



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

JÄNNENIEMEN KUNNOSSA- PITOSUUNNITELMA

TEKIJÄ:

Henriikka Marttila

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Henriikka Marttila	
Työn nimi Jänneniemen kunnossapitosuunnitelma	
Päiväys 11.1.2021	Sivumäärä/Liitteet 45/7
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Vesi Oy/ Milja Sarapää ja Markku Lehtola	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Kuopion Vesi Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Jänneniemen vedenottamon kolmelle rautasuodattimelle kunnossapitosuunnitelma. Tutkimalla rautasuodattimien pesuparametrien sekä hiekan ja suuttimien vaihdon vaikutuksia tuotetun veden laatuun ja määrään, saatiin arvio suositeltavista pesuparametreista sekä kunnossapitotoimista.</p> <p>Työ alkoi Excel-tiedoston kokoamisella kahdesta eri tietokannasta. Excel-tiedostoon koottiin veden laatutietoja ja Jänneniemen vedenottamon tuotetun veden määrä kokonaisuudessaan sekä suodatin kohtaisesti. Tiedot koottiin eri ajan jaksoilta vuosien 2008 - 2020 väliltä. Tiedoista työstettiin kaavioita, joiden eri ajan jaksojen tuloksia analysoitiin sekä vertailtiin keskenään. Työ sisälsi vesilaitoksen käyttöpäivystäjän haastattelun rautasuodattimien toiminnasta. Kirjallisuusosiota koostettiin eri verkkolähteistä sekä kirjoista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena laadittiin suositus rautasuodattimien huoltotoimenpiteille Jänneniemen vedenottamalla. Vertaamalla tuoreita veden laatu- ja määrätietoja opinnäytetyössä koostettuihin tietoihin on jatkossa helpompi arvioida rautasuodattimien hiekan ja suuttimien vaihdon aikaväliä sekä hyödyllisyyttä. Opinnäytetyön avulla saatiin tietoa Jänneniemen vedenottamon toiminnan muuttumisesta ajan suhteen sekä raakaveden laadun muutoksista. Työn tuloksista saatiin selville rautasuodattimien keskinäisiä eroja ja tehtyjen huoltojen ja muutosten vaikutusta suodattimiin ja tuotetun veden laatuun. Opinnäytetyö auttaa arvioimaan kuinka usein rautasuodattimiin tulisi vaihtaa hiekka ja suuttimet.</p>	
Avainsanat suodatin, suutin, hiekka, rauta	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author(s) Henriikka Marttila	
Title of Thesis Preparing a Maintenance Plan for Jänneniemi Water Intake Plant	
Date 11 January 2021	Pages/Appendices 45/7
Client Organisation /Partners Kuopion Vesi Group /Ms Milja Sarapää and Mr Markku Lehtola	
<p>Abstract</p> <p>The client of the thesis was Kuopion Vesi Oy. The aim of the thesis was to prepare a maintenance plan for the three iron filters in Jänneniemi water intake plant. By examining the effects of iron filter washing parameters for sand and nozzle replacement on the quality and quantity of water produced, an estimate of the recommended washing parameters and maintenance measures was obtained.</p> <p>Firstly, an Excel file was created from two different databases by gathering information on assembled water quality and the full amount of water produced per each filter. That data were collected from different time periods between years 2008 and 2020. The work contained an interview with the waterworks duty assistant about the operation of iron filters. The literature section was compiled from various online sources and books.</p> <p>As a result, a recommendation was made for maintenance measures for iron filters at the Jänneniemi water intake plant. In the future, the results will make it easier to evaluate the time and usefulness of changing the sand and nozzles of iron filters. The thesis provided information on the changes in the operation from the Jänneniemi water intake plant over time and on changes in the quality of raw water. The result of the work revealed the differences between the iron filters and the effect of the maintenance and changes made on the filters and the quality of the water production.</p>	
<p>Keywords filter, nozzle, sand, iron</p>	

ESIPUHE

Haluan kiittää Kuopion Vesi Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta. Erityiskiitos tilaajan edustajalle Milja Sarapäälle sekä ohjaavalle opettajalleni Juha-Matti Aallolle.

Kuopiossa 11.1.2021

Henriikka Marttila

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	RAUDAN JA MANGAANIN POISTO RAAKAVEDESTÄ.....	8
2.1	Rauta ja mangaani pohjavedessä	8
2.2	Raudan ja mangaanin poistaminen pohjavedestä	9
2.3	Suodattimien kunnossapito	10
3	JÄNNENIEMI	13
4	OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN OSUUDEN SUORITUS	15
5	RAAKAVEDEN LAATU	16
6	RAUTASUODATTIMIEN TOIMINTA JÄNNENIEMELLÄ.....	20
6.1	Huolto	22
6.2	Suodattimien keskinäiset erot	23
7	PESUPARAMETRIEN MUUTOSTEN VAIKUTUS.....	25
7.1	Veden laatuun	25
7.2	Hiekkanäytteet	27
8	HIEKAN JA SUUTTMIEN VAIHDON VAIKUTUS SUODATTIMIIN	28
8.1	Tuotto.....	28
8.2	Laatu	29
9	KUNNOSSAPITOSUOSITUS RAUTASUODATTIMILLE	33
9.1	Rautasuodattimien hiekan ja suuttimien vaihto sekä pesut	33
9.2	Muuta huomioitavaa.....	35
10	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	36
11	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	38
	LIITE 1: JÄNNENIEMEN VEDENOTTAMO.....	39
	LIITE 2: HIEKKANÄYTTEET	40
	LIITE 3: SUODATIN 2 SAMEUS HIEKAN- JA SUUTTMIENVAIHDON JÄLKEEN (VAIHDETTU 14- 25.9.)	41
	LIITE 4: TUOTTO	42
	LIITE 5: RAUTASUODATTIMIEN VIRTAAMAT 2020	43
	LIITE 6: VIRTAAMIEN KUUKAUSIKESKIARVOT	44

LIITE 7: TASE-NÄYTTEENOTTO 7.12.2020 TULOKSET 45

1 JOHDANTO

Kuopion Vesi Oy huolehtii toiminta-alueellaan puhtaan veden toimittamisesta kuluttajille sekä jätevesien puhdistuksesta. Vesihuollosta huolehditaan vesihuoltolain mukaisesti.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Kuopion Jänneniemen päävedenottamon rautasuodattimien toimintaa eri ajanjaksoina. Tarkoituksena on saada Kuopion Vesi Oy:lle suositus rautasuodattimien kunnossapidosta ja huolloista. Jänneniemen päävedenottamo on otettu käyttöön vuoden 2008 alussa. Jänneniemen vedenottamon vesi on pääasiassa rantaimettyä tekopohjavettä. Vedenkäsittelyprosessina toimii raakavesipumppaus viidestä siiviläputkikaivosta, kevyilmastus, kaksivaiheinen biologinen pikahiekkasuodatus mangaanin- ja raudanpoistoon sekä pohjailmastus. Vesi johdetaan alavesisäiliöön ja täältä vesi pumpataan Itkonniemen paineenpitotorniin sekä haja-asutusalueelle. Biologisessa pikahiekkasuodatuksessa raudanpoisto tehdään kolmella suodattimella ja mangaaninpoisto neljällä suodattimella.

Jänneniemen ongelmana on alusta saakka ollut huonompi tuotto kuin mitä suunniteltiin. Rautasuodattimille täysin sopivia pesuparametreja ei ole löydetty ja tarkoituksena onkin löytää sopivat pesuparametrit rautasuodattimille. Marraskuussa 2018 pesuparametreja muutettiin, joka huononsi tuotetun veden laatua, mutta vähensi hiekkaan pesuissa jäävän raudan määrää.

Työssä tutkitaan rautasuodattimien toimintaa eri ajanjaksoina kokoamalla Exceliin tietoja kahdesta eri tietokannasta. Excelin avulla muodostetaan erilaisia kaavioita, joita analysoidaan ja saadaan tietoa raakaveden sekä tuotetun veden laadun muutoksista ja määrästä. Aluksi vaihdettiin vain hiekka rautasuodattimeen 3, mutta tämä ei tuottanut haluttua parannusta. Syksyllä 2020 vaihdettiin hiekka ja suuttimet rautasuodattimiin 2 ja 3. Muutosten perusteella arvioidaan hiekan ja suuttimien vaihdon hyötyjä sekä arvioidaan kuinka usein suodatinhiekan vaihto tulisi tehdä.

2 RAUDAN JA MANGAANIN POISTO RAAKAVEDESTÄ

Korkea rauta- ja mangaanipitoisuus aiheuttavat ongelmia raakavedessä. Raudan- ja mangaaninpoistoon raakavedestä on monia eri poistomenetelmiä.

2.1 Rauta ja mangaani pohjavedessä

Raudan ja mangaanin pohjavedessä esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat ympäristön maa- ja kallioperän fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, maaperän geologinen rakenne, hydrologiset olosuhteet sekä mikrobiologiset tekijät. Pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuuksiin vaikuttavat hapensaannin vaihtelut. Vedessä oleva happi aiheuttaa rauta- ja mangaaniyhdisteiden saostumista ja pidentymistä syvemmälle maaperään. Maaperästä saostumat voi erottaa selvinä vyöhykkeinä. Raudan ja mangaanin saostumiseen vaikuttavat myös biologiset tekijät; mitä enemmän vedessä on liuenutta orgaanista ainesta, sitä vilkkaampaa on biotoiminta. Biotoiminta kuluttaa happea ja luovuttaa hiilidioksidia, joten tämä synnyttää suotuisat olosuhteet raudan ja mangaanin pelkistymiselle. (Saarinen 1981, 14 - 15.)

Sade- ja sulamisvedet pääsevät imeytymään maaperään happirikkaina hyvin vettä johtavien maalaajien alueella. Tällöin rauta- ja mangaanipitoisuudet pysyvät yleensä pieninä. Pohjavesi, joka on tiiviiden maakerrostumien alla virtaa alueelle kauempaa. Tämän seurauksena veden happivarat ovat kulutettu loppuun biologisen toiminnan takia ja rauta- ja mangaaniyhdisteet ovat liukoisessa muodossa maaperässä. Tällöin veden rauta- ja mangaanipitoisuudet voivat olla korkeita. Yleensä rauta ja mangaani esiintyvät pohjavedessä samanaikaisesti. Rautapitoisuudet esiintyvät suurempina määrinä kuin mangaanipitoisuudet. Mangaanin karbonaatit ovat raudan karbonaatteja liukoisempia. (Saarinen 1981, 15.)

Suomessa erotetaan pohjaveden laadun perusteella rannikkoalue ja sisämaan alue. Rannikkoalueen pohjavesien elektrolyyttimäärä on keskimääräistä korkeampi, varsinkin fluoridi-, bikarbonaatti-, sulfaatti-, kloridi-, magnesium-, kalsium-, mangaani- ja rautapitoisuudet ovat korkeita. Rannikkoalueeseen kuuluvat Uudenmaan, Turun, Porin, Vaasan, Kymen, Oulun sekä Lapin läänien rannikkoalueet. Maan muut osat kuuluvat sisämaan alueeseen. Rannikkoalueeseen verrattuna sisämaan alueella on liuenneita aineita huomattavasti vähemmän. Suurimmat alueelliset erot ovat raudan ja mangaanin esiintymisessä. Rauta- ja mangaaniesiintymiä on suhteellisen vähän Kymen läänin pohjoisosan sekä Hämeen ja Keski-Suomen läänien pohjavesissä. Rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat varsin pieniä myös Oulun ja Lapin läänien pohjavesissä. Suuria rauta- ja mangaanipitoisuuksia esiintyy erityisesti Kuopion, Mikkelin sekä Pohjois-Karjalan läänien pohjavesissä. Alueellisella jaotuksella on vain vähäinen merkitys raudan ja mangaanin suhteen. (Saarinen 1981, 15 - 16.)

Veden redox-potentiaali eli hapetus-pelkistys potentiaali ilmaisee veden hapettavuuden tai pelkistävyyden tunnettuun standardiin verrattuna. Vesinäytteiden redox-potentiaalin mittauksilla on osoitettu veteen liunneen raudan pitoisuuden kohoavan jos pH=7 korjattu redox-potentiaali laskee alle +230 mV. Raudan esiintymismuotoa vedessä voidaan arvioida redox-potentiaalin avulla. Mangaanin liukeneminen veteen vaatii korkeamman redox-potentiaalitason kuin rauta. Liukoisuusrajana mangaanille pH:n ollessa 7 voidaan pitää 600 mV. Tätä alemman redox-potentiaalitason omaavana mangaani esiintyy pääasiassa liuenneessa muodossa. Tarkkoja rajoja on kuitenkin vaikea määrittää.

Pohjavedessä rauta esiintyy liukoisessa ferromuodossa, Fe^{2+} tai liukenemattomassa ferrimuodossa Fe^{3+} . Mangaani esiintyy luonnossa muodoissa Mn^{2+} , Mn^{3+} sekä Mn^{4+} muodossa. (Saarinen 1981, 16 - 17.) Pääolomuotona hapettomassa ja vähähappisessa pohjavedessä raudalla on liukoinen kahdenarvoinen ferrorauta, Fe^{2+} . Hapellisessa pohjavedessä, jossa on rautaa, se on ferrimuodossa sekä pääosin saostuneena hydroksidina. Raudan on mahdollista muodostaa liukoisia kompleksiyhdisteitä pohjavedessä olevien orgaanisten ja epäorgaanisten yhdisteiden kanssa. Mikäli vesi on humuspitoista, oletetaan komplekseja muodostuvan humus- ja fulvohappojen kanssa. (Ympäristöviestintä YVT Oy 2007, 27.)

Rautabakteerin saama energiamäärä hapetuksessa on yli kuusinkertainen verrattuna mangaanibakteerin hapetuksessa saamaan energiamäärään. Toisin sanoen bakteeri, joka käyttää energialähteenään sekä raudan, että mangaanin hapetusta, joutuu hapettamaan kuusinkertaisen määrän mangaania rautaan verrattuna saadakseen saman energian kuin raudasta. Tyypillisimpiä rautabakteereja ovat Leptothrix- ja Gallionella-suvun bakteeri. Rautapitoisten vesien yleinen bakteeri on Leptothrix-bakteeri, jonka vaikutuksesta rautapitoisen pohjaveden purkautuessa maan pinnalle vesi värjäytyy ruskeaksi. Tapahtumassa liukoinen Fe^{2+} hapettuu hydroksidimuotoon. Happikonsentraatio, pH sekä orgaanisen aineen määrä vaikuttavat rauta- ja mangaanibakteerien elinmahdollisuuksiin. Happikonsentraatio ja pH ovat toisistaan riippuvaisia. (Saarinen 1981, 21 - 22.)

2.2 Raudan ja mangaanin poistaminen pohjavedestä

Raudan ja mangaanin poistomenetelmiä on useita. Niin kutsutut biologiset menetelmät käyttävät hyväkseen biotoimintaa ja tuottavat parempaa vettä kuin mihin vain kemiallisella käsittelyllä päästään. Tärkein menetelmästä on ilmastus + hiekkasuodatus, jota on käytetty jo yli sadan vuoden ajan. Muita vaihtoehtoja raudan ja mangaanin poistoon ovat ilmastus + pikasuodatus, hapetus vahvalla hapettimella + suodatus, ilmastus + alkalointi + suodatus, ioninvaihto, ilmastus + saostus alumiini- tai rautasuoloilla + selkeytys + suodatus, kalvosuodatus sekä muut biologiset menetelmät. (Ympäristöviestintä YVT Oy 2007, 29.)

Raudan ja mangaanin poistaminen pohjavedestä on yleisperiaatteeltaan lähes aina sama: kaksiarvoiset liukoiset rauta- ja mangaaninyhdisteet hapetetaan niukkaliukoisiksi hydroksideiksi ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) ja oksideiksi (MnO_2), jotka voidaan erottaa suodattamalla. Hapetuksessa käytetään kemiallisia sekä biologisia menetelmiä. Rauta hapettuu jo neutraalilla pH-alueella, mutta mangaani vaatii korkeamman pH:n ja hapettavimmat olosuhteet. Mangaanin hapettaminen on hitaampaa ja vaikeampaa kuin raudan. Mangaanin sekä raudan biologisessa hapetuksessa erotetaan kaksi päämekanismia. Ensimmäisessä päämekanismissa mikrobi hapettaa biologisesti raudan ja mangaanin ja näin ylläpitää aineenvaihduntaansa ja energiatalouttaan. Toisessa päämekanismissa mikrobi ei käytä rautaa tai mangaania hyväkseen vaan saostaa niitä kemiallisesti soluihinsa, erityisesti solun pinnalle tai rihmoin. Gallionella ferruginea on tunnetuin ja ainoa rautaa biologisesti hapettava bakteeri, jolla on merkitystä käytännön vedenkäsittelyn kannalta. Kyseinen bakteeri saostaa tehokkaasti rautaa myös vesissä, joissa rautapitoisuus ylittää 10 mg/l. Gallionella menestyy olosuhteissa, joissa orgaanista ainetta on vähän kemoautotrofisen luonteensa ansiosta. Parhaimman toimivuutensa rautabakteerit saavuttavat siirtymätilassa hapettomien ja hapellisten olosuhteiden välissä. Yksi tunnetuimmista epäorgaanisista komplekseista, joka aiheuttaa ongelmia rautasakan erotuksessa, lienee silikaatin ja

kolmiarvoisen raudan muodostama $\text{FeSiO}(\text{OH})_3^{2+}$. Pienikin hapenlisäys auttaa saavuttamaan siirtymätilan vaatiman redox-potentiaalin nousun. Rauta- ja mangaanisakat, jotka muodostuvat biologisessa prosessissa, ovat kemiallista sakkaa tiheämpiä ja raskaampia ja tästä syystä ne eivät tuki suodattimen pintaa yhtä herkästi kuin kemialliset hienojakoiset hydroksidi- ja oksidisaostumat. Tämän ansiosta suodatus tehostuu sekä suodattimien pesuväli pitenee, jonka ansiosta puhdistettua vettä menee hukkaan vähemmän. Näiden ominaisuuksien ansiosta biologiset menetelmät ovat teknillistaloudellisesti kilpailukykyisiä. (Ympäristöviestintä YVT Oy 2007, 27 - 29.)

