

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja Elintarviketekniikan Koulutusohjelma

Biotekniikka

2016

Vuorimaa, Hanna

# VEDENPUHDISTUS- JÄRJESTELMÄN MITOITTAMINEN VILJELYTILALLE

Vuorimaa, Hanna

## VEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMÄN MITOITTAMINEN VILJELYTILALLE

Viljan viljelyyn keskittyvän kahden hengen maatalousyrittäjän käyttöön halutaan uusia vedenpuhdistusjärjestelmä. Tilan vesi pumpataan omasta kallioporakaivosta. Opinnäytetyön tarkoitus on ollut selvittää veden laatuun vaikuttavat tekijät kotitalous- ja viljelykäytössä. Tarkoituksena on ollut mitoitaa uusi vedenpuhdistusjärjestelmä koko viljelytilalle sopivaksi. Tavoitteena on vähentää käyttöveden maku-, haju- ja värihaittoja. Lisäksi tavoitteena on pidentää kotitalouden ja maatalouden laitteiden ja niiden osien käyttöikä vähentämällä korroosiota ja tukkeutumia. Veden laadun tutkimisella tavoitellaan viljelysradon tuottavuuden parantamista.

STM:n asetus 401/2001 antaa yksittäisen kotitalouden käyttövedelle terveyteen liittyvät laatuvaatimukset tiettyjen parametrien enimmäispitoisuuksista. Näitä parametreja ovat: veden sameus, väri, haju, maku ja pH, *E.coli* ja koliformiset bakteerit, rauta, mangaani, kaliumpermanganaattiluku, kloridi, ammonium, nitraatti, nitriitti ja fluoridi sekä kallioporakaivon ollessa kyseessä arseeni ja radon. Viljelyssä käytettävien kasvinsuojeluaineiden käyttöön ja toimivuuteen vaikuttavat veden pH, kovuus ja lämpötila.

Viljelytilan veden laatuun vaikuttaa sen suuri raudan pitoisuus, 9,9 mg/l, jota esiintyy niin hapettuneessa kuin hapettumattomassa muodossa. Myös mangaania esiintyy suurena pitoisuutena, 0,23 mg/l. Rauta ja mangaani aiheuttavat esteettisiä haittoja ja korroosiota. Hapettunut rauta tukkii laitteistojen osia. Mangaanin on tutkittu aiheuttavan terveydelle haittaa suurina pitoisuuksina.

Viljelytilan vedenpuhdistusjärjestelmä jaotellaan kolmeen osaan. Viljelykäytössä vettä seisotetaan näkyvän raudan poistamiseksi. Konehallin käyttöön vesi voidaan karkeasuodattaa. Kotitalouden käyttöön vedenpuhdistus toteutetaan karkeasuodatuksen ja katalyyttisen massasuodatuksen yhteistoiminnalla.

### ASIASANAT:

Vedenpuhdistus, vedenlaatu, viljely, kasvinsuojeluaine, kotitalous

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Biotechnology

2016 | 26

Ketola Mari, Senior Lecturer; Vuorimaa Jari

Vuorimaa, Hanna

## WATER PURIFICATION SYSTEM DESIGN FOR A FARM

A new water purification system is needed for a grain cultivation focused farm with a two person household. The water is pumped from a well bored into rock. The purpose of the thesis was to determine water quality in household and cultivation use. A new water purification system was designed for the entire farm. The aim was to improve water quality in terms of taste, odor and color. A further aim was to extend the factors affecting household and agricultural equipment life by reducing corrosion and clog. Water quality is designed to enhance crop cultivation.

The Ministry of social Affairs and Health regulation 401/2001 on the quality requirements for household water sets the maximum values for the following parameters: water turbidity, color, odour, taste and pH, *E.coli* and coliforms, iron, manganese, potassium permanganate, chloride, ammonium, nitrate, nitrite and fluoride and in the case of a rock drilled well also arsenic and radon. The water pH, hardness and temperature affect the use and performance of pesticides in cultivation.

The water at the farm has a high iron concentration, 9.9 mg/l, occurring in the form of both oxidized and unoxidized iron. The manganese concentration is also high, 0.23 mg/l. Iron and manganese give rise to aesthetic detriments and corrosion. Oxidized iron clogs the parts of the equipment. Manganese has been found to cause health problems in high concentrations.

