ristosilloitettua polyeteeniä, jonka valmistuksessa käytetään lisänä erilaisia liuottimia, antioksidanteja, stabilisaattoreita ja liukuaineita. Näitä kemiallisia aineita ja niiden hajoamistuotteita vapautuu myös talousveteen. Osa näistä aineista tunnetaan hyvin, mutta jotkut niiden hajoamistuotteista on vielä tunnistamatta. 2010-luvulla lähinnä kiinteistöihin asennetuissa PEX-muoviputkissa raportoitiin haju- ja makuhaittoja. Tästä syystä ympäristöministeriö teetti VTT Expert Service

Oy:llä tutkimuksen, jossa havaittiin, että kahden eri valmistajan tiettyjen tuote-erien PEX-putket eivät täyttäneet vaadittua teknistä tasoa aiheuttaen kiinteistöjen veteen havaitut haju- ja makuhaitat. Nämä tuote-erät poistettiin markkinoilta. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-b; Laitinen, 2020, ss. 15–16; Sosiaali- ja terveysministeriö, n.d.-b)

PEX-muoviputkista tiedetään irtoavan MTBE (metyyli-tert-butyylieetteri), ETBE (etyyli-tert-butyylieetteri), TAME (tert-amyyylimetyylieetteri), TBA (tert-butanoli) ja erilaisia antioksidanttien hajoamistuotteita, myös pienet pitoisuudet liuottimia kuten ksyleeniä tai styreeniä ovat mahdollisia. Yleensä pitoisuudet ovat pieniä, vain joitakin mikrogrammoja litrassa tai alle sen, mutta viallisista putkista on todettu irronneen huomattavasti korkeampia pitoisuuksia. Haju- ja makuhaittoja putkissa voi esiintyä useampia kuukausia asennuksen jälkeen. Mikäli ainetta vedessä on yli haju- tai makukynnyksen, on se aistittavissa. Aineiden, joita on todettu irtoavan PEX-putkista, haju- ja makukynnykset on esitetty taulukossa 2 (Taulukko 2 Haju- ja makukynnykset (Laitinen, 2020, s. 16)). (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-b)

Taulukko 2 Haju- ja makukynnykset (Laitinen, 2020, s. 16)

Aine	hajukynnys µg/l	makukynnys µg/l
MTBE	7–15	15
ETBE	1–5	2
TAME	8	16
TBA	ei todetuilla pitoisuuksilla	ei todetuilla pitoisuuksilla

### 2.4.3 Mikrobikasvu saneeratuissa tai uusissa vesijohdoissa

Verkostossa tehtävät työt vaikuttavat veden laatuun varsinkin, kun kyseessä ovat vikakorjaukset kuten vuotojen paikkaukset tai rikkoutuneiden komponenttien vaihdot, mutta myös ennalta suunnitelluilla hankkeilla kuten uusien linjojen rakentamisella ja vanhojen saneerauksilla on todennettu olevan vaikutusta veden mikrobiologiseen laatuun. Teollisuuden Vesi Oy:n Verla-tutkimuksessa (Verkostotöiden vaikutus suomalaisten talousvesiverkostojen veden mikrobiologiseen laatuun), johon myös HS-Vesi osallistui, todettiin että käyttöikänsä päässä olevissa verkostoissa veden mikrobiologinen laatu on

voinut lähteä heikentymään jo ennen saneeraustöiden aloittamista ja verkostotöiden käynnistymisen jälkeen vaikutukset olivat selkeästi todennettavissa. (Teollisuuden Vesi Oy, 2021, s. 1)

Verla-tutkimuksessa todettiin veden mikrobiologisessa laadussa olevan havaittavissa saneeraustyön vaikutus jopa viikkoja työn päättymisen jälkeen. Tutkimuksessa selvitettiin jälkidesinfiointin vaikutusta verrattaessa verkostoihin, joissa kloorijälkidesinfointia ei käytetty lainkaan ja eri klooridesinfointitapoja eli klooriamiinia verrattiin natriumhypokloriittiin. Klooridesinfiointilla todettiin hyötyjä verkoston palautumisessa saneeraustoimista verrattuna verkostoihin, joissa ei klooridesinfointia käytetty. Verkoston kannalta tutkimuksessa klooriamiini todettiin tehokkaammaksi kuin pelkkä natriumhypokloriitti. HS-Vesi osallistui myös Teollisuuden Vesi Oy:n toteuttamaan Verla-hankkeen jatkotutkimukseen Värinä (Verkoston ääripisteiden näytteet), jossa selvitettiin klooripitoisuuden pysyvyyttä pitkällä verkosto-osuuksilla ja toisaalta mikrobiologisen laadun säilymistä. Tulosten perusteella mikrobiologisen laadun säilymiselle riittäväksi kokonaisklooripitoisuudeksi todettiin  $\sim 0,15$  mg/l. Ongelma on siinä, että kokonaisklooripitoisuus laskee myös klooriamiinia käyttävissä laitoksissa suhteellisen lyhyellä etäisyydellä lähtöpisteestä ja varsinkin pitkällä verkosto-osuuksilla kloorin määrä verkoston hännillä saattaa olla varsin vähäinen, käytännössä alle määräysrajan. Laitoksella, josta vesi lähtee, joudutaan siis pitämään korkeampia klooripitoisuuksia, jotta desinfioivaa vaikutusta saadaan jatkumaan pidemmälle. Korkeampien klooripitoisuuksien aiheuttamien aistivaraisten havaintojen lisäksi Värinä-tutkimuksessa todettiin osassa näytteitä yhteys mikrobitoiminnan ja haju- sekä makuhaittojen välillä. (Teollisuuden Vesi Oy, 2021, ss. 1, 20; Teollisuuden Vesi Oy, 2022, ss. 1, 6–8)

Käyttöikänsä lopulla olevien verkostojen ja saneerauksen yhteydessä todettujen veden mikrobimäärien kohoamisen lisäksi normaalia suurempia pesäkelukuja on havaittu myös uusissa putkilinjoissa. Osassa tapauksista mikrobiongelma ei ole tullut esiin heti, vaan vasta joidenkin viikkojen tai kuukausien päästä käyttöönotosta. Joissain kohteissa ongelma on ilmennyt jo heti käyttöönottovaiheessa. Pesäkeluvut ovat saattaneet olla koholla mekaanisista puhdistuksista ja desinfioinneista huolimatta. Mm. THL on selvittänyt syitä ilmiölle. Ongelmana saattavat olla asennusten puutteellinen hygienia, putkiin painetestausta seisomaan jäänyt vesi tai liian vähäinen huuhtelu. Tapauksille on kuitenkin

tyypillistä, että mikrobikasvu tasoittuu ajan kuluessa ja yleensä vuoden jälkeen taso on muun verkoston kanssa sama. Uusista putkilinjoista on mitattu liukenevan mikrobiravinteita AOC/MAP (mikrobiravinteista assimiloituva orgaaninen hiili/mikrobeille käyttökelpoinen fosfori), joilla voi olla merkitystä kohonneeseen mikrobikasvuun ja ilmiön tasoittuminen ajan myötä osaltaan tukee tätä teoriaa. Täydellistä varmuutta asiaan ei kuitenkaan ole todennettu. (Miettinen ym., 2020, ss. 15–16; Pursiainen ym., 2021, ss. 3, 24–27)

### 3 Desinfiointi

Desinfioinnin tarkoituksena on turvata veden mikrobiologinen laatu. Primääridesinfioinnilla tuhoetaan raakavedessä mahdollisesti olevat taudinaiheuttajat ja jälkidesinfioinnilla estetään mikrobien lisääntyminen verkostossa. Desinfiointiin voidaan käyttää esim. UV-valoa, kloorikemikaaleja tai otsonia. Desinfiointimenetelmän valinta pitää tehdä käsiteltävän veden laadun ja verkoston kunnan perusteella. Kunnan terveysuojeluviranomaisen on varmistettava vedenkäsittelyn asianmukaisuus ja riittävä tehokkuus raakaveden laatu huomioiden. (Vesilaitosyhdistys, 2014a, s. 2; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023 §20)

Desinfiointikäsitteilyt toimivat erilaisille mikrobiryhmille eri tavoin myös teho ryhmien sisällä vaihtelee. Tavanomaisissa pintavedenkäsittelylaitoksissa koagulointi- ja kiintoaineen erotuksessa saadaan poistettua 40–99 % mikrobeista. Kiintoaineen erotustapa vaikuttaa poistotehoon. Tekopohjaveden imeytyksessä virusten ja bakteerien poistaminen on tehokkainta pienellä virtausnopeudella, kun vesipitoinen kerros on rakeista ja huokoista materiaalia. Tarpeeksi pitkä imeytymismatka ja -aika ovat tärkeitä hyvän patogeenisten mikro-organismien puhdistumisen saavuttamiseen maaperässä. Varsinaisten desinfiointiprosessien tehokkuutta eri mikrobiryhmien inaktivoinnissa on kuvattu taulukossa 3 (Taulukko 3 Desinfiointiprosessien tehokkuus (Hämäläinen ym., 2018, s. 29) ) sekä eri desinfiointitapoja vertailtu taulukossa 4 (

Taulukko 4 Desinfointimenetelmien vertailu (Vesilaitosyhdistys, 2014b, s.11)).  
Desinfointimenetelmistä UV-desinfointia ja klooridesinfointia käsitellään tarkemmin luvuissa 3.1–3.3. (Hämäläinen ym., 2018, ss. 26–30)

Taulukko 3 Desinfointiprosessien tehokkuus (Hämäläinen ym., 2018, s. 29)

<i>Yksikkö-prosessi</i>	<i>Mikrobi-ryhmä</i>	<i>Pienin log-poistoteho</i>	<i>Olosuhteet</i>	<i>Huomautukset</i>
<b>Primäärinen desinfointi</b>				
Kloorikaasu	virukset	2	2-30 min-mg/l, 0-10 °C, pH 7-9	Sameus ja klooria kuluttavat liukoiset aineet huonontavat prosessin tehokkuutta.
	bakteerit	2	0.04-0.08 min-mg/l, 5 °C, pH 6-7	Vapaa klooripitoisuuden ja ajan tulo ennustaa tehokkuutta.
	alkueläimet	2	25-245 min-mg/l, 0-25°C, pH 7-8	
Klooridioksidi	virukset	2	2-30 min-mg/l, 0-10 °C, pH 7-9	
	bakteerit	2	0.02-0.3 min-mg/l, 15-25 °C, pH 6.5-7	
	alkueläimet	2	100 min-mg/l	
Otsoni	virukset	2	0.006-0.2 min-mg/l	Virukset yleensä kestävät otsonointia bakteereja paremmin
	bakteerit	2	0.02 min-mg/l	
	alkueläimet	2	0.5-40 min-mg/l	Riippuu lämpötilasta
UV-käsittely	virukset	4	7-186 mJ/cm <sup>2</sup>	Sameus ja tietyt liuenneet aineet huonontavat prosessin tehokkuutta.
	bakteerit	4	0.65-230 mJ/cm <sup>2</sup>	Tehokkuus riippuu annostuksesta, joka on riippuvainen intensiteetistä, viiveestä ja UV-aallonpituudesta.
	alkueläimet	4	<1-60 mJ/cm <sup>2</sup>	

- log-poistoteho. 2log-vähennys silloin, kun mikrobeista selviytyy 1 % eli poistoteho on 99 %. 4log-vähennys silloin, kun mikrobin tuhoutuminen on 99.99 % (Vesilaitosyhdistys, 2014a, s. 6)

Taulukko 4 Desinfointimenetelmien vertailu (Vesilaitosyhdistys, 2014b, s.11)

	<b>Kloori ja hypoklooriitti</b>	<b>Klooriamiini</b>	<b>UV</b>	<b>Otsoni</b>	<b>Klooridioksidi</b>
<b>Desinfiointikyky</b>	Kohtalainen	Heikko	Erinomainen	Erinomainen	Hyvä
<b>Riippuvuus pH-arvosta</b>	On	Ei ole	Ei ole	Ei ole	Ei ole
<b>Jälkivaikutus verkostossa</b>	Kohtalainen	Erinomainen	Huono	Huono	Hyvä
<b>Sivutuotteet</b>	THM, klooripitoiset orgaaniset yhdisteet	Ei (oikein annosteltuna), nitriitti	Matalapainelampuilla ei ole keskipainelampuilla mahdollisesti nitriitti	Ei ole	Kloriitti

Desinfiointikemikaalien ja vedenkäsittelyssä käytettävien kemikaalien suhteen on huomioitava, että niiden pitää olla SFS-EN talousvesikemikaalistandardien mukaisia tai täyttää vastaavat laatuvaatimukset ja olla käyttötarkoitukseen soveltuvia. Juomaveden desinfiointiin käytettävien kemikaalien on lisäksi oltava EU:n biosidiasetuksen mukaisesti hyväksytyjä. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, s. 5)

### 3.1 UV-desinfiointi

Ultravioletivalolla tehtävä desinfiointi on tehokas menetelmä bakteerien, virusten, alkueläinten ja niiden kystinien tuhoamiseen vedestä. UV-desinfiointi on kuitenkin paikallinen desinfiointi eli sen desinfiointivaikutus kohdistuu ainoastaan siihen pisteeseen, missä desinfiointi tehdään, jälkivaikutusta esim. verkostoon näin ei saada. Kemikaalittomana ja käytöltään yleensä varsin helppohoitoisena desinfiointimenetelmänä se on yleistynyt ns. vesiturvallisuutta varmentavana desinfiointimenetelmänä kohteisiin, joissa välitöntä

jatkuvaa desinfiointitarvetta tai ainakaan tarvetta desinfioinnin jälkivaikutukseen ei ole. Tällaisia kohteita ovat mm. pienet pohjavesilaitokset ja verkostossa olevat vesisäiliöt. Lisäksi UV-desinfiointi on käytössä monilla laitoksilla yhtenä desinfioinnin osana, vaikka klooridesinfioinnin lisänä. UV-desinfiointia voidaan käyttää myös jätevedenpuhdistamoiden purkuvesille ennen niiden johtamista vesistöihin (Vesilaitosyhdistys, 2014a, s. 2)

UV-valon desinfiointivaikutus perustuu sen tehokkaaseen tunkeutumiseen mikrobien soluihin, jolloin se tuhoaa solujen DNA-molekyylit. Vaurioituneet DNA-ketjut eivät enää pysty kahdentumaan eivätkä mikrobit näin ollen lisääntymään eli ne ovat inaktivoituneet. UV-valo voi lisäksi aiheuttaa muutoksia solujen proteiineissa ja entsyymeissä haitaten näin mikrobien elintoimintoja. Eri mikrobien tarvitsema annos vaihtelee. Useimmat bakteerit, virukset ja hiivat tuhoutuvat pienemmillä annoksilla, kun vastaavasti homeet ja alkueläimet tarvitsevat suuremman tehon. (Vesilaitosyhdistys, 2014a, ss. 3–6, 18)

Kemialliset ominaisuudet kuten pH, lämpötila, alkaliteetti tai epäorgaanisen hiilen kokonaismäärä eivät rajoita UV-desinfioinnin tehokkuutta, sen sijaan desinfiointitehoa heikentävät ne ominaisuudet, jotka absorboivat UV-valoa. Vaikutusta desinfioinnin tehokkuuteen voi olla esim. humuspitoisuudella, rautayhdisteillä, vetyperoksidilla tai hypokloriitti-ioneilla sekä orgaanisilla aineilla ja kiinteillä hiukkasilla. Kiintoainepartikkelit saattavat myös suojata mikrobeja UV-valolta ja näin heikentää desinfioinnin tehoa. Tästä syystä raakavesilähteellä on merkitystä ja ainakin pintavesi kannattaa ennen UV-desinfiointia saostaa ja suodattaa. UV-desinfioinnissa ei veden kemia merkittävästi muutu eikä haitallisia sivutuotteita synny. UV-säteily voi synnyttää otsonia, mutta tätä muodostava aallonpituus suodattuu lampun kvartsilasiin eikä haittaa aiheudu. UV-säteily voi lisäksi muuntaa nitraattia nitriitiksi, mutta desinfioinnissa käytettävillä annoksilla määrä ei ole merkittävä. Mikäli desinfiointivassa vedessä on runsaasti humusta, saattaa se otollisissa olosuhteissa lisätä verkostossa mikrobien kasvua, mutta tähän ratkaisuna on jo desinfiointitehonkin kannalta tällaisille vesille huomioitava veden esikäsittely saostamalla ja suodattamalla. (Orava ym., 2003, ss. 13–14)

## 3.2 Klooridesinfiointi

Klooraus on keksitty noin sata vuotta sitten ja nykyään se on yleisin tapa desinfioida talousvettä. Kloorauksen käyttöönotto paransi merkittävästi veden hygieenistä laatua ja sen myötä väestön yleinen terveydentila koheni huomattavasti. Vielä 1980-luvulla Suomessa pintavedestä valmistetun talousveden osuus oli suurempi kuin pohjavesien, vesien käsittely sen sijaan oli vaatimattomampaa ja tästä syystä desinfiointin merkitys oli suuri.

Klooriannokset olivat nykymittapuulla huomattavia, kun keskipitoisuus saattoi olla 3 mg  $\text{Cl}_2/\text{l}$  ja vuosikymmen aikaisemmin jopa 5 mg  $\text{Cl}_2/\text{l}$  -pitoisuudet olivat mahdollisia. Desinfiotavissa vesissä oli jäljellä humusta, jonka takia tarvittiin suuria klooriannoksia veden mikrobiologisen laadun takaamiseksi. Humuspitoisten vesien kloorauksessa on ongelmana reaktiotuotteina syntyvät sadat erilaiset orgaaniset klooriyhdisteet mm. trihalometaanit. Tutkimustiedon lisääntyessä puhdistusprosesseja tehostettiin ja humus saatiin poistettua, joka johti kloorin määrän vähentämismahdollisuuteen ja oikeaoppisempaan syöttötapaan. (Vartiainen, 2007, ss. 4–5)

Klooridesinfiointitapoja on erilaisia ja niiden teho tai vaikutusaika annostelun lisäksi vaihtelee. Kloorauksessa voidaan käyttää esim. hypokloriittia (natrium- tai kalsiumhypokloriitti), klooriamiinia, klooridioksidia tai kloorikaasua. Hypokloriitti ja klooriamiini ovat Suomessa yleisimmin käytetyt klooridesinfiointimenetelmät. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, s. 3)

### 3.2.1 Klooriamiinidesinfiointi

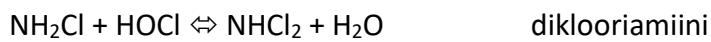
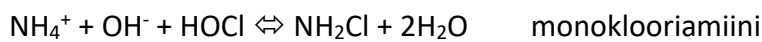
Klooriamiinit syntyvät kloorin reagoiessa ammoniumin kanssa. Klooriamiinia valmistetaan lisäämällä veteen natriumhypokloriitin tai kloorikaasun lisäksi ammoniakkia tai ammoniumsuolaa, mikäli vedessä ei ennestään ole ammoniumioneja.

Klooriamiinidesinfiointinissa on tarkoitus muodostaa monoklooriamiinia  $\text{NH}_2\text{Cl}$ , jolloin kloorin haju sekä maku ovat vähäisiä ja pysyvyys verkostossa hyvä. Klooriannoksen kasvaessa monoklooriamiinin jälkeen muodostuu di- ja lopuksi triklooriamiinia, mikäli klooriannostusta edelleen kasvatetaan alkavat amiinit hajoamaan typpikaasuksi. Diklooriamiinin  $\text{NHCl}_2$  desinfiointiteho on parempi kuin monoklooriamiinin, mutta se aiheuttaa veteen pahoja hajuja ja makuvirheitä. Triklooriamiini  $\text{NCl}_3$  on kaasumainen yhdiste, jonka muodostuminen on



yleensä vähäistä. Triklooriamiinille ominaista on veteen aiheutuva paha haju sekä maku ja se saattaa myös aiheuttaa silmien kirvelyä. Klooriamiinikloorauksessa kloorin syöttösuhde ammoniumtyyppeen pyritään pitämään sopivana noin 5:1, jolloin lähes kaikki vedessä oleva kloori on sidottua monoklooriamiinia. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, ss. 7–8; Valve & Isomäki, 2007, s. 9)

Klooriamiinien reaktiot vedessä:



Mono-, di- ja triklooriamiinien muodostumisen vaikuttavat happamuus, klooriannostus ja kontaktiaika. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, ss. 38–39)

Klooriamiinikloorausta käytetään varmistamaan veden mikrobiologinen laatu verkostossa. Sen desinfiointiteho ei ole yhtä hyvä kuin natriumhypokloriitin tai klooridioksidin, joten pintavesilaitoksilla tai kohteissa missä tiedetään olevan mikrobiologisen saastumisen riski, on sen kanssa käytettävä tehokkaampia desinfiointimenetelmiä ja klooriamiinia vasta viimeisenä vaiheena ennen veden syöttämistä verkostoon. Klooriamiinin etuja ovat, että oikein annosteltuna se ei muodosta sivutuotteita, joskin nitriitin muodostuminen on mahdollista, ja desinfiointiteho ei ole riippuvainen pH-arvosta. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, ss. 7–11)

### 3.3 Klooridesinfioinnin haitat ja ongelmat

Klooridesinfioinnista voi syntyä terveydelle haitallisia sivutuotteita lähinnä trihalometaaneja ja toisaalta klooriamiinia käytettäessä on huomioitava oikea annostelu, jotta nitraatti- ja/ tai nitriittipitoisuudet jaettavassa talousvedessä pysyvät hallinnassa. Suomen talousvesiasetuksessa 1352/2015 on määrätty näille aineille ja yhdisteille terveysperusteiset laatuvaatimuserot.

Klooridesinfiointin ongelmat keskittyvät lähinnä oikeaan annosteluun ja riittävän desinfiointitehon ulottamiseen myös verkostojen hännille. Vapaa kloori kuluu vedestä helpommin, mutta myös sidotun kloorin pitoisuudet laskevat verkostossa. Vesilaitoksien toimittama vesi on puhdasta ja turvallista, mutta ei steriiliä eli se sisältää aina ihmisen terveydelle haitattomia mikrobeja. Desinfiointilla vaikutetaan mikrobien kasvuolosuhteisiin vesijohtoverkostossa. Mikäli kasvuolosuhteet ovat otolliset ja veden viipymä pitkä, alkavat mikrobit lisääntyä niin vedessä kuin putkien pinnoille muodostuvassa biofilmmissä. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-a)

### 3.3.1 Sivutuotteet

Klooridesinfiointia käytettäessä on huomioitava, että desinfioitava vesi on laadultaan sellaista, ettei veteen synny sivutuotteita eli kemiallisia epäpuhtauksia. Merkittävimmät sivutuotteiden aiheuttajat ovat orgaaninen aines ja väärä kemikaalien syöttösuhde tai -tapa. Orgaaninen aines vedessä on yleensä raakaveden humusta, joten ongelma on isoin käytettäessä pintavettä. Humuksen tehokas poistaminen ennen klooridesinfiointia on tästä syystä tärkeää. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-c)

Humuspitoisen veden desinfiointi varsinkin vapaalla kloorilla synnyttää trihalometaaneja kuten kloroformia, bromidikloorimetaania, dibromikloorimetaania ja bromoformia. Yleisimmin klooratussa vedessä esiintyy trihalometaaneista kloroformia, joka on helposti haihtuvaa aiheuttaen kuluttajille altistusta myös hengitysilman kautta. Trihalometaanien muodostuminen käytettäessä klooriamiinia ei ole yhtä voimakasta, mutta mahdollista. Trihalometaanien määrään ja niiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttavat keskeisesti vedessä olevien orgaanisten aineiden ja bromin pitoisuudet. (Valvira, 2020d, s. 25)

Suomen talousveden laatuvaatimus trihalometaanien yhteismäärälle on 100 µg/l. Mikäli vedessä havaitaan trihalometaaneja, indikoi se myös muiden halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden mahdollisesta esiintymisestä. Näiden yhdisteiden terveysvaikutuksia ei tarkasti tunneta. Trihalometaaneja pidetään kokonaisuudessaan ryhmänä kemiallisia aineita, jotka lisäävät kloorattuun juomaveteen liittyvää kohonnutta syöpäriskiä ihmisillä. Tästä syystä toimitettavan veden trihalometaanien tarkkailu on tärkeää ja pitoisuudet pyritään pitämään

mahdollisimman alhaisina. Humuspitoisen veden klooraamisesta voi lisäksi syntyä sivutuotteina halogenoituja etikkahappoja tai kloorattuja furanoneja. Näille yhdisteille ei talousvesiasetuksessa ole raja-arvoja, eikä niitä normaalisti todeta klooriamiinia käytettäessä. (Valvira, 2020d, s. 25; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-c)

Klooriamiinikloorausta käytettäessä on lisäksi tarkkailtava nitriittipitoisuuksia, koska klooriamiinit muodostavat hajotessaan ammoniumioneja, joiden on verkostossa mahdollista hapettua bakteerien toiminnan seurauksena nitriitiksi. Klooriamiinidesinfiointia käyttävillä laitoksilla on havaittu olevan verkostoissaan ominainen mikrobiyhteisö, joka sisältää muita laitoksia runsaammin typenkiertoon osallistuvia bakteereita (sähköpostikeskustelu Pitkänen THL huhtikuu 2022). Talousveden laatuvaatimuksissa nitriitille on asetettu terveysperusteinen laatuvaatimus 0,5 mg/l käyttäjän hanasta otettavalle vedelle ja laitokselta lähtevässä enimmäisarvo on 0,1 mg/l. Oikein mitoitettulla annostuksella nitriittipitoisuuksien ylitykset ovat kuitenkin harvinaisia. (Vesilaitosyhdistys, 2014b, s. 8; Valvira, 2020d, ss. 21–22)

### 3.3.2 Biofilmit

Laadullisesti hyvässäkin talousvedessä on jonkin verran terveydelle haitattomia mikrobeja ja ravinnejämiä tai hajoavaa ainesta. Nämä mikrobit kuvaavat veden yleistä tilaa ja niistä voidaan mitata desinfiointin riittävyttä. Mikäli vesijohtoverkoston muodostuu mikrobeille suotuisat kasvuolosuhteet, alkavat mikrobit lisääntymään sekä vedessä että putkien pinnoilla. Vesijohtoverkoston mikrobeilla on taipumus kiinnittyä putkimateriaalien pinnoille. Mikrobeista ja niiden erittämistä aineista syntyy putkien pinnoille biofilmi. Vaikka vedessä olisikin vain pieniä määriä epäorgaanisia tai orgaanisia aineita, isojen vesimäärien myötä ne riittävät ravinnoksi mikrobeille biofilmin muodostamiseen. Merkittävimmät mikrobien kasvun ravinteet talousvedessä ovat orgaaninen hiili ja fosfori. (Heikkilä, 1999, s. 24; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, n.d.-a)

Pääosin vesijohtoverkoston mikrobit kasvavat biofilmeissä ja putkistoihin kertyneissä epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden saostumisissa. Asiaa tutkittaessa on todettu, että eri paikkakuntien verkostoissa eliöyhteisöt poikkeavat toisistaan, vaikka kaikissa tuotettiinkin tasalaatuista ja ihmisen terveydelle turvallista vettä. Biofilmit ovat haitallisia, koska ne

lisäävät heterotrofisten bakteerien määrää ja toisaalta vähentävät desinfioinnin tehoa, suurina määrinä esiintyessään biofilmit saattavat myös aiheuttaa veteen maku- ja hajuhaittoja. Biofilmien ja kertyneiden saostumien ongelmina ovat lisäksi virtausvastuksen kasvaminen, mahdollinen nitrifikaatio sekä biokorroosio. Klooriamiinidesinfointia käytettäessä vesijohtoveden nitrifikaatio aiheuttaa klooriamiinin hajoamisen nitriitiksi ja heterotrofisten bakteerien määrä saattaa lähteä nousuun. Verkostoon mahdollisesti päässeet patogeeniset bakteerit ovat biofilmien ja saostumien suojassa siten, että desinfiointikemikaalit eivät pääse täydellä teholla niihin vaikuttamaan, tästä syystä ongelma korostuu vesijohtoverkoston saastumistilanteissa, joissa joudutaan käyttämään normaalia korkeampia desinfiointimääriä ja mahdollisesti mekaanista puhdistusta, jotta verkosto saadaan jälleen puhtaaksi. (Heikkilä, 1999, s. 24; Terveystieteiden tutkimuskeskus, n.d.-a; Pitkänen, 2020, ss. 34–35)

Heterotrofisten mikrobien lisäksi biofilmissä saattaa esiintyä aktinomykeettejä (aiemmin sädesienten nimellä) ja mikrosieniä (homeita ja hiivoja). Jotkin home-/ aktinomykeettilajit tuottavat mykotoksiineja, joiden runsas määrä voi aiheuttaa terveyshaittoja.