Tavallisen hiekkasuodatuksen tapainen hidassuodatus on biologinen puhdistusprosessi, jolla voidaan poistaa rautaa ja mangaania sekä osittain myös rantaimetyksestä pohjaveteen joutunutta humusta. Hidassuodatuksessa nopeus on korkeintaan 0,15 m/h. Suodattimessa täytemateriaalina on hiekka ja suodatinkerroksen paksuus on metrin luokkaa. Suurin osa puhdistusprosessia tapahtuu suodattimen pinnalle muodostuneessa biologisesti aktiivisessa kasvustossa. Pinta kuoritaan puhtaaksi eikä suodatinta huuhdota. Bio- tai kuivasuodatuksen avulla poistetaan pohjaveden rautaa, mangaania sekä humusta. Suodattimessa on täytemateriaali, jonka pinnalla on rauta- ja mangaanibakteereista muodostunut biofilmi. Rakenteeltaan se on hiekkasuodattimen kaltainen, mutta siihen johdetaan ilmaa. Toiminta perustuu rauta- ja mangaanibakteerien hapettavaan vaikutukseen, hapettaessaan pelkistyneen raudan ja mangaanin ne saostuvat suodattimeen. Katalyyttiset suodattimet sopivat erityisesti raudan ja mangaanin poistoon. Suodattimissa on massa, joka on varustettu erityisillä ominaisuuksilla. Katalyyttinen suodatin ei vaadi erillistä ilmastusta, vaan hapettumis-saostuminen-suodattuminen tapahtuu katalyyttisen massan pinnalla. Massan aktivointiin voidaan käyttää jatkuvaa kemikaalisyöttöä tai panoksittain tapahtuvaa. Raudan ja mangaanin hapettuminen katalyyttisillä massoilla tapahtuu 10 - 100 kertaa nopeammin kuin ilmalla. Erityisesti mangaanin hapettuminen on tehokkaampaa sillä katalyyttisellä suodattimella se ei vaadi niin korkeaa pH-arvoa kuin hiekkasuodattimissa. Teknisesti ottaen katalyyttiset suodattimet toimivat hiekka- ja monikerrossuodattimien tavoin. (Isomäki, Valve, Kivimäki & Lahti 2006, 40 - 41.)

Desinfiointi voidaan tehdä klooraamalla tai UV-säteilytyksellä tai molemmilla ja se on käytössä erityisesti pienillä laitoksilla. Vedessä olevia taudinaiheuttajia eliminoidaan desinfioinnilla. Kloorauksessa veteen lisätään kloorikemikaalia, varsinkin pienillä laitoksilla natriumhypokloriittia. UV-desinfiointissa vettä säteilytetään ultraviolettivalolla. Biosuodatuksessa suodattimen täytemateriaalin pinnalla on biofilmi, joka koostuu rauta- ja mangaanibakteereista. (Isomäki ym. 2006, 30 - 41.)

2.3 Suodattimien kunnossapito

Suodattimille tehtävän vastavirtahuuhtelun ansiosta suodatinpetiin jääneet partikkelit saadaan poistettua ja näin suodattimet pysyvät puhtaina sekä painehäviöt vähenevät (Hämäläinen ym. 2018, 39). Pintaveden laatu muuttujista suodatinaineksen tukkeutumiseen vaikuttavat muun muassa rautapitoisuus sekä sameus. Raakaveden rautapitoisuuden vaikutus suodatinaineksen tukkeutumiseen perustuu hapetus-pelkistys olosuhteiden muuttumiseen ja vesien sekoittumiseen. Tämä voi aiheuttaa rautasaostumien muodostumista. (Kivimäki 1992, 22.) Vastavirtahuuhtelu eli vastavirtapesu toteutetaan joko pelkällä vedellä tai ilma- ja vesihuuhTELulla. Vesi- ja ilmahuuhtelu yhdistelmä on käytössä vain yksikerrossuodattimilla. Huuhtelu tapahtuu aina tietyn ohjeen mukaisesti. Huuhtelun tar-

koituksena on sekoittaa suodatinpetiä ja saada suodattimeen tarttuneen kiintoaineen huuhtoutumaan pois. Huuhtelua tehdessä suodatinpedin paksuus voi kasvaa 30 - 50 prosenttia. Huuhteluveden virtaama pidetään sen verran alhaisena ettei suodatinmateriaali pääse karkaamaan. Erityistä tarkkuutta vaativat monikerrossuodattimet, joissa riskinä on kerrosten sekoittuminen. Suodatetun veden puhtaus varmistetaan laskemalla jonkin verran vettä viemäriin huuhtelun jälkeen. (Isomäki ym. 2006, 40.)

Hiekkasuodatus on käytössä lähes kaikilla pintavesilaitoksilla saostumien poistamisessa. Yhdistettyjä hiekka-kalkkikivisuodattimia käytetään pienillä laitoksilla. Yksikerroshiekkasuodatin on yksinkertainen suodatin. Siinä säiliö on täytetty hiekalla ja vesi virtaa ylhäältä alas. Hiekkakerroksen paksuus vaihtelee 0,5 - 2 metrin välillä ja hiekan raekoko yleisesti on 0,5 - 1,5 mm. Suodattimen suutinpohja sijaitsee sen alaosassa. Suutinpohjassa sijaitsevat suuttimet, joista vesi virtaa läpi. Suodattimen hiekan ja suutinpohjan välissä on mahdollista olla kerros karkeampaa hiekkaa tai soraa. Tämän tehtävänä on tasata virtausta ja estää suuttimien tukkeutuminen hienoimmalla hiekalla. Muita yleisesti käytettyjä suodattimia ovat monikerrossuodatin sekä käänteissuodatin. Avoimessa suodattimessa virtaus tapahtuu painovoiman avulla. Suljetussa, paineellisessa suodattimessa virtaus tapahtuu pumppun aiheuttaman paineen avulla. Vastavirtapesulla poistetaan suodattimeen keräytyvät saostumat. Tehokkuutta suodattimien toiminnassa voidaan seurata painehäviön mittauksella, jatkuvatoimisella sameusmittauksella sekä kiintoainemittauksella. Painesuodattimissa painehäviön ollessa 15 - 25 kPa huuhtelu käynnistetään. (Isomäki ym. 2006, 38 - 40.)

Suodattimen huuhtelun jälkeen, se laskee hieman kiintoainetta läpi, mutta vähän ajan kuluttua saavuttaa parhaimman tehonsa. Kiintoaineen kertyminen suodattimeen ajan myötä kasvattaa suodatusvastusta eli hidastaa suodattamista. Saavutettaessa suodattimen kyllästyspiste, kiintoaine läpäisee suodattimen paremmin ja sitä pääsee karkuun suodattimelta. Tässä vaiheessa suodatusvastuksen oletetaan jo kasvaneen niin suureksi, että vastavirtahuuhtelu käynnistyy tai käynnistetään. (Isomäki ym. 2006, 39.) Myös vesilaitoksen käyttöpäivystäjä Asikainen (2020) vahvisti rautasuodattimien laskevan kiintoainetta enemmän läpi huuhtelun jälkeen ja liian usein pesemisen huonontavan tulosta.

Avoimien suodattimien painehäviö näkyy suodatusnopeudesta, joka laskee. Suljettujen suodattimien painehäviö näkyy paineen kohoamisesta sekä suodatusnopeuden laskusta. Yksikerrossuodattimien suodatusnopeus on yleisesti tasolla 5 - 10 m/h ja monikerrossuodattimissa 10 - 20 m/h. Suodatin on huuhdeltava säännöllisesti valmistajan ohjeen mukaisesti vaikkei painehäviötä syntyisikään. Suodatusnopeuden pystyy laskemaan kaavan 1 avulla. (Isomäki ym. 2006, 40.)

$$\text{Suodatusnopeus} \left[\frac{\text{m}}{\text{h}} \right] = \frac{\text{Virtaama} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{\text{Suodattimen poikkipinta-ala} [\text{m}^2]} \quad (1)$$

Nopeilla hiekkasuodattimilla tulevan veden sameuden tulisi olla 5 NTU, jotta päästäisiin erinomaisiin tuloksiin. Suodattimet voivat kuitenkin toimia hyvin vielä vaikka tulevan veden sameus olisi 10 - 20 NTU. Korkeat sameudet kuitenkin johtavat lyhyempiin käyttöaikoihin. Hyvin suunnitellun ja toimivan

suodattimen tulisi tuottaa vettä, jonka sameus on 0,1 NTU tasolla. (Binnie & Kimber 2009, 147.) Nopea suodatin koostuu huolellisesti seulotusta kvartsihiekasta, jonka syvyys vaihtelee 0,6 - 0,75 metrin välillä (Drinan & Spellman 2012, 241).

Ilmastimiin saattaa kertyä rauta- ja mangaanipitoista sakkaa. Sakan kertyessä ilmastinsuuttimet, täyttekappaleet ja muut osat tukkeutuvat pienentäen ilmastustehoa. Ilmastimien suuttimet, ilmastuportaat sekä muut osat täytyy pestä ajoittain ja tarvittaessa desinfioida. Pesuväli riippuu veden laadusta. (Isomäki ym. 2006, 38.)

3 JÄNNENIEMI

Vesilaitoksilla on mahdollisuus käyttää pintavettä tai pohjavettä vedenottoon. Pintaveteen verrattuna pohjavedellä on huomattavia etuja. Pohjavesi on yleisesti parempaa laadultaan kuin pintavesi. Yleensä pintaveden käyttöä harkitaan vain mikäli pohjavettä ei ole tarpeeksi tai se on huonolaatuista. Mahdollisuutena on myös tekopohjavesi, jota pidetään välimuotona pinta- ja pohjavedelle. (RIL 124-1. Vesihuolto I 2003, 46 - 48.)

Tekopohjaveden imeytysmenetelmät voidaan jakaa epäsuoriin ja suoriin menetelmiin. Epäsuorana menetelmänä pidetään rantaimeyttämistä. Suoria imeyttämismenetelmiä ovat pintaimeyttäminen ja syväimeyttäminen. (Koskinen 1976, 9 - 13.) Epäsuorassa menetelmässä pohjaveden muodostumisen lisääntymistä nostetaan sijoittamalla kaivot pintavesistön lähelle muodostumassa. Tämän seurauksena pohjavedenpinta alenee ja pintavesi imeytyy maaperään. Tästä menetelmästä käytetään myös nimitystä indusoitu imeytys. Suorassa menetelmässä pintavettä johdetaan pohjavesialueelle ja imeytetään. (Kivimäki 1992, 13.)

Rantaimeytyksessä käytetään kaivoja, jotka sijoitetaan noin 50 metrin etäisyydelle joen tai järven rannasta. Kaivot sijoitetaan rannansuuntaiseen rivistöön. Pumpattaessa tarpeeksi luonnollista pohjavettä kaivoista, pohjavedenpinta alenee niin, että se on alle järven vedenpinnan. Tämän seurauksena pintavettä alkaa imeytyä maaperään. Tehostettaessa pumpppausta valtaosa pumpattavasta vesimäärästä on rantaimeytyksestä muodostunutta tekopohjavettä ja vain pieni osa on luonnollista pohjavettä. (Kivimäki 1992, 13.) Rantaimeytys on pohjaveden määrän lisäämisessä vanhin käytetty tapa. Suurissa määrin rantaimeytetyn veden ongelmana on havaittu hapettamisvaikeuksista johtuva haitallinen rautapitoisuuden lisääntyminen. Veden viipymän maakerroksissa tulisi olla noin 60 - 90 vuorokautta riippuen raakaveden laadusta. (Karttunen 1998, 107.) Rantaimeytyslaitoksia pidetään ongelmallisempina kuin varsinaisia tekopohjavesilaitoksia. Rantaimeytyksessä vedessä voidaan havaita ongelmia esimerkiksi korkean raudan ja korkean orgaanisen hiilen pitoisuuksien kanssa. Rantaimeytyksessä vesissä voi ilmetä myös taudinaiheuttajamikrobeja sekä levämyrkyä. (Isomäki ym. 2007, 39.)

Jänneniemellä sijaitseva vedenottamo toimii Kuopion alueen päävedenottamona. Vedenottamon raakavesi on rantaimeytettyä tekopohjavettä, joka saadaan Juurusvedestä ja Jännevedestä. Viisi siiviläputkikaivoa ja kaksivaiheinen biologinen pikahiekkasuodatus mangaanin- ja raudanpoistoon toimivat vedenottamona. (Jänneniemi 0829705 2015, 6 - 7.)

Jänneniemellä toimivan vedenottamon maksimi nettoveden määräksi on määritelty 20 000 m³/d. Itkonniemeen menevä siirtopumppaus on mitoitettu 20 000 m³/d sekä mitoitusvirtaamalle 840 m³/h. Nämä arvot ovat laitoksen nettotuotannon mitoitusarvoja. Vesilaitoksen käsittelyprosessi on mitoitettu 880 m³/h eli 21 000m³/d virtaamalle suodattimien huuhteluiden takia. (Kuopion vesi 2003, 2.)

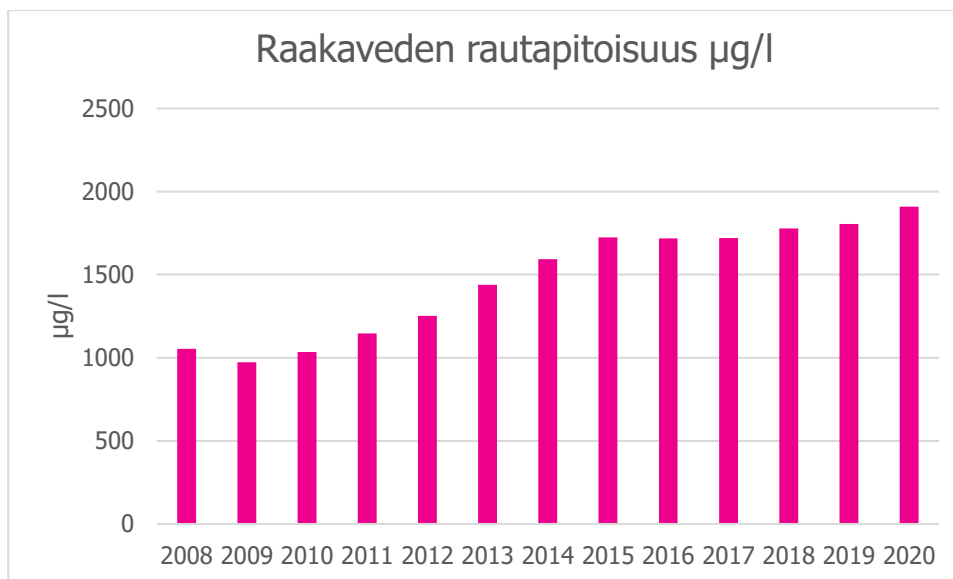
Ennen ensimmäistä pikahiekkasuodatusta vesi hapetetaan happipitoisuuteen 0,5 - 1,0 mg/l yksipor-taisessa esi-ilmastuksessa. Kevytilmastuksen avulla luodaan edellytykset pikahiekkasuodatuksen bakteeritoiminnalle. Esi-ilmastuksesta vesi jaetaan kolmelle raudanpoistosuodattimelle. Raudanpoistosuodatuksen jälkeen vesi kootaan yhteen ja tästä se jaetaan kahteen pohjailmastusaltaaseen. Ve-

den happipitoisuus nostetaan noin tasolle 7 mg/l, jotta se on riittävä pikahiekkasuodatuksen mangaanibakteeri toiminnalle. Pohjailmastuksen jälkeen vesi jaetaan tasan neljälle mangaaninpoistosuodattimelle. Tämän jälkeen vesi kootaan taas yhteen ja johdetaan alavesisäiliöön, ja tästä eteenpäin Itkonniemen laitoksen paineenpitotorniin sekä haja-asutus alueelle. (Liite 1). (Kuopion vesi 2003, 8 - 11.)