The water purification system is to be divided into three sections: water for irrigation, water supply for the farm machinery repair hall and household water.

### KEYWORDS:

Water purification, water quality, cultivation, pesticide, household

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 KAIVOVEDEN LAATUVAATIMUKSET YKSITTÄISELLE KOTITALOUSVEDELLE</b>	<b>9</b>
2.1 STM:n laatuvaatimukset	9
2.2 Veden laatuun vaikuttavat tekijät	11
2.2.1 KMnO <sub>4</sub> -luku	12
2.2.2 Rauta ja mangaani	12
2.2.3 Fluoridi	13
2.2.4 Arseeni	13
2.2.5 Radon	13
2.2.6 Nitraatti ja nitriitti	14
<b>3 VEDEN LAADUN VAIKUTUKSET KASVINSUOJELUAINELLE</b>	<b>15</b>
3.1 pH	16
3.2 Veden kovuus	16
3.3 Lämpötila	17
<b>4 VEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMÄ</b>	<b>18</b>
4.1 Mitoittaminen	18
4.1.1 Veden kulutus	19
4.1.2 Menetelmät raudan ja mangaanin poistoon	20
4.1.3 Mitoittaminen viljelytilalle	23
4.1.4 Vedenpuhdistusjärjestelmän vaatimuksia	24
<b>5 POHDINTA</b>	<b>26</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>28</b>

## **KUVAT**

Kuva 1 Vedenkulutus vuodessa	19
Kuva 2 Kemiallinen katalyyttinen suodatus	21
Kuva 3 Kationinvaihto	22
Kuva 4 Viljelytilan vedenpuhdistusjärjestelmä	24

## **TAULUKOT**

Taulukko 1 Yksittäisen kotitalouden veden laatuvaatimukset	11
Taulukko 2 Veden kovuuden asteikko	17

## KÄYTETYT LYHENTEET

Bq/l	Becquerel/l
KVVY	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry
NTU	Ne-phelometric turbidity unit (yksikön sameusarvo) (Krogerus ym. 2013)
pH	Pondus Hydrogenii, suom. vedyn potentiaali (Lankinen, N. 2014)
PMY	Pesäkettä muodostava(a) yksikkö(ä)
SYKE	Suomen Ympäristökeskus
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö
THL	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on hattulalainen maatalousyrittäjä, jonka toiminta on keskittynyt viljan viljelyyn ja jolla viljelypinta-alaa on 72ha. Lisäksi yrittäjän talous kattaa kahden henkilön kotitalouden ja maatalouslaitteiden korjaukseen suunnitellun konehallin. Tilan vesi pumpataan omasta kallioporakaivosta, joka on 85m syvällä kallioperässä. Tilan käytössä oleva nykyinen vedenpuhdistusjärjestelmä on vanha, jonka korjaaminen ei ole taloudellisesti järkevää eikä mahdollista. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää veden laatuun vaikuttavat tekijät kotitalous- ja viljelykäytössä. Tarkoituksena on myös mitoittaa uusi vedenpuhdistusjärjestelmä viljelytilalle sopivaksi.

Yksittäinen kotitalous on vastuussa oman veden laadusta. STM:n asetus 401/2001 antaa veden laatuun ja täten käyttäjän terveyteen vaikuttavien aineiden pitoisuuksista vaatimusarvot. Huomioitavia kotitalousveden laadun parametreja ovat veden sameus, väri, haju, maku ja pH, *E.coli* ja koliformiset bakteerit, rauta, mangaani, kaliumpermanganaattiluku, kloridi, ammonium, nitraatti, nitriitti ja fluoridi sekä kallioporakaivon ollessa kyseessä arseeni ja radon. Tilan porakaivon veden aikaisemmasta laatuun vaikuttavien aineiden tutkimisesta on yli 20 vuotta.

Maataloudessa käytettävien viljan kasvinsuojeluaineiden käytössä veden laadulla on merkitys aineiden toimivuuteen ja siten optimaalisimman sadon tuottamiseen. Veden pH, lämpötila ja kovuus ovat vaikuttavia parametreja, joita ei ole aiemmin selvitetty tilan kasvinsuojeluaineiden käytössä.