Terveyshaittojen lisäksi varsinkin aktinomykeettien erittämien metaboliatuotteiden kuten geosmiinin ja metyyli-iso-borneolin (MIB) tiedetään aiheuttavan veteen maku- ja hajuhaittoja. Suomalaisissa talousvesiverkostoissa on todettu esiintyvän jonkin verran homeita ja/ tai aktinomykeettejä, mutta pitoisuudet ovat yleensä matalia. Homeet ja hiivat ovat aitotumallisia, jotka solurakenteensa vuoksi ovat vesiympäristössä hyvin säilyviä. Myös homeiden tapa lisääntyä itiöiden avulla edesauttaa niiden säilymistä ja menestymistä hankalissakin olosuhteissa. (Korhonen ym., 2006, s. 8, 17; Pursiainen ym., 2022, s. 4)

Suunnitelmallisten verkoston kunnossapitohuuheluiden lisäksi biofilmit saattavat lähteä liikkeelle myös mm. äkillisten paineen- tai virtaamavaihteluiden seurauksena, jolloin mahdollisesti kuluttajille päätyy vettä, jossa on esteettisiä ongelmia kuten väri-, haju- tai makuvirhettä. Tällaisissa tilanteissa virheen aiheuttajat ovat pääsääntöisesti mangaani tai rautasaostumat. (Kekki ym., 2007, s. 26)

## 4 HS-Vesi vedentuotannon ja -jakelun toimintaympäristö

HS-Vesi eli Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy on Hämeenlinnan ja Akaan kaupunkien sekä Hattulan kunnan omistama vesihuolto-yhtiö, joka tuottaa vesihuoltopalveluita asiakkailleen vahvistetuilla toiminta-alueillaan. HS-Veden toimintaan kuuluvat: puhtaan veden hankinta ja käsittely, veden jakelu kiinteistöihin, jätevesien johtaminen viemäriverkostoa pitkin jätevedenpuhdistamoille sekä jätevesien puhdistus ja käsitellyn jäteveden johtaminen vesistöön. Yhtiö on perustettu vuonna 2001 ja Akaa liittyi siihen 2012. (HS-Vesi, n.d.)

### 4.1 Vedenjakelualueet

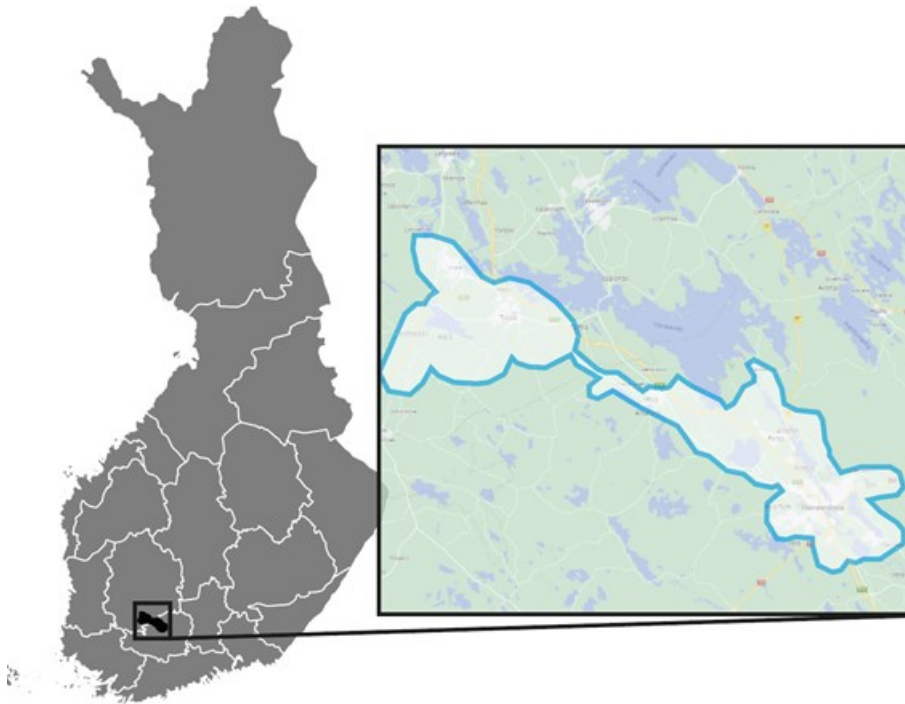
Terveysturvallisuuslain 16 § 1 momentti kuvaa vedenjakelun sellaiseksi talousveden jakeluverkoston yhtenäiseksi osaksi, jossa talousveden laatu on jokseenkin tasainen ja jonne talousveden toimituksesta vastaa yksi talousvettä toimittava laitos. Vedenottamoita vedenjakelun alueella voi olla useampia, jos vesi muutoin kuin tilapäisesti pääsee sekoittumaan keskenään siten, ettei veden laadussa vedenjakelun eri osissa ole merkittäviä eroja. Mikäli vesi sekoittuu ainoastaan tilapäisesti esim. varavesitilanteessa tai vaihtuminen on vähäistä yhdysvesijohtojen kunnossa pitämiseksi tehtävää veden vaihtoa ei eri alueiden katsota kuuluvan samaan vedenjakelun alueeseen. (Valvira, 2020a, ss. 11–13)

Talousveden laadun valvonta toteutetaan ja viranomaisvalvonnan tulokset raportoidaan vedenjakelun alueittain. Kunnan terveysturvallisuusviranomaisen toimittama aluehallintovirasto valvontatutkimustulokset niistä vedenjakelun alueista, joille vettä toimitetaan vähintään 1 000 m<sup>3</sup>/d tai vähintään 5 000 henkilön tarpeisiin. Aluehallintovirasto laatii tuloksista yhteenvedon, joka toimitetaan Terveysturvallisuuden ja hyvinvoinnin laitokselle, joka laatii kolmen vuoden välein valtakunnallisen yhteenvedon talousveden laadusta, laadun tuesta julkisen tiedotteen. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto laatii vastaavasti kolmen vuoden välein valtakunnallisen raportin häiriötilanteista, jota hyödynnetään talousveden laadun turvaamisen häiriötilannesuunnittelussa. Talousvettä toimittava laitos on vedenjakelun alueelleen toimittamansa veden laadusta vastuussa kiinteistöjen liittymispisteisiin asti, vaikka joku muu omistaisikin verkoston. (Valvira, 2020a, ss. 11–13; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja

valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023 21§)

HS-Vedellä on neljä vedenjakelualuetta. Suurin vedenjakelualueista Hämeenlinna – Hattula – Kalvola – Akaa sijaitsee kahden maakunnan alueella kanta-Hämeessä ja Pirkanmaalla. Vedenjakelualue on esitetty kartalla kuvassa 2 (Kuva 2 HS-Veden vedenjakelualue Hämeenlinna - Hattula - Kalvola - Akaa). Tässä opinnäytetyössä tutkitaan HS-Veden osalta ainoastaan tämän vedenjakelualueen veden laatua, koska muilla alueilla ei ole käytössä klooridesinfiointia, kuin huoltojen yhteydessä tai muissa poikkeustilanteissa. Käsiteltävälle vedenjakelualueelle vettä pumpataan viideltä vesilaitokselta. Laitoksista kolme on tekopohjavesilaitoksia ja kaksi pohjavesilaitoksia. Tämän vedenjakelualueen osuus koko HS-Veden pumpaamasta vesimäärästä on noin 92 % (vesimäärätiedot HS-Veden automaatiojärjestelmän Wahti raportoinnista). Vuorokaudessa vettä alueelle toimitettiin vuonna 2020 keskimäärin 16 600 m<sup>3</sup> ja käyttäjämäärä oli noin 72 000 henkilöä. Vedenjakelualueelle jaettavan veden määrä on niin suuri, että alue on viranomaisnäytteiden osalta EU-raportoitava. (Hämeenlinnan kaupunki, 2020)

Kuva 2 HS-Veden vedenjakelualue Hämeenlinna - Hattula - Kalvola - Akaa



## 4.2 Vedenhankinta ja -käsittely

Tässä työssä käsitellään pääosin HS-Veden kahden suurimman vedenottamon tuottamaa vettä, jotka klooridesinfioidaan ja jaetaan kuluttajille pääosin kanta-Hämeenlinnaan ja Akaaseen. Nämä suurimmat vedenkäsittelylaitokset ovat Ahveniston ja Kylmälahden tekopohjavesilaitokset, jotka sijaitsevat Ahveniston ja Hattelmalanharjun 1-luokan pohjavesialueilla. Molemmat laitokset hyödyntävät Alajärvestä imeytettävää tekopohjavettä luontaisen pohjaveden lisäksi.

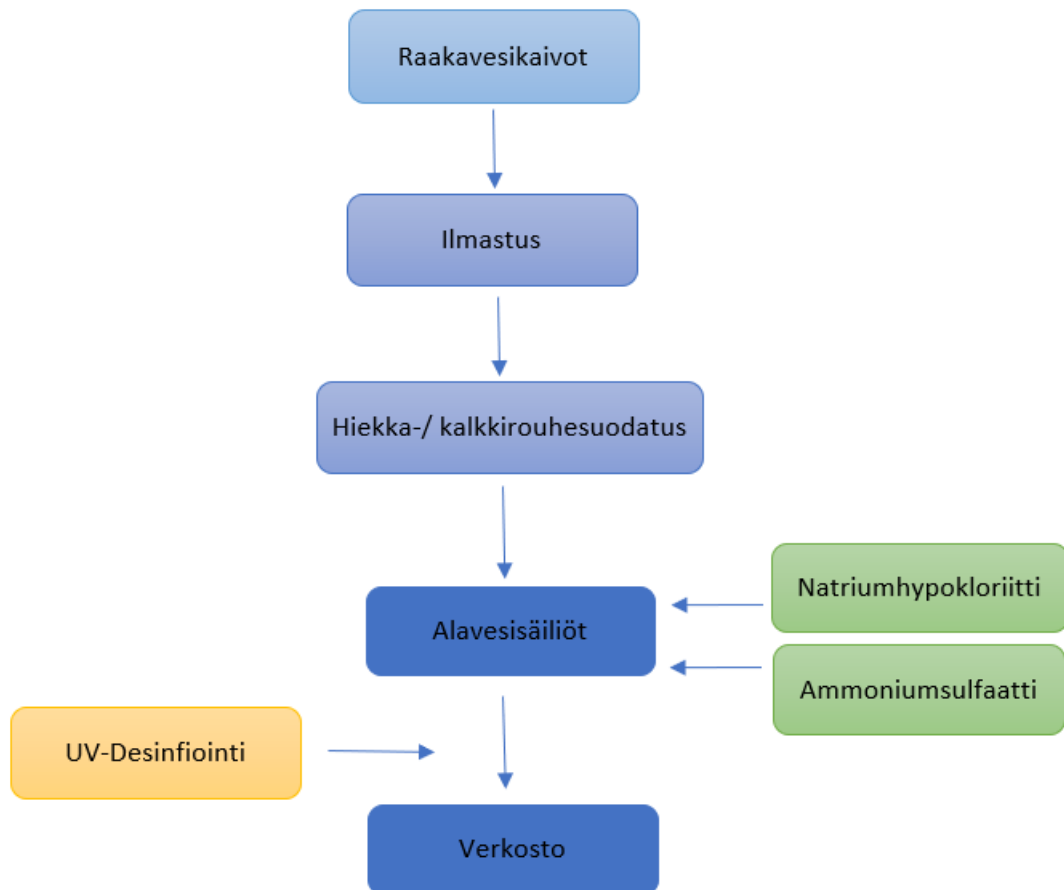
### 4.2.1 Ahveniston tekopohjavesilaitos

Ahveniston tekopohjavesilaitos toimii alueella, jossa Hämeenlinnan vesilaitostoiminta aloitettiin vuonna 1910. Raakavesi pumpataan laitokselle seitsemästä siiviläputkikaivosta. Laadultaan raakavesi on pääosin hyvää, vaikka vaihtelua kaivojen välillä onkin. Mikrobiologisesti kaikkien kaivojen vesi on erinomaista, osassa kaivoista sen sijaan on jonkin verran rautaa ja/ tai mangaania. Raakaveden laadusta vuosilta 2021–2022 on yhteenveto liitteessä 2. Vedenkäsittelylaitoksen prosessi keskittyykin pääosin raudan ja mangaanin poistamiseen sekä veden alkalointiin ja käsittely viimeistellään desinfioinneilla. Laitoksella on mahdollisuus johtaa vähemmän rautaa ja mangaania sisältävien kaivojen vettä ohi poistovaiheiden ja täten lisätä laitoksen maksimituottokapasiteettia.

Ahveniston vedenkäsittelylaitoksen prosessi on esitetty kuvassa 3 (Kuva 3 Ahveniston tekopohjavesilaitoksen prosessi). Vesi käsitellään laitoksella ilmastamalla, hiekkakalkkirouhesuodatuksella sekä desinfiomalla klooriamiinilla (käytössä olevat kemikaalit ovat natriumhypokloriitti ja ammoniumsulfaatti) ja UV-desinfioinnilla. Ilmastuksen ja suodatuksen tarkoitus on raudan ja mangaanin poistaminen sekä veden alkaloiminen. UV-desinfioinnilla varmistetaan veden mikrobiologinen laatu laitokselta lähtevässä vedessä. Klooriamiinia käytetään suojaamaan veden laatua sen liikkua pitkiäkin verkosto-osuuksissa. Kokonaisklooripitoisuus laitokselta lähtevässä vedessä on KVVY Tutkimus Oy:n akreditoitussa laboratoriossa analysoiduissa omavalvontanäytteissä vuonna 2022 ollut keskimäärin 0,28 mg/l vaihteluvälin ollessa 0,20–0,31 mg/l. Vuonna 2021 vastaavasti keskiarvo oli 0,26 ja vaihteluväli 0,16–0,34 mg/l. Keskiarvo on hyvin sillä tasolla,

jolle desinfiointissa pyritään, mutta tuloksissa näkyy, että täysin tasaista desinfiointikemikaalien syöttö ei kaikissa tilanteissa ole. Vapaan kloorin tarkkailu lähtevään veteen on otettu pysyvästi laboratorioanalyysiin mukaan vasta vuonna 2022. Tulokset osoittavat, että kloori saadaan hyvin sidottua ja vapaan kloorin pitoisuudet ovat olleet tasolla  $<0,05\text{--}0,07\text{ mg/l}$ . Opinnäytetyöhön liittyvän tutkimusjakson aikana näytteistä analysoitiin myös haju ja maku, joita näytteissä ei todettu. Klooripitoisuuksia mitataan näytteiden lisäksi jatkuvatoimisilla mittareilla, jotka säätelevät kemikaalien syöttömääriä. Ahveniston laitoksen lähtevän veden laadun yhteenveto vuosilta 2021–2022 on esitetty liitteessä 3.

Kuva 3 Ahveniston tekopohjavesilaitoksen prosessi



#### 4.2.2 Kylmälahden tekopohjavesilaitos

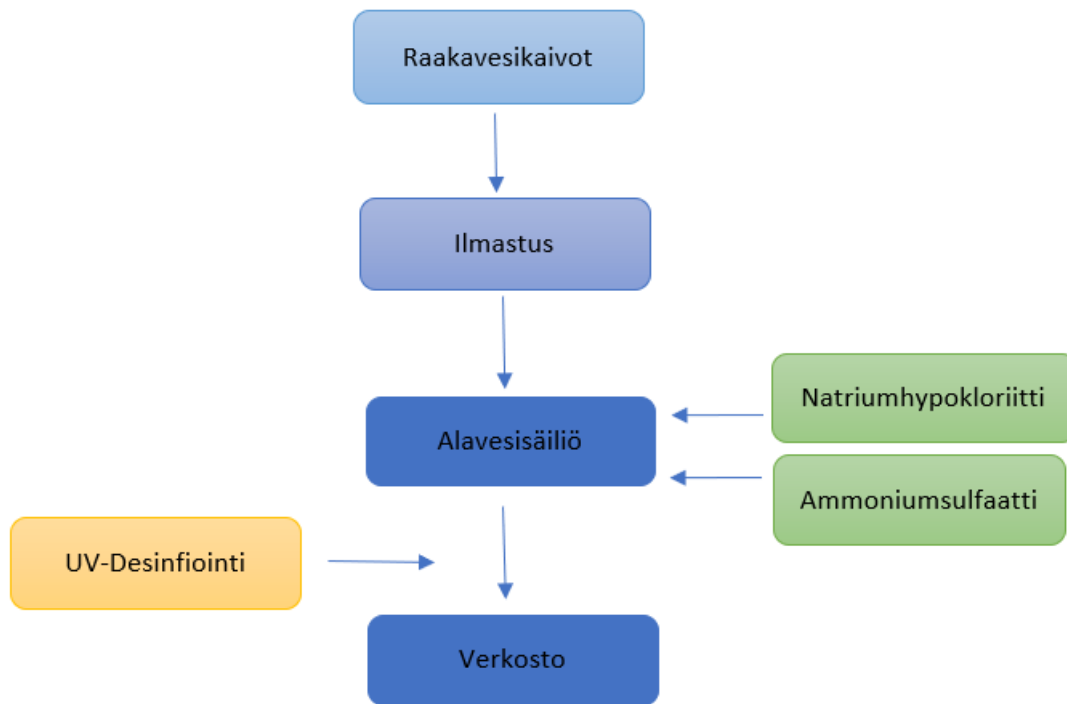
Kylmälahden pohjavesilaitos on alun pitäen otettu käyttöön vuonna 1969. Vuosien saatossa vedenottoaivoja on lisätty uusille sijainneille ja nykyään käytössä on viisi siiviläputkikaivoa.



Alkuperäiset kaivot on jouduttu korvaamaan, kun niihin lähti rantaimetyymään Vanajaveden järvivettä. Vuosikymmenten kuluessa vedenkäyttö on lisääntynyt ja Hämeenlinnassa siirrytty tekemään tekopohjavettä. Alun pitäen tekopohjaveden imeytys suuntautui Ahveniston tekopohjavesilaitokselle. Vuonna 2009 Pöyry Finland Oy:n johdolla tehdyt isotooppitutkimukset kuitenkin osoittivat, että osa Alajärvestä imeytetystä vedestä päätyi eri pohjavesialueella sijaitsevalle Kylmälahden vedenottamolle. Näiden tutkimustulosten perusteella Kylmälahden antoisuutta päätettiin koittaa lisätä imeyttämällä Alajärven vettä myös Hattelmalanharjun pohjavesialueelle poratun imeytyskaivon kautta. Koetoiminta aloitettiin vuonna 2019 ja siitä on saatu positiivisia tuloksia. Lopulliset johtopäätökset jatkosta ja viranomaislupien päivitykset tehdään vuonna 2023. Kylmälahden laitosta voidaan kuitenkin jo nykyisten tulosten perusteella käsitellä tekopohjavesilaitoksena.

Laadullisesti Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen kaivojen vedenlaadussa on jonkin verran eroja laitosalueella sijaitsevien kaivojen sekä kauempana Vanajaveden rannasta sijaitsevien kaivojen välillä. Veden laatuun vaikuttaa myös sijainti valtateiden 3 ja 10 välittömässä läheisyydessä. Tiesuolan vuosikymmeniä jatkunut käyttö näkyy kohenneena kloridipitoisuutena osassa kaivoista. ELY-keskuksen pohjavesien suojelutoimenpiteenä alueelle on tehty pohjavesien suojausrakenteita 2010-luvulla. Vedenotto painottuu pienempiriskisiin kaivoihin. Kaikkien käytössä olevien vedenottokaivojen laatua tarkkaillaan kuitenkin tasapuolisesti. Laitoksen raakaveden laatutulokset vuosilta 2021–2022 ovat liitteessä 4. Laadun keskiarvoa ei ole painotettu vedenottomäärien mukaan, mutta selkeästi tietyistä kaivoista johtuvat korkeat arvot on merkitty taulukkoon huomiotehtävillä. Rautaa tai mangaania ei Kylmälahden raakavedessä esiinny juurikaan, joten niiden poistamiselle laitoksen käsittelyssä ei ole tarvetta. Veden käsittelynä Kylmälahden laitoksella on ilmastus. Raakavedessä oleva vapaa hiilidioksidi ilmastetaan ja näin saadaan kemikaalittomasti veden pH nousemaan happaman 6.7–6.8 puolelta verkostojen kannalta hyvälle 7.8 tasolle. Kuva 4 esittää laitoksen nykyiset prosessivaiheet (Kuva 4 Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen prosessi ). (Ramboll Finland Oy, 2016, ss. 16–17)

Kuva 4 Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen prosessi



Mikrobiologiselta laadultaan Kylmälahden raakavesi on pääosin erinomaista, mutta riskienhallintatoimenpiteenä laitoksen prosessiin kuuluu veden UV-desinfiointi sekä klooriamiinin lisääminen. Klooriamiini muodostetaan natriumhypokloriitista ja ammoniumsulfaatista, jotka lisätään vaikuttamaan laitoksen alavesialtaaseen ennen veden pumppaamista verkostoon. Klooripitoisuutta seurataan jatkuvatoimisilla mittareilla sekä KVVY Tutkimus Oy:n akreditoitussa laboratoriossa analysoitavilla omavalvontanäytteillä. Vuonna 2022 otetuissa lähtevän veden näytteissä kokonaiskloorin määrä on ollut keskimäärin 0,18 mg/l vaihteluvälin oltua 0,13-0,22 mg/l. Vastaavasti vuonna 2021 keskiarvo kokonaisklooripitoisuudelle oli 0,22 mg/l ja vaihtelu 0,15-0,25 mg/l. Vapaata klooria ei tarkoituksella laitokselta lähtevässä vedessä juurikaan ole vaihteluvälin ollessa <0,05–0,06 mg/l (näytteenotossa vuodesta 2022). Kloorin sitominen oikealla kemikaalien syöttösuhteella on siis onnistunut hyvin. Yhteenveto Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen lähtevän veden tuloksista vuosina 2021–2022 on esitetty liitteessä 5.

### 4.2.3 Tuulimäen desinfiointiasema

HS-Veden Akaan alueelle toimittama vesi tulee pääosin Ahveniston tekopohjavesilaitokselta (keskimäärin 65 %), mutta osa vedestä alueelle johdetaan Hattulan (n. 15 %) ja Kalvolan (n. 20 %) laitoksilta (vesien kulkeutumisen osuudet on tarkasteltu laitoksen automaatiojärjestelmän Wahti raportoinnista). Hattulan ja Kalvolan laitoksilla ei ole käytössä jatkuvatoimista klooridesinfiointia. Siirtovesijohtoa Hämeenlinnan ja Akaan välillä on kaiken kaikkiaan yhteensä 32 kilometriä ja normaalitilanteessa vesi kulkee tämän matkan 18 tunnin aikana. Siirtovesijohdon lisäksi veden ikää lisäävät verkosto-osuudet niin Hämeenlinnassa kuin Akaassakin (veden iän mallinsi HS-Veden suunnittelija Tiina Kudjoi).

Akaan alueella on varavesiyhteys naapurilaitokselta, jossa käytetään pintavettä, joten tämän ja pitkän viipymän vuoksi Akaan verkostossa on tarkoituksenmukaista pitää yllä suojaavaa klooripitoisuutta. Tämä kloorimäärä syötetään alueelle johdettavaan veteen siirtovesijohdon varteen sijoitetulta desinfiointi- ja paineenkorotusasemalta. Tuulimäen desinfiointiasemalla veteen syötetään klooriamiinia, joka muodostetaan natriumhypokloriitista ja ammoniumsulfaatista.

Tuulimäen desinfiointiasemalla ei ole alavesisäiliötä, vaan kemikaalit syötetään suoraan putkeen virtaavaan veteen ja niiden sekoittuminen sekä reagointi tapahtuu siirtovesijohdossa. Tämä on mahdollista, koska asema on sijoitettu selkeästi ennen kuluttajia, joten reagointiaikaa jää tarpeeksi. Akaan alueelle haetaan syöttöpisteessä hieman korkeampaa 0,4 mg/l kokonaisklooripitoisuutta kuin Hämeenlinnaan pitkien viipymien ja mahdollisen pintavesilaitokselta tulevaan veteen sekoittumisen vuoksi. Kloorin määrä mitataan jatkuvatoimisesti mittausasemalta ennen veden johtamista asiakkaille, mutta varsinaisia laitosnäytteitä desinfiointiasemalta ei oteta, vaan klooripitoisuutta seurataan velvoite- ja omavalvontanäyttein valvontatutkimusohjelman mukaisesti verkoston näytepisteistä.

Akaan vesisäiliölle 1 on rakennettu hyväkapasiteettinen runkovesijohto Tuulimäen desinfiointiasemalta tulevasta siirtovesijohdosta ja koska se on keskeisessä roolissa Akaan vedenjakelussa, on tämä kohde otettu tarkempaan laatuanalysointiin. Taulukosta 5 nähdään, että säiliön keskimääräinen kokonaisklooripitoisuus on ollut 0,25 mg/l, kun koko

Akaata tarkasteltaessa pitoisuus on ollut 0,14 mg/l (Taulukko 5 Akaan kloorimäärät ajalla 01–10/2022 (koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2022 aineistosta)). Vapaata klooria ei esiinny juurikaan eli kemikaalisuhde kloorin sitomiseksi on oikea.

Taulukko 5 Akaan kloorimäärät ajalla 01–10/2022 (koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2022 aineistosta)

	Kokonais-kloori mg/l	Vapaa kloori mg/l	Haju todettu/näytemäärä	Haju todettu %	Maku todettu/näytemäärä	Maku todettu %
<b>Akaan vesisäiliö 1</b>	0.25	0.05	1/36	2.8 %	7/36	19.4 %
<b>koko Akaa</b>	0.14	0.05	1/44	2.3 %	7/44	15.9 %

### 4.3 Verkosto

HS-Vedellä on käytössään verkkotietojärjestelmä, joka kattaa koko toiminta-alueen verkostot niin vesijohtojen, kuin jäte- ja sadevesiviemäreidenkin osalta. Tietojärjestelmään on tallennettu verkostot paikkatietomuodossa niiden ominaisuudet mm. halkaisija, materiaali ja asennusvuosi ovat myös pääosin tiedossa. Ajantasainen paikkatieto on äärimmäisen tärkeä työkalu verkostojen hallinnassa. Lisäksi käytössä on kunnossapitojärjestelmä, jonne tallennetaan havainnot ja toimenpiteet, joita verkostosta tehdään. Tietoja hyödynnetään mm. saneeraustarpeen arvioinnissa, saneerauksen- ja kunnossapidon kohdentamisessa sekä järjestelmällisen huoltotoiminnan ylläpitämisessä.

Taulukosta 6 nähdään, että HS-Veden vesijohtoverkostosta suurin osa on muovia, joskin rautaputkiakin edelleen on käytössä (Taulukko 6 HS-Veden vesijohtoverkoston materiaalien osuudet (tilanne 08/2023)). Vesijohtoverkoston kokonaispituus on lähes 1200 km. Taulukko 7 HS-Veden vesijohtoputkiston asennusvuodet kertoo lisäksi, että suurin osuus putkistoista on 2000-luvun alusta, mutta paljon on myös 1970–2000-lukujen aikaista vesijohtoa, eikä ihan kaikista putkiosuuksista ole tietokantaan tallennettu asennusvuotta. Tilastosta nähdään myös, että verkostojen saneeraukseen ja uudisrakentamiseen panostetaan 2020-luvulla.