4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN OSUUDEN SUORITUS

Opinnäytetyö alkoi Excel-tiedoston kokoamisella kahdesta eri tietokannasta. Excel-tiedostoon kokosin raakaveden sekä puhtaan veden laatutietoja ja tietoja tuotosta. Tiedot keräsin vuosien 2008 - 2020 väliseltä ajalta. Kerätyn tiedon pohjalta tein paljon kaavioita ja vertailin rautasuodattimien keskinäisiä eroja ja Jänneniemen vedenottamon toiminnan muuttumista. Kaavioiden avulla selvitin hiekan ja suuttimien vaihdon vaikutusta puhtaan veden laatuun sekä tuottoon. Analysoin myös Jänneniemen raakaveden laatua ja kuinka se on muuttunut vuosien mittaan sekä rautasuodattimien pesuparametrien vaikutusta tuotetun veden laatuun sekä suodattimissa olevaan hiekkaan. Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli saada arvio rautasuodattimien hiekan ja suuttimien vaihdon hyödyllisyydestä sekä arvio kuinka usein suuttimet ja hiekka tulisi vaihtaa. Työn tekemistä auttoi oma tieto Jänneniemen vedenottamosta, jonka toimintaan olen päässyt tutustumaan kahtena kesänä työharjoittelussani Kuopion vesilaitoksella. Työtä varten haastattelin yhtä vesilaitoksen käyttöpäivystäjistä. Kirjallisuusosioon sain tietoa kirjoista ja nettilähteistä. Tuloksena saatiin kaavioita, joista näkee veden laadun muutokset joko vuositasolla tai kuukausitasolla. Tämän perusteella arvioin huoltotoimenpiteiden tarpeen ja aikavälin.

5 RAAKAVEDEN LAATU



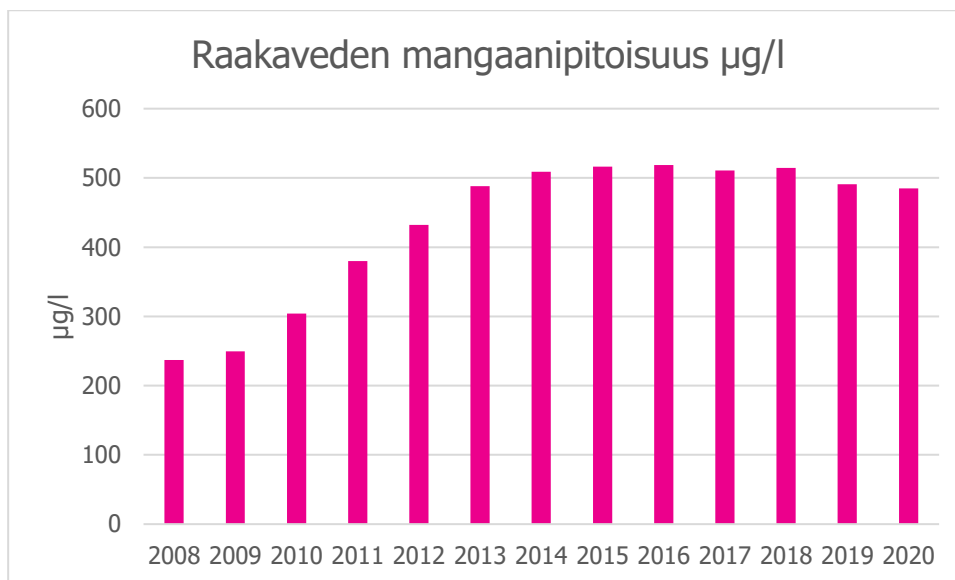
KUVA 1. Jänneniemien raakaveden rautapitoisuus vuosina 2008 - 2020.

Raakaveden rautapitoisuudella on vaikutusta rautasuodattimien tukkeutumiseen hapetus-pelkistysolosuhteiden muuttumisen ja vesien sekoittumisen takia, näiden tekijöiden seurauksena voi syntyä rautasaostumia (Kivimäki 1992, 22).

Raakaveden rautapitoisuus on kasvanut vuodesta 2008 tasaisesti (kuva 1). Raakaveden rautapitoisuuden kasvaessa tasaisesti joka vuosi, rautasuodattimien kuormitus on aiempaa suurempi. Raakaveden rautapitoisuuden kasvaessa voidaan olettaa rautaa kertyvän enemmän suodattimien hiekkään, etenkin mikäli sitä ei saada riittävästi poistettua pesuissa.

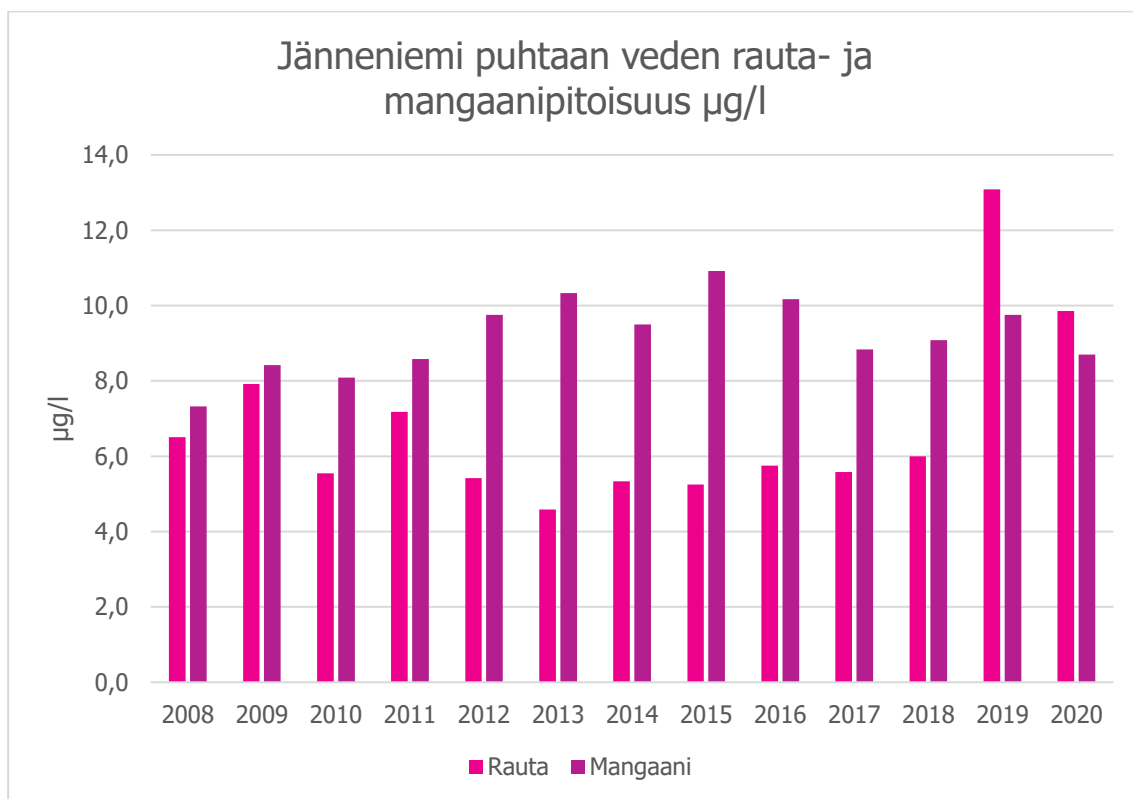
Puhtaan veden rautapitoisuuteen raakaveden rautapitoisuuden nousu ei ole vaikuttanut merkittävästi ennen vuotta 2019 (kuva 3). Puhtaan veden rautapitoisuuden tasaisuuteen vaikuttaa rautasuodattimien jälkeen olevat mangaanisuodattimet, joihin suurin osa rautasuodattimilta läpipäässyt rauta jää.

Kuvien 1 ja 2 pitoisuuksia verrattaessa näkee rautapitoisuuden olevan huomattavasti suurempi raakavedessä kuin mangaanipitoisuuden.



KUVA 2. Jänneniemien raakaveden mangaanipitoisuus vuosina 2008 - 2020.

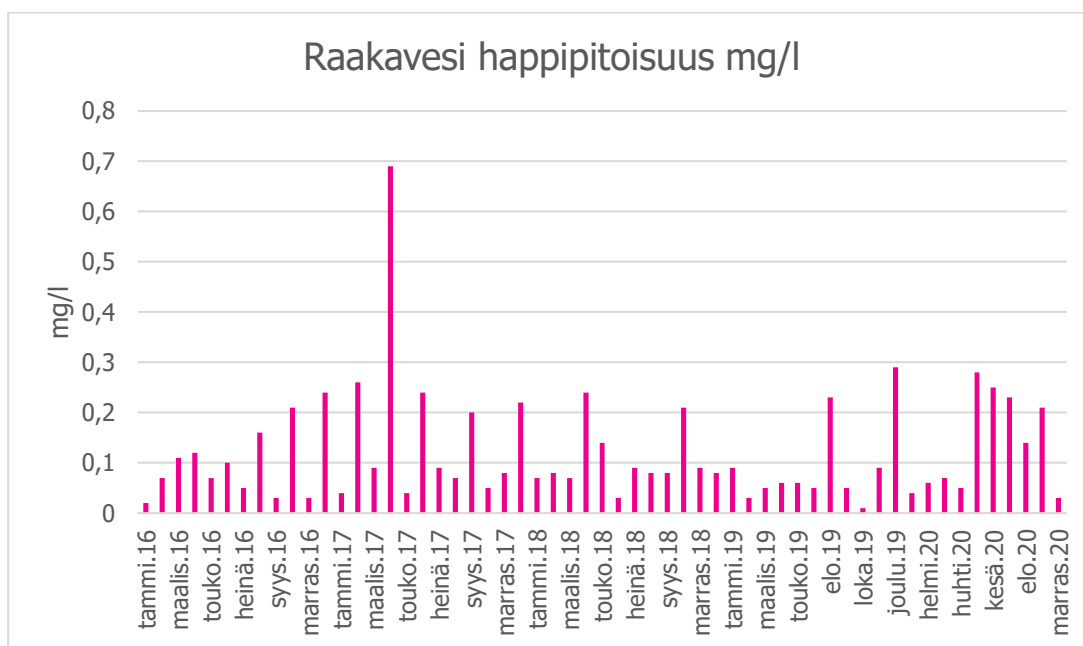
Raakaveden mangaanipitoisuus on noussut tasaisesti vuosien 2008 - 2015 välillä (kuva 2). Vuoden 2015 jälkeen raakaveden mangaanipitoisuus on tasoittunut ja jopa hieman laskenut vuosina 2019 ja 2020. Myös puhtaan veden mangaanipitoisuus on noussut vuosina 2011 - 2016 sekä vuonna 2019 hieman verrattuna aiempiin vuosiin (kuva 3). Kuitenkaan mitään merkittävää nousua ei ole tapahtunut.



KUVA 3. Jänneniemellä tuotetun talousveden rauta- ja mangaanipitoisuus.

Talousveden laatutavoitteiden mukaan talousvedessä tulisi rautapitoisuuden olla alle 200 µg/l ja mangaanipitoisuuden alle 50 µg/l. Laatutavoitteita ei ole asetettu terveydellisin perustein ja ne ovat tavoitteellisia enimmäisarvoja. (Valvira 2020, 42.)

Puhtaan veden rauta- ja mangaanipitoisuuksien suurimmat keskinäiset erot asettuvat vuosille 2012 - 2018. Vuoteen 2019 saakka puhtaan veden mangaanipitoisuus on ollut rautapitoisuutta korkeampi, mutta vuosina 2019 ja 2020 rautapitoisuus on noussut mangaanipitoisuutta korkeammaksi. Rautapitoisuus on kaksinkertaistunut verrattaessa vuoden 2018 ja 2019 keskiarvoja. Ainakin osittain muutosta selittää marraskuussa 2018 tehdyt rautasuodattimien pesujen parametrimuutokset sekä vuonna 2020 rautasuodattimille tehdyt huollot ja näiden yhteydessä otetut yksittäiset rautapitoisuus arvot. Tulosten perusteella voi päätellä rautasuodattimien tehon heikentyneen ja rautasuodattimien päästäneen enemmän rautaa lävitseen. Tulosten perusteella rautasuodattimet ovat päästäneet paljon rautaa lävitseen, eikä rauta ole jäänyt rautasuodattimien jälkeen oleville mangaanisuolettimille yhtä tehokkaasti kuin ennen.



KUVA 4. Jänneniemien raakaveden happipitoisuus vuosina 2016 - 2020.

Jänneniemien raakaveden happipitoisuus vaihtelee paljon (kuva 4). Happipitoisuuden vaihtelu aiheuttaa hankaluuksia raakaveden happipitoisuuden säätämisessä prosesseihin sopivaksi.

Jänneniemien suunnitteluvaiheessa pohjatutkimusten, koepumppauksen ja pohjavesimallinnuksen perusteella oletettiin tekopohjaveden laadun olevan taulukon 1 mukainen. (Kuopion Vesi 2003, 17.)

TAULUKKO 1. Tekopohjaveden laadun arvio (Kuopion Vesi 2003, 17.)

Rautapitoisuus	0,6...0,8 mg/l
Mangaanipitoisuus	0,15...0,2 mg/l
Alkaliteetti	noin 1,5 mmol/l
Kovuus	noin 0,86 mmol/l
Kaliumpermanganaattikulutus	pieni

Taulukon 1 mukaan suunnitteluvaiheen rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat pienempiä verrattuna todelliseen arvoon. Suodattimien kuormitus on tämän takia myös suunniteltua suurempi.

6 RAUTASUODATTIMIEN TOIMINTA JÄNNENIEMELLÄ

Vesi virtaa suodattimissa hiekan läpi suurella nopeudella. Nopeat hiekkasuodattimet vaativat pesun 1 - 3 päivän välein. Käyttämällä karkeaan hiekkaan enemmän väliainetta, raakavesi tunkeutuu suodatinkerroksessa syvemmälle. (Huisman 2004, 8.) Nopeat hiekkasuodattimet ovat laajasti käytössä Euroopassa (Huisman 2004, 19). Nopeat hiekkasuodattimet ovat yleisesti käytettyjä vedenkäsittelylaitoksilla niiden luotettavuuden vuoksi. Ne ovatkin korvanneet monet hitaat hiekkasuodattimet nykyaikaisissa laitoksissa. (Drinan & Spellman 2013, 101.)

Jänneniemen suodattimet ovat biologisesti toimivia pikahiekkasuodattimia. Jänneniemen vedenottamalla on kolme raudanpoistosuodatinta, mutta täysi tuotantokapasiteetti voidaan jakaa hetkellisesti kahdelle suodattimelle. Suodattimissa olevan materiaalin yläpuolella pidetään aina vesikerros, huoltotilanteita lukuun ottamatta. Normaalisti vesi syötetään vesipinnan alle. Jokaisessa suodattimessa on pinnankorkeus- sekä virtausmittaus, joiden mukaan säädetään moottoriventtiileitä. Käytössä olevien suodattimien käyttö tapahtuu joko siten, että vesi jaetaan tasan suodattimille ja varmistetaan riittävä vesipinta suodattimella tai siten, että vesipinta on sama kaikissa suodattimissa. Suodattimilla on käytössä pinnan ala- ja ylärajahälytykset. Tarvittaessa suljetaan purkuventtiilit ja näin varmistetaan vesipinnan säilyminen suodattimilla. Raudanpoistosuodattimen pinta-ala on 29,5 m² per suodatin eli yhteensä 88,5 m². Suodatinpohja, jossa suodattimet ovat, on haponkestävää teräksestä. Huuhteluviedet kerätään altaan keskellä olevaan kouruun. Suodattimista tulevat huuhtelu-, esisuodatus-, ylivuoto- ja tyhjennysvedet ohjataan imeytysaltaaseen. (Kuopion Vesi 2003, 8 - 9.) Kuvassa 5 näkyy rautasuodatin 3 ilman hiekkaa. Hiekkana suodattimissa käytetään kvartsihiekkää 0,7 - 1,2T. Kvartsihiekkää menee noin 42 tonnia jokaiselle suodattimelle.

Rautasuodattimet päästävät jonkin verran rautaa lävitseen mikä näkyy rautasakkana mangaanisuo-



KUVA 5. Rautasuodatin 3 ilman hiekkaa (Marttila 2020, CC BY-SA)

Kuvassa 6 näkyy suutin, joita on yhden suodattimen pohjalla 1740 kappaletta. Suuttimena käytetään lieriön muotoista KSH-suutinta, tyyppiä DSP-36x0,5-8/28-140. Suuttimien varsiosan alaosassa on viillokki.