Viljelytilan vesi on tätä työtä varten analysoitu KVVY:n akreditoitussa laboratoriossa, jonka tuloksia käytetään uuden vedenpuhdistuslaitteen hankinnassa. Tilan porakaivovesi sisältää runsaasti rautaa 9,9 mg/l ja mangaania 0,23 mg/l. Rauta esiintyy hapettumattomassa ja hapettuneessa muodossa, koska vesinäytteessä on silmin nähtävissä rautasakkaa. Näistä aiheutuu väri-, maku ja hajuhaittoja veden käytössä sekä putkistojen, siivilöiden ja suuttimien tukkeutumista, joka siten vähentää kotitalouden ja myös maatalouden laitteiden ja nii-

den osien käyttöikä. Mangaanin on myös tutkittu suurina pitoisuuksina vaikuttavan haittaavasti terveyteen.

Veden puhdistaminen voidaan jaotella tilalla kolmeen eri osaan: viljan viljely, konehalli ja kotitalouskäyttö. Veden pH 6,7 ja kovuus on kasvinsuojeluaineille optimaalisella tasolla. Kuitenkin vähintään rautasakka on syytä poistaa vedestä viljely- ja konehallin käytössä, jotta käyttölaitteiden tukkeutumista voidaan vähentää. Kotitalouskäytössä vedenpuhdistusjärjestelmän tulee kyetä poistamaan rautaa 9,5 mg/l ja mangaania 0,13 mg/l kotitalouden käyttövedestä. Raudan ja mangaanin poistamiseksi tilan kaivovedestä katalyyttinen massasuodatus on parhaiten soveltuva menetelmä. Raudan karkeasuodatusta suositellaan ennen massasuodatusta, jotta massan elvytysväli ei olisi liian tiheä.



## 2 KAIVOVEDEN LAATUVAATIMUKSET YKSITTÄISELLE KOTITALOUSVEDELLE

Yksittäinen kotitalous on itse vastuussa käyttöveden laadusta ja veden hankintaan käytettävän järjestelmän toimivuudesta. Kunnan terveysuojeluviranomaisen vastuutehtäviin kuuluu huolehtia, että veden käyttäjä saa tietoa veden laatuvaatimuksista, siihen liittyvistä terveyshaitoista ja niiden poistamisesta. Viranomainen voi määrätä Sosiaali- ja terveysministeriön säädökseen perustuen yksittäisen kotitalouden käyttöveden tutkittavaksi, jos voidaan epäillä terveyshaittaa veden käytöstä. Viranomaisen tulee tiedottaa laatuvaatimuksista ja aiheutuvista terveyshaitoista veden käyttäjää sekä antaa määräyksiä koskien veden valvontaa, puhdistusta ja käyttöä. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001, 4 §, 7 §, 11 §)

Kotitalouden kaivoveden laatua selvittävät tutkimukset tulee tehdä kolmen vuoden välein akkreditoitussa laboratoriossa, joka täyttää Sosiaali- ja terveysministeriön asetusten 461/2000 ja 401/2001 vaatimukset veden laadun valvontatutkimuksista. Tutkimuksiin soveltuvan vesinäytteen voi ottaa kaivon omistaja kylmävesihanasta, suoraan kaivosta tai molemmista. (Suomen ympäristökeskus 2014)

### 2.1 STM:n laatuvaatimukset

Yksittäisen talouden vedenhankinnalle määritellään laatuvaatimuksia liittyen veden terveysvaikutuksiin. Laatuvaatimuksien perusteella vedestä määritellään tutkituttavaksi terveydelle haitallisia pieneliöitä ja aineita. Lisäksi on huomioitava, että vedestä ei aiheudu haitallista syöpymistä tai saostumia vesiputkistoihin tai vedenkäyttölaitteisiin. Tutkittavat muuttujat ovat taulukon 1 mukaisesti veden sameus, väri, haju, maku ja pH. Mikrobiologiset tutkittavat tekijät ovat *Esche-*

*richia coli* bakteeri ja koliformiset bakteerit. Jos koliformisten bakteerien määrä ylittää enimmäistiheyden, tutkitaan myös suolistoperäiset enterokokit. Kemiaalliset tutkittavat aineet ovat rauta, mangaani, kaliumpermanganaattiluku ( $\text{KMnO}_4$ -luku), kloridi, ammonium, nitraatti, nitriitti ja fluoridi. Lisäksi tarvittaessa tutkitaan muitakin kemiallisia muuttujia. Kun kyseessä on kallioporakaivo, tutkitaan arseeni ja radonpitoisuudet. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001, 3 §, liite 1, liite 2; Suomen ympäristökeskus 2014)