Taulukko 6 HS-Veden vesijohtoverkoston materiaalien osuudet (tilanne 08/2023)

Materiaali	Määrä (m)	Osuus kaikista
B	0,69	0,00 %
Betonoidut	11 963,79	1,03 %
Harmaa valurauta	52 925,64	4,56 %
Himaniitti	9 324,92	0,80 %
PE / PP	764 715,47	65,96 %
PVC	230 989,83	19,92 %
SG-valurauta	80 233,87	6,92 %
Teräs	5 148,22	0,44 %
Muut	4 111,74	0,35 %
<b>Yhteensä</b>	<b>1 159 414</b>	<b>100 %</b>

Taulukko 7 HS-Veden vesijohtoputkiston asennusvuodet (tilanne 8/2023)

Asennusvuosi	Määrä (m)	%
1910–1919	92,74	0 %
1920–1929	205,15	0 %
1930–1939	207,75	0 %
1940–1949	1 778,08	0 %
1950–1959	6 981,19	1 %
1960–1969	67 396,50	6 %
1970–1979	144 208,50	12 %
1980–1989	195 645,50	17 %
1990–1999	241 198,46	21 %
2000–2009	274 177,57	24 %
2010–2019	183 181,62	16 %
2020–2023	31 092,42	3 %
0–0	13 248,69	1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>1 159 414</b>	<b>100 %</b>

HS-Vesi on perustettu vuonna 2001 ja Akaa liittyi siihen vasta vuonna 2012. Tätä ennen nykyisellä HS-Veden toiminta-alueella vesihuollosta vastasivat monet kunnat (ennen Hämeenlinnan ja Akaan kuntaliitoksia) ja alueen verkostoissa onkin monenlaisia keskenään erilaisia verkostomateriaaleja ja rakentamistapoja. Toimintatavat on yhtenäistetty yhtiön toiminta-aikana, mutta vanhemmissa verkosto-osuuksissa eroavaisuuksia edelleen löytyy siihen asti, kunnes ne saneerataan tai korvataan uusilla järjestelyillä.

#### 4.4 Riskienhallinta

Riskienhallinta kuuluu olennaisena osana turvalliseen ja laadukkaaseen talousveden tuotantoon. HS-Vedellä riskien kartoittamista ja hallintaa on tehty pitkään, josta yhtenä merkittävimpana esimerkkinä voidaan pitää päävesilaitoksen saneerauksen yhteydessä käyttöönotettua jatkuvaa klooridesinfiointia tekopohjavedelle aikana, jolloin se ei ollut kovin yleistä. Saneerauksen suunnittelussa huomioitiin veden laadun lisäksi jakelualueen laajeneminen merkittävästi siirtovesijohdolla Akaaseen, jolloin osa vedestä viettää putkissa huomattavasti pidemmän ajan ja toisaalta päätyy alueelle, jossa aiemmin on ollut käytössä ainoastaan pintavedestä valmistettua talousvettä ja jatkossakin tämä sama vesilähde on varavesilähteenä. Myös varsinainen jakelualue kanta-Hämeenlinnassa huomioitiin suunnittelussa ja tiedostettiin mm. alueella olevan vanhenevaa vesijohtoverkostoa, jonka veden laadun varmistamiseksi klooridesinfiointi todettiin tarpeelliseksi.

Nykyisen muotoinen WSP-työkalulla tehty riskienhallintasuunnitelma HS-Vedellä laadittiin ensimmäisen kerran vuonna Ramboll Finland Oy:n vetämänä 2016 ja Hämeenlinnan kaupungin viranomaispalvelut on hyväksynyt sen 2019. Riskienhallintasuunnitelma pitää sisällään koko HS-Veden vedenhankinnan, kaikki käsittelylaitokset sekä vedenjakeluverkoston. Suunnitelma on laadittu asiantuntevan konsultin vetämänä yhteistyössä HS-Veden ja terveydensuojeluviranomaisten kesken. Tiedote HS-Veden riskienhallinnasta on liitteessä 6. Lisäksi riskienhallintasuunnitelmaa täydentää Hämeenlinnan ja Hattulan alueelle vuonna 2016 laadittu pohjavesien suojelusuunnitelman päivitys, jonka seurantaryhmään ovat osallistuneet edustajat mm. ELY-keskuksesta, Hämeenlinnan kaupungin ympäristönsuojelusta ja terveydensuojelusta, pelastuslaitokselta, HS-Vedeltä sekä kunnasta, myös kaavoitusta informoitiin hankkeesta. Pohjavesien suojelutyöryhmä kokoontuu säännöllisesti tarkastelemaan havaittujen riskien tilannetta sekä päivittämään tehdyt toimenpiteet ja mahdollisesti tarvittavat jatkotoimenpiteet.

HS-Veden WSP-suunnitelma pitää sisällään havaittujen riskien arvioinnit ja hallintakeinot. Ohjelmasta saadaan toimenpide- ja seurantaohjelmat sekä riskiraportit. Suunnitelmat päivitetään vähintään vuosittain tai tarpeen mukaan. Uusi juomavesidirektiivi EU 2020/2184 ja sen kansalliseen toimenpanoon laadittu Valtioneuvoston asetus talousveden tuotantoketjun riskienhallinnasta ja omavalvonnasta 7/2023 tuo mukanaan jonkinasteista

päivitystarvetta myös HS-Veden riskienhallintasuunnitelmalle siirtymäajan puitteissa, vaikka uuden asetuksen vaatimukset eivät merkittävästi poikkeakaan aiemmasta.

Osana turvallista vedenkäsittelyä ja riskienhallintaa HS-Vedellä on myös laadittu taudinaiheuttajien poistotehon arviointi (MBA) vuonna 2022 kaikille varsinaisille vedenkäsittelylaitoksille. Analyysin pohjalta laitoksia kehitetään ja saneeraus- sekä uudisrakentamisen suunnittelussa huomioidaan saadut tulokset.

## **5 Palautteet haju- ja makuhaitoista**

HS-Vedelle voi jättää suoraan palautetta useampia palautekanavia pitkin mm. vikanumeroihin soittamalla, www-sivujen kautta palautelomakkeella tai sähköpostitse, lisäksi yksittäisiä palautteita tulee omistajakaupunkien palautepalveluiden kautta välitettynä tai terveystarkastuksista toimijalle tiedoksi. Epäsuoria palautefoorumeita ovat mm. paikallislehtien keskustelupalstat ja paikalliset Facebook-ryhmät. HS-Vedellä on tiedotuskanavana omien www-sivujen lisäksi X-palvelu (ent. Twitter), muilta osin yhtiö ei ole sosiaalisessa mediassa aktiivinen. Tiedot tällaisista ajatustenvaihtoista tulevat yhtiön tietoon henkilöstön vapaa-ajan seurannan perusteella. Tästä syystä palauteen antamiseen tällaiset epäviralliset kanavat eivät ole tehokkaimpia ja toisaalta näihin keskusteluihin osallistujien tarkoituksena lienee enemmän kommenttien aikaansaaminen kuin palautteen antaminen.

Asiakaslähtöisten palautteiden lisäksi HS-Vesi on selvittänyt asiakkaiden mielipiteitä ja tyytyväisyyttä vesihuoltopalveluihin osallistumalla useamman vesilaitoksen yhteistyössä teettämään asiakastyytyväisyystutkimukseen. Vuosittain samalla sapluunalla tehtävä tutkimus antaa myös tietoa muutoksista asiakkaiden toiveissa ja kokemuksissa.

### **5.1 Vikanumeroihin tuleva palaute**

HS-Vedellä on päiväaikaan erilliset vikanumerot laatupalautteille, verkostohäiriöille sekä viemäripuolen ongelmille. Ilta- ja yöaikaan sekä viikonloppuisin nämä vikanumerot kääntyvät päivystymestarille. HS-Vesi on pyrkinyt ohjeistamaan, että äkillisissä häiriöissä asiakkaat ottaisivat yhteyttä nimenomaan vikanumeroihin soittamalla, koska tällöin häiriöihin

pystytään reagoimaan nopeimmin ja pystytään tarvittaessa pyytämään suoraan puhelun aikana tarkennuksia ongelman kuvaukseen.

Vikapuheluiden kautta saatava palaute on tärkeää häiriöiden havaitsemiseksi ja koska niitä ohjautuu eri henkilöille, pidetään niistä kirjaa sähköisessä käyttöpäiväkirjajärjestelmässä. Näin tilanteen kokonaishahmottaminen helpottuu, jos kyseessä on laajempi häiriö ja toisaalta tiedot jäävät talteen mahdollista myöhempää selvitystarvetta ajatellen. Puhtaan veden häiriöistä yleisimpiä ovat soitot veden värjäytymisestä, joka pääosin aiheutuu verkostosta irronneesta rauta- ja mangaanisakasta tai ilmakuplista, jotka värjäävät veden harmaaksi. Nämä häiriöt ovat yleensä paikallisia ja niille löytyy monesti selitys mm. äkillisesti muuttuneesta veden virtauksen muutoksesta. Hajuun ja makuun liittyviä soittoja tuli klooridesinfiointin käyttöönoton yhteydessä huomattavasti enemmän kuin nykyään. Tällä hetkellä maku- tai hajuvirheistä soittoja tulee enimmäkseen huoltotöiden yhteydessä, kun laitoksilla veden mikrobiologinen laatu varmistetaan klooridesinfiointilla sellaisella laitoksella, jolla kemiallinen desinfiointi ei normaalisti ole käytössä.

Tilasto vikanumeroihin tulevasta palautteesta ei välttämättä ole täysin luotettava, sillä puheluiden kirjaaminen järjestelmään on vastaajan vastuulla ja toisaalta tapaukset, joissa samasta asiasta tulee runsaasti soittoja eivät välttämättä tule kirjattua yksittäisinä vaan ryhmäkirjauksina. Ajalla 01/2020–06/2022 HS-Veden järjestelmään on kirjattu laatuun liittyviä häiriöitä tai kyselyitä yhteensä 138 kappaletta.

## 5.2 Kirjallinen palaute

Pääosa HS-Vedelle saapuvasta kirjallisesta palautteesta tulee [www.hsvesi.fi](http://www.hsvesi.fi) sivujen kautta palautelomakkeella, johon asiakas voi valita palautteen luonteen. Tässä luvussa käsitellään niitä palautteita, joihin on valittu jokin veden laatuun liittyvä ominaisuus esim. haju ja maku tai väri. Palautelomake on ollut käytössä 05/2020 alkaen ennen tätä ja vielä osittain nykyäänkin kirjallista palautetta tulee suoraan sähköpostilla joko HS-Veden yleiseen sähköpostiin tai suoraan henkilöille näiden tilastoiminen ja käsittely on haastavampaa, joka onkin syynä yhtenäiseen palautekanavaan siirtymiseen. Käytössä olon aikana laatuun liittyviä palautteita palveluun on kirjautunut 130 kappaletta (tilanne 06/2022).



Palautekanavan kautta tulleissa palautteissa kloorin hajuun ja makuun liittyvien palautteiden osuus on suurempi kuin vikanumeroihin soitetuissa. Tähän todennäköisenä syynä on ohjeistus, joka suosittaa asiakkaita soittamaan kiireellisistä asioista suoraan vikanumeroon ja kiireettömämmät palautteet vastaavasti palautekanavan kautta. Useimmat asiakkaat todennäköisesti kokevat klooriin liittyvät asiat vähemmän kiireellisiksi ja toisaalta niitä siedetään pidempään kuin esim. veden värjäytymiseen liittyviä ongelmia. Palautteiden jakautumisena tämä onkin sitä mitä yhtiö toivoo eli äkillisistä veden laadun muutoksista toivotaan nopeasti tietoa, kun pidempiaikaisia haittoja vastaavasti joudutaan käsittelemään ja pohtimaan pidempään.

Luonteeltaan kloorin hajuun ja makuun liittyvät kirjalliset palautteet ovat osittain varsin negatiivisia ja usein toistetaan ”vesi haisee kuin uimahallissa” lausetta, osittain myös mainitaan, että aiemmin vesi oli hyvää, mutta nyt se on pilattu kloorilla. Joukossa on toki neutraalimpiakin viestejä ja osaa huolestuttavat kloorin terveysvaikutukset tai koetaan siitä tulevan esim. iho-oireita. Asiakkaille vastataan palautteisiin ja kysymyksiin sekä tarvittaessa reagoidaan ongelmiin. Klooriin liittyen pyritään selittämään, miksi klooridesinfointiin on siirrytty eli tuomaan esiin riskienhallintaperusteet sekä kloorin varsin maltillinen määrä jo laitoksilta lähtevässä vedessä ja kloorin kulumisen verkostossa. Monesti ratkaisu tai ainakin parannus saataisiin veden vaihdolla myös kiinteistöjen putkistossa veden ollessa parhaimmillaan tuoreena ja raikkaana, kaikkiin ongelmiin tämä ei kuitenkaan riitä, mutta on asiakkaillekin varsin helppo ja nopea tapa parannusta hakea.

Palautepalvelun kautta tulleet yhteydenotot tallentuvat kartalle sen mukaan mihin palautteen antaja ne on sijoittanut. Määrällisesti eniten laatuun liittyviä viestejä on tullut kanta-Hämeenlinnan alueelta, jossa asiakkaiden määräkin on suurin. Palautteiden sijoittumisessa on havaittavissa tiettyä aluekohtaisuutta ja luvussa 6 käsitellyt alueet ovat niitä, joista palautetta on jätetty eniten. Vastaavasti tässä työssä verrokkialueena käsiteltävä Akaa on sellainen, josta klooriin liittyviä palautteita on tullut vain yksittäisiä, vaikka mm. klooripitoisuuden perusteella voisi olettaa haittoja havaitun myös siellä.

### 5.3 Sosiaalinen media

Sosiaalisen median keskusteluista todennäköisesti vain murto-osa tulee laitoksen tietoon, joko henkilöstön vapaa-ajan vieton kautta tai kirjallisessa palautteessa viitataan toisaalla käytyyn some-keskusteluun. Tällaisten keskusteluiden määrä on lisääntynyt ja toisaalta osan niistä sävy muuttunut aggressiivisemmaksi mitä aiemmin oli tapana. Tämä ilmiö koskee yhteiskuntaa yleisemminkin, mutta johtaa siihen, että lukemaansa pitää suhtautua tietyllä varauksella, kuitenkin vesihuoltolaitos ei voi täysin ohittaa myöskään tällaisia keskusteluita, vaikkei niihin aktiivisesti osallistukaan.

Esimerkkeinä HS-Veden veden laatuun liittyvistä keskusteluista käytetään Facebookin Hämeenlinna ryhmässä 14.10.2019 käytyä mielipiteiden vaihtoa, johon oli jätetty 195 viestiä ja 26.2.2022 käytyä keskustelua, jossa kommentteja oli 89. Hämeenlinna ryhmässä on jäseniä 19 610 (22.7.2022 tilanne), joten voidaan ajatella, että sitä ainakin jollain tasolla seuraa suuri joukko HS-Veden asiakkaita.

Keskustelunavaus 14.10.2019 tiedusteli muiden mielipidettä toisaalla yleensä vettä juovan henkilön näkemystä, jonka mukaan vesi Hämeenlinnassa on pahaa. Keskusteluun oli otettu runsaasti kantaa puolesta ja vastaan vesi koettiin joko hyväksi tai huonoksi. Moni huonoksi veden kokeva mainitsi kloorin hajun ja maun syyksi. Keskusteluun otettiin kantaa laajasti eri puolilta kaupunkia ja osa mainitsi veden olevan hyvää omassa kaupunginosassa, mutta vastaavasti huonoa esim. työpaikalla tai kaverilla tai toisinpäin. Vettä verrattiin myös yleisesti muihin paikkakuntiin mm. pääkaupunkiseutuun, Tampereeseen ja Turkuun. Pääosin oltiin sitä mieltä, että näillä alueilla klooria on enemmän kuin Hämeenlinnassa, myös vastakkaisia mielenilmaisuja toki näihinkin löytyi. Joukossa oli myös keskustelijoita, jotka mainitsivat kiinteistöjen putkistojen merkityksen veden laadulle ja löytyi sieltä myös henkilö, joka myönsi veden laadun parantuneen huomattavasti muuton yhteydessä, vaikka asuinkatu säilyikin samana. Osasta viestejä oli siis selkeästi havaittavissa, että ongelmat mitä todennäköisimmin aiheutuivat kiinteistön järjestelmästä. Positiivinen havainto oli, että monet kommentoivat veden olevan heidän mielestään hyvää tai todella hyvää.

Keskustelu 26.2.2022 alkaen on jo avaukseltaan hieman negatiivisävyisempi ja keskustelussakin sävy on ärhäkämmin kriittinen. Avauksesta johtuen keskustelussa

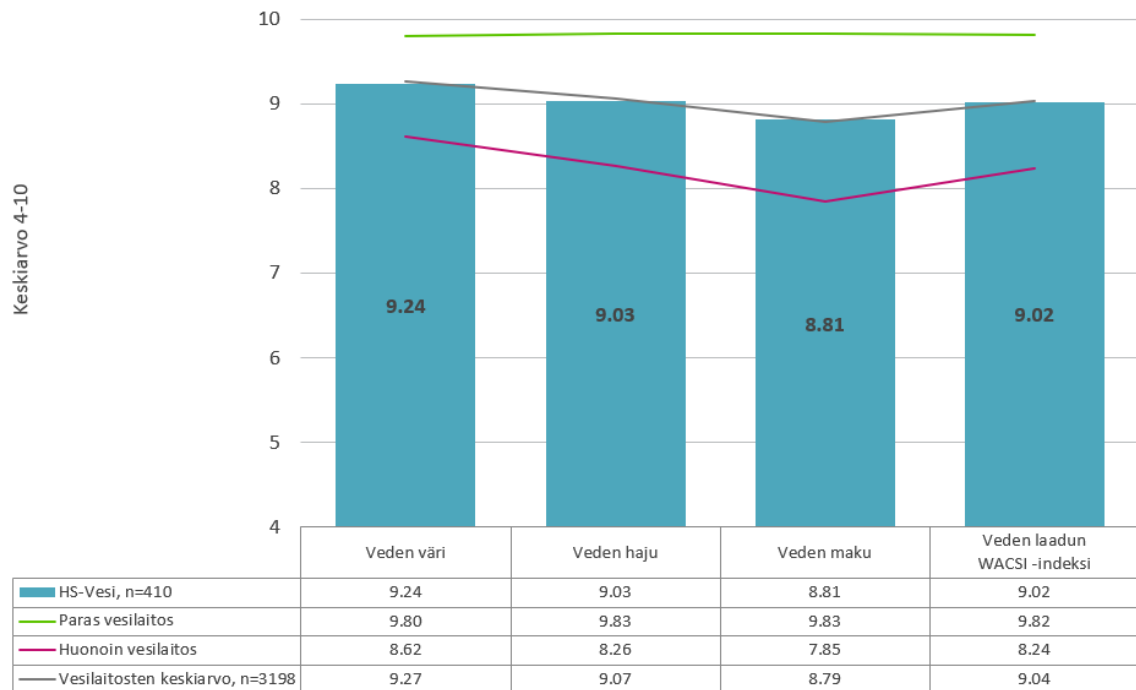
pohditaan nimenomaan klooria ja siitä koettua haittaa. Yksittäisiä kommentteja hyvästä vedestä on joukossa, mutta vähemmän kuin 2019 keskustelussa ehkä osittain johtuen useiden varsin negatiivisävyisestä lähestymistavasta. Tässä ketjussa ratkaisuksi useammatkin ovat todenneet käyttöön otetun hanaan asetettavan suodattimen. Hämeenlinnassa on kuitenkin käytössä klooriamiini eivätkä yleisimmät kotitalouksille myytävät hanoiin asennettavat suodattimet edes lupaa poistaa sidottua klooria. Asiakkaat siis kokevat veden laadun parantuneen ja kloorin hajun ja maun poistuneen, mutta ratkaisu on sellainen, ettei käytössä olevan kloorin muodon olisi pitänyt poistua. Tämä viittaa vahvasti siihen, että hajun ja maun aistimus tulee muusta kuin kloorista suoraan tai on yhdistelmä useampaa ongelmaa. (Aqva Finland, n.d.)

#### **5.4 Asiakastyytyväisyystutkimukset**

HS-Vesi on jo useamman vuoden ollut mukana Taloustutkimus Oy:n laatimassa WACSI (water customer satisfaction index) -asiakastyytyväisyystutkimuksessa, jossa kartoitetaan asiakkaiden mielipiteitä veden laadusta ja laitoksen toiminnasta. Tutkimukseen osallistuu vuosittain useita vesilaitoksia (vuonna 2022 yhteensä 12 kappaletta). Osallistuvat laitokset saavat käyttöönsä oman laitoksen tulokset ja osallistuvien laitosten keskiarvotulokset kustakin tutkittavasta osa-alueesta. Tutkittavat osa-alueet ovat veden laatu, veden jakelu, palvelu ja viestintä sekä kokonaisuus. Veden laatuun liittyvät tarkasteltavat ominaisuudet ovat maku, haju ja väri. (Taloustutkimus Oy, 2022, s. 6–10)

Koko yhtiön tasolla HS-Veden WACSI -indeksi veden laadusta vuonna 2022 oli kiitettävä 9,02, joka on osallistuvien vesilaitosten keskiarvon tasoa. Laadun osalta korkeimman arvosanan sai HS-Vedellä veden väri ja matalimman maku. Kaikilla mitatuilla laadun osa-alueilla yhtiö oli keskiarvon tuntumassa. Kuva 5 HS-Veden arvosanat veden laadusta vuonna 2022 (Taloustutkimus Oy, 2022, s. 15) näyttää miten HS-Veden veden laatua on arvostettu verrattuna muihin tutkimuksessa mukana olleisiin laitoksiin. (Taloustutkimus Oy, 2022, s. 15)

Kuva 5 HS-Veden arvosanat veden laadusta vuonna 2022 (Taloustutkimus Oy, 2022, s. 15)

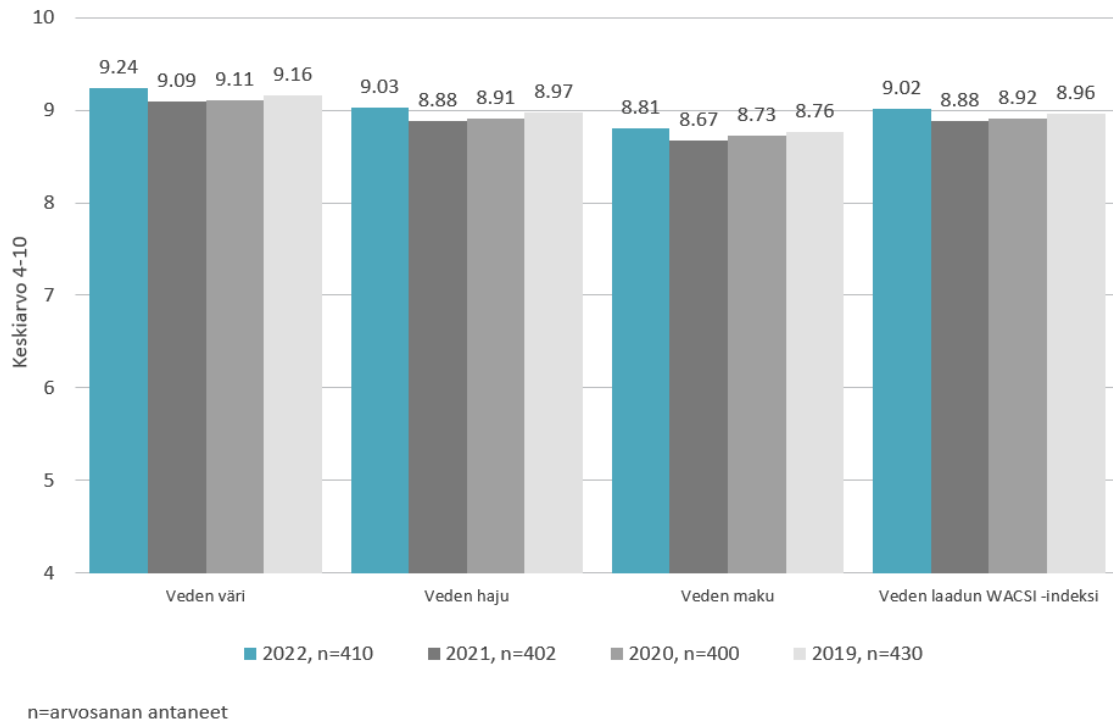


n=arvosanan antaneet

Useamman vesilaitoksen yhteistä WACSI-asiakastyytyväisyystutkimusta on tehty vuosittain pääosin samalla konseptilla. Tiedonkeruumenetelmiä on kehitetty ja osallistuvat laitokset ovat jonkin verran vaihdelleet, mutta tutkittavat osa-alueet ovat pysyneet samoina. Tämä mahdollistaa asiakastyytyväisyyden muutosten seuraamisen. Tuloksia verrataan aiempiin vuosiin ja tätä kautta voidaan tehdä tulkintoja tehtyjen parannustoimenpiteiden vaikutuksesta. Kuva 6 HS-Veden arvosanat veden laadun ominaisuuksista vuosina 2019–2022 (Taloustutkimus Oy, 2022, s. 16) osoittaa, että asiakkaiden tyytyväisyys veden laatuun sen kaikilla tutkituilla osa-alueilla on parantunut vuosien 2020 ja 2021 tasosta. Muutokset ovat sinällään vähäisiä, mutta positiivinen trendi niistä on havaittavissa. Veden laadun WACSI-indeksi on noussut ensimmäistä kertaa vertailujaksolla kiitettävän puolelle arvoon 9,02. (Taloustutkimus, 2022, s. 16)

Kuva 6 HS-Veden arvosanat veden laadun ominaisuuksista vuosina 2019–2022

(Taloustutkimus Oy, 2022, s. 16)



HS-Veden asiakastytyväisyyttä on lisäksi WACSI-tutkimuksessa selvitetty toimitusalueittain. Tarkasteltavat alueet osoittavat, että verkoston osissa veden laatuun suhtaudutaan jonkin verran eri tavoin. Tähän on todennäköisin syy siinä, että HS-Vedellä on useita laadultaan toisistaan poikkeavia vedenkäsittelylaitoksia, joista vettä pumpataan eri verkoston osiin, myös putkistojen ikä ja kunto vaihtelee alueittain. Parhaat kokonaisarvosanat veden laadulle annetaan alueilla, joille vesi tulee pohjavesilaitoksilta, joissa ei ole käytössä klooridesinfiointia. HS-Veden matalimmat laatuarvosanat annetaan kanta-Hämeenlinnassa (laatu yhteensä 8,93) ja Akaassa (8,80), jotka ovat myös tässä opinnäytetyössä lähemmin tarkasteltavat alueet. Näissä kaupungeissa toimitettava vesi on pääosin klooridesinfioitua tekopohjavettä. Laadun osa-alueista kanta-Hämeenlinnassa veden väri saa jopa yhtiön keskiarvoa paremman arvosanan (9,30), mutta haju ja maku kategorioissa näkyy, että osa vastaajista on kokenut näissä olevan parannettavaa. (Taloustutkimus, 2022, ss. 15–20)

## 6 Tarkasteltavat kohdealueet

Haju- ja makuvalituksia on klooridesinfiointin aloittamisen jälkeen tullut yksittäisiä eri puolilta Hämeenlinnan vedenjakelualuetta, mutta laajempaa ongelmaa on näyttäytynyt muutamassa kaupunginosassa eri aikoina. Laajasti keskustelua herätti kloorin maku- ja haju, kun klooriamiinidesinfiointi otettiin käyttöön vuoden 2014 loppupuolella Ahveniston vedenkäsittelylaitoksella. Tällöin eniten haittailmoituksia tuli läntiseltä puolelta Hämeenlinnaa ja kloorin leviämistä ja pitoisuuksia mitattiin eri puolilta. 2020-luvulla suurin valituskokonaisuus on ollut vastaavasti Hämeenlinnan itäpuolelta. Näitä ongelma-alueita, niiden erityispiirteitä sekä tehtyjä tutkimuksia käsitellään tässä osiossa. Vertailun vuoksi käsitellään myös Akaan alue, jossa klooridesinfiointua vettä on ollut pitkään ja valitusten määrä vähäisempi, mutta asiakastyytyväisyystutkimuksista voidaan todeta, että laatuarvosanat eivät ole aivan niin korkeat kuin osalla muista alueista.