KUVA 6. Uusi suutin rautasuodattimeen (Marttila 2020, CC BY-SA)

6.1 Huolto

TAULUKKO 2. Rautasuodattimien pesujen asetukset 2020

Ilmahuuhtelu ilmamäärä	1000 m ³ /h
Ilmahuuhtelun aika	300 s
Ilma-vesihuuhtelu ilmamäärä	800 m ³ /h
Ilma-vesihuuhtelu vesimäärä	470 m ³ /h
Ilma-vesihuuhtelu aika	360 s
Vesihuuhtelu aika	420 s
Vesihuuhtelu vesimäärä	750 m ³ /h
Esihuuhtelu aika	900 s
AVS huuhtelun käynnistysraja	1,00 m

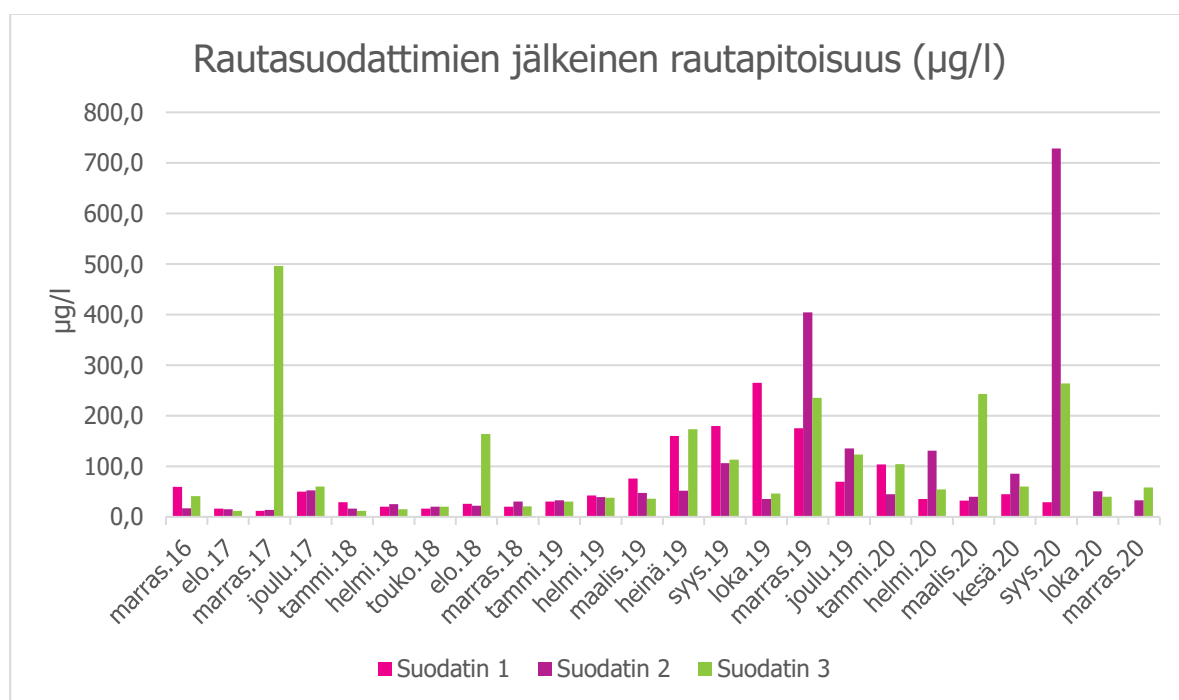
Taulukossa 2 näkyvät vuonna 2020 käytössä olevat pesuparametrit.

Suodattimien huuhtelutarve määräytyy suodatusvastuksen, suodatetun vesimäärän tai suodatusajan mukaan (Kuopion vesi 2003, 8). Jänneniemellä on kolme rautasuodatinta ja pesussa on keskimäärin yksi suodatin päivässä. Mangaanisuodattimia on neljä ja pesu tapahtuu joka kolmas päivä. Kerralla pestään vain yksi suodatin molemmissa tapauksissa, mutta tarpeen mukaan pestään useampi saman päivän aikana.

Hiekan- ja suuttimienvaihdon yhteydessä tarkastetaan rautasuodattimen rakenteen kunto sekä kumitiiviste välipohjan ja suodattimen pohjan välistä. Tämän lisäksi suodatin pestään paloletkulla rauta- ja mangaanisakasta sekä ylä- ja alaosaan. Uusien suuttimien laitton ja hiekan vaihdon yhteydessä tarkastetaan suodattimen kunto myös silmämääräisesti ylhäältä sekä läheltä katsottuna. Suuttimien kunto katsotaan sekä otetaan hiekanäytteet tarvittaessa. Hiekanäytteitä otetaan myös muulloin mikäli tarve. Muu huolto tehdään tarvittaessa, kun huomataan huollon tarvetta. Pinnanmittauslaitteet puhdistetaan säännöllisesti.

6.2 Suodattimien keskinäiset erot

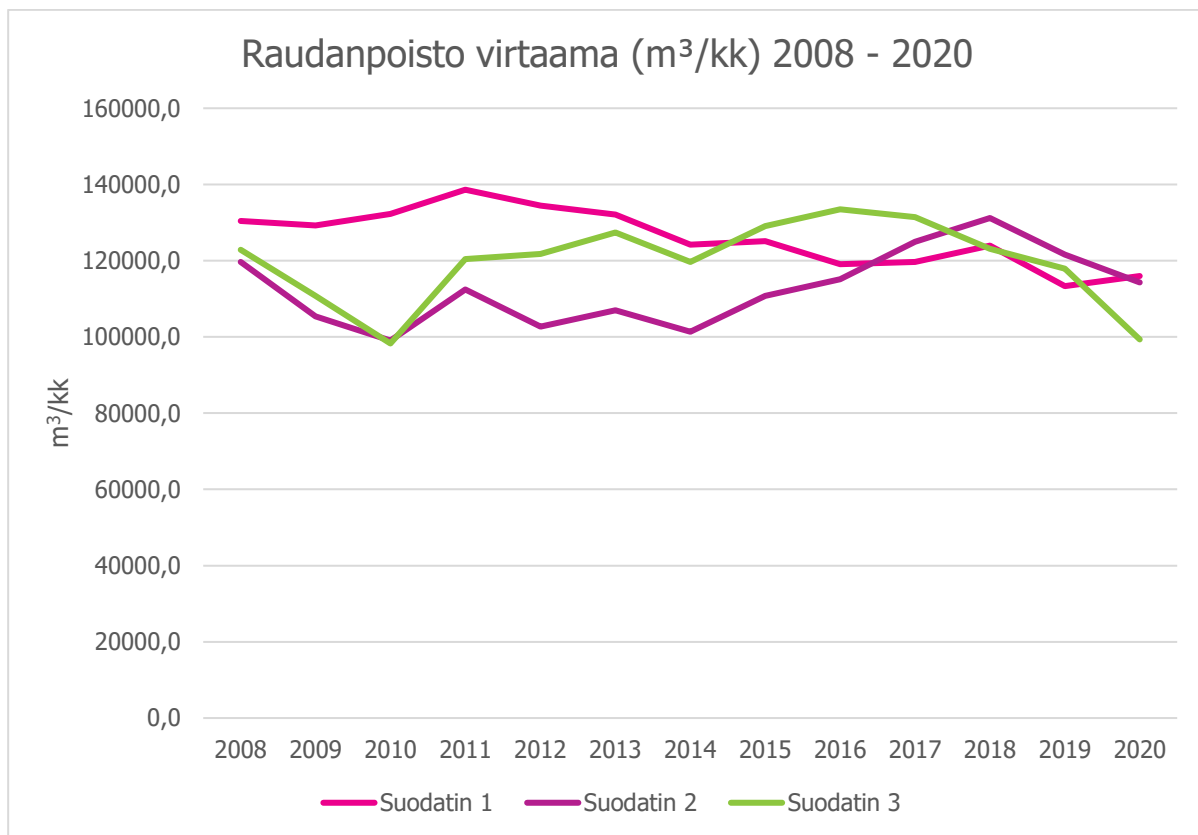
Käyttöpäivystäjä Asikaisen (2020) mukaan rautasuodatin 1 tuottaa huonommin kuin rautasuodattimet 2 ja 3, suodattimien tuoton välillä on selkeä ero. Tuotto on muuttunut rautasuodattimissa 2 ja 3 parempaan suuntaan hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen. Liitteessä 5 olevien rautasuodattimien virtaamien perusteella voi myös sanoa, että rautasuodatin 1 tuotto on huonompi verrattuna suodattimiin 2 ja 3 hiekan sekä suuttimien vaihdon jälkeen.



KUVA 7. Rautasuodattimilta lähtevän veden rautapitoisuus.

Kuten kuvasta 7 näkyy, rautasuodattimien jälkeisessä rautapitoisuudessa on pieniä eroja. Yksittäisten korkeiden mittaustulosten vuoksi suodattimen 3 rautapitoisuus on huomattavasti korkeampi marraskuussa 2017 sekä elokuussa 2018 ja suodattimen 2 rautapitoisuus marraskuussa 2019. Syyskuun 2020 suodattimen 2 huomattavan korkean rautapitoisuuden selittää hiekan ja suuttimien

vaihto ja tästä aiheutunut yksittäisten mittauksien korkea arvo. Syyskuussa 2020 suodattimen 3 arvoa nostaa hetkellisesti elokuun lopulla tehty suuttimien ja hiekan vaihto.



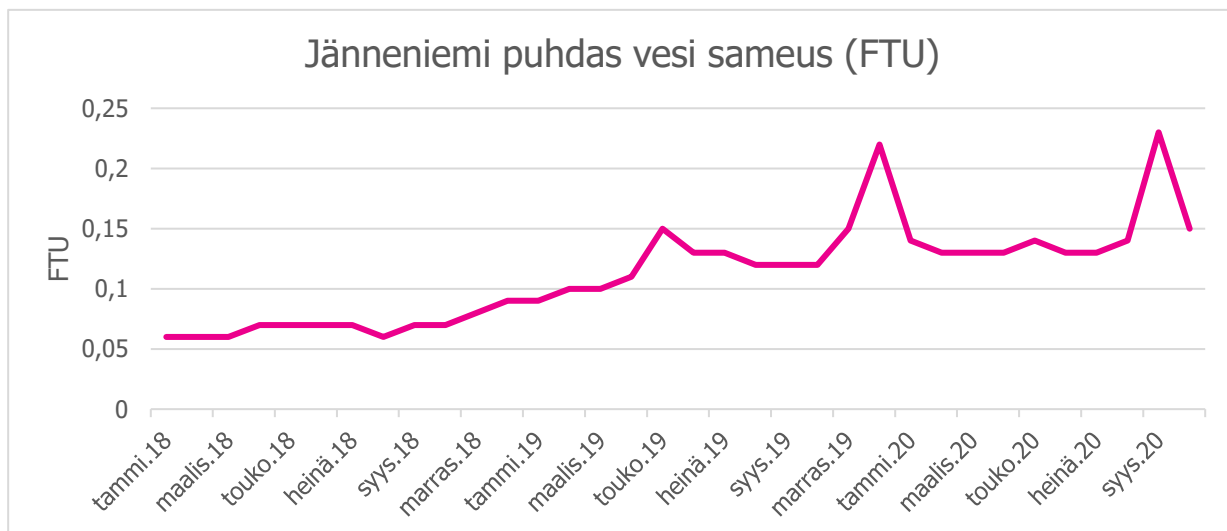
KUVA 8. Raudanpoistosuodattimien virtaama (m³/kk) vuosina 2008 - 2020.

Tarkastellessa liitteen 6 vuosien 2008 - 2020 kuukauden virtaama keskiarvoja, suodatin 1 on ollut tuottoisin alkuvuosina. Vuoden 2015 jälkeen suodattimen 1 tuotto on laskenut, kun taas suodattimet 2 ja 3 ovat tuottaneet aiempaa paremmin. Kuvasta 8 näkee suodattimien virtaamat toisiinsa verrattuna. 2016 - 2020 suodattimien virtaamat ovat olleet aikaisempaa tasaisempia. Suodatin 2 on ollut tuotoltaan huonoin vuoteen 2016 saakka. Suurin suodattimien välinen tuottoero on ollut vuonna 2010, jolloin suodatin 1 on tuottanut huomattavasti paremmin kuin suodattimet 2 ja 3.

7 PESUPARAMETRIEN MUUTOSTEN VAIKUTUS

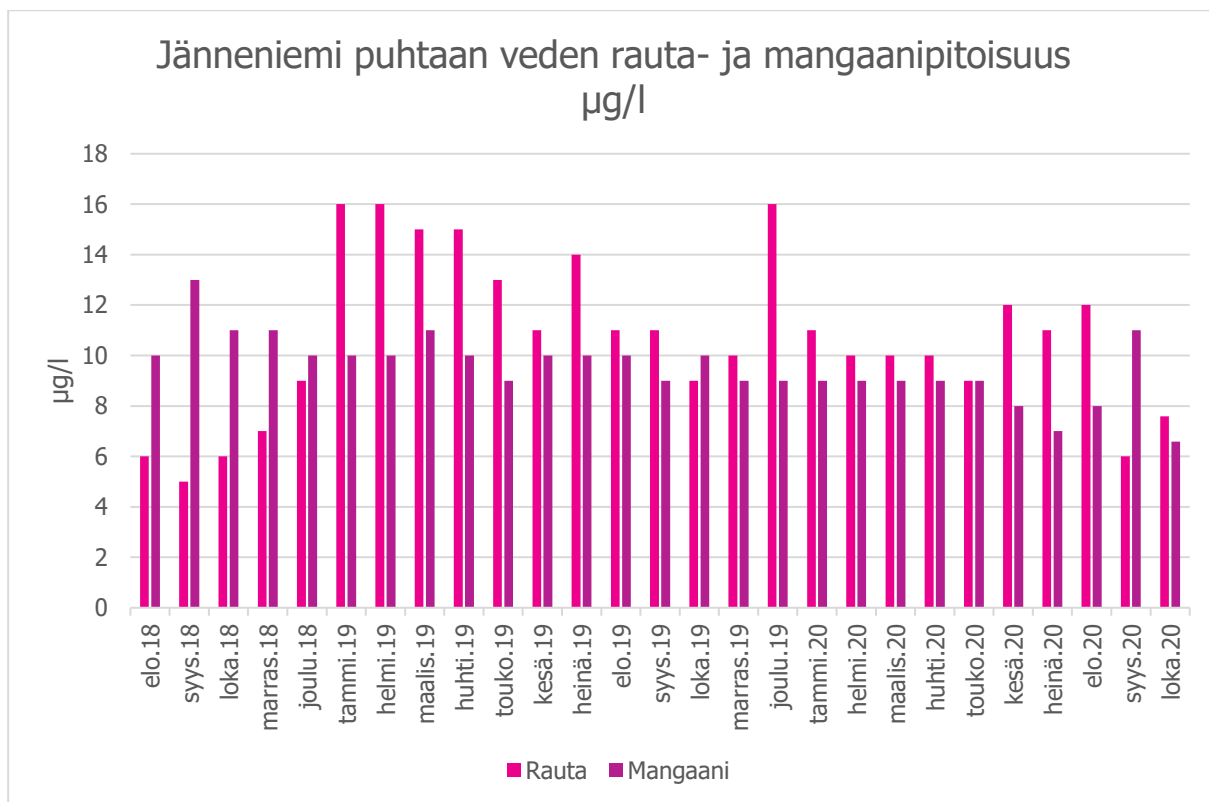
Jänneiemien rautasuodattimien pesuparametreja muutettiin marraskuussa 2011. Pesuparametrien muutos heikensi tuotetun veden laatua, mutta vähensi raudan määrää rautasuodattimien hiekassa.

7.1 Veden laatuun



KUVA 9. Jänneiemellä tuotetun talousveden sameus.