Taulukossa 1 näkyy myös tutkittavien muuttujien tavoitetasot, enimmäispitoisuudet ja – tiheydet yksittäiselle kotitalousvedelle. Sameuden arvo tulee olla 1,0 NTU, väri 5 ja pH välillä 6,5 – 9,5. Hajussa ja maussa ei saisi olla selkeää eroavaisuutta normaaliin. Raudan, mangaanin, radonin ja koliformisten bakteerien tavoitteellinen enimmäispitoisuus tai -tiheys vedessä on yksittäisellä kotitaloudelle hieman korkeampi kuin talousvettä toimittavan laitoksen tai elintarvikealan yrityksen talousvesi. Raudan enimmäispitoisuus saa olla 400 µg/l, mangaanin 100 µg/l,  $\text{KMnO}_4$ -luvun 20 mg/l, kloridin 100 mg/l, ammoniumin 50 mg/l, nitraatin 50 mg/l, nitriitin 0,5 mg/l ja fluoridin 1,5 mg/l. Nitraatin ja nitriitin kohdalla on myös vaatimus, että nitraattipitoisuus/50 + nitriittipitoisuus/3 ei saa ylittää arvoa 1. Lisäksi asetuksessa 401/2001 suositellaan vesijohtomateriaalien syöpymisen estämiseksi kloridipitoisuuden olevan alle 25 mg/l ja sulfaattipitoisuuden alle 150 mg/l. Arseenin enimmäispitoisuus saa olla 10 µg/l ja radonin 1000 Bq/l. Mikrobiologisten tekijöiden enimmäistiheys saa olla *Escherichia coli* bakteerilla ja suolistoperäisillä enterokokeilla 0 pmy / 100 ml sekä koliformisilla bakteereilla 100 pmy / 100ml. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001, liite 1, liite 2)

Taulukko 1 Yksittäisen kotitalouden veden laatuvaatimukset

	<i>Tavoitetaso</i>
Sameus	1,0 NTU
Väri(luku)	5
Haju	ei selvää vierasta hajua
Maku	ei selvää vierasta makua
pH	6,5 – 9,5
	<i>Enimmäispitoisuus</i>
Rauta	400 µg/l
Mangaani	100 µg/l
KMnO <sub>4</sub> -luku	20 mg/l
Kloridi	100 mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,50 mg/l
Nitraatti (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 mg/l
Nitriitti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,5 mg/l
Fluoridi	1,5 mg/l
Arseeni	10 µg/l
Radon	1000 Bq/l
	<i>Enimmäistiheys</i>
<i>Escherichia coli</i>	0 pmy / 100ml
Koliformiset bakteerit	100pmy / 100ml
Suolistoperäiset enterokokit	0 pmy / 100ml

## 2.2 Veden laatuun vaikuttavat tekijät

Vaikka vesi näyttäisi kirkaalta eikä siinä havaita haju- tai makuhaittoja, voi siinä silti esiintyä suuria pitoisuuksia laatuun vaikuttavia kemiallisia aineita. Maa- ja kallioperästä lähtöisin olevia luonnollisia epäorgaanisia aineita ovat arseeni, uraani, radon, fluoridi, rauta ja mangaani. Varsinkin porakaivojen vesissä saattaa esiintyä tavallista enemmän arseenia, fluoridia ja radonia. Nitraatti- ja nitraattipitoisuudet ovat yleensä lähtöisin ihmisen toiminnasta, kuten jätevesistä tai lannoituksesta. Pohjavettä voi pilata myös bensiinin ja öljyn komponentit tai torjunta-aineet. (Suomen ympäristökeskus 2014; Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2015)

### 2.2.1 KMnO<sub>4</sub>-luku

Kalimpermagnanaattiluku (KMnO<sub>4</sub>-luku) eli humus kertoo vedessä olevan orgaanisen hapettuvan aineen määrästä, joka vaikuttaa veden ulkonäköön ja makuun. Humus voi vaikuttaa saostumien muodostumiseen varsinkin raudan kohdalla. (Kalvas 2013, 44; Watman 2010)