### 6.1 Läntinen kanta-Hämeenlinna

Läntinen kanta-Hämeenlinna käsittää tässä tutkimuksessa alueen Hirsimäki – Kuokkamaa – Sampo ja osittain Kurala – Lakee aluetta. Tälle alueelle vesi tulee normaalitilanteessa pääasiassa Ahveniston tekopohjavesilaitokselta. Vanhimmat putket alueella ovat 1960-luvulta, mutta pääosin alueiden rakentuminen on alkanut 1970-luvulla jatkuen 2010-luvulle asti. Tarkemmin asennusvuodet on esitetty taulukossa 8 (Taulukko 8 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023)). Selkeästi suurin osa vesijohtoverkostosta on PE-muovia, mutta vanhemmissa syöttöjohdoissa on myös SG-valurautaa. Verkostomateriaalien määrät ja osuudet ovat nähtävissä taulukossa 9 (Taulukko 9 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusmateriaalit (tilanne 08/2023)). Tarkastelualueella vesijohtoa on n. 35 km ja alue on lähes täysin asutusaluetta, suuria teollisia vedenkäyttäjiä siellä ei ole.

Taulukko 8 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023)

Asennusvuosi	Määrä (m)	%
1960–1969	349,88	1 %
1970–1979	9 078,25	26 %
1980–1989	5 802,73	17 %
1990–1999	3 935,11	11 %
2000–2009	9 612,13	27 %
2010–2019	5 406,52	15 %
2020–2023	870,18	2 %
0–0	10,93	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>35 066</b>	<b>100 %</b>

Taulukko 9 Läntinen kanta-Hämeenlinna vesijohtoverkoston rakennusmateriaalit (tilanne 08/2023)

Materiaali	Määrä (m)	Osuus kaikista
B	0,00	0,00 %
Betonoidut	0,00	0,00 %
Harmaa valurauta	47,63	0,14 %
Himaniitti	0,00	0,00 %
PE / PP	25 711,05	73,32 %
PVC	303,42	0,87 %
SG-valurauta	8 387,21	23,92 %
Teräs	0,00	0,00 %
Muut	616,44	1,76 %
<b>Yhteensä</b>	<b>35 066</b>	<b>100 %</b>

Tältä alueelta eniten kloorivalituksia tuli 2014–2015 vuosina melko pian sen jälkeen, kun Ahveniston vesilaitoksella aloitettiin klooriamiinidesinfointi. Tilanne on sittemmin rauhoittunut, vaikka yksittäisiä haittailmoituksia ajoittain tulee.

### 6.1.1 Tehdyt selvitykset ja ratkaisu

Läntiselle kanta-Hämeenlinnan alueelle ei tämän opinnäytetyön aikana tehty uusia laboratoriomittauksia, mutta tähän on kerätty yhteenveto vuonna 2015 tehdyistä kokonais- ja vapaan kloorin mittauksista, joita tehtiin varsin laajasti laitokselta lähtevästä vedestä sekä verkostosta eri alueilta niin niiltä, joissa kloorin haju ja maku koettiin ongelmaksi kuin

vastaavasti niiltäkin, joissa oletettiin klooripitoisuuksien olevan korkeammat, mutta joissa aistittavaa ongelmaa ei ollut. Tehostettuja mittauksia tehtiin vuoden 2015 tammikuusta kesäkuuhun. Liitteissä 7 ja 8 mittausten tuloksia ja näytepisteet kartalla. Näiden lisänäytteiden vapaan kloorin osuudet olivat vähäiset pääosin alle määritysrajan 0,05 mg/l ja korkeimmatkin pitoisuudet vain tasolla 0,06 mg/l. Yksittäiset mittaustulokset 0,09 ja 0,07 mg/l eivät ole tarkastelualueelta, josta valituksia tuolloin tuli vaan ns. verrokkipuolelta. Kokonaiskloorin osalta kaikkien lisänäytteiden keskiarvo oli 0,13 mg/l vaihteluvälin ollessa <0,05–0,27 mg/l. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin laitokselta lähtevästä vedestä ja matalimmat alueelta, jonne sekoittui myös toisen laitoksen klooridesinfiomatonta vettä.

Tehostetun klooritarkkailun lisäksi muutamasta kiinteistöstä, jotka sijaittivat alueella, jossa maku- ja hajuhaittaa esiintyi, otettiin tarkempia käyttötarkkailunäytteitä (nykyinen omavalvonta) ajanjaksolla helmi- huhtikuu 2015. Näytteistä analysoitiin koliformiset bakteerit, heterotrofiset pesäkkeet 22°C, pH, typen eri muotoja, rauta, mangaani sekä vapaan ja kokonaiskloorin määrät. Osasta näytteistä tehtiin laboratoriossa myös hajun ja maun testit, mutta näitä ei analyysissä havaittu. Mikrobiologiselta laadultaan vedet todettiin hyviksi, koliformisia bakteereita ei todettu ja heterotrofisten pesäkkeiden 22°C määrät olivat vähäisiä (0–19 pmy/ml). Ammoniumin, nitraatin ja nitriitin määrät jäivät niin ikään reilusti alle suositus- ja vaatimusrajojen. Rautaa näytteistä analysoitiin alle suositusrajan (200 µg/l) olevia pitoisuuksia, mutta jonkin verran rautaa osassa näytteitä havaittiin. Enimmillään rautaa oli 130 µg/l, kun samana päivänä laitokselta lähtevästä mitattiin 11 µg/l pitoisuus. Vastaavasti mangaanipitoisuudet olivat yhtä näytettä lukuun ottamatta alle laatusuosituksen (50 µg/l), mutta jonkin verran koholla verrattaessa 2020-luvun Ahveniston laitokselta lähtevään tilanteeseen nähden (Liite 3). Näissä lisänäytteenotoissa analysoitiin mangaani 14 kertaa ja keskiarvoksi tuli 29 µg/l. Joukossa on yksi laatusuosituksen ylittävä tulos 63 µg/l. Näiden näytteiden testausselostet liitteessä 8.

Tehostettujen klooripitoisuuksien mittausten ja käyttötarkkailunäytteenottojen (nykyinen omavalvonta) perusteella alueelle päätettiin kohdistaa verkostohuuhteluita, jotta vesijohdoista saatiin huuhdeltua paikoitellen näytteissä näkyneet hieman kohonneet rauta- ja mangaanipitoisuudet pois. Huuhteluiden jälkeen tilanne alueella rauhoittui ainakin suurella osalla kuluttajista.



## 6.2 Itäinen kanta-Hämeenlinna

Itäinen kanta-Hämeenlinna käsittää tässä tutkimuksessa Hätilä – Sairio – Papinniitty alueen. Tällä alueella kloorin hajusta ja mausta on valitettu erityisesti vuosina 2021–2022. Tälle alueelle kohdennettiin opinnäytetyön aikana erityisesti laboratoriotutkimuksia, koska veden laatuvalituksia sieltä työtä aloitettaessa tuli selkeästi enemmän kuin muilta alueilta.

Kohdealueella on HS-Veden vesijohtoja n. 60 km, joista vanhimmat ovat 1940-luvulta. Taulukko 10 Itäisen kanta-Hämeenlinnan vesijohtoverkoston asennusvuodet (tilanne 08/2023) kertoo vuosikymmenittäin verkoston iän alueella ja Taulukko 11 Itäisen kanta-Hämeenlinnan verkostomateriaalit (tilanne 08/2023) sen mitä materiaaleja vesijohdot alueella ovat. Vesijohtoverkosto alueella on rakentunut useina eri vuosikymmeninä ja sekä putkikoot että materiaalit vaihtelevat eri muovilaaduista, SG-valurautaan ja harmaaseen valuputkeen. Vesijohdoista osa on saneerattu betonoimalla ja himaniittiputkeakin vielä löytyy. Alueella on tehty vesijohtoverkoston saneeraustöitä vuosina 2020–2022 yhteensä lähes 3,5 km ja näiden oletetaan ainakin jossain määrin vaikuttaneen veden laatuun alueella. Pidemmällä aikavälillä vaikutuksen veden laatuun ja toimitusvarmuuteen oletetaan totta kai olevan myönteinen, mutta teoriaosassa esitetyn mukaisesti sekä työn aikaiset että heti töiden päättymisen jälkeiset havainnot veden laadusta voivat kertoa aistittavasta muutoksesta, joka ei ole kaikin osin positiivinen. Saneerauskohteet on esitetty kartalla liitteessä 9.

Alueelta ennen saneerausta tai niiden aikana otetuissa tavanomaisissa valvontatutkimusohjelman mukaisissa vesinäytteissä ei ole todettu merkittäviä veden laadun häiriöitä eikä mikrobiologisia ongelmia. Normaalisti alueelle kohdistetaan sekä viranomais- että omavalvontaa. Saneeraustöiden yhteydessä ennen putkien käyttöönottoa vaadittiin hyväksytyt mikrobiologiset näytteet, jotka kaikista myös saatiin.

Taulukko 10 Itäisen kanta-Hämeenlinnan vesijohtoverkoston asennusvuodet (tilanne 08/2023)

Asennusvuosi	Määrä (m)	%
1940–1949	1 134,70	2 %
1950–1959	2 474,40	4 %
1960–1969	3 120,53	5 %
1970–1979	8 018,45	14 %
1980–1989	13 266,72	23 %
1990–1999	14 015,69	25 %
2000–2009	8 223,87	14 %
2010–2019	3 231,40	6 %
2020–2023	3 401,67	6 %
0–0	37,04	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>56 924</b>	<b>100 %</b>

Taulukko 11 Itäisen kanta-Hämeenlinnan verkostomateriaalit (tilanne 08/2023)

Materiaali	Määrä (m)	Osuus kaikista
B	0,00	0,00 %
Betonoidut	1 850,34	3,25 %
Harmaa valurauta	2 676,20	4,70 %
Himaniitti	2 509,07	4,41 %
PE / PP	39 896,22	70,09 %
PVC	265,70	0,47 %
SG-valurauta	8 133,92	14,29 %
Teräs	1 571,72	2,76 %
Muut	21,31	0,04 %
<b>Yhteensä</b>	<b>56 924</b>	<b>100 %</b>

Sairion alueella sijaitsee alun pitäen 1950-luvulla rakennettu 2000 m<sup>3</sup> ylävesisäiliö, joka saneerattiin vuosien 2020–2021 aikana, tällöin säiliö oli pois käytöstä n. 12kk. Säiliö toimii vesivarastona koko kanta-Hämeenlinnan painepiirille, mutta erityisesti sen vaikutus kohdistuu kaupungin keskustaan ja tässä tarkasteltavaan itäosaan. Jo ennen varsinaista säiliön saneerausta lisättiin alueen vesiturvallisuutta lisäämällä UV-desinfiointi säiliöstä vettä jakavaan linjaan.

### 6.2.1 Tehdyt selvitykset

Itäisen kanta-Hämeenlinnan alueella tapahtuneet vedentoimituksen muutokset, joiden voisi ajatella jollain tapaa vaikuttavan veden aistimukseen kloorin osalta 2021–2022 jolloin valituksia aiheesta saatiin, ovat vesisäiliön saneeraus ja sen aikainen erottaminen pois verkostosta – tämän vaikutukset veden kiertoreitteihin ja tätä kautta veden ikään asiakkailta, verkosto- ja säiliösaneerauksen yhteydessä käytetyt PE-putket (saneerattu pääosin PEH-putkella) ja ylipäänsä saneerauksen vaikutukset.

#### Veden ikä ja virtausnopeudet

Verkostomallin avulla tarkasteltiin veden ikää Sairion – Hätilän alueella ja todettiin, että ns. normaalissa tilanteessa, jossa ylävesisäiliö on käytössä, tietyillä putkiosuuksilla vedelle kertyy ikää jopa 4 vuorokautta, joskin keskimäärin laitokselta kuluttajille vesi kulkee noin vuorokaudessa. Tässäkään tilanteessa omavalvontana tehtävissä veden analysoinneissa ei ole todettu heterotrofisten pesäkkeiden (22°C) pesäkettämuodostavien yksiköiden (pmy) nousua, joka yleensä kuvastaa veden vanhenemista. Verrattaessa tilannetta siihen, että ylävesisäiliö on irti verkostosta veden ikä, laskee siten, että vaihtelua on 13–40 h välillä. Vesi kulkee tässä tilanteessa huomattavasti nopeammin kulutukseen, kun sille ei tule viipymää säiliössä.

län lisäksi toinen seikka mihin vesisäiliön irrottaminen verkostosta vaikuttaa ovat virtausnopeudet ja -suunnat syöttöjohdoissa. Säiliön täyttäminen nostaa virtausnopeutta, mutta koska linjat ovat hyväkapasiteettisia ei virtausnopeus näissäkään tilanteissa ole erityisen kova vain 0,2 m/s luokkaa. Tilanteessa, jossa säiliö ei ole käytössä laskee virtausnopeus tasolle ~0,1 m/s. Muutos on siis äärimmäisen vähäinen ja koskee ainoastaan osaa putkilinjoista, sama pätee virtaussuuntiin eli osassa ne muuttuvat ja vesi tulee aina samasta suunnasta, mutta lyhyellä aikavälillä tälläkään ei pitäisi olla merkitystä veden laatuun.

#### VOC-yhdisteet, indikaattoriaineet ja klooripitoisuudet

Sairio – Hätilä- Papinniitty alueen putkistosaneerauksissa käytettiin pääosin PEH-putkea, johon ei samalla tavalla ole liitetty haju- ja makuhaittoja, kuten pääasiassa kiinteistöillä

käytettävään PEX-putkeen (kts. luku 2.3.2), mutta tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää voisiko ongelma liittyä VOC-yhdisteisiin tai indikaattoriaineina pidettäviin ETBE, MTBE, TAME tai TBE pitoisuuksiin. Yhdisteet analysoitiin normaalien näytteenottojen lisänä kahdesta kohteesta alueen verkostopisteestä ja säiliöltä lähtevästä vedestä UV-desinfiointin jälkeen. Kummassakaan näytteessä ei todettu hajua tai makua eikä VOC-yhdisteitä, samoin ETBE, MTBE, TAME ja TBA pitoisuudet jäivät alle yhdisteiden määritysrajojen. Määritysrajat ovat huomattavasti matalammat, kuin yhdisteiden haju- tai makukynnykset. Molemmissa näytteissä kokonaisklooripitoisuus oli 0,07 mg/l ja vapaan kloorin osuus oli alle määritysrajan 0,05 mg/l. Klooripitoisuuksien osalta molemmat näytteet kuvastivat kyseisten näytekerran vuosien 2022–07/2023 keskiarvotasoa. Hajua tai makua ei näiden pisteiden näytteenotoissa ole myöskään havaittu. VOC-yhdisteiden ja indikaattoriaineiden vesinäytteiden tulokset ja listaus VOC-yhdisteanalyysissä esiin tulevista aineista liitteessä 10 ja alueen vesisäiliön tulosten yhteenveto liitteessä 11. Sairion säiliön (Hämeenlinna säiliö 1) kokonaisklooripitoisuus on tässä tarkastellussa mukana olevista HS-Veden säiliöistä keskiarvoltaan matalin (0,07 mg/l).

#### **Aktinomykeetit, mikrosienet ja heterotrofiset pesäkkeet 22°C, R2A-alustalla**

HS-Veden uusiin ja saneerattuihin vesisäiliöihin on rakennettu näytteenottopisteet, joista voidaan ottaa vesinäytteitä mm. ennen ja jälkeen UV-desinfiointin. Säiliönäytteenotto katsotaan tärkeäksi osaksi omavalvontaa, koska näin voidaan seurata verkostoveden laatua siellä missä on paljon vettä ja toisaalta riskiperusteisesti säiliöt ovat osaltaan kohteita, joissa veden laadulle voi tapahtua muutoksia. Hämeenlinnan ja Akaan alueen vesisäiliöistä tehtiin normaalien omavalvontanäytteiden lisäksi erityisanalyyseina aktinomykeetit, mikrosienet ja heterotrofiset pesäkkeet 22°C herkemmällä R2A-alustalla. Näytteet otettiin helmi- ja heinäkuussa 2023 sekä ennen UV-desinfiointia että sen jälkeen. Yhteenvedot säiliöiden vedenlaadusta liitteessä 11. Akaan osalta tulokset esitellään luvussa 6.3.1.

Sairion ylävesisäiliöstä otetuissa näytteissä ei havaittu aktinomykeettejä ennen eikä jälkeen UV-desinfiointin kummallakaan näytekerralla. Mikrosieniä analysoitiin 1 pmy/ 100 ml toisella näytekerralla ennen UV-desinfiointia otetussa näytteessä. Vastaavat tulokset saatiin Hämeenlinnan toiselta ylävesisäiliöltä, sillä erolla, että toisen näytekerran mikrosieni havaittiin UV-desinfiointin jälkeen otetusta näytteestä. Näiden yksittäisten analyysien

perusteella vaikuttaa epätodennäköiseltä, että hajua- ja makuongelma aiheutuisi myöskään aktinomykeeteistä tai mikrosienistä.

Säiliöiden vesien mikrobiologista laatua seurataan jatkuvasti eikä vuosien 2022-07/2023 näytteissä kummassakaan Hämeenlinnan ylävesisäiliössä ole todettu kolimuotoisia bakteereita ja heterotrofisten pesäkkeiden 22°C lukumäärät olivat vähäiset keskiarvon ollessa <10 pmy/ ml. Veden mikrobiologisesta laadusta lisätietojen saamiseksi teetettiin muun lisänäytteenoton yhteydessä vesisäiliöiden vesistä myös heterotrofiset pesäkkeet 22 °C kasvatusalustalla R2A. Heterotrofisten pesäkkeiden määrittäminen R2A poikkeaa standardin SFS-EN ISO 6222:1999 mukaisesta kasvatusajan ja elatusaineen osalta. Normaalisti kasvatusaika on 3 vrk, kun R2A:n kohdalla se on 7 vrk. Tavallisessa menetelmässä agar-alusta on ravinteikkaampi kuin R2A:ssa, joka vastaavasti on enemmän räätälöity vesibakteereille. R2A-alustaa käytettäessä saadaan korkeampia pesäkemääriä, eikä eri menetelmillä saatuja tuloksia voi suoraan verrata toisiinsa. (sähköpostikeskustelu KVVY Tutkimuslaboratorio Oy:n mikrobiologi Pia Sigvart-Mattilan kanssa 10.8.2023)

Sairion vesisäiliöltä otetuissa heterotrofisissa pesäkenäytteissä R2A-alustalla, sekä helmi- että heinäkuun 2023 näytteissä määrät olivat matalia niin ennen kuin jälkeen UV-desinfioinninkin. Tulokset olivat vain hieman korkeammat kuin ns. tavallisella menetelmällä analysoidut määrät. Vastaavasti toisella Hämeenlinnan ylävesisäiliöllä helmikuun näytteissä olivat tulokset samaa suuruusluokkaa kuin Sairiossa. Heinäkuun näytteissä on havaittavissa epä johdonmukaisuutta siinä, että pesäkkeitä löytyi enemmän UV-desinfioinnin jälkeisestä näytteestä kuin sitä ennen otetusta. Tämä selittyy näytestä tai näytteenottotapahtumalla ja kuvastaa sitä, kuinka herkästi heterotrofisia pesäkkeitä näytteissä voi olla. Kuitenkin myös Hämeenlinnan säiliön 2 heinäkuun pesäkkeiden osalta huonompi näyte oli mikrobiologiselta laadultaan hyvä ja pesäkelukemat matalat eikä taudinaiheuttajia havaittu.

### **Yhteenveto alueen tutkimuksista**

Omavalvonnassa teetettyjen vesinäytteiden ja tässä tutkimuksessa analysoidujen lisänäytteiden osalta ei kummankaan Hämeenlinnan säiliön vedessä havaittu tekijöitä, jotka suoraan ainoana muuttujina voisivat selittää asiakkaiden ajoittain aistimia maku- tai

hajuhaittoja. Veden laatu niissä tarkastelluilta osin oli myös varsin samanlaista. Poikkeavaa hajua tai makua ei onnistuttu laboratorioanalyysillä todentamaan verkostonäytepisteeltä tai säiliöltä. Ajanjaksolla 02-04/2022 tehtiin kanta-Hämeenlinnan alueelta verkoston omavalvonta ja viranomaisnäytteistä yhteensä 11 haju ja maku analyysiä, joissa yhdessäkään ei todettu poikkeamaa.

### **6.3 Vertailualue HS-Vedellä Akaa**

Vertailualueeksi tutkimuksessa on otettu HS-Veden Akaan verkostoalue. Akaassa vesijohtoverkostoa on kolmen entisen kunnan alueella Toijalassa, Viialassa ja Kylmäkoskella. Vesi alueelle tulee pääosin Hämeenlinnasta samoilta vedenkäsittelylaitoksilta kuin itäiseen kanta-Hämeenlinnaan, jota käsiteltiin luvussa 6.3. Alueelle johdettavaan veteen syötetään klooriamiinia desinfiointiasemalta ja tarvittaessa sinne on varavesiyhteydet Valkeakoskelta (pintavesi), Lempäälästä (sekoitus eri vesilähteitä) ja Urjalasta (pohjavesi). Tämän työn tutkimusajankohtana vesi alueelle tuli pääosin Hämeenlinnasta. Alueella on kolme vesisäiliötä ja vesijohtoverkostoa noin 255 km. Vanhimmat käytössä olevat vesijohdot ovat 1950-luvulta ja kaupungin liityttyä HS-Veteen on alueella tehty merkittävästi saneeraustöitä niin verkostossa kuin laitoksillakin. Taulukko 12 HS-Veden Akaan vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023) kuvaa alueen putkiston ikää. Alueen vesijohdoista yli puolet ovat muovia joko PE tai PVC (yhteensä 78 %), mutta myös harmaata valurautaa ja SG-valurautaa alueelta löytyy edelleen. Tarkemmin alueella käytössä olevat vesijohtomateriaalit on esitetty taulukossa 13 (Taulukko 13 HS-Veden Akaan verkoston materiaalit (tilanne 08/2023)).

Taulukko 12 HS-Veden Akaan vesijohtoverkoston rakennusvuodet (tilanne 08/2023)

Asennusvuosi	Määrä (m)	%
1950–1959	1 820,64	1 %
1960–1969	18 271,71	7 %
1970–1979	36 491,98	14 %
1980–1989	33 861,77	13 %
1990–1999	46 805,73	18 %
2000–2009	55 309,04	22 %
2010–2019	38 451,44	15 %
2020–2023	10 699,81	4 %
0–0	12 942,67	5 %
<b>Yhteensä</b>	<b>254 655</b>	<b>100 %</b>

Taulukko 13 HS-Veden Akaan verkoston materiaalit (tilanne 08/2023)

Materiaali	Määrä (m)	Osuus kaikista
B	0,00	0,00 %
Betonoidut	420,09	0,16 %
Harmaa valurauta	40 938,62	16,08 %
Himaniitti	76,15	0,03 %
PE / PP	125 267,93	49,19 %
PVC	72 122,75	28,32 %
SG-valurauta	11 018,28	4,33 %
Teräs	1 666,32	0,65 %
Muut	3 144,64	1,23 %
<b>Yhteensä</b>	<b>254 655</b>	<b>100 %</b>

Akaan alueelta kloorin hajua- ja makuvalitukset ovat yksittäisiä, joskin asiakastytyväisyystutkimuksesta (luku 5.4) voidaan havaita, että Akaan alueelta saadaan veden laadusta suunnilleen samat arvosanat kuin kanta-Hämeenlinnassa, jotka eivät ole yhtä korkeita, kun muilla HS-Veden alueilla.

### 6.3.1 Tehdyt selvitykset

Akaan alueella noudatetaan samaa valvontatutkimusohjelmaa kuin muillakin HS-Veden alueilla. Omavalvontanäytteitä haetaan riskienhallintasuunnitelmaan pohjautuen, Akaasta suhteessa jonkin verran enemmän kuin kanta-Hämeenlinnasta. Alueelle vesi johdetaan pitkää siirtovesijohtoa ja siellä on useita säiliöitä sekä varavesiyhteydet. Tämän tutkimuksen

yhteydessä Akaan alueelta on tehty jonkin verran lisätutkimuksia ja normaaliin omavalvontaan liittyvää aineistoa on käsitelty työn näkökannalta. Taulukko 5 Akaan kloorimäärät ajalla 01–10/2022 (koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2022 aineistosta) näyttää laboratorioanalyseissa Akaan vesisäiliöstä 1 ja koko Akaan verkostosta määritetyt klooripitoisuudet sekä haju- ja makuhavainnot.

### **Aktinomykeetit, mikrosienet ja heterotrofiset pesäkkeet 22°C, R2A-alustalla**

Tässä tutkimuksessa Akaan säiliöistä tehtiin samat lisäanalyysit kuin Hämeenlinnassa. Analyyseissä ei mistään Akaan alueen säiliöistä todettu aktinomykeetteja. Myöskään kolimuotoisia bakteereita säiliössä ei ole todettu tarkastelujaksolla 2022–07/2023 kertaakaan. Mikrosieniä todettiin säiliöstä 3 molemmilla mittauskerroilla ennen UV-desinfiointia ja toisella kerralla muutama pesäkettä muodostava yksikkö myös UV-desinfioinnin jälkeisessä näytteessä. UV-desinfiointi vaikuttaa toimivan tässä kohteessa eikä säiliöstä toimitettavan verkostoveden kohdalla ole ongelmaa. Jatkotarkasteluun menee kysymys, miksi mikrosieniä jonkin verran ennen UV-desinfiointia on. Muilla säiliöillä mikrosieniä ei todettu. Koosteet säiliöiden veden laadusta liitteessä 11.

Normaalilla kasvatusalustalla tehdyissä heterotrofisten pesäkkeiden 22°C mittauksissa pesäkemäärät ovat olleet vähäisiä sekä ennen että jälkeen UV-desinfioinnin otetuista näytteistä kaikissa kolmessa säiliössä. R2A-alustalla analysoiduissa heterotrofisten pesäkkeiden määrissä oli sen sijaan heinäkuun näytekerroilla havaittavissa selkeää nousua säiliöiden 2 ja 3 kohdalla. Merkillepantavaa tässä on, että normaalin kasvatusmenetelmän tulokseksi saatiin 0–1 pmy/ ml. Säiliön 3 kohdalla tässä on myös jonkin verran ristiriitaa sen suhteen, että UV-desinfioinnin jälkeisessä näytteessä pesäkkeiden määrä oli suurempi kuin ennen UV-desinfiointia. Tämä viittaa ongelmaan joko näytesyhteessä tai näytteen käsittelyssä. Korkeimmat R2A-alustalla analysoidut heterotrofisten pesäkkeiden lukemat mitattiin heinäkuussa Akaan säiliöltä 2, tämä saattaa viitata ongelmaan veden vaihtuvuudessa säiliössä, joskaan se ei ole havaittavissa hajuna tai makuna eikä tavanomaisen heterotrofisen pesäkeluvun analyysissä. Tämä asia vaatii jatkotutkimusta.



## **Yhteenveto alueen tutkimuksista**

Akaan alueelta on laboratoriossa pystytty selkeästi eniten HS-Veden toiminta-alueelta havaitsemaan lievää kloorin makua tai hajua. Akaan vesisäiliöistä varsinkin säiliössä 1 (lähimpänä desinfiointiasemaa) on mitattu korkeampaa kokonaiskloorin keskiarvopitoisuutta, kuin muissa alueen säiliöissä. Tästä pisteestä ovat isolta osin myös verkostonäytteiden kloorin maku- ja hajuhavainnot. Pitoisuudet ja aistittavuus vähenevät selkeästi veden kulkeutuessa muihin alueen säiliöihin.

Akaan vesisäiliöltä 2 havaittiin toisella näytteenotokerralla kohonnut pitoisuus R2A-alustalla määritettäviä heterotrofisia pesäkkeitä 22 °C, tämä määrä poikkesi selkeästi muiden säiliöiden tuloksista tältä osin ja asia vaatii jatkoselvittämistä, mutta sen yhteyttä ei suoranaisesti pystytty osoittamaan maku- tai hajuongelmiin ja tältäkin säiliöltä toimitettava vesi täytti hyvin talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja -suositukset.

Akaan vesisäiliöllä 3 todettiin molemmilla näytekerroilla jonkin verran mikrosieniä, joiden määrä joko hävisi kokonaan tai putosi hyvin pieneksi UV-desinfioinnilla. Tuloksena tämä kuitenkin poikkeaa muiden säiliöiden vesistä ja myös tämän osalta jatkotutkimukset ovat paikallaan. Näidenkään näytteiden yhteyttä maku- tai hajuhäiriöihin ei kuitenkaan pystytty suoranaisesti osoittamaan, sillä kyseisissä näytteissä ei laboratoriossa havaittu aistittavia ongelmia.