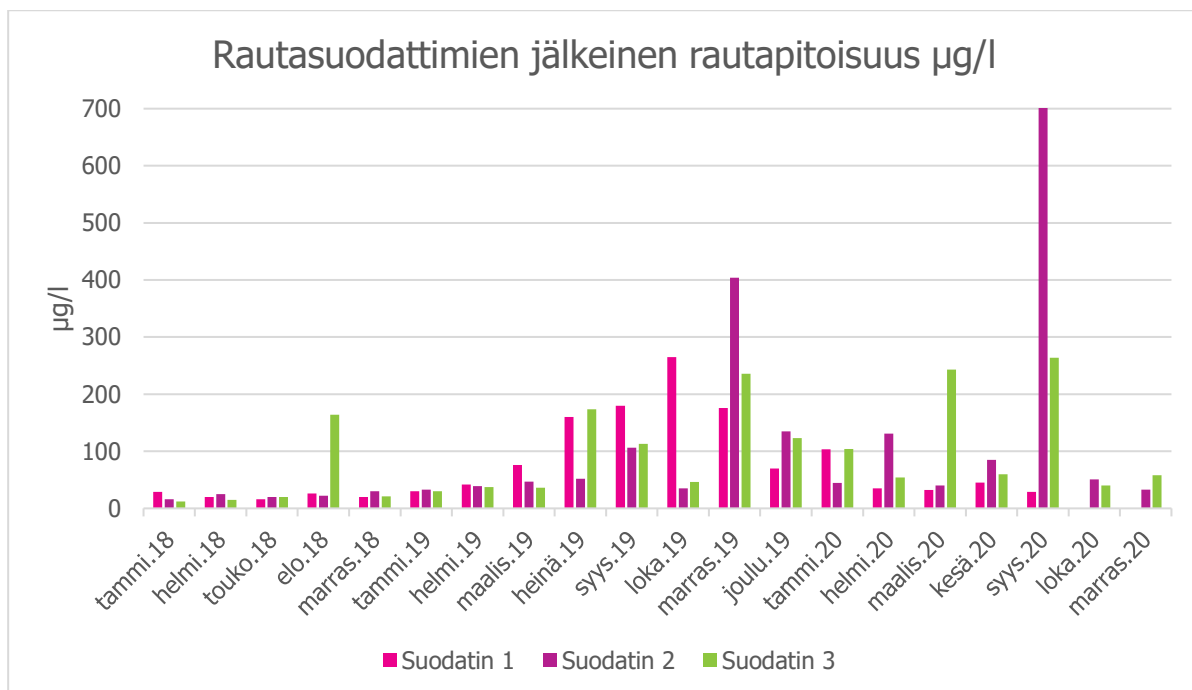
Kuten kuvasta 9 käy ilmi, puhtaan veden sameus on noussut pesuparametri muutoksien jälkeen. Sameus on lähtenyt nousuun marraskuun 2018 tienoilla. Vaikka ei otettaisi huomioon yksittäisiä korkeita mittausarvoja, sameus on tästä huolimatta noussut hieman kokoajan. Pesuparametrien muutos vaikutti negatiivisesti tuotetun veden sameuteen. Sameudessa tapahtui hetkellinen nousu syksyllä 2020 johtuen huoltotoimenpiteistä, joita suodattimille 2 ja 3 tehtiin. Pesuparametrien muutos puhdisti rautasuodattimien hiekkaa aiempaa tehokkaammin ja sai hiekkaan kertyneen raudan liikkeelle, minkä seurauksena puhtaan veden sameus kasvoi.



KUVA 10. Jänneniemellä tuotetun talousveden rauta- ja mangaanipitoisuus.

Varsinkin rautapitoisuus on lähtenyt nousuun marraskuun 2018 jälkeen (kuva 10). Rautapitoisuus on ollut erityisen korkea keväällä 2019, mutta on laskenut tämän jälkeen, poikkeuksena heinäkuu 2019 sekä joulukuu 2019. Puhtaan veden mangaanipitoisuus on ollut rautapitoisuutta korkeampi, mutta vuosina 2019 ja 2020 tilanne on muuttunut. Rautapitoisuus on selvästi ohittanut mangaanipitoisuuden määrän puhtaassa vedessä.

Sameuden ja rautapitoisuuden nousun selittävät pesuparametrit, joita nostettiin. Nostettujen pesuparametrien takia hiekka puhdistui paremmin ja hiekkaan kertynyttä rautasakkaa irtosi enemmän. Irronnut rautasakka ei kuitenkaan poistunut pesun aikana riittävästi, joten suodatimien päästi sitä vielä lävitseen pesun päätyttyä. Tämän seurauksena rautapitoisuus ja sameus kasvoivat.



KUVA 11. Rautasuodattimilta lähtevän veden rautapitoisuus.

Rautasuodattimien jälkeinen veden rautapitoisuus nousi lievästi heti pesuparametrimuutoksen jälkeen (kuva 11). Tämän jälkeen rautapitoisuus on ollut alkuvuotta 2018 korkeampi. Rautasuodattimien jälkeisissä rautapitoisuuksissa on ollut suurempia eroja vuonna 2019 ja 2020 kuin aiemmin. Syyskuun 2020 suodattimelta 2 tulevan veden korkean arvon selittää hiekan ja suuttimien vaihto kyseiseen suodattimeen.

7.2 Hiekkanäytteet

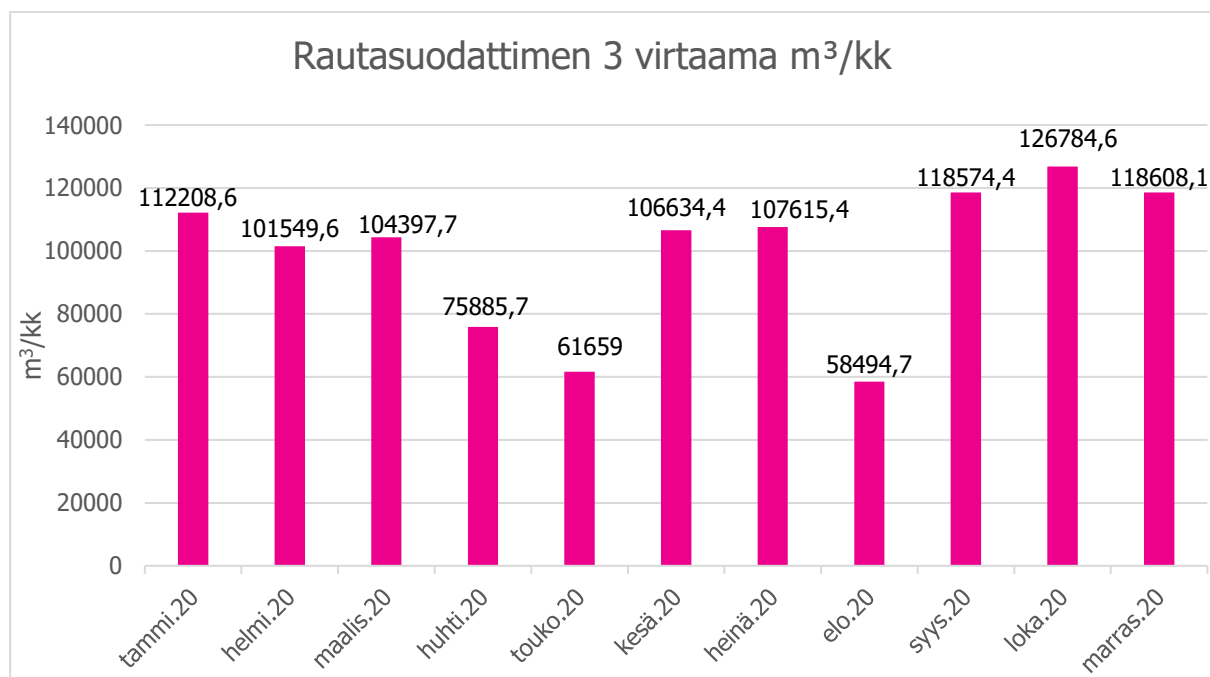
Pesuparametrien muutos huononsi tuotetun veden laatua, mutta sen sijaan hiekkaan kertyneen raudan määrä väheni. Liitteessä 2 on otettujen hiekkanäytteiden tuloksia. Raudan määrä rautasuodattimessa hiekan eri syvyyksillä väheni. Pesuparametrien muutos puhdisti hiekkaa ja poisti kertynyttä rautaa. Myös hiekkaan jäävän mangaanin pitoisuus laski hieman. Mangaanipitoisuuden lasku ei kuitenkaan ollut yhtä suuri kuin rautapitoisuuden lasku hiekassa.

8 HIEKAN JA SUUTTIMIEN VAIHDON VAIKUTUS SUODATTIMIIN

Keväällä 2020 vaihdettiin vain hiekka rautasuodattimeen 3. Hiekan vaihdolla ei kuitenkaan saatu haluttua parannusta suodattimen toimintaan. Tämän seurauksena syksyllä 2020 vaihdettiin sekä hiekka, että suuttimet rautasuodattimiin 2 ja 3. Rautasuodattimeen 1 on tarkoitus vaihtaa hiekat tai muu suodatinmassa ja suuttimet keväällä 2021.

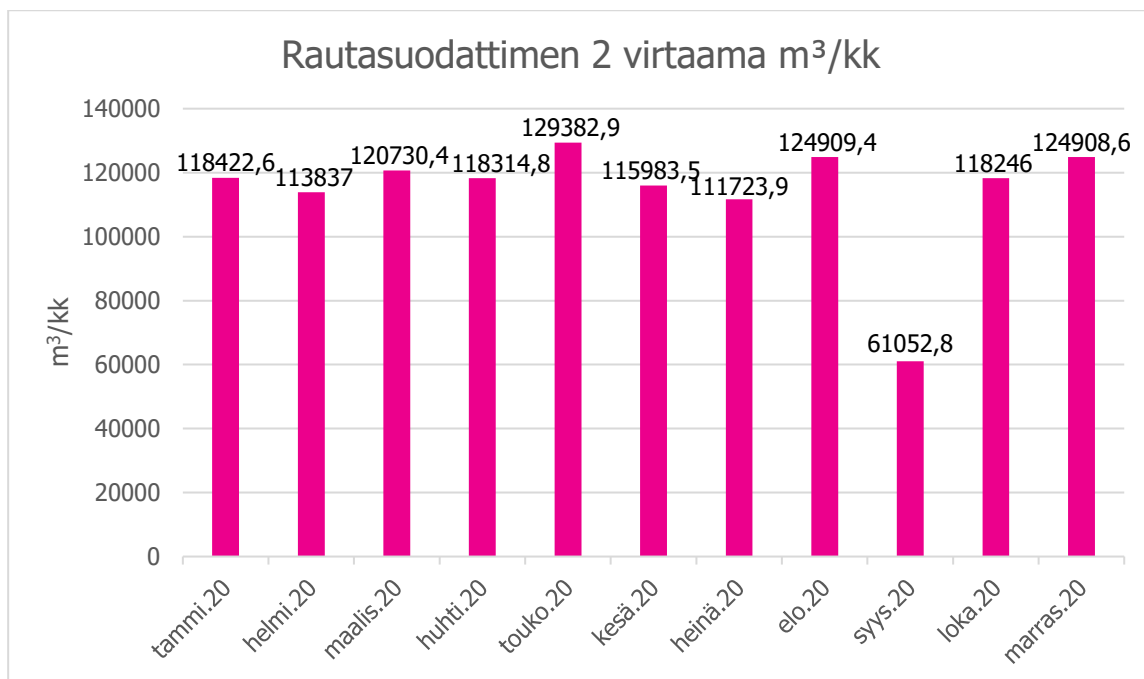
8.1 Tuotto

Jänneiemellä vaihdettiin hiekka suodattimeen 3 huhtikuussa 2020. Tämä selittää kuvassa 12 näkyvän virtaaman laskun huhti- ja toukokuussa. Hiekan vaihdon jälkeen virtaama eli tuotto ei noussut mitenkään erityisen paljoo. Vertaamalla tuottoa kahteen muuhun suodattimeen, ei hiekanvaihdon jälkeen suodattimen tuotto ollut korkeampi kuin kahden muun. Elokuussa 2020 virtaama vähentyi hiekan ja suuttimien vaihdon takia. Hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen virtaama kasvoi huomattavasti verrattuna siihen mitä se oli ennen vaihtoa. Kuvasta 12 näkyy virtaaman kasvaneen syys-, loka- ja marraskuussa. Hiekan ja suuttimien vaihto paransi suodattimen 3 tuottoa merkittävästi, erityisesti kun vertaa aiempaan tuottoon.



KUVA 12. Rautasuodattimen 3 virtaama vuonna 2020.

Rautasuodattimeen 2 vaihdettiin hiekka ja suuttimet syyskuussa 2020. Tämä selittää kuvassa 13 näkyvän virtaaman laskun syyskuussa 2020. Hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen lokakuussa 2020 virtaama pääsi normaaliin virtaamamääräänsä. Marraskuussa 2020 virtaama kasvoi. Suodattimen hiekan ja suuttimien vaihdosta oli hyötyä.

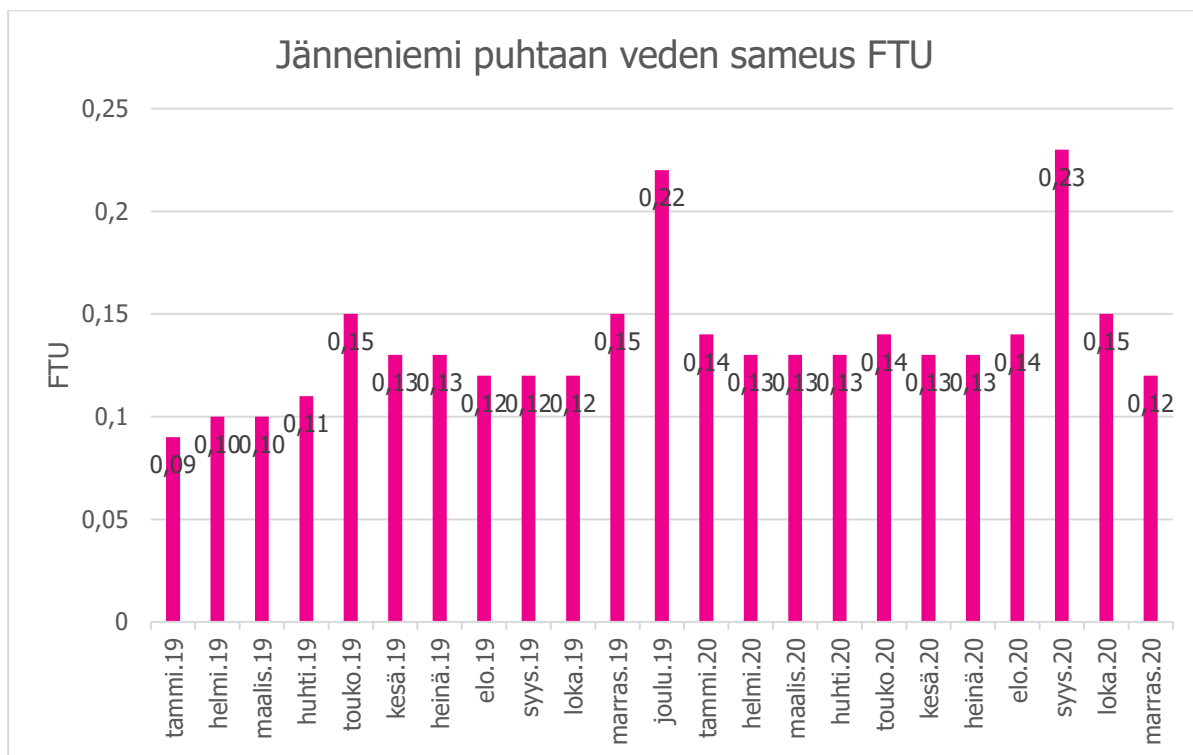


KUVA 13. Rautasuodattimen 2 virtaama vuonna 2020.

Liitteestä 5 näkee rautasuodattimien 1,2 ja 3 virtaamat ja liitteestä 4 Jänneniemien keskimääräisen tuoton kuukaudessa. Tutkittaessa hiekan ja suuttimien vaihdon vaikutusta suodattimien virtaamaan eli tuottoon, huomaa suodattimen 1 tuoton jääneen alhaisimmaksi loka- ja marraskuussa. Myös käyttöpäivystäjä Asikainen (2020) vahvisti suodattimen 1 tuottavan tällä hetkellä huonommin kuin suodattimien 2 ja 3.