### 2.2.2 Rauta ja mangaani

Kaivovesissä yleinen laatuongelma on raudan suuri pitoisuus. Raudasta ei aiheudu terveydelle haittaa, jos vettä voi makunsa puolesta juoda. Suuret rautapitoisuudet aiheuttavat veteen maku, väri ja hajuhaittaa sekä haittaavat teknisten laitteiden käyttöä. Kallioperän koostumus, veden pH, hapetus-pelkistysolosuhteet ja orgaanisen aineksen määrä ovat rautapitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Rauta voi esiintyä pelkistyneenä veteen liuenneena tai hapettuneena saostuneessa muodossa. Matala pH edistää raudan hapettumista. Rauta voi olla myös sitoutuneena orgaanisiin aineisiin. STM:n suositus raudalle on alle 400µg/l, mutta hyvästä vedestä puhuttaessa raja-arvo on alle 100µg/l. Yleensä raudan kanssa esiintyy mangaania, kuitenkin pienemmässä pitoisuudessa kuin rautaa. Mangaanin haitat kuitenkin tulevat esiin jo pienissäkin pitoisuuksissa. Pääosin mangaani esiintyy liuenneessa muodossa. Sen haitta vedessä ei yleensä ole terveydellinen, mutta ne aiheuttavat haju- ja makuhaittoja ja siten myös esteettisiä haittoja. Jotkin nykytutkimukset ovat sitä mieltä, että mangaanin esiintyminen suurina pitoisuuksina aiheuttaisi terveyshaittaa. Lisäksi mangaani voi happamoittaa vettä ja aiheuttaa saostumia vedenjakelulaitteisiin. Esimerkiksi 20 µg/l mangaanipitoisuus voi aiheuttaa saostumia vedenjakelulaitteisiin. Vaikka asetuksen 401/2001 suosituspitoisuus mangaanille on 100 µg/l, yksityisille talouksille suositellaan mangaanin poistokäsittelyä jo pitoisuuden ollessa 50 µg/l. (Kalvas 2013; Suomen ympäristökeskus 2014; Terveiden ja hyvinvoinninlaitos 2015)

### 2.2.3 Fluoridi

Fluoridin terveyshaitta kohdistuu luustoon ja hampaisiin. Jos STM:n asetuksen 401/2001 pitoisuus 1,5 mg/l ylitetään, haittojen lisääntyminen tapahtuu nopeasti, koska fluori imeytyy elimistöön herkästi. Normaalisti pohjavedessä esiintyy fluoria alle 0,1 mg/l ja sillä on myös edullisia terveysvaikutuksia luustoon ja hampaisiin. (Suomen ympäristökeskus 2014; Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2015)

### 2.2.4 Arseeni

Arseeni on hajuton ja mauton myrkyllinen alkuaine. Pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa arseenimyrkytyksen, jolloin oireina voi esiintyä ruokatorven ärtymistä, pahoinvointia, ääreishermoston häiriöitä ja ihon muutoksia. Arseeni muodostaa yhdisteitä rikin, hapen ja raudan kanssa. (Kalvas 2013, 22.) Arseenin esiintyminen kallioperässä on paikoittain korkea. Näin on esimerkiksi Hämeessä ja varsinkin Pirkanmaalla. Normaali arseenipitoisuus kaivovedessä on alle 0,1 µg/l ja STM:n määrittelemä suurin sallittu pitoisuus on 10 µg/l. Kaivotyypeistä porakaivon vedessä arseenia esiintyy eniten. Arseenipitoisuus on liki kolminkertainen porakaivoissa verrattuna rengaskaivojen pitoisuuksiin. (Backman & Lahermo 2004; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2015)

### 2.2.5 Radon

Radon on hajuton, mauton ja väritön radioaktiivinen kaasu, joka haihtuu ja leviää helposti myös vedestä ilmaan. Se aiheuttaa lisääntyneitä syöpään sairastumisen riskiä. Juotuna radon vahingoittaa ihmisen kudoksia. Radonia esiintyy erityisesti porakaivoissa eikä sitä voi aistia. Porakaivoissa radonia esiintyy 10-kertaa enemmän kuin rengaskaivoissa. Suurimmat radonalueet ovat Etelä-Suomen alueella. Säteilyturvakeskuksen julkaiseman sisäilman radonpitoisuuksien keskiarvokartan mukaan (2013) Hämeenlinnan seudun ilman radonpitoi-

suus vaihtelee 0,2–0,3Bq/l.(Kalvas 2013, 47–48; Säteilyturvakeskus 2013; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2015)