Vaikka tehdyillä erityisanalyseilla ei suoranaisesti löydetty yksittäistä syytä haju- tai makuhaittoihin antoivat ne lisätietoa veden laadusta ja herättivät tarvetta jatkaa kyseisiä analyyseja jossakin mittakaavassa myös jatkossa veden laadun kokonaisuuden seurannassa.

## **6.4 Alueiden vertailu**

Tässä tutkimuksessa tarkastelluista alueista itäinen kanta-Hämeenlinna on alkanut rakentumaan ensimmäisenä siellä vanhimmat vesijohdot ovat 1940-luvulta, joskin pääosa nykyisestä verkostosta on 1970-luvun jälkeen tehtyä. Vanhimpia osia on jo saneerattu mm. 2020-luvun laajat saneeraukset. Sekä läntinen kanta-Hämeenlinna että Akaa ovat pääosin 1970-luvulla rakentuneita verkoston osia. Akaassa saneeraukset vanhimmilla osilla on

aloitettu, mutta läntisellä kanta-Hämeenlinnan osalla tähän ei ole vielä juurikaan ollut tarvetta. Kaikilla tarkastelussa olleilla alueilla suurin osa vesijohtoputkista on PE-muovia. Akaan alueelta löytyy lisäksi PVC-putkia, joita Hämeenlinnan kohteissa ei käytännössä ole juuri lainkaan. Myös koko HS-Veden verkostoon verrattaessa PVC-vesijohtojen osuus Akaan alueella on keskimääräistä korkeampi. Hämeenlinnan itäosassa vesijohtomateriaaleina on edelleen myös SG- ja harmaata valurautaa sekä himanit putkea. Samoin Akaasta löytyy harmaata ja SG-valurautaa. Vaikka kanta-Hämeenlinnan länsipuolella vanhimpia putkimateriaaleja ei olekaan on varsinkin syöttövesijohdoissa SG-valurautaa, joka saattaa lisätä myös peremmällä olevien muoviputkien rautasakkojen määrää.

Klooripitoisuuden osalta Akaan alueelta mitattiin keskimäärin hieman korkeampia kokonaisklooripitoisuuksia kuin Hämeenlinnasta, mikä olikin odotettavissa, koska alueelle johdetaan vettä, jonka kokonaisklooripitoisuudeksi tavoitellaan Tuulimäen desinfiointiasemalla 0,4 mg/l kun vastaavat pitoisuudet Hämeenlinnassa laitoksilla ovat 0,2-0,3 mg/l. Säiliöiden vedenlaatua verrattaessa Akaan vesisäilöllä 1, jonne on suurin syöttövesijohto Tuulimäestä mitattiin keskimäärin kokonaisklooripitoisuus 0,26 mg/l, kun säiliöllä 2 ja 3 pitoisuudet olivat keskiarvossa 0,12 ja 0,13 mg/l. Hämeenlinnassa säiliöillä pitoisuudet olivat tätäkin alhaisemmat 0,07 ja 0,11 mg/l. Varsinkin Akaan alueella vaihtelua oli kuitenkin jonkin verran. Vapaan kloorin osalta pitoisuudet olivat pääosin alle määritysrajan 0,05 mg/l tai vain vähän sen yli muutamaa Akaan säiliöltä 1 mitattua poikkeusta lukuun ottamatta. Huomionarvoista on, että Akaan säiliöltä 1 on selkeästi enemmän omavalvonnan analyysituloksia kuin muista kohteista, joten sen osalta hetkellisiin muutoksiin tai poikkeamiin päästään parhaiten kiinni.

Hämeenlinnan ja Akaan vesisäiliöille 2023 tehdyissä näytteenotoissa ei todettu missään aktinomyketteja. Mikrosieniä löytyi yksittäiset Hämeenlinnan säiliöistä ja Akaan säiliöstä 3 ennen UV-desinfiointia tutkimuksen korkeimmat määrät, joka tosin putosivat nolnaan ja yksittäisiin pesäkettä muodostaviin yksiköihin UV-desinfioinnilla. Haittaa verkostoveden laadulle näillä ei tässä määrässä oleteta olevan, mutta niiden muodostumiseen johtaviin tekijöihin ja pitoisuuden laskemiseen myös ennen UV-desinfiointia kannattaa jatkossa kohdentaa lisäselvityksiä.

Kohonneita heterotrofisten pesäkkeiden lukumääriä ei todettu missään säiliöissä eikä tarkastelussa olleissa verkostopisteissä, kun käytettiin ns. sertifioitua menetelmää. Sen sijaan herkemmällä R2A-alustaisella kasvatusmenetelmällä todettiin yhdessä Akaan vesisäiliöistä hieman kohonneita määriä ja toisessa säiliöstä määrät olivat selkeästi koholla muihin näytteisiin nähden myös uusintanäytteissä. Lisänäytteitä suunniteltaessa oli tiedossa, että R2A-menetelmä on herkempi ja tulokset ovat yleisesti korkeampia, mutta näin korkeisiin lukumääriin ei osattu varautua, varsinkin kuin tavanomaisella menetelmällä tulokset olivat 0–1 pmy/ ml. Tämä tutkimus osoitti, että lisänäytteenotot normaalista poikkeavilla menetelmillä antavat lisätietoa ja ohjaavat veden laadun monipuolisempaan tarkasteluun, jonka avulla pystytään kohdentamaan tarvittavia lisätutkimuksia, kunnossapitotoimia ja mahdollisesti ajotapojen muutoksia veden vaihtuvuuden parantamiseksi.

Raudan ja mangaanin määrä on Akaan säiliössä otetuissa näytteissä jonkin verran korkeampi kuin Hämeenlinnan säiliöissä ja varsinkin Hämeenlinnan säiliöllä 2 pitoisuudet ovat hyvin matalat molempien osalta. Pitoisuudet ovat näissä näytteissä kuitenkin korkeimmillaankin reilusti alle laatusuositusarvojen (rauta 200 µg/l ja mangaani 50 µg/l). Muista verkostonäytteistä tiedetään, että joillain alueilla lähinnä rautaa osittain myös mangaania on enemmän ja varsinkin poikkeustilanteissa, joissa virtaaman nopeuden tai suunnan vaihtuvuus on äkillinen, irtoaa sitä aiheuttaen hetkellistä veden laadun heikkenemistä ainakin värin ja sameuden osalta. Raudan ja mangaanin osalta tilanne on vuoden 2015 läntiselle kanta-Hämeenlinnan alueelle kohdennettujen näytteenottojen jälkeen muuttunut jonkin verran 2020-luvulla, mikä näkyy laitoksilta lähtevien vesien tuloksissa. Tämä ei kuitenkaan poista sitä mahdollisuutta, että ajan myötä tiettyihin osiin verkostoa saattaa sakkaja kerääntyä vaikuttaen myös veden aistittavaan laatuun.

## **6.5 Monoklooriamiinin mittaaminen**

HS-Veden tavoitteena on, että klooriamiini on monokloorimuodossa, jolloin se on hajuttomampaa eikä maistu kuluttajille kuten muut klooriamiinin muodot. Yhtenä tämän tutkimuksen osana oli tarkoitus selvittää, onnistuuko monoklooriamiinin mittaaminen laitokselta lähtevästä ja verkostovedestä. HS-Veden yhteistyölaboratorio ei kuitenkaan tarjonnut monoklooriamiinimääritystä vedelle, joten selvitykseen otettiin, onnistuisiko mittaaminen HS-Veden käyttölaboratoriossa. Monoklooriamiinin mittaaminen on

mahdollista HACH menetelmällä 10200 (Chloramine(mono) and Nitrogen, Free Ammonia), samalla menetelmällä voidaan lisäksi analysoida kokonaisammoniakin ja vapaan ammoniakin pitoisuudet. Tähän tutkimukseen otettiin mukaan kuitenkin ainoastaan monoklooriamiinin mittaaminen.

Monoklooriamiinin määrittäminen tehtiin testin työohjeen mukaisesti. Testin mukana tulee työohje, joka on luettavissa <https://www.hach.com/p-mono-chlor-f-reagent-powder-pillows-pk50/2802246>. Testissä käytetään 10 ml näytettä, Monochlor F -reagenssipussi ja mittaus tehdään fotometrillä. Näyte mitataan kyvetiin ja nollaus tehdään näytteellä. Kyvetiin lisätään reagenssipussi ja se sekoitetaan hyvin. Reaktioaika riippuu näytteen lämpötilasta, lämpimämmällä näytteellä se on nopeampi kuin viileällä. Testin mukana on taulukko, josta on luettavissa tarpeellinen reaktioaika (2-10 minuuttia veden lämpötilan ollessa >25–5 °C).

Taulukko 14 Monoklooriamiinin mittaustulokset esittää tehdyistä mittauksista saadut tulokset. Näytteitä analysoitiin aina vähintään kaksi rinnakkaista. Ensimmäisissä 10.5.2022 tehdyissä mittauksissa saatiin kovin korkeita monoklooripitoisuuksia, jotka eivät olleet suhteessa kokonaiskloorimäärään. Testin toimittajan kanssa käydyn keskustelun perusteella selvisi, että mittauksissa oli käytetty tälle analyysille vääränlaista kyvetiä. Myöhempiä mittauksia varten hankittiin oikeat kyvetit. Vuoden 2023 mittauksista saatiin kyvettien vaihdon jälkeen oikean tasoisia tuloksia, mutta rinnakkaisten välillä oli jonkin verran heittoa ja osa näytteistä ei täysin korreloinut kokonaisklooripitoisuuden tulosten kanssa. Näiden testien perusteella näyttää, että ainakin pääosa kloorista on monoklooriamiinimuodossa, mutta testin tekemistä ja vertailevia näytteitä pitäisi olla enemmän, jotta luotettavuus saataisiin paremmalle tasolle. Tämän työn puitteissa ei katsottu järkeväksi lähteä monoklooriamiinitestiä tämän enempää hiomaan, vaan se jää jatkokehittäväksi hankkeeksi.

Taulukko 14 Monoklooriamiinin mittaustulokset

Näytepaikka	Näytepäivä	monoklooriamiini	monoklooriamiini laskennallinen mg/l	vapaa kloori mg/l	kokonaiskloori mg/l
Ahvenisto lähtevä	10.5.2022*	0.91	0.661	0.09	0.225
Ahvenisto lähtevä	10.5.2022*	0.97	0.704	0.085	0.231
Kylmälahti lähtevä	10.5.2022*	1.07	0.777	0.043	0.173
Kylmälahti lähtevä	10.5.2022*	1.03	0.748	0.062	0.188
verkostonäyte Paroinen	18.7.2023	0.23	0.167	0.151	0.201
verkostonäyte Paroinen	18.7.2023	0.08	0.058	0.169	0.217
Ahvenisto lähtevä	8.8.2023	0.28	0.203	0.177	0.275
Ahvenisto lähtevä	8.8.2023	0.30	0.22	0.14	0.288
Ahvenisto lähtevä	8.8.2023	0.34	0.247		
verkostonäyte Paroinen	8.8.2023	0.13	0.094	0.024	0.113
verkostonäyte Paroinen	8.8.2023	0.16	0.116	0.059	0.100

## 7 Vertailulaitokset

Suomessa etenkin pintavesilaitoksilla klooridesinfiointi on yleistä ja sen käyttö on lisääntynyt myös tekopohja- ja pohjavesilaitoksilla. Kunnallinen vesihuolto on toiminta-alueella monopoliasemassa vesijohtoverkostoista johtuen, joten kilpailua eri laitosten välillä ei esiinny. Tästä syystä yhteistyötä ja tietojen vaihtoa laitosten välillä tehdään mm. Vesilaitosyhdistyksen (VVY) kautta tai toisaalta erilaisissa yhteishankkeissa tai suoralla laitosten välisellä yhteistyöllä.

Tämän tutkimuksen vertailulaitoksiksi on valittu monipuolisesti vesilaitoksia, joissa on käytössä klooridesinfiointi tai toisaalta ostettu klooridesinfioitu vesi. Joukossa on pintavesi-, tekopohjavesi- sekä pohjavesilaitoksia. Osalla toimijoista on useammanlaista vedenhankintaa. Laitokset ovat kooltaan HS-Veden suuruusluokkaa tai sitä suurempia. Merkittävästi pienempiä laitoksia mukaan ei ole otettu, koska niillä ei pääsääntöisesti ole normaalitilanteessa käytössään klooridesinfiointia.

Tässä tutkimuksessa vertailulaitoksia lähestyttiin sähköpostikyselyllä, jossa pyydettiin vastauksia klooridesinfointiin liittyviin kysymyksiin. Kyselyyn vastasivat Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, Kuopion Vesi Oy, Kymen Vesi, Oulun Vesi ja Valkeakosken kaupungin vesihuoltolaitos.

## 7.1 Kysely

Vertailulaitosten kysely koostui taustatietojen tarkistamisesta eli minkälaista vedenhankintaa laitoksella on ja millä volyyymilla. Tämän jälkeen tiedusteltiin desinfiointitapaa ja siihen liittyvää tarkkailua eli jos käytössä oli klooridesinfiointi, niin minkälaista klooripitoisuutta veteen annosteltiin ja oliko tarkoituksena sitoa kloori vai käyttää desinfiointiteholtaan parempaa vapaata klooria. Tarkkailtiinko pitoisuuksia lähinnä laitoksella vai myös verkostossa ja mitä kaikkea desinfiointiin liittyen lähinnä omavalvonnassa mitattiin.

Veden käsittelyä ja tarkkailua selvittävien kysymysten lisäksi tiedusteltiin minkälaista asiakaspalautetta laitokset veden laadustaan ovat saaneet, kysymykset kohdistuvat lähinnä veden hajuun ja makuun. Kyselyssä pyydettiin lisäksi tietoja siitä, tuleeko valituksia paljon ja mistä osista vai tasaisesti kaikkialta verkoston alueelta. Laitoksia pyydettiin myös arvioimaan mitkä tekijät mahdollisia laatuhäiriöitä aiheuttavat ja miten niitä pyritään ennaltaehkäisemään.

Kysely kokonaisuudessaan on liitteessä 12.

## 7.2 Tulokset

Kyselyyn osallistui viisi vesihuoltolaitosta Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, Kuopion Vesi Oy, Kymen Vesi, Oulun Vesi ja Valkeakosken kaupungin vesihuoltolaitos. Laitoksista kolmella oli pääasiallisena veden lähteenä pintavesi ja kahdella tekopohjavesi, lisäksi käytössä oli pienempiä määriä pinta- ja pohjavettä. Taulukko 15 Veden alkuperä esittää vesilähteiden alkuperän tutkimukseen osallistuneilla laitoksilla. HS-Vedellä tässä tutkimuksessa mukana olevien laitosten vesi on tekopohjavettä, joskin Akaan alueelle johdetaan myös pohjavettä ja varavetenä sinne voidaan tarvittaessa pumpata pintavettä.

Taulukko 15 Veden alkuperä tutkimukseen osallistuneilla laitoksilla

Veden alkuperä	Pääosa vedestä	Lisävetenä
Pintavesi	3	1
Tekopohjavesi	2	
Pohjavesi		2

Kokoluokaltaan tutkimukseen osallistuneet toimijat olivat 4 500–260 000 m<sup>3</sup>/d vettä tuottavia laitoksia. Osalla kyselyyn osallistuneista oli HS-Veden tapaan käytössään kaksi suunnilleen saman kokoluokan laitosta, kun osalla vastaavasti vesi tuotettiin yhdellä päälaitoksella.

Kaikilla kyselyyn osallistuneilla laitoksilla oli käytössä klooriamiinidesinfiointi päävedenkäsittelylaitoksillaan. Klooriamiinin lisäksi laitoksilla oli muina desinfointimenetelminä käytössä UV-desinfiointia ja otsonointia.

Kyselyyn osallistuneilla laitoksilla kokonaisklooripitoisuuden tavoitearvot vaihtelivat 0,25–0,6 mg/l välillä. Yhdellä vastanneista laitoksista lähtevän veden tavoitekokonaisklooripitoisuutta oli jouduttu laskemaan runsaan negatiivisen asiakaspalautteen takia. Taulukko 16 Keskimääräiset klooripitoisuudet verrokkilaitoksilla ja HS-Vedellä esittää kyselyyn osallistuneiden laitosten lähtevän veden kokonaisklooripitoisuuksien keskiarvon sekä HS-Vedellä käytössä olevat tavoitearvot. Pintavesilaitoksilla tavoitteet kokonaisklooripitoisuudelle olivat keskimäärin jonkin verran korkeammat kuin tekopohjavesilaitoksilla. Pintavettä käyttävät laitokset ilmoittivat lisäksi säätävänsä laitoksilta lähtevän veden kokonaisklooripitoisuutta vuodenajan mukaan siten, että talviaikaan käytössä on matalampi pitoisuus, kun vastaavasti kesäajaksi tavoitepitoisuutta nostetaan jonkin verran 0,04–0,1 mg/l. Vastaavaa tavoitepitoisuuden muutosta vuodenajan mukaan ei ollut käytössä tekopohjavesilaitoksilla, kuten ei HS-Vedelläkään. Klooripitoisuuden nostolla pintavesilaitoksilla reagoidaan veden lämpötilan nousuun ja siitä mahdollisesti aiheutuviin mikrobiologisiin muutoksiin. Lähtevän veden kloori pyritään sitomaan lähes kokonaan kaikilla kyselyyn osallistuneilla laitoksilla, ainoastaan yhdellä vapaan kloorin tavoite oli 0,1 mg/l, kun muut pyrkivät alle määräysrajan 0,05 mg/l tai enintään määräysrajalle.

Taulukko 16 Keskimääräiset klooripitoisuudet verrokkilaitoksilla ja HS-Vedellä

	Talviaika kokonaiskloori mg/l ka.	keskimääräinen kokonaiskloori mg/l ka.	Kesäaika kokonaiskloori mg/l ka.	Vapaa kloori mg/l
<b>Tekopohjavesi</b>		0,3		<0,05
<b>Pintavesi</b>	0,4		0,5	<0,05–0,1
<b>HS-Vesi</b>		0,2–0,28–0,4		<0,05

Desinfiointia ja veden laatua tältä osin laitokset tarkkailivat pääasiassa sekä jatkuvatoimisilla mittareilla että näytteillä, joista analysoitiin yleisesti kokonaisklooria, vapaata klooria ja ammoniumia. Erään vastaajan laitoksilta tehtiin lähtevästä vedestä lisäksi monoklooriamiinin määrittäminen ja toisaalla nitriitti sekä haju ja maku yleisesti mainittujen lisäksi. Tarkkailua täydennettiin bakteerien määrityksillä sekä veden laatuun ja desinfiointiin liittyvillä omavalvontanäytteillä verkostoista.

Kaikilla kyselyyn vastanneilla laitoksilla oli jossain vaiheessa saatu palautetta veden kloorisesta hajusta tai mausta, mutta varsinkin joillain laitoksilla näiden palautteiden määrä koettiin vähäiseksi, kun vastaavasti toisaalla asiakkaille johdettavan veden klooripitoisuutta oli jouduttu laskemaan runsaiden valitusten vuoksi. Hajuun ja makuun liittyen palautteena on saatu myös vaikeammin tulkittavia kuvauksia kuten: paha, ummehtunut, kemiallinen tai outo. Näiden yhteyttä klooridesinfiointiin ei pysty todentamaan, mutta yhteys on mahdollinen. Laitoksilla, joille valituksia kloorin hajusta tai mausta on tullut enemmän ei varsinaisesti osattu kohdentaa niitä tietyille alueille, vaan koettiin, että valituksia tulee eri puolilta jakeluverkostoa. Muutamalla laitoksella asiaa oli selvitetty ja todettu, että kloorin hajua tai makua aistittiin myös sellaisilla verkoston hännillä, joissa mittauksissa kokonaisklooripitoisuus oli hyvin matala tai jopa alle määrittämissä. Tämä on saanut myös verrokkilaitokset miettimään biofilmin osuutta ongelmaan ja riittävän klooripitoisuuden merkitystä mikrobikasvun hillitsemisessä. Lisäksi todettiin, että kiinteistöjen putkistoiden kunnolla on vääjäämättä merkitystä asiakkaiden hanasta tulevan veden laatuun. Vesisäiliöiden yhteydestä ei ollut näytteissä todettu erityisiä maku- tai hajuongelmia. Riittävien verkostohuuhteluiden merkitys tunnistettiin ongelmien ennaltaehkäisykeinona.

## **8 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet**

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin klooriamiinidesinfioinnin hyötyjä ja haittoja verkostoveden riskienhallinnan näkökulmasta ja tutkittiin syitä, jotka vaikuttavat veden aistinvaraiseen laatuun. Työ tehtiin HS-Vedelle toimintatutkimuksena, jota täydennettiin kirjallisuustiedoilla sekä verrokkilaitoksille tehdyllä kyselyllä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015) sekä siihen tehdyt muutokset asettavat talousveden laadulle ja toimittamiselle kansallisen lainsäädännön vaatimukset, vastaavasti asiakkaat ja heidän tyytyväisyytensä tuotteen laatuun ohjaavat myös toimintaa.



HS-Veden tavoitteita ovat mm. laadukas vesi ja tyytyväiset asiakkaat, joihin tälläkin työllä pyrittiin vaikuttamaan selvittämällä veden laatua ja siinä koettuja ongelmia sekä etsimällä syytä, jotta jatkossa haasteilta vältyttäisiin.

Kokonaisklooripitoisuus ei ole suoraan verrannollinen käyttäjien kokemukseen veden kloorin hajusta ja mausta kokemaan ongelmaan. Havaintokynnys kloorille on pH:sta ja henkilöstä riippuen teorian mukaan 0,16–0,45 mg/l. Vastaavasti kokonaiskloorin määrän ollessa ~0,15 mg/l saavutetaan verkostolle suojaa mikrobiologisia ongelmia vastaan. Olennaista on, että koko veden toimitusketju on turvallinen raakavedestä ja laituskäsittelystä aina kuluttajan hanaan asti. Tutkimuksissa on tullut ilmi, että verkostolla, niin runkojohdoissa kuin kiinteistöjen putkistojen osallakin, voi olla merkittävä vaikutus veden laatuun kuluttajien hanoissa. Putkistolla voi olla vaikutusta sen elinkaaren molemmissa päissä niin uutena, jolloin ongelmaksi saattaa tulla aineiden irtoaminen putkistosta, joka itsessään saattaa aiheuttaa maku- tai hajuhaittoja tai liukenevien aineiden myötä, jotka ruokkivat mikrobiologista aktiivisuutta. Vastaavasti elinkaarensa lopulla olevissa putkistoissa saattavat ongelmaksi muodostua saostumat, biofilmit ja vuodot sekä huono vaihtuvuus mikäli putken kapasiteetti on pahasti alentunut tai vastaavasti kulutus pienentynyt ja kapasiteetti jäänyt ylisuureksi. Oikea aikainen saneeraus ja huolellisuus verkostotöissä sekä materiaalien valinnassa niin uudisrakentamisessa kuin saneerauksessa ovat tärkeässä roolissa, jotta ongelmilta vältyttäisiin. Uusien ja saneerattujen verkosto-osien puhdistus ja desinfiointi ennen käyttöönottoa vähentävät ongelmia, mutta eivät mm. THL:n tutkimuksen mukaan täysin varmasti niitä estä. Uusien muoviputkien käyttöönoton yhteydessä haju- ja makuongelmat ovat mahdollisia, klooridesinfiointilla niitä ei täysin voida estää, mutta mahdollisesti klooriamiini jonkin verran nopeuttaa verkoston toipumista ja palautumista tasapainotilaan, jolloin ongelmat vähenevät ja poistuvat. Tämä voi viedä viikoista kuukausiin jopa vuoteen. Tämä saneerausten vaikutus veden aistittavaan laatuun ilmeni tässä tutkimuksessa tarkastellussa itäisen kanta-Hämeenlinnan alueella. Vaikka laboratorioanalyysien ei vedessä pystytty osoittamaan, olleen mitään laatusuosituksen tai vaatimusten vastaista, viittaavat saadut asiakaspalautteet ja ilmiön poistuminen muutamassa kuukaudessa – vajaassa vuodessa siihen, että teoriaosuudessa käsitellyt putkistojen vaikutukset ovat tässä kohteessa olleet merkittävästi vaikuttamassa haju- ja makuhaittojen syntyyn tietyillä kuluttajilla. Vastaavasti lähinnä PEX-putkiin yhdistetyt VOC-yhdisteiden sekä MTBE, ETBE, TAME ja TBA kohonneiden pitoisuuksien ei tässä

tutkimuksessa todetun perusteella voida olettaa olleen vaikuttamassa haju- tai makuhaittojen syntyyn HS-Veden tässä tutkimuksessa mukana olleissa kohteissa. On mahdollista, että yksittäisillä kiinteistöillä syyt ovat näissä, mutta runkoverkoston tai saneeratun säiliön osalta se ei vaikuta todennäköiseltä.

Verkoston käytön aikaiset kunnossapitotoimet ovat myös tärkeässä osassa veden laadun ylläpitämiseksi mm. veden vaihtuvuudesta huolehtiminen, ylimääräisten sakkojen ja liiallisen biofilmin kasvun estäminen verkostoa huuhtomalla erityisesti niissä paikoissa, joihin joko laitokselta tai rautaputkista saostumia todennäköisesti kertyy. Tässä tutkimuksessa läntisen kanta-Hämeenlinnan tarkastelualueella todennäköiseksi haju- ja makuongelmien syyksi osoittautui lievästi kohonnut rauta- ja mangaanipitoisuus, jonka kanssa kloori reagoi, mutta joka tehokkaalla verkostohuuhtelulla saatiin tasoittumaan. Huomionarvoista on, että pitoisuudet eivät suurimmassa osassa näytteitä olleet vielä ylittäneet laatusuositusarvoa, vaan olivat selkeästi matalammalla tasolla. Tilanne tällä verkostoalueella syntyi kloorin käyttöönnoton yhteydessä, mutta on viitteitä siitä, että myös käytön aikana kohonnut metallien pitoisuus vaikuttaa veden laatuun heikentävästi aistinvarasten ominaisuuksien osalta. Yhtiön sisäisten prosessien hiominen veden laadun tarkkailun tulosten ja verkoston alueellisten huuhtelusuunnitelmien yhteensovittamisen osalta tuottaa molemmille osastoille ja varsinkin asiakkaille lisähyötyjä.