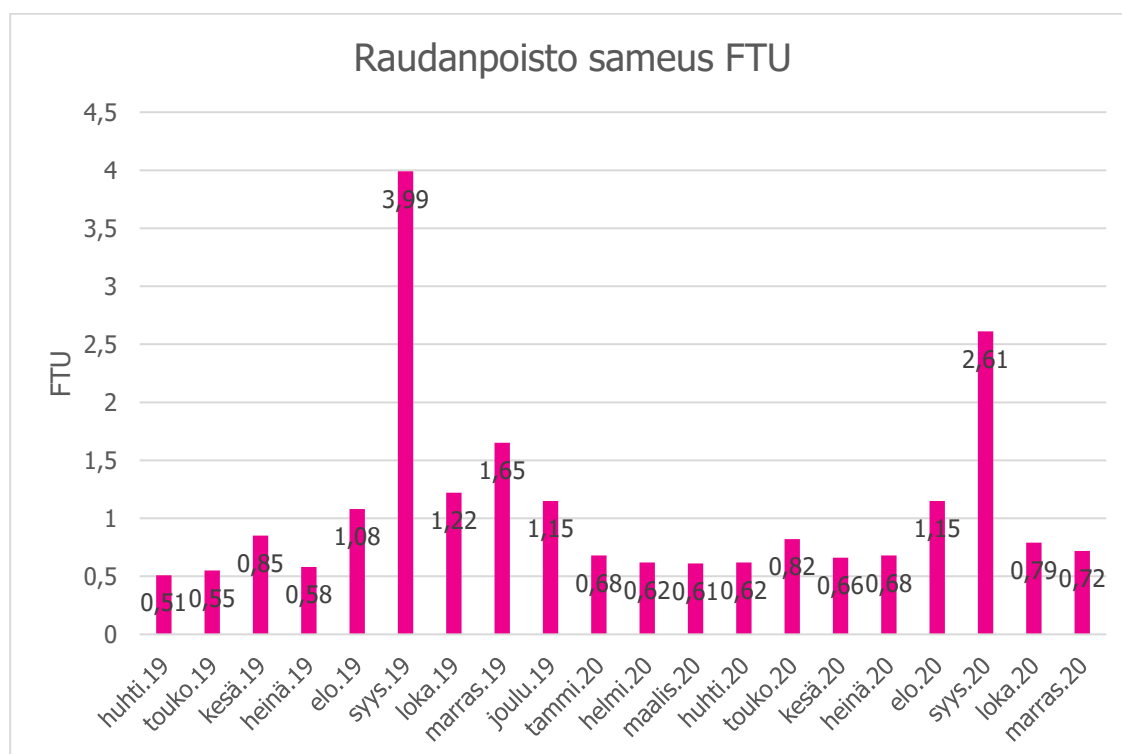
8.2 Laatu

Jänneniemellä tuotetun talousveden sameus oli syyskuussa 2020 korkea johtuen suodattimiin 2 ja 3 tehdyistä hiekan ja suuttimien vaihdosta. Lokakuussa 2020 sameus laski ja marraskuussa 2020 sameus jatkoi laskuaan (kuva 14), joulukuussa veden sameus oli marraskuun tasolla (liite 7). Vuoden 2020 aiempiin sameus arvoihin verrattuna marraskuun ja joulukuun arvot ovat pienempiä. Liitteestä 3 näkee suodattimen 2 tuottaman veden sameuden laskun hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen.



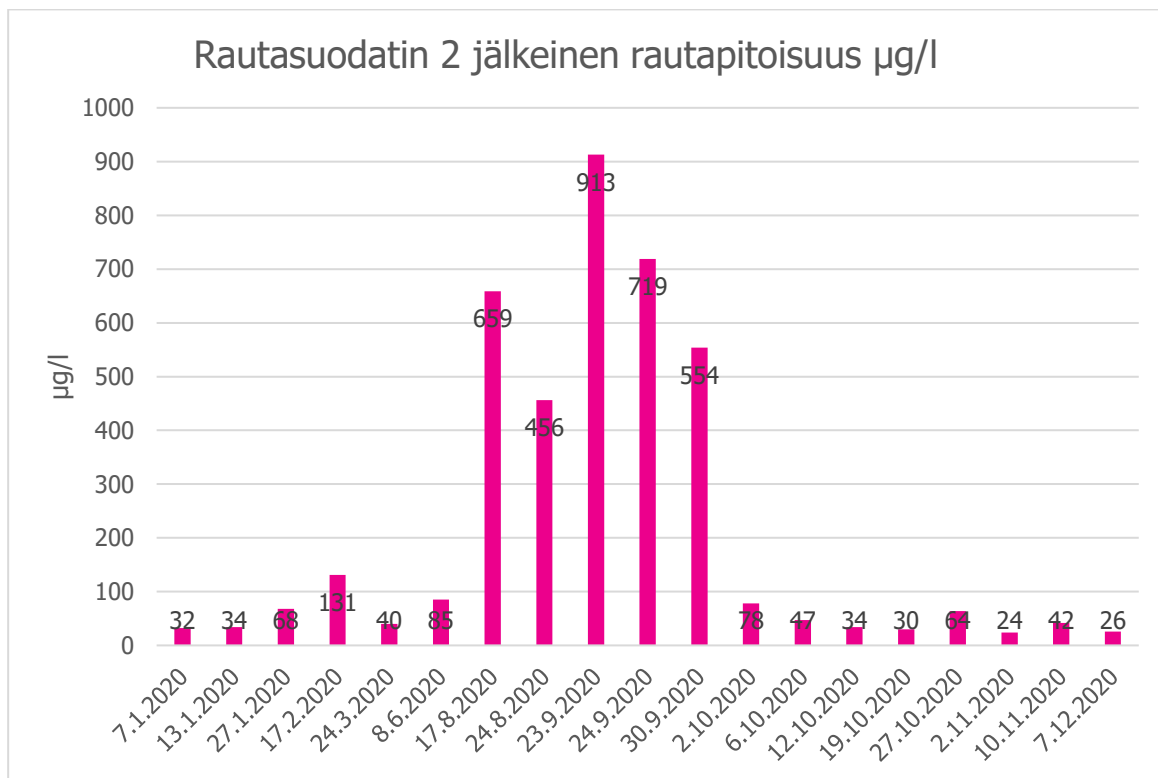
KUVA 14. Jänneniemellä tuotetun talousveden sameus vuosina 2019 - 2020.

Raudanpoiston jälkeinen sameus (kuva 15) tasaantui lokakuussa 2020 ja laski hieman marraskuussa 2020 verrattuna edelliseen kuukauteen. Sameus jatkoi laskuaan joulukuussa 7.12.2020 otetun näytteen perusteella (liite 7). Kyseisenä päivänä otettujen näytteiden perusteella sameus oli suodattimella 1 0,40 NTU, suodattimella 2 0,39 NTU ja suodattimella 3 0,42 NTU. Suodattimien keskiarvo laskettuna arvoksi saadaan pyöristettynä 0,40 NTU, joka on vuoden 2019 ja 2020 alhaisin arvo. Hiekan ja suuttimien vaihdolla parannettiin puhtaan veden sameutta.



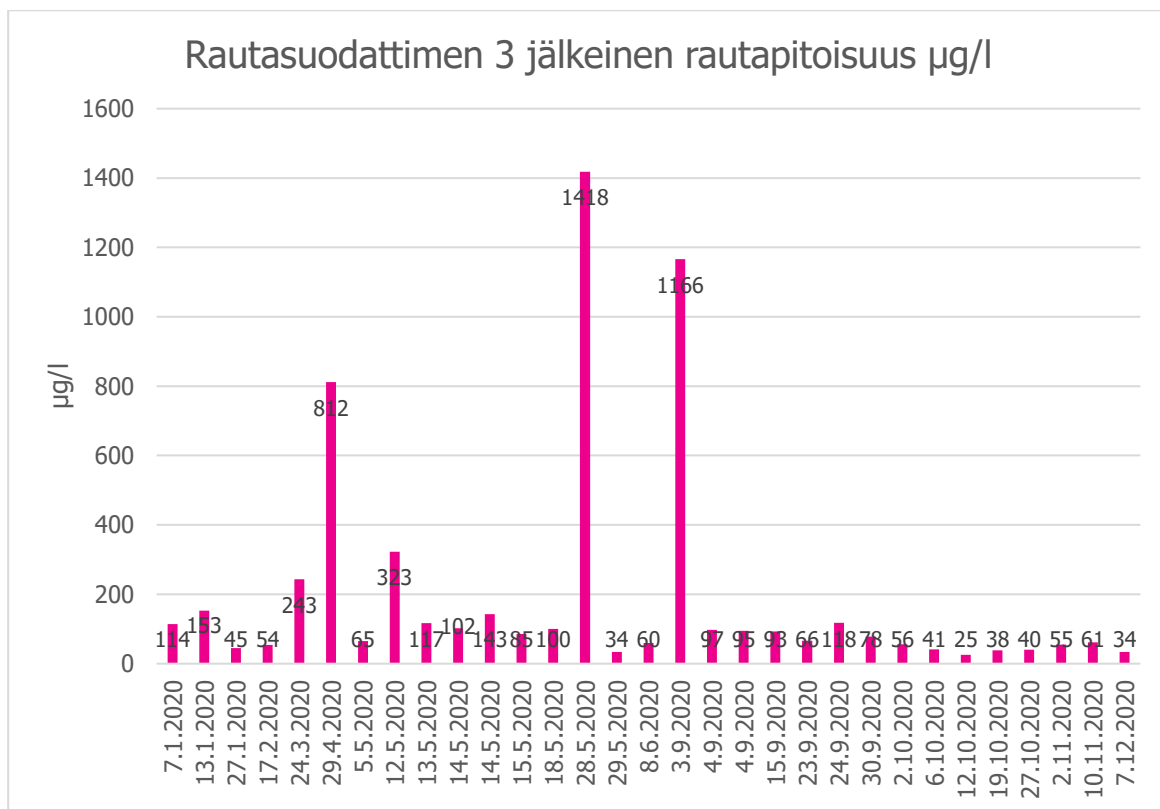
KUVA 15. Rautasuodattimilta lähtevän veden sameus vuosina 2019 - 2020.

Kuvassa 16 näkyy rautapitoisuuden hetkellinen nousu rautasuodattimelta 2 lähtevässä vedessä syyskuussa 2020. Nousu johtui hiekan ja suuttimien vaihdosta suodattimeen. Rautasuodattimen 2 jälkeinen rautapitoisuus laski hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen hieman. Marraskuun 2020 alussa otetussa näytteessä rautapitoisuus oli matalin vuosien 2019 ja 2020 arvoista (kuva 16). Kuvasta 16 näkee rautapitoisuuden olleen 7.12.2020 myös matala, 26 µg/l. Tutkittujen arvojen perusteella hiekan ja suuttimien vaihto on parantanut rautasuodattimien toimivuutta selvästi.



KUVA 16. Rautasuodattimelta 2 lähtevän veden rautapitoisuus vuonna 2020.

Rautasuodattimelta 3 lähtevän veden rautapitoisuus on laskenut hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen, erityisesti loka-, marras- ja joulukuussa rautapitoisuus on ollut matala (kuva 17). Huhtikuussa 2020 vaihdettiin vain hiekka rautasuodattimeen, mutta sillä ei ollut suurta merkitystä rautasuodattimen jälkeiseen veden rautapitoisuuteen.



KUVA 17. Rautasuodattimelta 3 lähtevän veden rautapitoisuus vuonna 2020.

9 KUNNOSSAPITOSUOSITUS RAUTASUODATTIMILLE

Vedenottamon prosessien toimivuuden seuraamiseksi otetaan omavalvontanäytteitä, joissa tutkitaan esimerkiksi väriluku, sameus, rauta, mangaani ja heterotrofinen pesäkeluku. Raudan- ja mangaaninpoiston kannalta hyviä seurattavia muuttujia ovat pH, happi, rauta ja mangaani. (Valvira 2020, 95.) Selkeytysaltainen ja suodattimien käyttöäksi on arvioitu jopa 20 vuotta (Karttunen 1999, 77).

Jänneniemellä rauta- ja mangaanisuodattimet pestään säännöllisesti ohjelman mukaisesti. Suodattimet pestään useammin mikäli suodatusvastus nousee ja läpäisevyys hiipuu. Perjantain ja lauantain välisenä aikana pestään yksi ylimääräinen rautasuodatin, joka olisi muutenkin seuraavana pesuvuorossa (Asikainen 2020). Asikaisen (2020) mukaan suodattimien pesun jälkeen suodatusteho heikkenee hetkellisesti. Jänneniemeä valvotaan Itkonniemen vesilaitokselta käsin. Kalibrointia vaativat laitteet kalibroidaan säännöllisesti. Suurimmaksi osaksi prosessin laitteisto on automaatio-ohjauksella, mutta myös käsikäyttömahdollisuus löytyy.

Jänneniemeltä otetaan säännöllisesti vesinäytteet, jotka tutkitaan Itkonniemen vesilaitoksen laboratoriossa tai viedään tutkittavaksi muualle. Laboratorionäytteistä tutkitaan esimerkiksi puhtaan veden sameus, rauta- ja mangaanipitoisuus sekä väri. Tällä seurataan veden laatua ja sen muutoksia. Rautapitoisuus suodattimien jälkeen pystytään ottamaan suodatinkohtaisesti. Jänneniemen puhtaan veden näytteet otetaan myös Itkonniemen vesilaitoksella, jonne puhdas vesi tulee Jänneniemeltä. Mikäli Jänneniemen puhtaan veden arvot ovat toisistaan paljon poikkeavia tulisi putki Jänneniemeltä Itkonniemelle possuttaa tai puhdasvesiallas pestä. Liitteessä 7 näkyy 7.12.2020 otetun tase-näytteenoton tulokset, joiden perusteella puhtaan veden arvot eivät poikke huomattavasti toisistaan.

9.1 Rautasuodattimien hiekan ja suuttimien vaihto sekä pesut

Asikaisen (2020) mukaan 10 vuotta olisi maksimiaika hiekkojen ja suuttimien vaihtoon rautasuodattimilla. Hänen mukaansa samalla tulisi katsoa yleisesti suodattimen kunto.

Pelkällä hiekkojen vaihdolla ei ole niin suurta merkitystä kuin suuttimien ja hiekan vaihdolla. Kuten kuvasta 18 näkyy, vaihdetut suuttimet olivat mustan massan peitossa eikä vedenläpäisevyys voi olla maksimissaan. Alaosassa oleva viillockki oli peittyneet ja suuttimen lieriöosio oli mustassa massassa. Toimivampana ratkaisuna voidaan siis pitää sekä hiekan, että suuttimien vaihtoa samalla kertaa.

Pesuparametreja voisi maltillisesti nostaa hiekkojen ja suuttimien vaihdon jälkeen. Näin rauta ei pääsisi kyllästymään niin nopeasti vaihdettuun hiekkaan. Kuten hiekkänäytteiden (liite 2) tuloksista näkee, rautaa oli vähemmän hiekan joka kerroksessa pesuparametrien muutoksen jälkeen. Tuotetun veden laatu huononi hieman pesuparametrimuutoksesta, mutta hiekat olivat olleet silloin kymmenen vuotta vaihtamatta. Kymmenessä vuodessa rautaa oli päässyt kertymään hiekkaan ja pesuparametrit nostettaessa oletettavasti rautaa lähti normaalipesua enemmän ja hiekka puhdistui enemmän. Pelkällä hiekan vaihdolla ei ole kovin suurta merkitystä. Esimerkiksi ilmahuuhtelu ilmamäärän voisi nostaa 1100 m³/h ja ilma-vesihuuhdelun ilmamäärän 1000 m³/h.

2008 vuodesta 2013 vuoteen saakka rautasuodatin 1 on tuottanut eniten. Rautasuodatin 2 ja 3 ovat alkuvuosina tuottaneet vähemmän vettä kuin rautasuodatin 1. Vertailemalla rautasuodattimien vir-

taamaa voi todeta rautasuodattimen 1 olleen kovemmassa käytössä alkuvuosina kuin rautasuodattimien 2 ja 3. Tämän seurauksena rautasuodattimen 1 kuormitus on ollut kovinta. Rautasuodattimen 1 tuotto vuonna 2016 on tippunut huomattavasti verrattuna alkuvuosien tuottoon, ja tuotto ei enää ole ollut alkuvuosien tasolla tästä vuodesta eteenpäin. Mahdollisesti tässä vaiheessa suuttimet ovat alkaneet olla niin massan peitossa ettei virtaama ole ollut entisellä tasollaan. Rautasuodattimen 2 virtaama on ollut huonointa kaikista kolmesta rautasuodattimesta monena vuonna. Kuitenkin vuonna 2018 rautasuodatin 2 on saavuttanut tuotossa huippunsa, jonka jälkeen tuotto on jälleen laskenut. Rautasuodatin 3 on saavuttanut tuotossa huippunsa vuonna 2016, jonka jälkeen tuotto on tasaisesti laskenut. Tuloksia katsomalla ja vertailemalla suuttimien ja hiekan vaihdon aikaväli voisi olla 8 - 10 vuotta.

Hiekan ja suuttimien vaihtoon täytyy varata tarpeeksi aikaa. Suodatin, jolle kyseinen huoltotoimi tehdään, on poissa käytöstä koko huollon ajan sekä muutaman päivää huollon jälkeen, kunnes veden laatu palaa normaalille tasolle. Jänneniemi pystyy toimimaan suhteellisen normaalisti kahdella rautasuodattimella. Kahden käytössä olevan suodattimen virtaama kasvaa, kun yksi suodatin on pois käytöstä. Tämä näkyy liitteessä 5 rautasuodattimissa 1 ja 2 toukokuussa nousseena virtaamana. Suodattimeen 3 vaihdettiin vain hiekat huhtikuun lopulla 2020, joten se oli pois käytöstä. Jouluksi 2020 otetun tase-näytteenoton (liite 7) tulosten perusteella rautasuodattimet toimivat hyvin.



KUVA 18. Rautasuodatin 3 likainen suutin (Marttila 2020, CC BY-SA)

9.2 Muuta huomioitavaa

Rauta- sekä mangaanisuodattimien pesuissa ja huoltotoimenpiteissä täytyy ottaa huomioon raakaveden laatu, joka ei pysy vakiona. Raakaveden nousevat rauta- ja mangaanipitoisuudet rasittavat suodattimia aiempaa enemmän. Raakaveden laadun huonontuessa suodattimien pesuja ja pesutehoa tulee lisätä. Suodattimien pesujen lisääminen kasvattaa vedenoton tarvetta, joka taas rasittaa suodattimia lisää. Arvioitaessa hiekan ja suuttimien vaihdon tarvetta tulee ottaa huomioon suodattimien keskinäiset erot ja tuottoisuus. Mikäli raudan ja mangaanin määrä raakavedessä kasvaa huomattavasti, myös suodattimet tukkeutuvat nopeammin. Vesinäytteiden avulla voidaan seurata suodattimien toimintaa sekä sen muutoksia. Ottamalla mangaanisuodattimilta hiekka- tai vesinäytteitä, joista nähdään myös rautapitoisuus, saadaan arvio kuinka paljon rautasuodattimet päästävät rautaa lävitseen.

10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Saatujen tulosten perusteella raakaveden laatu on muuttunut vuosien mittaan ja etenkin raakaveden rauta- ja mangaanipitoisuus on noussut. Happipitoisuus on raakavedessä vaihtelevaa eikä pysy vakiona. Raakaveden rauta- ja mangaanipitoisuuden kasvu rasittaa suodattimia aiempaa enemmän. Mikäli rautasuodattimet päästävät rautaa lävitseen, se rasittaa mangaanisuolettimia lisää.

Tulosten perusteella rautasuodattimien hiekan vaihto ei yksinään ole tehokas keino puhtaan veden laadun ja tuoton kannalta, vaan rautasuodattimiin kannattaa vaihtaa sekä hiekka, että suuttimet samalla kertaa. Tulosten perusteella tästä on hyötyä erityisesti tuoton kannalta. Tuloksien luotettavuuden kannalta oleellinen tieto on, että vuoden 2018 tuottotietojen keskiarvo on laskettu seitsemän kuukauden perusteella ja vuoden 2020 keskiarvo 11 kuukauden perusteella. Muiden vuosien keskiarvot ovat laskettu 12 kuukauden perusteella. Vuoden 2018 tammi-, helmi- ja maaliskuu-, huhti- ja toukokuun tuottotietoja ei löytynyt kummastakaan tietokannasta. Puuttuvat tiedot eivät kuitenkaan vaikuttaneet merkittävästi tuloksiin. Pesuparametrejä ei tule muuttaa kerralla liikaa. Mikäli samoja pesuparametrejä on käytetty vuosia, niitä ei tulisi kerralla nostaa merkittävästi puhtaan veden laadun kannalta. Pesuparametreja kannattaisi kuitenkin hiekan ja suuttimien vaihdon jälkeen nostaa hieman hiekan puhtaana pysymisen kannalta. Ilmahuuhtelu ilmamäärää sekä ilma/vesihuuhtelu ilmamäärää kannattaisi nostaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada arvio Jänneniemien vedenottamon rautasuodattimien suuttimien ja hiekan vaihdosta sekä sen vaikutuksista. Kerätyn tiedon ja haastattelun avulla päästiin tavoitteeseen. Erilaisten kaavioiden avulla pystyi tekemään päätelmiä suuttimien ja hiekanvaihdon kannattavuudesta ja tuloksista. Tavoitteena oli saada myös suositus pesuparametreista, joita rautasuodattimilla tulisi käyttää. Suositus pesuparametreista saatiin tulosten avulla.

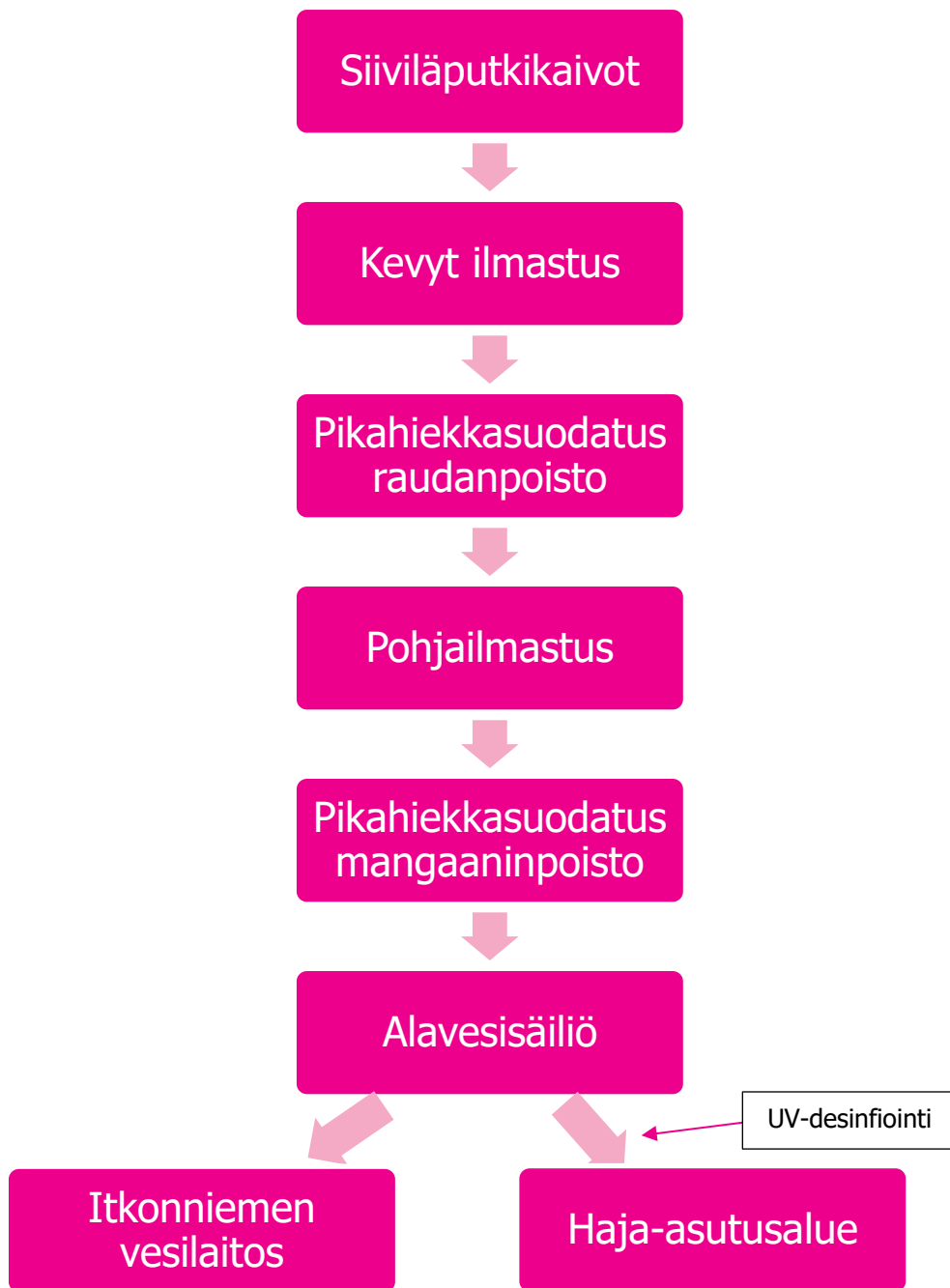
11 POHDINTA

Opinnäytetyön ansiosta vesilaitosten ja vedenottamoiden toiminta on nyt tutumpaa kuin aiemmin. Työn tekeminen auttoi hahmottamaan erityisesti Jänneniemien vedenottamon toimintaa. Työssä pääsin tutustumaan kahteen eri tietokantaan, Vera ja Wahti, joiden käyttäminen ei entuudestaan ollut kovin tuttua. Mielestäni opinnäytetyö onnistui hyvin ja haluttuja tuloksia saatiin. Työn tekemisessä auttoi kesäharjoitteluni, jossa sain olla mukana rautasuodatin 3 hiekan ja suuttimien vaihdossa sekä tuurata satunnaisesti käyttöpäivystäjää ja näin valvoa Jänneniemien vedenottamoita Itkonniemen vesilaitokselta. Excel-tiedoston kokoaminen ja kaavioiden tekeminen auttoi hahmottamaan ja arvioimaan vuosien mittaan tapahtuneita muutoksia paremmin.

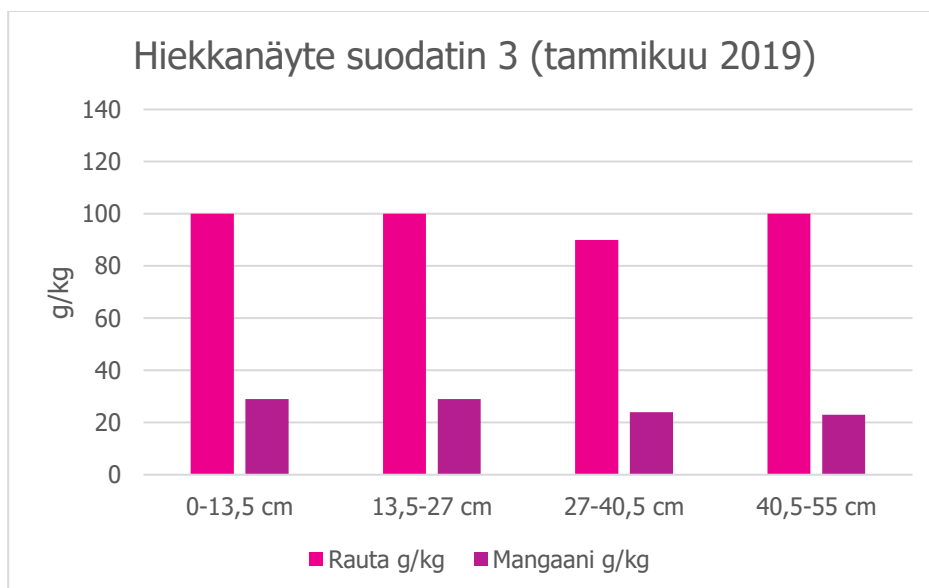
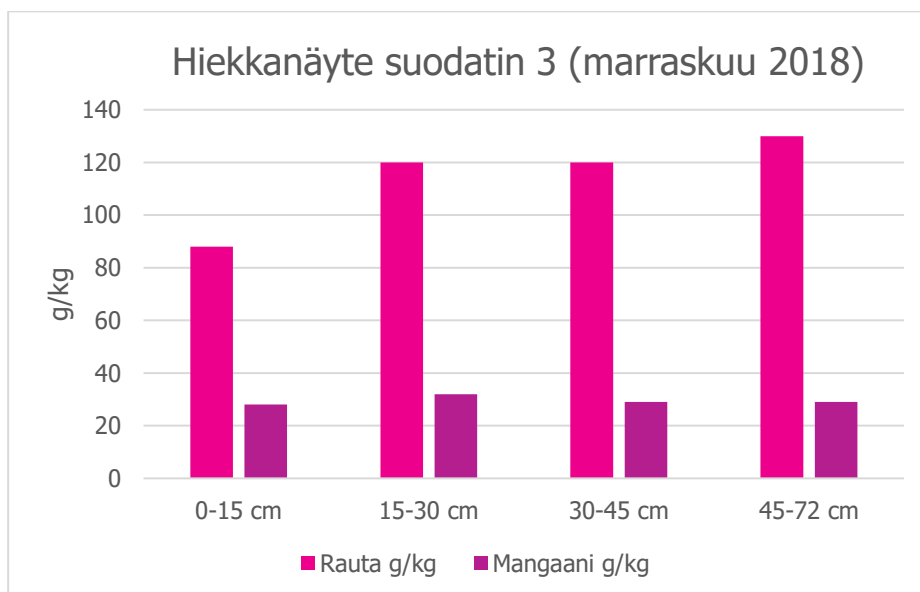
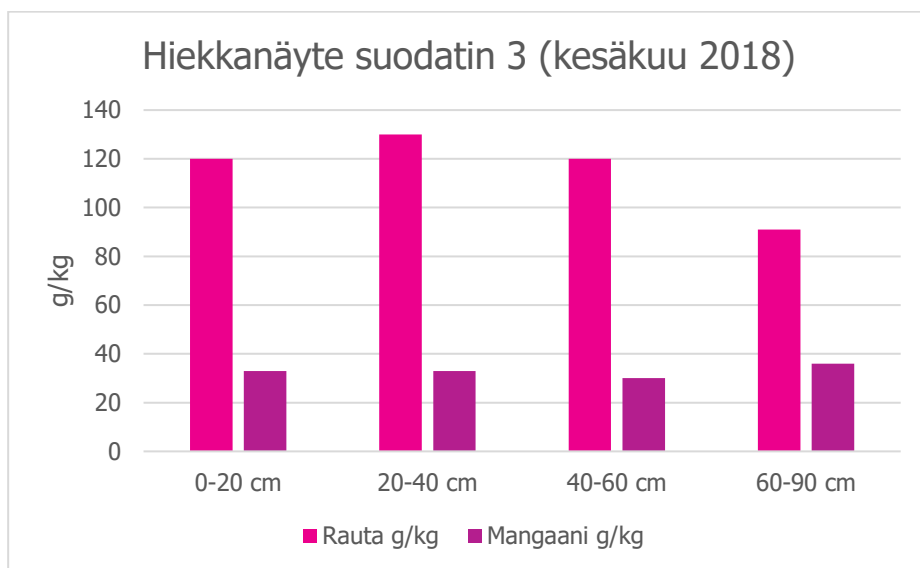
LÄHTEET

- Asikainen, Juho 2020. Käyttöpäivystäjä. Kuopion vesilaitos. Haastattelu 30.11.2020.
- Binnie, Chris & Kimber, Martin 2009. Basic water treatment. Fourth edition. Lontoo: Thomas Telford Limited.
- Huisman, L. 2004. Rapid filtration. Pdf-tiedosto. Julkaistu syyskuu 2004. [Rapid filtration TU2004.pdf](#). Viitattu 11.12.2020.
- Hämäläinen, Annika, Moilanen, Meiju, Hokajärvi, Anna-Maria, Pitkänen, Tarja, Meriläinen, Päivi & T.Miettinen, Ilkka 2018. Juomavesien epäpuhtauksien poistotekniikat talous- ja jätevesilaitoksilla. Julkari-verkkopalvelu. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. <https://www.julkari.fi/handle/10024/137483> Viitattu 7.11.2020.
- Isomäki, Eija, Valve, Matti, Kivimäki, Anna-Liisa & Lahti, Kirsti 2006. Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Ympäristöopas. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38828/YO_PIPOT_2006.pdf?sequence=1. Viitattu 11.12.2020.
- Isomäki, Eija, Britschgi, Ritva, Gustafsson, Juhani, Kuusisto, Esko, Munsterhjelm, Santala, Erkki, Suokko, Tuulikki & Valve, Matti 2007. Yhdyskuntien vedenhankinnan tulevaisuuden vaihtoehdot. Suomen ympäristö. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Jänneniemi 0829705 2015. Kuopion kaupunki. Pohjavesialueen suojelusuunnitelma.
- Karttunen, Erkki. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Rakennusinsinöörien liitto.
- Kivimäki, Anna-Liisa 1992. Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155122>. Viitattu 7.11.2020.
- Koskinen, Sakari 1976. Tekopohjavesi ja sen valmistamista haittaava suodatinaineksen tukkeutuminen. Tiedotus 116. Helsinki: Vesihallitus <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/27613/Vesihallitus%20Tiedotus%20116.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 10.11.2020.
- Kuopion Vesi 2003. Jänneniemen vesilaitos toimintaselostus. Helsinki: Suunnittelukeskus Oy.
- Marttila, Henriikka 2020. Rautasuodatin 3 ilman hiekkaa. Valokuva. Kuopio: Henriikka Marttilan koelmat.
- RIL 124-1. 2003. Vesihuolto I. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.
- Saarinen, Sirkka 1981. Jälleenimeytys pohjaveden raudan ja mangaanin poistossa. Vesihallituksen monistesarja 1981:63. Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/299503/Vesihallituksen%20monistesarja%2063.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 7.11.2020.
- Spellman, Frank R, Drinan, Joanne E. 2012. The drinking water handbook. Second edition. Taylor & Francis Group.
- Spellman, Frank R, Drinan, Joanne E. 2013. Water and wastewater treatment. Second edition. Taylor & Francis group.
- Valvira 2020. Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa II säännökohtaiset soveltamisohjeet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 6.10.2020 https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_2.pdf/ba3128f8-8697-8132-9834-65a2920a3492 Viitattu 11.12.2020
- Ympäristöviestintä YVT Oy 2007. Vesitalous 3/2007. Pdf-tiedosto. Julkaistu 23.5.2007. <file:///F:/3-2007%20Vesitalous.pdf>. Viitattu 11.12.2020.