HS-Veden klooridesinfiointipisteistä Kylmälahden laitoksella tavoitepitoisuus kokonaiskloorille lähtevässä vedessä on selkeästi matalampi (0,20 mg/l) kuin kahdessa muussa kohteessa Ahveniston vedenkäsittelylaitoksella (0,28 mg/l) ja Tuulimäen desinfiointiasemalla (0,40 mg/l). Tähän ratkaisuun on aikoinaan päädytty, sillä riskienhallintaperusteella, että Kylmälahden vedentoimitusalue on pienempi ja viipymät lyhyempiä kuin Ahvenistolta ja vastaavasti Tuulimäestä Akaaseen. Matalammalla kokonaisklooripitoisuudella on ajateltu myös olevan positiivinen vaikutus asiakkaiden veden maun ja hajun kokemukseen. Kokonaisklooripitoisuus Kylmälahden lähtevässä vedessä on myös selkeästi matalampi mitä kyselyyn osallistuneilla verrokkilaitoksilla, ja laitoksen toimittaman veden verkostonäytteissä klooripitoisuudet ovat varsin matalat ja pidemmällä verkostossa ne jäävät alle määritysrajan 0,05 mg/l. Asiakaspalautteiden perusteella haju- ja makuhaittaa koetaan myös alueilla, joissa kokonaisklooripitoisuus on matala ja toisaalta asiakkaiden toimiviksi kokemat omat ratkaisut mm. hanakohtaiset suodattimet eivät tue

ajatusta, että klooriamiinin määrä sinällään olisi ongelman ydin. Tutkimuksen perusteella vaikuttaisi, että ongelma saattaisikin olla alhainen klooripitoisuus tietyillä alueilla, joka mahdollistaa mm. veden vanhenemisen ja mahdollisesti jonkinlaisen mikrobiologisen kasvun, josta haju- ja makuhaitat olisivat seurausta. Kylmälahden laitoksella kannattaa siis jatkossa testata kokonaisklooripitoisuuden nostamista samalle tasolle, mikä on Ahvenistolla käytössä. Kaikilla kolmella klooriamiinin syöttöpisteellä olisi lisäksi tärkeää päästä tasaisempaan lähtevän kloorin pitoisuuteen. Veteen lisättävät kloorimäärät ovat niin pieniä, että laitteistot ovat herkkiä syötön keskeytymiselle tai hiipumiselle, joka näkyy ajoittain veden laadun mittauksissa kokonaiskloorin tai vapaan kloorin määrissä.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin valvontatutkimusohjelman viranomais- ja omavalvonnan näytetuloksia, joiden tietoja täydennettiin lisänäytteenotoilla. Saatujen näytetulosten ja verrokkilaitoksilta opitun perusteella on omavalvonnan täydentäminen jatkossa järkevää mm. aktinomykeettien, mikrosienten ja heterotrofisten pesäkkeiden 22°C (R2A alustalla) osalta. Tutkimusosuudessa säiliöistä otetut lisänäytteet olivat toimiva ratkaisu, jota kannattaa hyödyntää jatkossakin. Lisäksi tähän tutkimukseen otetuista näytteistä mitattiin kahdelta Akaan säiliöltä kohonneita R2A-alustalla mitattuja heterotrofisten pesäkkeiden määriä sekä yhdeltä säiliöltä mikrosieniä. Tausta näille tuloksille kannattaa selvittää ennen kuin niistä muodostuu ongelma veden laadulle. On mahdollista, että vuodenajalla on jonkin verran vaikutusta tuloksiin, kuten verrokkilaitoksilla kyselyn perusteella oli havaittu olevan tilanne kesäaikaan. Vaikka pohja- ja tekopohjavesi on kautta vuoden lähes saman lämpöistä, on mahdollista, että lämpötila ja valon määrä nousee kesän ja alkusyksyn aikana mm. laitoksella tai säiliössä lisäten mikrobiologista kasvua. Näytteenotot kannattaa kohdentaa ainakin tähän vuodenaikaan, vaikka toisaalta myös vertailevien näytteiden ottaminen on tärkeää. Laitosten omavalvonnan täydentäminen vapaan kloorin laboratoriomäärityksillä samoin kuin joihinkin verkostopisteisiin vapaan kloorin määrityksen lisääminen tämän työn aikana oli järkevää ja sitä kannattaa jatkaa myös tulevaisuudessa, jotta natriumhypokloriitin ja ammoniumsulfaatin oikeaa syöttösuhdetta pystytään seuraamaan myös laboratorioanalysein. Näin saadaan vertailevaa tietoa myös jatkuvatoimisten kloorimittausten toiminnasta niiden kalibrointia täydentämään.

Tässä työssä haettiin vastauksia tutkimuskysymyksiin (luku 2.2), joihin saatiin vastaukset, joskin uusia tutkittavia seikkoja nousi esiin, kun HS-Veden toimittaman veden laatua

tarkasteltiin menetelmin, joita ei aiemmin ole ollut käytössä ja toisaalta kun yhdistettiin eri alueiden tuloksia, nähtiin yhteneväisyyksiä ja eroja. Verkoston iän, putkimateriaalien ja saneerausten sekä uudisrakentamisen huomioiminen ja tietojen yhdistäminen toimitettavan veden laatuun antoi laajemman näkökulman tutkittavaan asiaan. Tätä tarkastelumallia kannattaa hyödyntää jatkossakin. Verrokkilaitosten vastauksista sain ideoita, joita hyödynsin toimintatutkimuksessa laboratorioanalyysien valinnassa ja toisaalta vahvistusta ennakkonäkemykselle siitä, että haju- ja makuongelman taustalla syyt ovat moninaiset eivätkä ainoastaan HS-Veteen kohdistuvia. Lisätiedolla ja asiakkaiden informoinnilla pystytään toimittamaan riskittömämmin laadukkaampaa vettä ja käymään rakentavaa vuoropuhelua mahdollisista haasteista sekä reagoimaan oikein ja oikea-aikaisesti.

## Lähteet

Aqva Finland. (n.d.) *Aqva-vedensuodattimet*. Haettu 10.9.2023. [www.aqva.fi](http://www.aqva.fi)

Gray, N. F. (2010). *Water Technology, An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. Third edition. IWA Publishing.

Gray, N. F. (2008). *Drinking Water Quality, Problems and solutions*. Second edition. Cambridge University Press.

Heikkilä, M., (1999). *Vesijohtoverkon nitrifioivat bakteerit*. Suomen ympäristökeskus 328.

HS-Vesi. (n.d.). *HS-Veden esittely* [www-sivut]. [www.hsvesi.fi](http://www.hsvesi.fi)

HS-Vesi. (2018). *Talousveden riskienhallinta*. [tiedote]. Haettu 5.4.2021.

<https://hsvesi.fi/vesi-ja-vesihuolto/talousveden-riskienhallinta/>

Hämeenlinnan kaupunki. (2020). *Tarkastuskertomus 22.12.2020, terveydensuojelutoimiala*.  
Tapahtumatunnus 1235463

Hämäläinen, A., Moilanen, M., Hokajärvi, A-M., Pitkänen, T., Meriläinen, P., Miettinen, I. T. (2018). *Juomavesien epäpuhtauksien poistotekniikat talous- ja jätevesilaitoksilla*. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Haettu 30.3.2021.

[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137483/URN\\_ISBN\\_978-952-343-260-4.pdf](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137483/URN_ISBN_978-952-343-260-4.pdf)

Kekki, T. K., Keinänen-Toivola, M. M.; Kaunisto, T., Luntamo, M., (2007). *Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa*. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. Haettu 28.2.2023. <https://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Kekkiym.2007nettiversio.pdf>

Kettunen, A., Teollisuuden Vesi Oy. (2021). *VERLA: Verkostotöiden vaikutus somalaisten talousvesiverkostojen veden mikrobiologiseen laatuun*. Haettu 10.7.2023.

[https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika\\_Tiedostot/5/Hanke/1592/VERLA-raportti\\_2021-01-25.pdf](https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1592/VERLA-raportti_2021-01-25.pdf)

Kettunen, A., Teollisuuden Vesi Oy. (2022). *VÄRINÄ Verkon ääripisteiden näytteet*. [loppuraportti]. Haettu 10.7.2023.

[https://www.teollisuudenvesi.fi/site/assets/files/2040/kettunen\\_anu\\_varina\\_2022-05-12.pdf](https://www.teollisuudenvesi.fi/site/assets/files/2040/kettunen_anu_varina_2022-05-12.pdf)

Korhonen, L. K., Malaska, K., Lignell, U., Kärkkäinen, P., Rintala, H., Nevalainen, A., Miettinen, I. T., (2006). *Aktinomykeettien ja homeiden esiintyminen vesijohtovedessä*.

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 15/2006. Haettu 2.3.2023.

<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/103043/2006b15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Laitinen, J., Malila, R. (2020). *Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi*.

*Hiihijalanjälki sekä haitallisten aineisen terveys- ja ympäristövaikutukset*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 41/2020. Haettu 12.2.2023.

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/319739/SYKEra\\_41\\_2020\\_Putkimateriaalit.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/319739/SYKEra_41_2020_Putkimateriaalit.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Miettinen, I., Pursiainen, A. (2020). *Mikrobikasvu talousvesiverkostoissa, mikrobit verkostoveden pilaajina*. Haettu 10.7.2023.

[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140885/Mikrobit%20verkosto\\_Miettinen\\_Pursiainen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140885/Mikrobit%20verkosto_Miettinen_Pursiainen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Orava, M., Ala-Peijari, T., Pan, H. (2003). Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla.

*Vesitalous 1/2003*, 10-14. Haettu 1.4.2021. [https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/07/1\\_2003.pdf](https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/07/1_2003.pdf)

Pitkänen, T., Inkinen, J., Hokajärvi, A-M., Ikonen, J., Miettinen I. T. Siponen, S., Torvinen, E. Talousvesiverkostossa elää monimuotoinen mikrobiyhteisö. *Ympäristö ja Terveys- lehti* 1/2020. Haettu 15.2.2023.

[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140886/Pitk%C3%A4nen\\_YT1-2020\\_s34-39.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140886/Pitk%C3%A4nen_YT1-2020_s34-39.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pursiainen, A., Ikonen, J., Hokajärvi, A-M., Miettinen, I.T. (2022). *Mikrobikasvu uusissa vesijohdoissa -loppuraportti*. Terveys ja hyvinvoinnin laitos. Haettu 11.2.2023.

[https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika\\_Tiedostot/5/Hanke/1542/LOPPURAPORTTI Mikrobikasvu %20uusissa%20putkissa%20-%20loppuraportti\\_2022.pdf](https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1542/LOPPURAPORTTI_Mikrobikasvu%20uusissa%20putkissa%20-%20loppuraportti_2022.pdf)

Ramboll Finland Oy. (2016). *Hämeenlinnan ja Hattulan pohjavesien suojeleusuunnitelma 2016*. Haettu 5.2.2021. [https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hameenlinna\\_pohjavesialueiden\\_suojeleusuunnitelma\\_02052016.pdf](https://www.hameenlinna.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hameenlinna_pohjavesialueiden_suojeleusuunnitelma_02052016.pdf)

Ruokolainen M. (2019). Desinfiointin ja putkimateriaalin vaikutus talousvesiverkoston veden laatuun. Haettu 27.5.2022. [https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/20775/urn\\_nbn\\_fi\\_uef-20190638.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/20775/urn_nbn_fi_uef-20190638.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta. 1352/2015. Haettu 29.1.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151352#P21>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023. Haettu 1.7.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230002#Pidm45843169212864>

Sosiaali- ja terveysministeriö. (n.d.-a). *Juomavesidirektiivin täytäntöönpano*. Haettu 1.7.2023. <https://stm.fi/hanke?tunnus=STM010:00/2021>

Sosiaali- ja terveysministeriö. (n.d.-b). *Ympäristöterveys, Muovisten vesijohtoputkien haju- ja makuhaitat*. Haettu 12.2.2023. <https://stm.fi/ymparistoterveys/muoviputket>

Suomen rakentamismääräyskokoelma. (n.d.). Haettu 10.2.2023. <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset#i>

Taloustutkimus Oy. (2022). *WACSI 2022, Vesilaitosten asiakastyytyväisyystutkimus tulokset HS-Vesi Hämeenlinna*.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (n.d.-a). *Mikrobikasvu vesijohtoverkossa*. Haettu 11.2.2023. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/mikrobikasvu-vesijohtoverkostossa>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (n.d.-b). *Muovisten vesijohtojen haju- ja makuongelmat*. Haettu 11.2.2023. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/muovisten-vesijohtojen-haju-ja-makuongelmat>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (n.d.-c). *Talousveden desinfioinnin sivutuotteet*. Haettu 11.2.2023. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/talousveden-desinfioinnin-sivutuotteet>

Valtioneuvoston asetus talousveden tuotantoketjun riskienhallinnasta ja omavalvonnasta 7/2023. Haettu 1.7.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230007>

Valve, M., Isomäki, E. (2007). Klooraus – tuttu ja turvallinen? *Vesitalous* 4/2007, 6–11. Haettu 1.4.2021. <http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/4-2007.pdf>

Valvira. (2020a). *Talousvesiasetuksen soveltamisohje, Osa 1, Talousvettä koskevia säädöksiä*. Haettu 30.3.2021. [https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen\\_soveltamisohje\\_osa\\_1.pdf/17e75403-6280-d44b-0642-6c7168bc9032](https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_1.pdf/17e75403-6280-d44b-0642-6c7168bc9032)

Valvira. (2020b). *Talousvesiasetuksen soveltamisohje, Osa 2, Säännöskohtaiset soveltamisohjeet*. Haettu 30.3.2021. [https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen\\_soveltamisohje\\_osa\\_2.pdf/ba3128f8-8697-8132-9834-65a2920a3492](https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_2.pdf/ba3128f8-8697-8132-9834-65a2920a3492)

Valvira. (2020c). *WSP-riskinarviointi*. Haettu 30.3.2021 osoitteesta <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi/wsp-riskinarviointi>

Valvira. (2020d). *Talousvesiasetuksen soveltamisohje osa 3, Enimmäisarvojen perusteet*. Haettu 29.1.2023. [https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen\\_soveltamisohje\\_osa\\_3.pdf/b9faedd0-cd83-fd94-09e2-452e7e7ee123](https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_3.pdf/b9faedd0-cd83-fd94-09e2-452e7e7ee123)



Vartiainen, T. (2007). Desinfointi varmistaa talousveden mikrobiologisen puhtauden. *Vesitalous* 4/2007, 4-5. Haettu 1.4.2021. <https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/4-2007.pdf>

Vesilaitosyhdistys. (2014a). *Talousveden desinfointi ultravioletivalolla* [Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 58]. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Vesilaitosyhdistys. (2014b). *Talousveden klooraus* [Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 59]. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Vesilaitosyhdistys. (2019). *Työkalu taudinaiheuttajien poistotehon arviointiin vedentuotantoketjussa*. [Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 54. PAINOS 2. ] [https://www.vvy.fi/site/assets/files/3057/tyokalu\\_taudinaiheuttajien\\_poistotehon\\_arviointiin\\_vedentuotantoketjussa\\_2\\_painos.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3057/tyokalu_taudinaiheuttajien_poistotehon_arviointiin_vedentuotantoketjussa_2_painos.pdf) Haettu 28.1.2023.

WHO. (2022). Guidelines for drinking-water quality, Fourth edition incorporating the first and second addenda. Haettu 6.1.2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

Liite 1: Riskien arvottaminen ja riskien arvottamisen periaatteet (ote pääosin luottamuksellisesta Pöyry Finland Oy:n vuonna 2016 laatimasta Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n, Pohjavesilaitosten WSP riskienhallintasuunnitelmasta).

L = Low (alhainen riskitaso), ei vaadi välttämättömiä toimenpiteitä  M = Moderate (keskitason riski), toimenpiteet välttämättömiä riskin saattamiseksi hallintaan, laaditaan aikataulutettu suunnitelma riskien hallintaan saattamiseksi  H = High (kriittinen riski), toimenpiteet välttämättömiä riskin saattamiseksi hallintaan ja toimenpiteisiin on ryhdyttävä välittömästi		Seuraus			
		Ei terveyshaittaa, ei merkittävää vaikutusta	Kemiallisen tai aistinvaraisen laatusuosituksen ylittyminen	Mikrobiologisen laatusuosituksen ylittyminen, radioaktiivisuus	Laatuvaatimuksen ylittyminen ja/tai veden käyttö aiheuttaa epidemian tai muun terveyshaitan
		Ei vaikutusta (1)	Vähäinen (2)	Merkittävä (3)	Vakava (4)
Todennäköisyys	Esiintyy harvemmin kuin kerran kymmenessä vuodessa Harvainen (1)	L	L	M1	H 1
	Esiintyy kerran 5-10 vuodessa Satunnainen (2)	L	L	M2	H 2
	Esiintyy kerran 1-5 vuodessa Mahdollinen (3)	L	M2	H 2	H 3
	Esiintyy useammin kuin kerran vuodessa Todennäköinen (4)	L	M3	H 3	H 4

- Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi tehdään WSP-työkalussa kaksivaiheisesti
  - Ensimmäisessä osassa riski arvioidaan ilman hallintakeinoja
  - Mikäli riski nousee vähintään keskitasolle, kannattaa sille määrittää hallintakeinot ja riskin suuruus arvioida sen jälkeen uudelleen

## Liite 2. Ahveniston tekopohjavesilaitoksen raakavesikaivojen veden laatu vuosina 2021–2022

(koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2021 ja 2022 materiaaleista)

	Tutkimusaika	keskiarvo	minimi	maksimi
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C pmy/ml	01-10/2022	0.8	0	4
	2021	4.6	0	56
Kolimuotoiset bakteerit pmy/ 100 ml	01-10/2022	0	0	0
		0	0	0
pH	01-10/2022	6.8	6.6	6.9
		6.8	6.7	
Mangaani µg/l	01-10/2022	21	<1	75
	2021	29	<1	71
Rauta µg/l	01-10/2022	421	<10	2500
	2021	510	<10	2100
Alkaliniteetti mmol/l	01-10/2022	0.73	0.56	0.97
	2021	0.72	0.48	1.00
Sähkönjohtavuus mS/m	01-10/2022	15	11	21
	2021	14	11	21
Nitriitti mg/l NO <sub>2</sub>	01-10/2022	0.007	<0.007	0.016
	2021	<0,007	<0,007	<0,007
Nitraatti mg/l NO <sub>3</sub>	2022	1.5	0.1	4.5
	2021	1.4	0.05	4.4
AOX µg/l	01-10/2022	11	<10	13
	2021	<10	<10	<10
TOC mg/l	01-10/2022	1.7	0.9	2.6
	2021	1.6	0.7	2.4
Sameus FNU	01-10/2022	2.2	<0.2	17
	2021	0.8	<0.2	7.3
Kalsium mg/l	01-10/2022	16	12	24
	2021	17	11	25
Magnesium mg/l	01-10/2022	3.6	2.6	5.5
	2021	3.7	2.7	5.3
Kovuus mmol/l	01-10/2022	0.5	0.4	0.8
	2021	0.6	0.4	0.9
Kloridi mg/l	01-10/2022	7	4	13
	2021	7	4	13
Sulfaatti mg/l	'01-10/2022	22	16	32
	2021	22	17	33
Vapaa hiilidioksidi mg/l	01-10/2022	13	11	16
	2021	12	7	15

**Liite 3. Ahveniston tekopohjavesilaitoksen lähtevän veden laatu vuosina 2021–2022 (koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2021 ja 2022 materiaaleista)**

	Tutkimusaika	keskiarvo	minimi	maksimi	Huomiot
Kloori, kokonainen mg/l	01-10/2022	0.28	0.20	0.31	
	2021	0.26	0.16	0.34	
Kloori, vapaa mg/l	01-10/2022	0.05	<0.05	0.07	*1
Haju	03/2022	Ei todettu			*2
Maku	03/2022	Ei todettu			*3
pH	01-10/2022	7.8	7.6	7.9	
	2021	7.8	7.7	8.0	
Mangaani µg/l	01-10/2022	10	7	14	
	2021	12	7	20	
Rauta µg/l	01-10/2022	11	<10	22	*4
	2021	10	<10	11	*5
Alkaliniteetti mmol/l	01-10/2022	1	0.98	1	
	2021	1	0.95	1.1	
Sähkönjohtavuus mS/m	01-10/2022	18.7	17.3	19.4	
	2021	18.8	17.4	19.8	
Nitriitti mg/l NO <sub>2</sub>	01-10/2022	<0.007	<0.007	<0.007	
Nitriittityppi µg/l N	2021	<2	<2	2	
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C pmy/ml	01-10/2022	1	0	7	
	2021	0.7	0	5	
Kolimuotoiset bakteerit pmy/ 100 ml	01-10/2022	0	0	0	
	2021	0	0	0	

\*1 Merkittävä osa tuloksista alle määrittämissä raja-arvoissa, tämä vääristää keskiarvoa.

\*2 Analyysit tehty vain tehotarkkailun aikaan maaliskuussa.

\*3 Analyysit tehty vain tehotarkkailun aikaan maaliskuussa.

\*4 Merkittävä osa tuloksista alle määrittämissä raja-arvoissa, tämä vääristää keskiarvoa.

\*5 Merkittävä osa tuloksista alle määrittämissä raja-arvoissa, tämä vääristää keskiarvoa.

#### Liite 4. Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen raakavesikaivojen veden laatu vuosina 2021–2022

(koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2021 ja 2022 materiaaleista)

	Tutkimusaika	keskiarvo	minimi	maksimi	Huomiot
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C pmy/ml	01-10/2022	26	0	210	*1
	2021	12	0	140	
Kolimuotoiset bakteerit pmy/ 100 ml	01-10/2022	0	0	0	
		0	0	0	
pH	01-10/2022	6.8	6.6	6.9	
		6.7	6.6	6.9	
Mangaani µg/l	01-10/2022	2.2	<1	4.1	
	2021	2.6	<1	6.2	
Rauta µg/l	01-10/2022	11	<10	18	
	2021	11	<10	20	
Alkaliniteetti mmol/l	01-10/2022	0.9	0.7	1.1	
	2021	1.0	0.7	1.2	
Sähkönjohtavuus mS/m	01-10/2022	21.6	14.3	32.5	
	2021	23.6	13.8	38.5	
Nitriitti mg/l NO <sub>2</sub>	01-10/2022	<0.007	<0.007	<0.007	
	2021	<0,007	<0,007	<0,007	
Nitraatti mg/l NO <sub>3</sub>	2022	4.6	1.4	9.2	
	2021	5.0	1.7	10	
AOX µg/l	01-10/2022	<10	<10	<10	
		<10	<10	<10	
TOC mg/l	01-10/2022	1.2	0.6	1.9	
		1.1	0.7	1.7	
Sameus FNU	01-10/2022	<0.2	<0.2	<0.2	
		0.21	<0.2	0.29	
Kalsium mg/l	01-10/2022	23	15	32	
		26	16	36	
Magnesium mg/l	01-10/2022	5.0	3.3	6.4	
		5.5	3.6	7.2	
Kovuus mmol/l	01-10/2022	0.79	0.52	1.1	
		0.87	0.55	1.2	
Kloridi mg/l	01-10/2022	17	5	39	*2
		21	6	47	
Sulfaatti mg/l	'01-10/2022	29	19	37	
		31	20	40	
Vapaa hiilidioksidi mg/l	01-10/2022	17	11	25	
		17	11	28	

\*1 Yhdessä kaivossa esiintynyt kohonneita heterotrofien määriä. Muiden ka. 6 pmy/ml.

\*2 Yhdessä kaivoista muita korkeampi kloridipitoisuus, aiemman tiesuolauksen takia.

**Liite 5. Kylmälahden tekopohjavesilaitoksen lähtevän veden laatu vuosina 2021–2022 (koostettu KVVY Tutkimus Oy, 2021 ja 2022 materiaaleista)**

	Tutkimusaika	keskiarvo	minimi	maksimi	Huomiot
<b>Kloori, kokonainen mg/l</b>	01-10/2022	0.18	0.13	0.22	
	2021	0.22	0.18	0.25	
<b>Kloori, vapaa mg/l</b>	01-10/2022	0.05	<0.05	0.06	*1
<b>Haju</b>	03/2022	Ei todettu			*2
<b>Maku</b>	03/2022	Ei todettu			*3
<b>pH</b>	01-10/2022	7.8	7.6	7.9	
		7.8	7.7	7.9	
<b>Mangaani µg/l</b>	01-10/2022	<1	<1	<1	
	2021	1.8	<1	2.1	*4
<b>Rauta µg/l</b>	01-10/2022	<10	<10	<10	
	2021	<10	<10	<10	
<b>Alkaliniteetti mmol/l</b>	01-10/2022	0.78	0.71	0.88	
	2021	0.86	0.71	0.93	
<b>Sähkönjohtavuus mS/m</b>	01-10/2022	16.5	13.7	21.6	
	2021	20.1	14.9	22.8	
<b>Nitriitti mg/l NO<sub>2</sub></b>	01-10/2022	<0.007	<0.007	<0.007	
<b>Nitriittityppi µg/l N</b>	2021	<2	<2	<2	
<b>Heterotrofinen pesäkeluku 22°C pmy/ml</b>	01-10/2022	0.3	0	3	
	2021	0.3	0	2	
<b>Kolimuotoiset bakteerit pmy/ 100 ml</b>	01-10/2022	0	0	0	
	2021	0	0	0	

\*1 Merkittävä osa tuloksista alle määrittämissä raja-arvoissa, tämä vääristää keskiarvoa.

\*2 Analyysyjä tehty vain tehotarkkailun aikaan maaliskuussa.

\*3 Analyysyjä tehty vain tehotarkkailun aikaan maaliskuussa.

\*4 Merkittävä osa tuloksista alle määrittämissä raja-arvoissa, tämä vääristää keskiarvoa.

## Liite 6: Talousveden riskienhallinta HS-Vedellä

Veden hankinnassa ja toimituksessa on siirrytty, jopa aiempaa enemmän pohtimaan riskejä ja niiden ennaltaehkäisyä. Terveysturvallisuudessa edellytetään, että talousvettä toimittavan laitoksen veden laadun valvonta perustuu veden terveydelliseen laatuun vaikuttavien riskien arviointiin ja hallintaan.

HS-Vesi on tehnyt riskienhallintasuunnitelman valtakunnallisella WSP-työkalulla (Water Safety Plan). Suunnitelmassa on tarkasteltu veden hankinta, kaikki käsittelylaitokset sekä vedenjakeluverkosto. Riskienkartoitustyö on tehty konsultin vetämänä yhteistyössä terveydensuojeluviranomaisten kanssa ja sitä päivitetään tarvittaessa, kuitenkin vähintään kerran vuodessa tehtävillä tilannekatsauksilla.

Lisäksi HS-Vesi on osallistunut pohjavesien suojelusuunnitelman päivitystyöhön (valmistui 2.5.2016), jossa on käsitelty pohjaveteen kohdistuvat riskit. Pohjaveden suojelusuunnitelman päivitystyö tehtiin laajalla yhteistyöllä konsultin kokoamana. Suunnitelman laatimista ohjasi seurantaryhmä, johon kuuluivat edustajat mm. ELY-keskuksesta, ympäristönsuojelusta, terveydensuojelusta, pelastuslaitokselta sekä kunnista, myös kaavoitusta informoitiin hankkeesta. Pohjavesien suojelutyöryhmä kokoontuu säännöllisesti tarkastelemaan suojelusuunnitelmassa havaittujen riskien tilannetta sekä päivittämään ryhmän sisällä tehdyt pohjavettä suojelevat toimet ja mahdolliset tarvittavat jatkotoimet.

WSP-riskiarvioinnissa tunnistettiin riskit ja arvioitiin niiden taso (kriittinen, keskitaso tai vähäinen) sekä määritettiin hallintakeinot kaikille kriittisille ja keskitason riskeille. Hallintakeinojen jälkeen riski määritettiin uudelleen. Riskienarvioinnin tuloksena todettiin, että suurten laitosten osalta kaikki kriittiset riskit ovat hallinnassa.

Kehitettävää todettiin raudan ja mangaanin poistossa, joka on osittain yhteydessä myös veden riittävyteen sekä kirjallisten ohjeiden ajantasaisuudessa. Kehityskohteille laadittiin toimenpidesuosituksia sekä aikataulu niiden toteutukselle. Osa toimenpiteistä on nopeasti toteutettavissa ja nämä on pääosin jo tehty. Osa kehityskohteista vaatii laajempaa suunnittelua (mm. raakaveden turvaaminen ja varakapasiteetin lisääminen) sekä rahoitusta (mm. laitosten kehittäminen rautaa ja mangaania poistavaksi). Riskikartoituksesta saatiin hyvää tietoa tulevien investointien ja toimintasuunnitelmien laadintaan sekä jokapäiväiseen toimintaan.

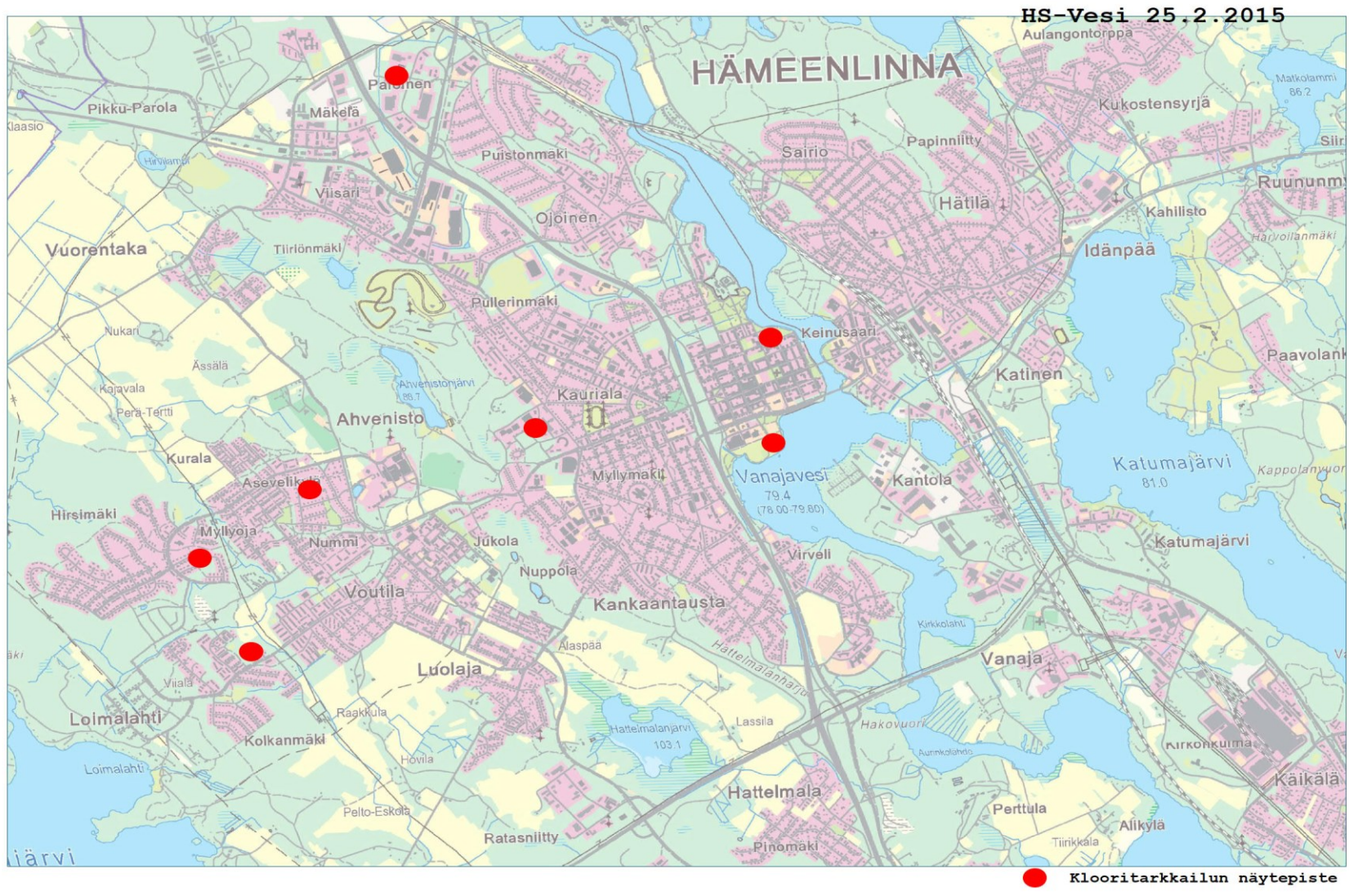
Tiedote julkaistu 26.10.2018

Tiedote luettavissa <https://hsvesi.fi/vesi-ja-vesihuolto/talousveden-riskienhallinta/>

Liite 7 HS-Veden tehostetun kloorimäärätarkkailun tulokset vuodelta 2015  
sekä näytepisteet kartalla

Tehostettu klooritarkkailu 2015			
Näytepäivä	osoite	kokonaiskloori mg/l	vapaa kloori mg/l
7.1.2015	Hirsimäenkatu	0.20	
7.1.	Turunie	0.19	
27.1.	Paroistentie	0.17	<0,05
4.2.	Vinttökatu	0.15	<0,05
17.2 (aamupäivä)	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
17.2 (aamupäivä)	Kuokkamaantie	0.05	<0,05
17.2 (iltapäivä)	Muurahaisenpolku	0.07	<0,05
17.2 (iltapäivä)	Kuokkamaantie	0.11	<0,05
25.2	Poltinahontie	0.20	<0,05
25.2	Ahvenistontie	0.06	<0,05
25.2	Lukiokatu	<0,05	<0,05
25.2	Jääkonkatu	<0,05	<0,05
25.2	Uimarintie	<0,05	<0,05
25.2.	Hirsimäenkatu	0.12	<0,05
4.3.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
4.3.	Kuokkamaantie	0.12	<0,05
4.3.	Jääkärintie	0.11	<0,05
4.3.	Lukiokatu	0.24	<0,05
4.3.	Uimarintie	0.08	<0,05
4.3.	Miehistönkatu	0.09	<0,05
4.3.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.27	0.06
11.3.	Muurahaisenpolku	0.06	<0,05
11.3.	Kuokkamaantie	0.13	<0,05
11.3.	Jääkärintie	0.14	<0,05
11.3.	Lukiokatu	0.12	<0,05
11.3.	Uimarintie	0.10	<0,05
11.3.	Miehistönkatu	0.16	<0,05
11.3.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.17	<0,05
18.3.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
18.3.	Kuokkamaantie	0.09	<0,05
18.3.	Lukiokatu	<0,05	<0,05
18.3.	Uimarintie	<0,05	<0,05
18.3.	Miehistönkatu	0.12	<0,05
18.3.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.16	<0,05
25.3.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
25.3.	Kuokkamaantie	0.10	<0,05
25.3.	Lukiokatu	0.14	<0,05
25.3.	Uimarintie	<0,05	<0,05
25.3.	Miehistönkatu	0.08	<0,05
25.3.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.19	0.05
30.3.	Paroistentie	0.18	0.09
1.4.	Muurahaisenpolku	0.05	<0,05
1.4.	Kuokkamaantie	0.08	<0,05
1.4.	Lukiokatu	0.16	<0,05
1.4.	Uimarintie	0.06	<0,05
1.4.	Miehistönkatu	0.19	<0,05
1.4.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.14	<0,05
2.4.	Jääkärintie	0.19	0.06
2.4.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.20	0.05
8.4.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.20	0.05
8.4.	Miehistönkatu	0.17	<0,05
8.4.	Paroistentie	0.06	<0,05
8.4.	Muurahaisenpolku	0.06	<0,05
8.4.	Lukiokatu	0.17	<0,05
8.4.	Uimarintie	0.07	<0,05
8.4.	Kuokkamaantie	0.12	<0,05
15.4.	Paroistentie	<0,05	<0,05
15.4.	Lukiokatu	0.18	<0,05
15.4.	Uimarintie	0.06	<0,05
15.4.	Kuokkamaantie	0.11	<0,05
15.4.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.2	0.05
16.4.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
16.4.	Riihipellontie	<0,05	<0,05
22.4.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.16	<0,05
22.4.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
22.4.	Lukiokatu	0.17	<0,05
22.4.	Uimarintie	0.05	<0,05
22.4.	Jääkärintie	0.08	<0,05
22.4.	Paroistentie	0.12	<0,05
29.4.	Miehistönkatu	0.18	<0,05
29.4.	Kuokkamaantie	0.12	<0,05
29.4.	Jääkärintie	0.13	<0,05
29.4.	Lukiokatu	0.17	<0,05
29.4.	Uimarintie	0.05	<0,05
29.4.	Muurahaisenpolku	<0,05	<0,05
6.5.	Kuokkamaantie	0.15	<0,05
6.5.	Jääkärintie	0.17	0.06
6.5.	Miehistönkatu	0.18	0.07
6.5.	Uimarintie	0.07	<0,05
6.5.	Lukiokatu	0.19	<0,05
6.5.	Muurahaisenpolku	0.06	<0,05
6.5.	Ahvenisto laitos lähtevä	0.20	<0,05
13.5.	Miehistönkatu	0.18	<0,05
13.5.	Jääkärintie	0.14	<0,05
13.5.	Ahveniston laitos lähtevä	0.19	0.06
13.5.	Lukiokatu	0.18	0.06
13.5.	Uimarintie	<0,05	<0,05
13.5.	Muurahaisenpolku	0.07	<0,05
13.5.	Paroistentie	0.14	<0,05
20.5.	Ahveniston laitos lähtevä	0.21	<0,05
20.5.	Lukiokatu	0.18	<0,05
20.5.	Uimarintie	0.05	<0,05
20.5.	Muurahaisenpolku	0.05	<0,05
20.5.	Paroistentie	0.10	<0,05
20.5.	Miehistönkatu	0.13	<0,05
20.5.	Jääkärintie	0.13	<0,05
21.5.	Kuokkamaantie	0.14	0.06
27.5.	Muurahaisenpolku	0.06	<0,05
27.5.	Paroistentie	0.11	<0,05
27.5.	Miehistönkatu	0.16	0.06
27.5.	Jääkärintie	0.12	<0,05
27.5.	Kuokkamaantie	0.12	<0,05
27.5.	Ahveniston laitos lähtevä	0.20	<0,05
27.5.	Uimarintie	<0,05	<0,05
27.5.	Lukiokatu	0.20	<0,05
3.6.	Muurahaisenpolku	0.08	<0,05
9.6.	Paroistentie	0.14	<0,05
4.6.	Uimarintie	0.08	<0,05
4.6.	Lukiokatu	0.22	0.06
4.6.	Ahveniston laitos lähtevä	0.15	<0,05
10.6.	Muurahaisenpolku	0.06	<0,05
10.6.	Ahveniston laitos lähtevä	0.17	0.06
10.6.	Paroistentie	0.12	<0,05
ku		0.13	0.06
min		<0,05	<0,05
maks		0.27	0.09
näytemäärä		113	111





Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Paroistentie 7  
13600 HÄMEENLINNA

Tilausno 221638 (OHSVERK/Vesinäyt), saapunut 18.2.2015, näytteet otettu 18.2.2015  
Näytteenottaja: HS-Vesi

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
6329	Verkosto; Jääkärintie <del>XXX</del>
6330	Verkosto; Kuokkamaantie <del>XXX</del>
6331	Verkosto; Ahvenisto

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittäminen	Yksikkö	6329	6330	6331	STM 461/00
Haihtuvat yhdisteet kvalitatiivisesti		Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	
*Koliformiset bakteerit (37°C)	pmy/100 ml	0	0	0	<1 (s)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	0	0	1	
Ulkonäkö		Kirkas	Kirkas	Kirkas	
Haju		Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	
Maku		Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	
*pH		7,5	7,4	7,3	»9,5, »6,5 (s)
*Nitriittityppi	mg/l N	<0,002	<0,002	<0,002	<0,15 (v)
*Nitriitti	mg/l	<0,007	<0,007	<0,007	<0,49 (v)
*Rauta	µg/l	54	88	73	<200 (s)
*Mangaani	µg/l	32	63	30	<50 (s)

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
STM 461/00 = Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 (verkostovedet) v=vaatimus s=suositus  
\*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.



Jaana Virtanen  
Kemisti

**TIEDOKSI**


Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa.  
Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämispäivätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite  
Patamaenkatu 24  
33900 TAMPERE

Postiosoite  
PL 265  
33101 TAMPERE

Puhelin  
(03) 2461206  
\*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti  
(03) 246 1200  
jaana.virtanen@kvvy.fi

Alv.rek/enn.pid.rek  
Y 021 4391-0

**MENETELMÄTIEDOT**

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Haihtuvat yhdisteet kvalitatiivisesti	GC/MSD headspace-tekniikka (TL105)
*Koliformiset bakteerit (37°C)	SFS 3016, 2001 (TL25)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	SFS-EN ISO 6222, 1999 (TL25)
Ulkonäkö	Aistinvarainen arviointi (TL25)
Haju	Aistinvarainen (1 hlö) (TL25)
Maku	Aistinvarainen (1 hlö) (TL25)
*pH	SFS 3021, 1979 (TL25)
*Nitriitti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Rauta	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)
*Mangaani	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL105	Kokemäenjoen vesistön vsy/Hml
TL25	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
Haihtuvat yhdisteet kvalitatiivisesti	2015/6329		18.2.2015
	2015/6330		18.2.2015
	2015/6331		18.2.2015
*Koliformiset bakteerit (37°C)	2015/6329		18.2.2015
	2015/6330		18.2.2015
	2015/6331		18.2.2015
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	2015/6329	±1 pmy/ml	18.2.2015
	2015/6330	±1 pmy/ml	18.2.2015
	2015/6331	±2 pmy/ml	18.2.2015
Ulkonäkö	2015/6329		18.2.2015
	2015/6330		18.2.2015
	2015/6331		18.2.2015
Haju	2015/6329		18.2.2015
	2015/6330		18.2.2015
	2015/6331		18.2.2015
Maku	2015/6329		18.2.2015
	2015/6330		18.2.2015
	2015/6331		18.2.2015
*pH	2015/6329	±0,2 yks.	19.2.2015
	2015/6330	±0,2 yks.	19.2.2015
	2015/6331	±0,2 yks.	19.2.2015
*Nitriitti	2015/6329	Määrittämysrajan alitus	19.2.2015
	2015/6330	Määrittämysrajan alitus	19.2.2015
	2015/6331	Määrittämysrajan alitus	19.2.2015
*Rauta	2015/6329	±15 %	24.2.2015
	2015/6330	±15 %	24.2.2015
	2015/6331	±15 %	24.2.2015

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisspäivätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

---

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)**

---

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäminen
*Mangaani	2015/6329	±20 %	24.2.2015
	2015/6330	±20 %	24.2.2015
	2015/6331	±20 %	24.2.2015

---

Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Paroistentie 7  
13600 HÄMEENLINNA


Tilausno 222964 (OHSVERK/Vesinäyt), saapunut 10.3.2015, näytteet otettu 10.3.2015

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
9733	Verkosto; Jääkärintie <del>XXX</del>
9734	Verkosto; Kuokkamaantie <del>XXX</del>
9735	Verkosto; Muurahaisenpolku
9736	Verkosto; Paroistentie <del>XXX</del>
9737	Lähtevä; Ahvisto

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittäminen	Yksikkö	9733	9734	9735	STM 461/00
*Koliformiset bakteerit (37°C)	pmy/100 ml	0	0	0	<1 (s)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	0	0	19	
*pH		7,8	7,9	7,8	«9,5, »6,5 (s)
*Ammoniumtyppi	mg/l N	0,032	0,019	0,007	<0,4 (s)
*Ammonium	mg/l	0,041	0,025	0,010	<0,5 (s)
*Nitriitti	mg/l	<0,007	0,0078	<0,007	<0,49 (v)
*Nitriittityppi	mg/l N	<0,002	0,0024	<0,002	<0,15 (v)
*Nitraatti	mg/l	2,6	2,1	2,6	<49 (v)
*Nitraattityppi	mg/l N	0,59	0,47	0,58	<11 (v)
*Nitraatin ja nitriitin summa	mg/l	2,6	2,1	2,6	<49 (v)
*NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	mg/l N	0,60	0,48	0,59	<11 (v)
*Rauta	µg/l	31	50	110	<200 (s)
*Mangaani	µg/l	17	24	34	<50 (s)
*Kokonaiskloori	mg/l	0,12	0,05	<0,05	
*Sitoutunut kloori	mg/l	0,09	0,05	<0,03	
*Vapaa kloori	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	

Määrittäminen	Yksikkö	9736	9737	STM 461/00
*Koliformiset bakteerit (37°C)	pmy/100 ml	0	0	<1 (s)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	0	0	
*pH		7,6	7,5	«9,5, »6,5 (s)
*Ammoniumtyppi	mg/l N	0,032	0,041	<0,4 (s)
*Ammonium	mg/l	0,041	0,053	<0,5 (s)
*Nitriitti	mg/l	0,0076	<0,007	<0,49 (v)
*Nitriittityppi	mg/l N	0,0023	<0,002	<0,15 (v)
*Nitraatti	mg/l	3,8	3,7	<49 (v)
*Nitraattityppi	mg/l N	0,86	0,83	<11 (v)
*Nitraatin ja nitriitin summa	mg/l	3,8	3,7	<49 (v)

Tässä testausselosteeissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämissäädöt. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite  
Patamaenkatu 24  
33900 TAMPERE

Postiosoite  
PL 265  
33101 TAMPERE

Puhelin  
(03) 2461206  
\*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti  
(03) 246 1200  
jaana.virtanen@kvvy.fi

Alv.rek/enn.pid.rek  
Y 021 4391-0

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET** (jatkoa ed. sivulta)

Määrittäminen	Yksikkö	9736	9737	STM 461/00
*NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	mg/l N	0,87	0,83	<11 (v)
*Rauta	µg/l	11	<10	<200 (s)
*Mangaani	µg/l	22	18	<50 (s)
*Kokonaiskloori	mg/l	0,13	0,21	
*Sitoutunut kloori	mg/l	0,12	0,17	
*Vapaa kloori	mg/l	<0,05	<0,05	

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

STM 461/00 = Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 (verkostovedet) v=vaatimus s=suositus

\*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.



Jaana Virtanen  
Kemisti

**TIEDOKSI**


**MENETELMÄTIEDOT**

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Koliformiset bakteerit (37°C)	SFS 3016, 2001 (TL25)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	SFS-EN ISO 6222, 1999 (TL25)
*pH	SFS 3021, 1979 (TL25)
*Ammonium	Sisäinen menetelmä KVVY LA131 (TL25)
*Nitriitti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Nitraatti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Nitraatin ja nitriitin summa	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Rauta	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)
*Mangaani	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)
*Kokonaiskloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)
*Sitoutunut kloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)
*Vapaa kloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL105	KVVY Tavastlab
TL25	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
*Koliformiset bakteerit (37°C)	2015/9733		10.3.2015
	2015/9734		10.3.2015
	2015/9735		10.3.2015
	2015/9736		10.3.2015
	2015/9737		10.3.2015
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	2015/9733	±1 pmy/ml	10.3.2015
	2015/9734	±1 pmy/ml	10.3.2015
	2015/9735	±20 %	10.3.2015
	2015/9736	±1 pmy/ml	10.3.2015
	2015/9737	±1 pmy/ml	10.3.2015
*pH	2015/9733	±0,2 yks.	11.3.2015
	2015/9734	±0,2 yks.	11.3.2015
	2015/9735	±0,2 yks.	11.3.2015
	2015/9736	±0,2 yks.	11.3.2015
	2015/9737	±0,2 yks.	11.3.2015
*Ammonium	2015/9733	±15 %	11.3.2015
	2015/9734	±15 %	11.3.2015
	2015/9735	±3 µg/l N	11.3.2015
	2015/9736	±15 %	11.3.2015
	2015/9737	±15 %	11.3.2015
*Nitriitti	2015/9733	Määrittämissrajien alitus	11.3.2015
	2015/9734	±1 µg/l N	11.3.2015
	2015/9735	Määrittämissrajien alitus	11.3.2015
	2015/9736	±1 µg/l N	11.3.2015
	2015/9737	Määrittämissrajien alitus	11.3.2015

Tässä testausseleosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisspäivätiedot. Testausseleosteen saa kopioida vain kokonaan.

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)**

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
*Nitraatti	2015/9733	±15 %	11.3.2015
	2015/9734	±15 %	11.3.2015
	2015/9735	±15 %	11.3.2015
	2015/9736	±15 %	11.3.2015
	2015/9737	±15 %	11.3.2015
*Nitraatin ja nitriitin summa	2015/9733	±10 %	11.3.2015
	2015/9734	±10 %	11.3.2015
	2015/9735	±10 %	11.3.2015
	2015/9736	±10 %	11.3.2015
	2015/9737	±10 %	11.3.2015
*Rauta	2015/9733	±15 %	13.3.2015
	2015/9734	±15 %	13.3.2015
	2015/9735	±15 %	13.3.2015
	2015/9736	±15 %	13.3.2015
	2015/9737	Määrittämissrajien alitus	13.3.2015
*Mangaani	2015/9733	±20 %	13.3.2015
	2015/9734	±20 %	13.3.2015
	2015/9735	±20 %	13.3.2015
	2015/9736	±20 %	13.3.2015
	2015/9737	±20 %	13.3.2015
*Kokonaiskloori	2015/9733	±20 %	10.3.2015
	2015/9734	±20 %	10.3.2015
	2015/9735	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9736	±20 %	10.3.2015
	2015/9737	±20 %	10.3.2015
*Sitoutunut kloori	2015/9733		10.3.2015
	2015/9734		10.3.2015
	2015/9735	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9736		10.3.2015
	2015/9737		10.3.2015
*Vapaa kloori	2015/9733	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9734	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9735	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9736	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015
	2015/9737	Määrittämissrajien alitus	10.3.2015

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisspäivätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.



Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Paroistentie 7  
13600 HÄMEENLINNA



Tilausno 223764 (OHSVERK/Vesinäyt), saapunut 19.3.2015, näytteet otettu 19.3.2015  
Näytteenottaja: S. Tsehernov

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
11829	Verkosto; Lemminkäisentie <del>XXX</del>
11830	Verkosto; Kuokkamaantie <del>XXX</del>
11831	Verkosto; Muurahaisenpolku
11832	Verkosto; Paroistentie <del>XXX</del>
11833	Lähtevä vesi; Ahvenisto
11834	Verkosto; Hirsimäenkatu <del>XXX</del>

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittäminen	Yksikkö	11829	11830	11831	STM 461/00
*Koliformiset bakteerit (37°C)	pmy/100 ml	0	0	0	<1 (s)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	0	0	12	
Ulkonäkö		Kirkas	Kirkas	Kirkas	
*pH		8,0	7,9	7,8	»9,5, »6,5 (s)
*Ammoniumtyppi	mg/l N	0,031	0,031	0,028	<0,4 (s)
*Ammonium	mg/l	0,040	0,040	0,036	<0,5 (s)
*Nitriitti	mg/l	0,0073	0,012	0,010	<0,49 (v)
*Nitriittityppi	mg/l N	0,0022	0,0037	0,0031	<0,15 (v)
*Nitraatti	mg/l	4,1	3,1	3,0	<49 (v)
*Nitraattityppi	mg/l N	0,91	0,71	0,68	<11 (v)
*Nitraatin ja nitriitin summa	mg/l	4,1	3,2	3,0	<49 (v)
*NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	mg/l N	0,92	0,71	0,69	<11 (v)
*Rauta	µg/l	130	40	100	<200 (s)
*Mangaani	µg/l	22	28	36	<50 (s)
*Kokonaiskloori	mg/l	0,09	0,06	<0,05	
*Vapaa kloori	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	

Määrittäminen	Yksikkö	11832	11833	11834	STM 461/00
*Koliformiset bakteerit (37°C)	pmy/100 ml	0	0	0	<1 (s)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	0	1	12	
Ulkonäkö		Kirkas	Kirkas	Kirkas	
*pH		7,7	7,5	8,0	»9,5, »6,5 (s)
*Ammoniumtyppi	mg/l N	0,029	0,029	0,036	<0,4 (s)
*Ammonium	mg/l	0,037	0,037	0,046	<0,5 (s)
*Nitriitti	mg/l	<0,007	<0,007	0,0091	<0,49 (v)
*Nitriittityppi	mg/l N	<0,002	<0,002	0,0028	<0,15 (v)
*Nitraatti	mg/l	2,7	3,2	4,0	<49 (v)

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämissäädöt. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite  
Patamaenkatu 24  
33900 TAMPERE

Postiosoite  
PL 265  
33101 TAMPERE

Puhelin  
(03) 2461206  
\*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti  
(03) 246 1200  
jaana.virtanen@kvvy.fi

Alv.rek/enn.pid.rek  
Y 021 4391-0

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET (jatkoa ed. sivulta)**

Määrittäminen	Yksikkö	11832	11833	11834	STM 461/00
*Nitraattityppi	mg/l N	0,60	0,73	0,90	<11 (v)
*Nitraatin ja nitriitin summa	mg/l	2,7	3,2	4,0	<49 (v)
*NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	mg/l N	0,61	0,73	0,90	<11 (v)
*Rauta	µg/l	24	11	41	<200 (s)
*Mangaani	µg/l	29	32	23	<50 (s)
*Kokonaiskloori	mg/l	0,09	0,19	0,09	
*Vapaa kloori	mg/l	<0,05	0,06	<0,05	

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin,

» = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

STM 461/00 = Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 (verkostovedet) v=vaatimus s=suositus

\*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.



Jaana Virtanen  
Kemisti

**TIEDOKSI**


**MENETELMÄTIEDOT**

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Koliformiset bakteerit (37°C)	SFS 3016, 2001 (TL25)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	SFS-EN ISO 6222, 1999 (TL25)
Ulkonäkö	Aistinvarainen arviointi (TL25)
*pH	SFS 3021, 1979 (TL25)
*Ammonium	Sisäinen menetelmä KVVY LA131 (TL25)
*Nitriitti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Nitraatti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Nitraatin ja nitriitin summa	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Rauta	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)
*Mangaani	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (TL25)
*Kokonaiskloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)
*Vapaa kloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL105	KVVY Tavastlab
TL25	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
*Koliformiset bakteerit (37°C)	2015/11829		19.3.2015
	2015/11830		19.3.2015
	2015/11831		19.3.2015
	2015/11832		19.3.2015
	2015/11833		19.3.2015
	2015/11834		19.3.2015
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	2015/11829 ±1 pmy/ml		19.3.2015
	2015/11830 ±1 pmy/ml		19.3.2015
	2015/11831 ±30 %		19.3.2015
	2015/11832 ±1 pmy/ml		19.3.2015
	2015/11833 ±2 pmy/ml		19.3.2015
	2015/11834 ±30 %		19.3.2015
Ulkonäkö	2015/11829		19.3.2015
	2015/11830		19.3.2015
	2015/11831		19.3.2015
	2015/11832		19.3.2015
	2015/11833		19.3.2015
	2015/11834		19.3.2015
*pH	2015/11829 ±0,2 yks.		20.3.2015
	2015/11830 ±0,2 yks.		20.3.2015
	2015/11831 ±0,2 yks.		20.3.2015
	2015/11832 ±0,2 yks.		20.3.2015
	2015/11833 ±0,2 yks.		20.3.2015
	2015/11834 ±0,2 yks.		20.3.2015
*Ammonium	2015/11829 ±15 %		20.3.2015

Tässä testausselosteeissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisspäivätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

## MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
	2015/11830	±15 %	20.3.2015
	2015/11831	±15 %	20.3.2015
	2015/11832	±15 %	20.3.2015
	2015/11833	±15 %	20.3.2015
	2015/11834	±15 %	20.3.2015
*Nitriitti	2015/11829	±1 µg/l N	20.3.2015
	2015/11830	±1 µg/l N	20.3.2015
	2015/11831	±1 µg/l N	20.3.2015
	2015/11832	Määrittämissrajien alitus	20.3.2015
	2015/11833	Määrittämissrajien alitus	20.3.2015
	2015/11834	±1 µg/l N	20.3.2015
*Nitraatti	2015/11829	±15 %	20.3.2015
	2015/11830	±15 %	20.3.2015
	2015/11831	±15 %	20.3.2015
	2015/11832	±15 %	20.3.2015
	2015/11833	±15 %	20.3.2015
	2015/11834	±15 %	20.3.2015
*Nitraatin ja nitriitin summa	2015/11829	±10 %	20.3.2015
	2015/11830	±10 %	20.3.2015
	2015/11831	±10 %	20.3.2015
	2015/11832	±10 %	20.3.2015
	2015/11833	±10 %	20.3.2015
	2015/11834	±10 %	20.3.2015
*Rauta	2015/11829	±15 %	20.3.2015
	2015/11830	±15 %	20.3.2015
	2015/11831	±15 %	20.3.2015
	2015/11832	±15 %	20.3.2015
	2015/11833	±15 %	20.3.2015
	2015/11834	±15 %	20.3.2015
*Mangaani	2015/11829	±20 %	20.3.2015
	2015/11830	±20 %	20.3.2015
	2015/11831	±20 %	20.3.2015
	2015/11832	±20 %	20.3.2015
	2015/11833	±20 %	20.3.2015
	2015/11834	±20 %	20.3.2015
*Kokonaiskloori	2015/11829	±20 %	19.3.2015
	2015/11830	±20 %	19.3.2015
	2015/11831	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015
	2015/11832	±20 %	19.3.2015
	2015/11833	±20 %	19.3.2015
	2015/11834	±20 %	19.3.2015
*Vapaa kloori	2015/11829	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015
	2015/11830	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015
	2015/11831	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015
	2015/11832	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015
	2015/11833	±30 %	19.3.2015
	2015/11834	Määrittämissrajien alitus	19.3.2015

Tässä testausselosteeissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisspäivätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Paroistentie 7  
13600 HÄMEENLINNA



Tilausno 226818 (OHSVERK/Vesinäyt), saapunut 27.4.2015

## NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
18682	Kuokkamaantie <del>XX</del> , lisänäyte

## MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	18682	STM 461/00
Haju		Ei todettu	
Maku		Ei todettu	
*Nitriittityppi	mg/l N	0,0029	<0,15 (v)
*Nitriitti	mg/l	0,0095	<0,49 (v)
*Kokonaiskloori	mg/l	0,07	

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
STM 461/00 = Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 (verkostovedet) v=vaatimus s=suositus  
\*-merkintä on akkreditoitu menetelmä.