LIITE 1: JÄNNENIEMEN VEDENOTTAMO



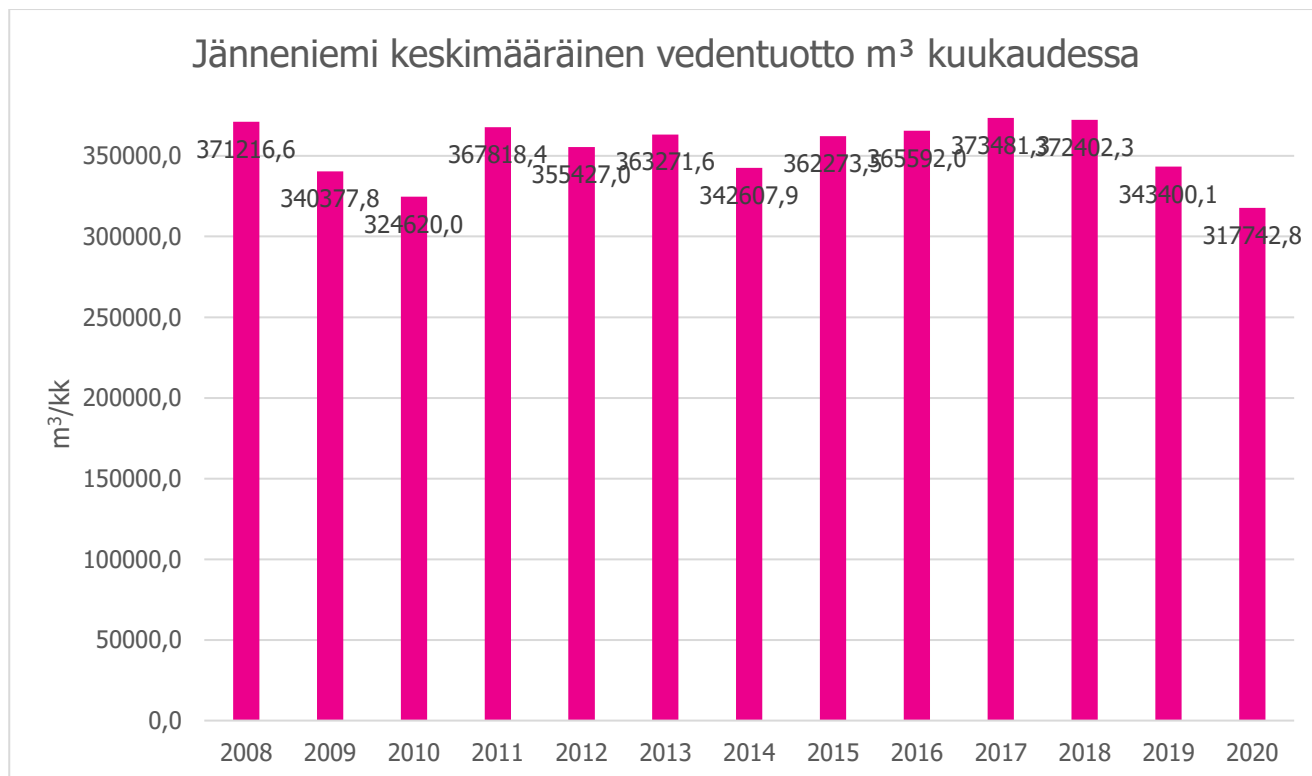
LIITE 2: HIEKKANÄYTTEET



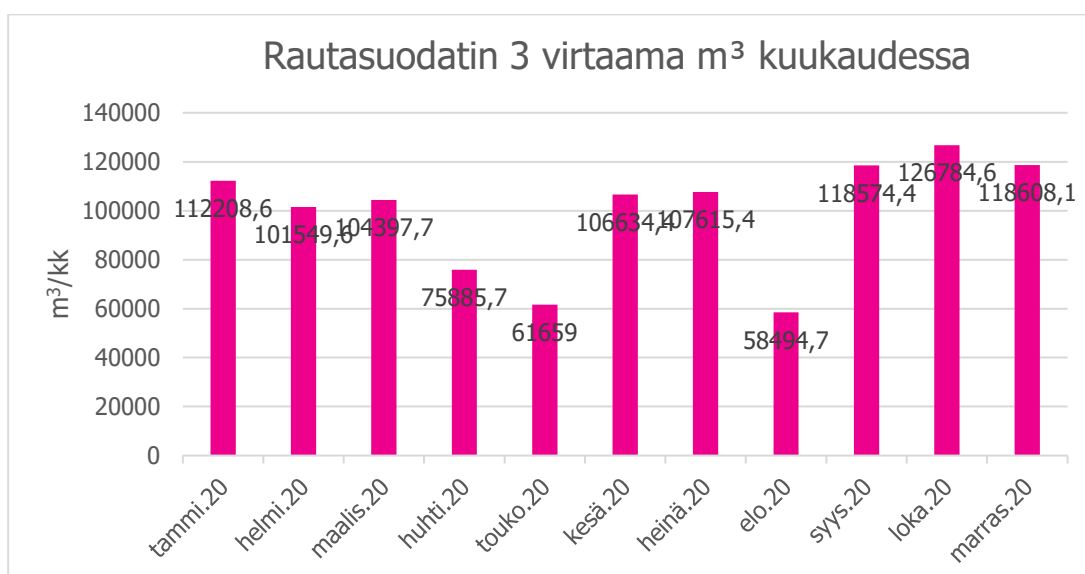
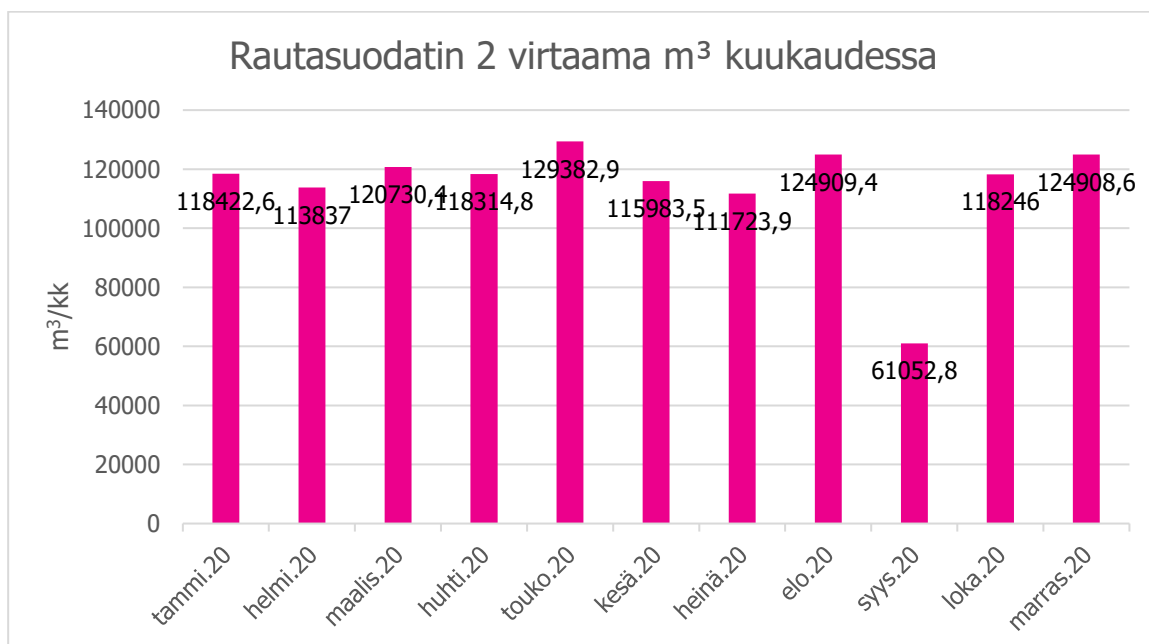
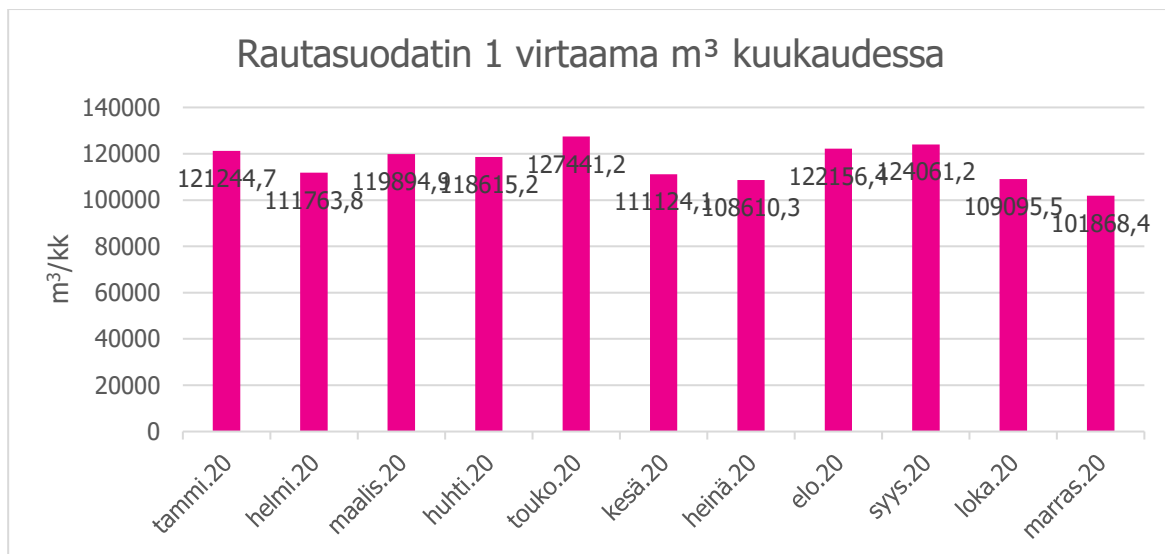
LIITE 3: SUODATIN 2 SAMEUS HIEKAN- JA SUUTTIMIENVAIHDON JÄLKEEN (VAIHDETTU 14-25.9.)

PVM	NTU
15.9.2020	1,1
23.9.2020	0,60
24.9.2020	0,90
30.9.2020	5,9
2.10.2020	1,1
6.10.2020	0,68
12.10.2020	0,47
19.10.2020	0,37
27.10.2020	0,83
2.11.2020	0,21

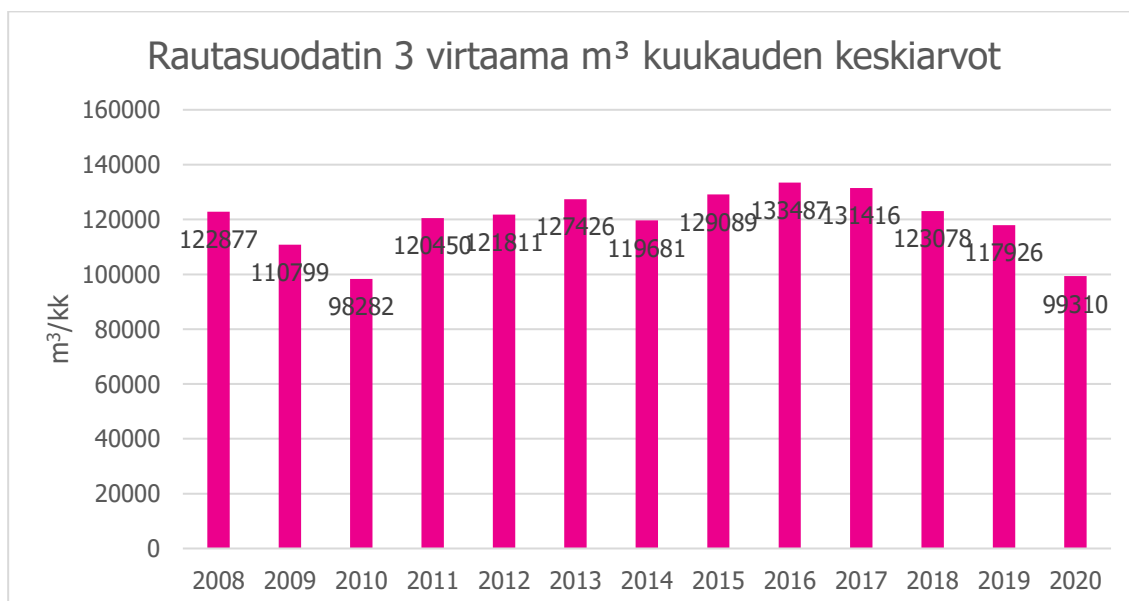
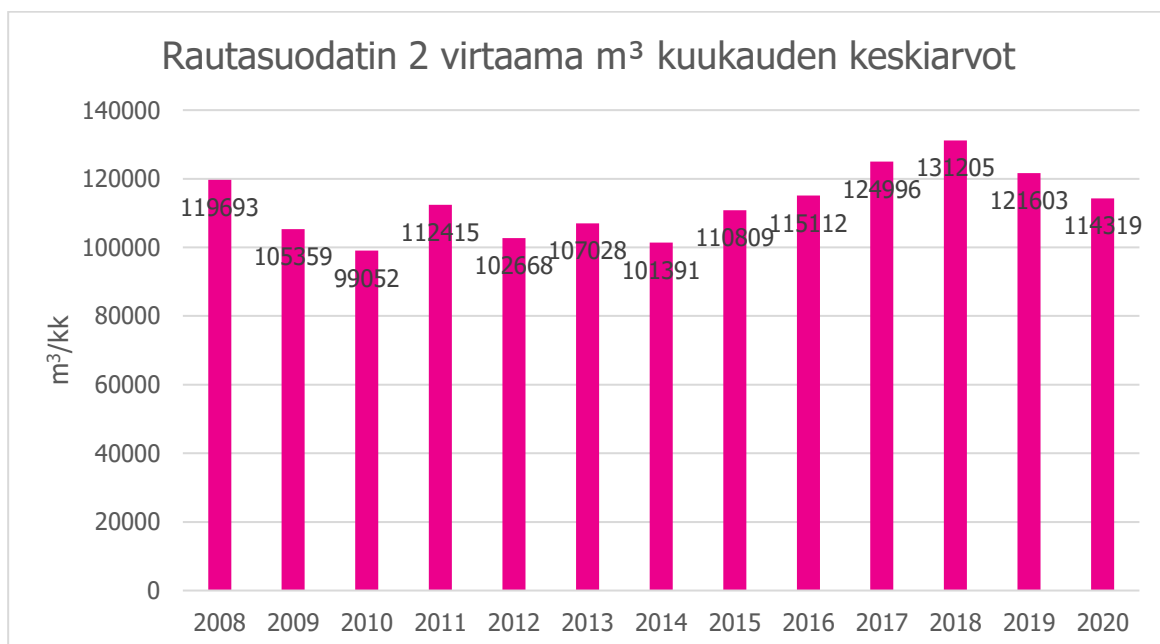
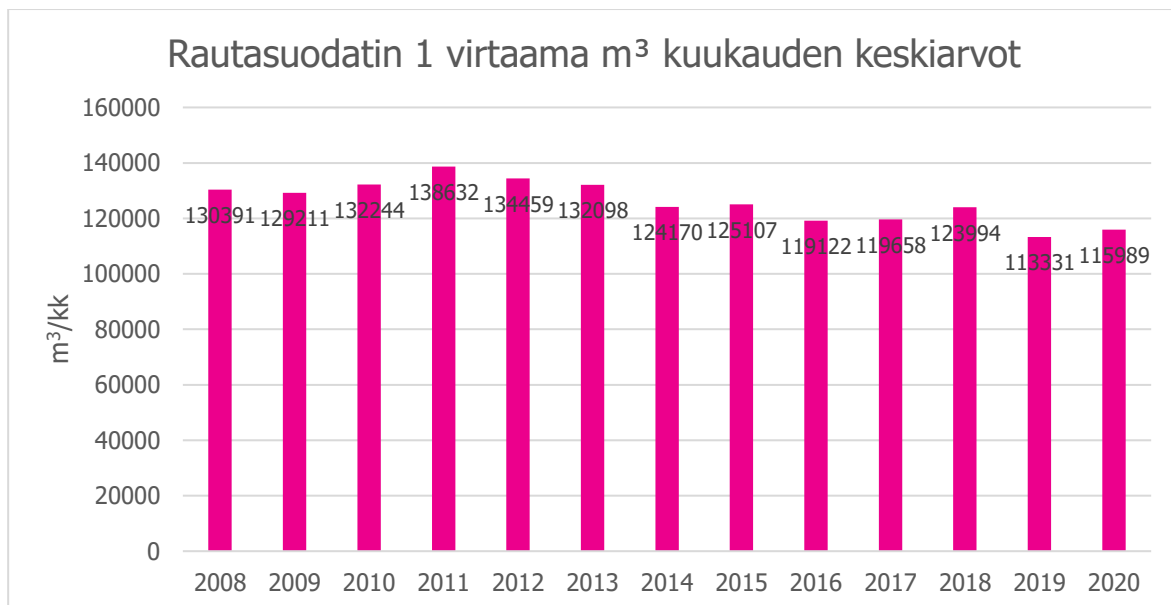
LIITE 4: TUOTTO



LIITE 5: RAUTASUODATTIMIEN VIRTAAMAT 2020



LIITE 6: VIRTAAMIEN KUUKAUSIKESKIARVOT



LIITE 7: TASE-NÄYTTEENOTTO 7.12.2020 TULOKSET