Jaana Virtanen  
Kemisti

## TIEDOKSI



Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa.  
Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämissäätiedot. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite  
Patamaenkatu 24  
33900 TAMPERE

Postiosoite  
PL 265  
33101 TAMPERE

Puhelin  
(03) 2461206  
\*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti  
(03) 246 1200  
jaana.virtanen@kvvy.fi

Alv.rek/enn.pid.rek  
Y 021 4391-0

---

**MENETELMÄTIEDOT**


---

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Haju	Aistinvarainen (TL105)
Maku	Aistinvarainen (TL105)
*Nitriitti	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL25)
*Kokonaiskloori	SFS-EN ISO 7393-2; 2000 (TL105)

---

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**


---

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL105	KVY Tavastlab
TL25	KVY/Tampere

---

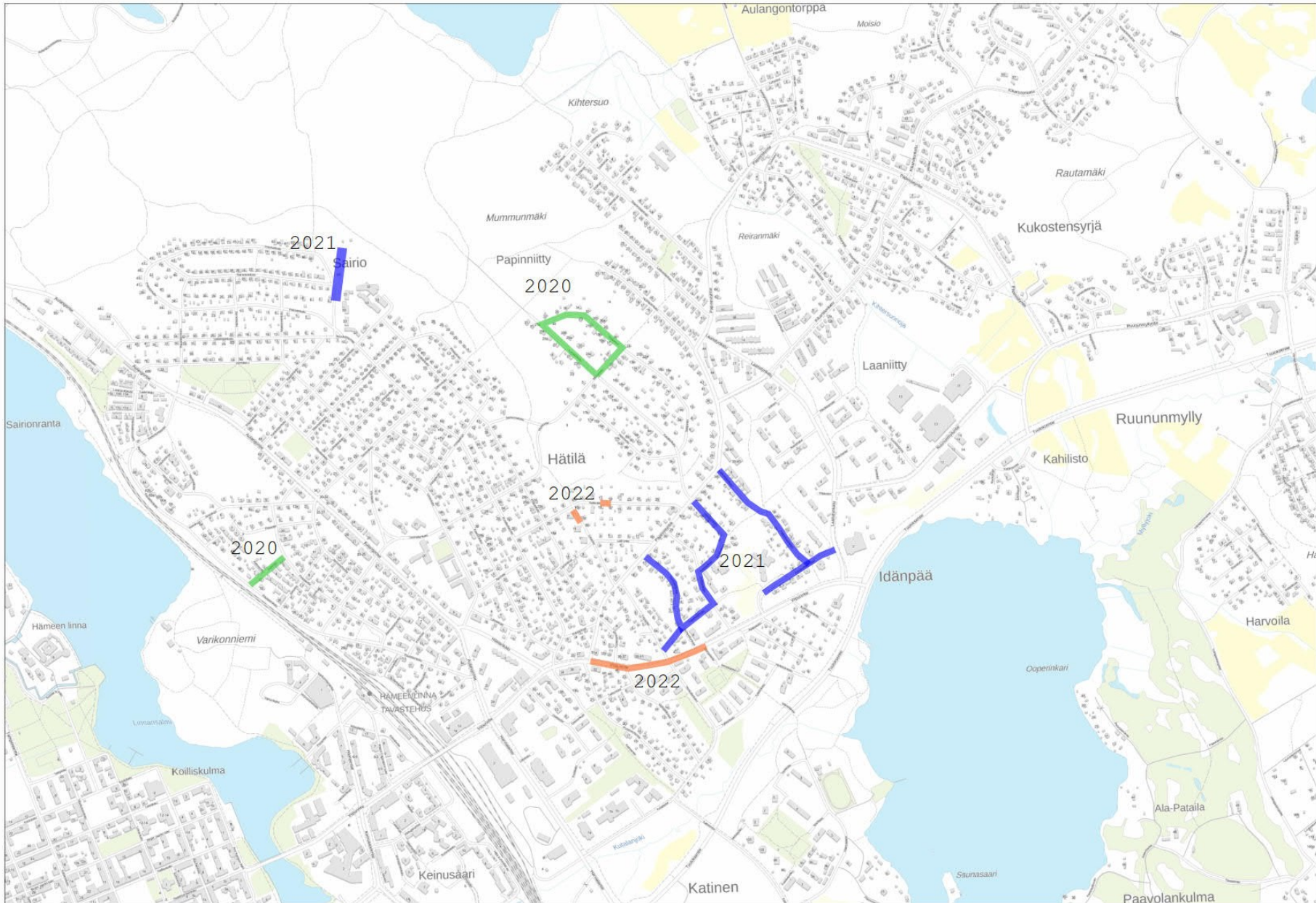
**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**


---

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisajankohta
Haju	2015/18682		27.4.2015
Maku	2015/18682		27.4.2015
*Nitriitti	2015/18682 ±1 µg/l N		28.4.2015
*Kokonaiskloori	2015/18682 ±20 %		27.4.2015

---

Liite 9 HS-Veden verkostosaneeraukset itäinen kanta-Hämeenlinna vuodet 2020-2022





Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Paroistentie 7  
13600 HÄMEENLINNA

## TESTAUSSELOSTE OHSVERK/51-2

16.8.2023

1(2)



Projekti OHSVERK/51  
 Projektin nimi Omavalvonta, Viikko 12  
 Näyttenumero 22TV04698  
 Näytteen nimi ~~KOKOVEDYKSE~~, UV:n jälk Hämeenlinna säiliö 1  
 Näyte otettu 22.3.2022  
 Näytteenottaja Jarkko Toivonen  
 Näyte saapunut 22.3.2022

Määrittäminen	Menetelmän tunnus	Yksikkö	Tulos	Rajat
Kloori, kokonainen	LA425*	mg/l	0,07	
Kloori, vapaa	LA425*	mg/l	< 0,05	
Haju	LA163		ei todettu	
Maku	LA163		ei todettu	
Mangaani	LA076*	µg/l	6,4	<50 (t)
Rauta	LA076*	µg/l	24	<200 (t)
pH	LA147*		7,9	6,5-9,5 (t)
Nitriitti NO <sub>2</sub>	LA129*	mg/l NO <sub>2</sub>	0,024	≤0,50 (v)
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	LA123		Ei todettu	
Etyyli-tert.butyyliieetteri (ETBE)	LA123	µg/l	< 0,5	
Metyyli-tert.butyyliieetteri (MTBE)	LA123	µg/l	< 0,5	
Tert.amyylimetyyliieetteri (TAME)	LA123	µg/l	< 0,5	
Tert.butanoli (TBA)	LA123	µg/l	< 4	
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	LA600TH*	pmy/ml	0	ei epätavallisia muutoksia
Kolimuotoiset bakteerit	LA601TH*	pmy/100 ml	0	0 (t)

STM:n Talousvesiasetus 1352/2015 ja muutosasetus 2/2023; v=laatuvaatimus t=laatuavoite

**LAUSUNTO** Liitteenä luettelo VOC-määrittämisessä esiin tulevista yhdisteistä.

### KVYVY Tutkimus Oy

Jaana Virtanen  
Kemisti

Digitally signed by allekirjoitus.kvvy.innolims.fi  
Date: 2023.08.16 12:36:46 +03:00  
Reason: InnoLIMS pdf sign

\* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä, ' = Asiakkaan ilmoittama tieto

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.

Testausselostukseen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettyäessä.

**Tampere**  
Puh. 03 246 1208  
laboratorio@kvvy.fi

**Pori**  
Puh. 03 246 1277  
porilab@kvvy.fi

**Rauma**  
Puh. 03 246 1276  
raumalab@kvvy.fi

**Hämeenlinna**  
Puh. 03 246 1275  
tavastlab@kvvy.fi

**Sastamala**  
Puh. 03 246 1275  
sastalab@kvvy.fi

**Vaasa**  
Puh. 06 312 0020  
botnialab@kvvy.fi

**Jyväskylä**  
Puh. 03 246 1267  
jyvaskyla@kvvy.fi




**TESTAUSSELOSTE**  
**OHSVERK/51-2**

16.8.2023

2(2)

**JAKELU****MENETELMÄVIITTEET**

LA076	SFS-EN ISO 11885:2009
LA123	SFS-EN ISO 10301:1997 ja SFS-ISO 11423-1:2011
LA129	SFS-EN ISO 13395:1997, CFA-analysaattori
LA147	SFS 3021:1979
LA163	Sisäinen menetelmä
LA401H	
LA600TH	SFS-EN ISO 6222:1999
LA601TH	SFS 3016:2011

**MITTAUSEPÄVARMUUDET**

Määrittys	Näyte	Mittausepävarmuus	Mittauspäivä	Lab
Kloori, kokonainen*	22TV04698	40 %	22.3.2022	A
Kloori, vapaa*	22TV04698		22.3.2022	A
Haju	22TV04698		22.3.2022	A
Maku	22TV04698		22.3.2022	A
Mangaani*	22TV04698	15 %	24.3.2022	B
Rauta*	22TV04698	4 µg/l	24.3.2022	B
pH*	22TV04698	0,2	22.3.2022	B
Nitriitti NO2*	22TV04698	15 %	24.3.2022	B
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	22TV04698		23.3.2022	B
Etyyli-tert.butyylietteri (ETBE)	22TV04698		23.3.2022	B
Metyyli-tert.butyylietteri (MTBE)	22TV04698		23.3.2022	B
Tert.amyylimetyylietteri (TAME)	22TV04698		23.3.2022	B
Tert.butanoli (TBA)	22TV04698		23.3.2022	B
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C*	22TV04698	Toimitetaan pyydettyäessä	22.3.2022	B
Kolimuotoiset bakteerit*	22TV04698	Toimitetaan pyydettyäessä	22.3.2022	B

A KVYY Tutkimus Oy / Hämeenlinna

B KVYY Tutkimus Oy / Tampere

\* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä, † = Asiakkaan ilmoittama tieto

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.

Testausselostukseen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettyäessä.

**Tampere**  
 Puh. 03 246 1208  
 laboratorio@kvyy.fi

**Pori**  
 Puh. 03 246 1277  
 porilab@kvyy.fi

**Rauma**  
 Puh. 03 246 1276  
 raumalab@kvyy.fi

**Hämeenlinna**  
 Puh. 03 246 1275  
 tavastlab@kvyy.fi

**Sastamala**  
 Puh. 03 246 1275  
 sastalab@kvyy.fi

**Vaasa**  
 Puh. 06 312 0020  
 botnialab@kvyy.fi

**Jyväskylä**  
 Puh. 03 246 1267  
 jyvaskyla@kvyy.fi



Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy  
Parioistentie 7  
13600  
HÄMEENLINNA

**TESTAUSSELOSTE**  
**OHSVERK/52**  
25.3.2022

1(2)



Projekti OHSVERK/52  
Projektin nimi Omavalvonta, Viikko 14  
Näyttenumero 22TV04703  
Näytteen nimi ~~Ruununmyllyn alue~~, Hlinna **Verkostokohde Ruununmyllyn alue**  
Näyte otettu 22.3.2022  
Näytteenottaja Jarkko Toivonen  
Näyte saapunut 22.3.2022

Määrittäminen	Menetelmän tunnus	Yksikkö	Tulos	Rajat
Kloori, kokonainen	LA401H*	mg/l	0,07	
Kloori, vapaa	LA401H*	mg/l	< 0,05	
Haju	LA163		ei todettu	
Maku	LA163		ei todettu	
Mangaani	LA076*	µg/l	4,8	<50 (t)
Rauta	LA076*	µg/l	26	<200 (t)
pH	LA147*		7,8	6,5-9,5 (t)
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	LA123		Ei todettu	
Etyyli-tert.butyylietteri (ETBE)	LA123	µg/l	< 0,5	
Metyyli-tert.butyylietteri (MTBE)	LA123	µg/l	< 0,5	
Tert.amyylimetyylietteri (TAME)	LA123	µg/l	< 0,5	
Tert.butanoli (TBA)	LA123	µg/l	< 4	
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	LA600TH*	pmy/ml	0	ei epätavallisia muutoksia
Kolimuotoiset bakteerit	LA601TH*	pmy/100 ml	0	0 (t)

STM:n asetus 1352/2015; v=laatuvaatimus t=laatutavoite

**LAUSUNTO** Liitteenä luettelo VOC-määrittämisessä esiintyvistä yhdisteistä.

**KVVY Tutkimus Oy**

Jaana Virtanen  
Kemisti

Digitally signed by allekirjoitus.kvvy.innolims.fi  
Date: 2022.03.25 13:53:04 +02:00  
Reason: InnoLIMS pdf sign

\* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä.

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.  
Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettyä.

**Tampere**  
Puh. 03 246 1208  
laboratorio@kvvy.fi

**Pori**  
Puh. 03 246 1277  
porilab@kvvy.fi

**Rauma**  
Puh. 03 246 1276  
raumalab@kvvy.fi

**Hämeenlinna**  
Puh. 03 246 1275  
tavastlab@kvvy.fi

**Sastamala**  
Puh. 03 246 1275  
sastalab@kvvy.fi

**Vaasa**  
Puh. 06 312 0020  
botnialab@kvvy.fi

**Jyväskylä**  
Puh. 03 246 1267  
jyvaskyla@kvvy.fi



## TESTAUSSELOSTE OHSVERK/52

25.3.2022

2(2)

### JAKELU



### MENETELMÄVIITTEET

LA076	SFS-EN ISO 11885:2009
LA123	SFS-EN ISO 10301:1997 ja SFS-ISO 11423-1:2011
LA147	SFS 3021:1979
LA163	Sisäinen menetelmä
LA401H	
LA600TH	SFS-EN ISO 6222:1999
LA601TH	SFS 3016:2001

### MITTAUSEPÄVARMUUKSET

Määrittys	Näyte	Mittausepävarmuus	Mittauspäivä	Lab
Kloori, kokonainen*	22TV04703	40 %	22.3.2022	A
Kloori, vapaa*	22TV04703		22.3.2022	A
Haju	22TV04703		22.3.2022	A
Maku	22TV04703		22.3.2022	A
Mangaani*	22TV04703	15 %	24.3.2022	B
Rauta*	22TV04703	4 µg/l	24.3.2022	B
pH*	22TV04703	0,2	22.3.2022	B
VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	22TV04703		23.3.2022	B
Etyyli-tert.butyylietteri (ETBE)	22TV04703		23.3.2022	B
Metyyli-tert.butyylietteri (MTBE)	22TV04703		23.3.2022	B
Tert.amyylimetyylietteri (TAME)	22TV04703		23.3.2022	B
Tert.butanoli (TBA)	22TV04703		23.3.2022	B
Heterotrofinen pesäkeluku 22°C*	22TV04703	Toimitetaan pyydettyessä	22.3.2022	B
Kolimuotoiset bakteerit*	22TV04703	Toimitetaan pyydettyessä	22.3.2022	B

A KVYY Tutkimus Oy / Hämeenlinna (FINAS T064)

B KVYY Tutkimus Oy / Tampere (FINAS T064)

\* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä.

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.

Testausselostukseen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettyessä.

**Tampere**  
Puh. 03 246 1208  
laboratorio@kvvy.fi

**Pori**  
Puh. 03 246 1277  
porilab@kvvy.fi

**Rauma**  
Puh. 03 246 1276  
raumalab@kvvy.fi

**Hämeenlinna**  
Puh. 03 246 1275  
tavastlab@kvvy.fi

**Sastamala**  
Puh. 03 246 1275  
sastalab@kvvy.fi

**Vaasa**  
Puh. 06 312 0020  
botnialab@kvvy.fi

**Jyväskylä**  
Puh. 03 246 1267  
jyvaskyla@kvvy.fi

3.6.2020



## Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Menetelmä: SFS-ISO 11423-1:2011 ja SFS-EN ISO 10301:1997

Matriisi: Talousvesi, pintavesi, pohjavesi, jätevesi ja uima-allasvesi

Menetelmäkuvauk: GC-MS analyysi näytteenkäsittelyä staattinen head-space-tekniikka

### Halogenoidut hiilivedyt

Cas-nro	Yhdisteen nimi	Määritysraja (µg/l)
630-20-6	*1,1,1,2-Tetrakloorietaani	0,5
71-55-6	*1,1,1-Trikloorietaani	0,5
79-34-5	*1,1,2,2-Tetrakloorietaani	0,5
79-00-5	*1,1,2-Trikloorietaani	1,0
75-34-3	*1,1-Dikloorietaani	0,5
75-35-4	*1,1-Dikloorieteeni	0,5
563-58-6	*1,1-Diklooripropeeni	0,5
96-18-4	*1,2,3-Triklooripropaani	1,0
96-12-8	*1,2-Dibromi-3-klooripropaani	0,5
106-93-4	*1,2-Dibromietaani	0,5
107-06-2	*1,2-Dikloorietaani	0,5
78-87-5	*1,2-Diklooripropaani	0,5
142-28-9	*1,3-Diklooripropaani	1,0
594-20-7	2,2-Diklooripropaani	1,0
75-27-4	*Bromidikloorimetaani	0,5
74-97-5	*Bromikloorimetaani	0,5
74-83-9	Bromimetaani	1,0
75-25-2	*Bromiformi	0,5
156-59-2	*cis-1,2-Dikloorieteeni	0,5
10061-01-5	*cis-1,3-Diklooripropeeni	0,5
124-48-1	*Dibromikloorimetaani	0,5
74-95-3	*Dibromimetaani	0,5
75-71-8	Dikloridifluorimetaani	1,0
75-09-2	*Dikloorimetaani	0,5
75-00-3	Etyylikloridi	1,0
87-68-3	*Heksaklorobutadieeni	0,5
56-23-5	*Hiilitetrakloridi	0,5

67-66-3	*Kloroformi	0,5
74-87-3	Metyylikloridi	1,0
127-18-4	*Tetrakloorieteeni	0,5
156-60-5	*trans-1,2-Dikloorieteeni	0,5
10061-02-6	*trans-1,3-diklooripropeeni	0,5
79-01-6	*Triklloorieteeni	0,5
75-69-4	*Triklloorifluorimetaani	0,5
75-01-4	*Vinyylikloridi <sup>a</sup>	0,1

\* Analyysi on akkreditoitu (FINAS akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T064, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025).

<sup>a</sup> Analyysi on akkreditoitu talousvesimatriisille. Määritysraja on talousvesille 0,1 µg/l ja muille vesille 0,3 µg/l

### Aromaattiset hiilivedyt

Cas-nro	Yhdisteen nimi	Määritysraja (µg/l)
87-61-6	*1,2,3-Trikllooribentseeni	0,5
120-82-1	*1,2,4-Trikllooribentseeni	0,5
95-63-6	*1,2,4-Trimetyyliibentseeni	0,5
95-50-1	*1,2-Diklooribentseeni	0,5
108-67-8	*1,3,5-Trimetyyliibentseeni	0,5
541-73-1	*1,3-Diklooribentseeni	0,5
106-46-7	*1,4-Diklooribentseeni	0,5
95-49-8	*2-Klooritolueeni	0,5
106-43-4	*4-Klooritolueeni	0,5
71-43-2	*Bentseeni	0,3 <sup>a</sup>
108-86-1	*Bromibentseeni	0,5
100-41-4	*Etyyliibentseeni	0,5
98-82-8	*Isopropyylibentseeni	0,5
108-90-7	*Klooribentseeni	0,5
108-38-3/106-42-3	*m/p-Ksyleeni	0,5
91-20-3	*Naftaleeni	0,5
104-51-8	*n-Butyylibentseeni	0,5
103-65-1	*n-Propyylibentseeni	0,5
95-47-6	*o-Ksyleeni	0,5
99-87-6	*p-isopropyylitolueeni	0,5
135-98-8	*sec-Butyylibentseeni	0,5
100-42-5	*Styreeni	0,5
98-06-6	*tert-Butyylibentseeni	0,5
108-88-3	*Tolueeni	0,5
75-65-0	Tert. butanoli (TBA)	4

<sup>a</sup> Määritysraja on talousvesille 0,3 µg/l ja muille vesille 0,5 µg/l

**Bensiinin lisäaineet**

<b>Cas-nro</b>	<b>Yhdisteen nimi</b>	<b>Määrittäysraja (µg/l)</b>
1634-04-4	Metyyli-tert-butyylieetteri, MTBE	0,5
994-05-8	Tert-amyylimetyylieetteri, TAME	0,5
919-94-8	Tert-amylietyylieetteri, TAEE	0,5
637-92-3	Etyyli-tert-butyylieetteri, ETBE	0,5
108-20-3	Di-isopropyylieetteri, DIPE	0,5

\* Analyysi on akkreditoitu (FINAS akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T064, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025).

**KVVY Tutkimus Oy**

**Liite 11 Vesisäiliöiden kootut vedenlaatutulokset 2022 - 07/2023**  
(koostettu KVVY Tutkimus Oy:n testausselesteista)

		Klori, kokonaine		Haju	Maku	Mangaani	Rauta	Absorbanssi		Nitriittityppi	pH	Nitriitti	Aktinomyketit	Heterotrofin pesäkeluku 22°C		Kolimuotoiset bakteerit	Mikrosienet	
		LA425	LA425					LA108	LA129					LA147	LA129			LA531H
		mg/l	mg/l	LA163	LA163	LA076	LA076	1/m	LA129	LA147	LA129	LA531H	LA600TH	LA600TH	LA601TH	LA609TH		
Säiliö 1, Akaa UV:n jälkeen	ka	0.26	0.08			15	24	3.86	4.1	7.76	0.015	0	0.30	1.5	0	0		
	min	0.05	<0.05	ei todettu	ei todettu	10	12	3.86	2.3	7.5	0.007	0	0	1	0	0		
	maks	0.39	0.16	lievä kloori	lievä kloori	55	51	3.86	5.7	7.9	0.024	0	4	2	0	0		
	Näytemäärä	77	68	71	71	77	77	1	4	77	16	2	77	2	77	2		
Säiliö 1, Akaa ennen UV:ta	ka											0	0.52	33.5	0	0		
	min			ei todettu	ei todettu							0	0	24	0	0		
	maks			ei todettu	lievä kloori							0	18	43	0	0		
	Näytemäärä			2	2							2	77	2	78	2		
Säiliö 2, Akaa UV:n jälkeen	ka	0.12	<0.05			14	37		17.56	7.68	0.046	0	0.28	132	0	0		
	min	0.05	<0.05	ei todettu	ei todettu	12	31		9.8	7.5	0.025	0	0	64	0	0		
	maks	0.27	<0.05	ei todettu	ei todettu	16	46		35	7.8	0.11	0	4	200	0	0		
	näytemäärä	18	1	3	3	18	18		5	5	18	2	18	3	18	2		
Säiliö 2, Akaa ennen UV:ta	ka											0	0.06	330	0	0		
	min			ei todettu	ei todettu							0	0	0	0	0		
	maks			ei todettu	ei todettu							0	1	1200	0	0		
	näytemäärä			2	2							2	18	3	18	2		
Säiliö 3, Akaa UV:n jälkeen	ka	0.13				13	34		16.5	7.75	0.048	0	3.22	148	0	1.5		
	min	0.05		ei todettu	ei todettu	12	26		16	7.7	0.034	0	0	16	0	0		
	maks	0.19		ei todettu	ei todettu	16	50		17	7.8	0.072	0	10	280	0	3		
	näytemäärä	8		2	2	8	8		2	8	8	2	9	3	9	2		
Säiliö 3, Akaa ennen UV:ta	ka			ei todettu	ei todettu							0	7.14	13.5	0	44.5		
	min			ei todettu	ei todettu							0	0	12	0	29		
	maks			ei todettu	ei todettu							0	34	30	0	60		
	näytemäärä			2	2							2	7	3	7	2		

		Kloori, kokonaine		Haju LA163	Maku LA163	Mangaani LA076 µg/l	Rauta LA076 µg/l	Absorbans sikerroin, 254 nm 1/m	Nitriittitypp i LA129 µg/l NO2-N	pH LA147	Nitriitti NO2 LA129 mg/l NO2	Aktinomyk eetit LA531H pmy/100 m	Heterotrof inen pesäkeluk u 22°C								
		Kloori, vapaa LA425 mg/l	Kloori, vapaa LA425 mg/l										Heterotrof inen pesäkeluk u 22°C LA600TH pmy/ml	Heterotrof inen pesäkeluk u 22°C R2A LA600TH pmy/ml	Kolimuotois et bakteerit et LA601TH pmy/100 ml	Mikrosien et LA609TH pmy/100 ml					
Säiliö 1, Hämeenlinna UV:n jälkeen	ka	0.07	<0.05	ei todettu	ei todettu	6.6	22		7.2	7.8	0.024	0	0.6	5.5	0	0					
	min	<0.05	<0.05	ei todettu	ei todettu	6	15		5.6	7.7	0.018	0	0	0	0	0					
	maks	0.09	<0.05	ei todettu	ei todettu	7.6	26		8.3	7.9	0.03	0	3	11	0	0					
	näytemäärä	19		1	3	3	19	19	6	19	19	2	19	2	19	2					
Säiliö 1, Hämeenlinna ennen UV:ta	ka			ei todettu	ei todettu							0	3.7	25	0	0.5					
	min			ei todettu	ei todettu							0	0	2	0	0					
	maks			ei todettu	ei todettu							0	38	47	0	1					
	näytemäärä				2	2						2	19	2	19	2					
Säiliö 2, Hämeenlinna UV:n jälkeen	ka	0.11	<0.05	ei todettu	ei todettu	1.4	<10		6.1	7.8	0.014	0	6.6	20	0	0.5					
	min	<0.05		1 ei todettu	ei todettu	1	<10		3.8	7.7	0.007	0	0	9	0	0					
	maks	0.13		1 ei todettu	ei todettu	2	<10		15	7.9	0.049	0	55	31	0	1					
	näytemäärä	19		1	3	3	19	19	6	19	19	2	2	2	2	2					
Säiliö 2, Hämeenlinna ennen UV:ta	ka			ei todettu	ei todettu							0	4.8	14.5	0	0					
	min			ei todettu	ei todettu							0	0	4	0	0					
	maks			ei todettu	ei todettu							0	17	25	0	0					
	näytemäärä				2	2						2	19	2	19	2					



## Liite 12 Vertailulaitoksille lähetetty kysely

### Kysymykset:

- Käytättekö pinta-, tekopohja- vai pohjavettä?
- Paljonko tuotatte keskimäärin vettä? Yksi vai useampi laitos?
- Millainen desinfiointi teillä on käytössä?
- Jos käytätte klooridesinfiointia, millaiseen vapaan ja kokonaiskloorin pitoisuuteen pyritte?
- Miten ja mitä tarkkailette? Esim. laitokselta lähtevä, verkosto, kokonaiskloori, ammonium? Onko tarkkailussa havaittu muutoksia esim. vuodenajan tai muun muuttujan vuoksi? Vaihtelevatko bakteeritasot?
- Saatteko asiakkailta valituksia veden hajusta tai mausta? Miten ongelmaa kuvataan? Kloori?
- Jos saatte valituksia, tuleeko niitä tasaisesti ympäri vuoden ja kaikilta alueilta vai kohdentuvatko ne tietyille alueille?
- Jos valituksia tulee ajoittain tai vain tietyiltä alueilta, oletteko miettineet mitkä ovat tekijöitä, jotka lisäävät valitusten määrää? Tulevatko valitukset pääosin läheltä laitosta vai ääripisteistä? Oletteko yhdistäneet vesisäiliöitä mahdollisiin haju- ja makuhaittoihin?
- Mitkä mielestänne ovat laitoksellanne syyt, jotka haju- tai makuhaittoja aiheuttavat?
- Minkälaisia toimia haju- ja makuhaittojen vähentämiseksi olette tehneet?
- Oletteko tehneet muita havaintoja tai keksineet ratkaisuja liittyen klooriin ja haju- tai makuongelmiin?