### 2.2.6 Nitraatti ja nitriitti

Nitraatin ja nitriitin esiintyminen pohjavedessä merkitsee veden likaantumista peltojen ja kasvimaiden lannoituksen, eläinten ulosteiden, vuotavan jätevesijärjestelmän tai väärin sijoitetun ja suojaamattoman kuivakäymälän takia. Nitraatti on haitallista vain juotuna ja käytettynä ruoanlaitossa. Yleensä nitraattipitoisuus on korkeampi kuin nitriittipitoisuus. Molemmat pitoisuudet voivat pysyä korkeina vuosia riippuen pohjavesialueesta, veden vaihtuvuudesta ja vettä likaavista toiminnoista. Jäteveden käsittelyjärjestelmän uusiminen tai kaivon desinfiointi eivät aina ole riittäviä toimenpiteitä pitoisuuksien laskemiseksi. Tällöin kehotuksena on muuttaa kaivon paikka tai liittyä mahdolliseen yhteiseen vesijohtoverkoston. (Suomen ympäristökeskus 2014)

### **3 VEDEN LAADUN VAIKUTUKSET KASVINSUOJELUAINELLE**

Kasvinsuojeluaineilla pyritään suojelemaan kasveja ja kasvituotteita tuhoeläimiltä ja kasvitaudeilta, estämään haitallisten rikkakasvien kasvua, säätelemään kasvien elintoimintoja muulla tavoin kuin ravinteina ja vaikuttamaan kasvituotteen säilyvyyteen. (Tukes 2015)

Kasvinsuojeluaineiden tehokkuuteen vaikuttaa oikean tehoainevalinnan lisäksi annostus, ruiskutusajankohta ja – olosuhteet sekä ruiskutusveden kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Veden pH, kovuus ja lämpötila ovat huomioon otettavia tekijöitä, kun tarkastellaan kasvinsuojeluaineen sakkautumista ja sen tehoaineen hajoamista. (Rönnqvist 2011, 45–46.) Pahimmillaan tehoaine voi olla muuttunut tehottomaksi jo ennen kuin se saadaan ruiskutetuksi kasville (Backman 2004).

Useimmiten kasvinsuojeluaineen tehoaine on mieto happo, jotta se tunkeutuisi paremmin kasvien lehtien vahakerroksen läpi (Rönnqvist 2011, 45). Jotkin tehoaineet ovat maavaikutteisia eli ne tehoavat myös kasvin korren ja mullan kautta (Vuorimaa 2016).

Kasvinsuojeluaineet ovat jauheita tai nestemäisiä, jotka sekoitetaan veteen ohjeiden mukaisesti. Valmiin seoksen saattaminen kasville kestää noin tunnin (Vuorimaa 2016.) Ruiskutusvesi on yleensä peräisin vesijohtovedestä, koska raakavesilähteet sisältävät paljon orgaanisia aineita tai muita epäpuhtauksia ja pintavesiin ei saa joutua kasvinsuojeluaineiden jäämiä ruiskutuskalustosta. (Backman 2004; Rönnqvist 2011, 45–46.)

### 3.1 pH

Tehoaineen alkalinen hydrolyysi, toisin sanoen hajoaminen, tarkoittaa sitä, että emäksinen vesi pilkkoo tehoaineen molekyylejä takaisin lähtöaineiksi. Optimaalinen veden pH useimmille kasvinsuojeluaineille on välillä 4,5 – 6,5. Tämä on STM:n kotitalouksille vaadittua pH tasoa matalampi, joka on syytä ottaa huomioon, kun ruiskutusvesi tehdään vesijohtovedestä. Emäksinen vesi voi neutralisoida tehoainetta ja täten heikentää sen läpäisevyyttä kasvin lehtien vahakerroksen läpi tai nopeuttaa aineen hajoamista jo ruiskutussäiliössä. (Pentti 2009; Rönqvist 2011, 45–46.) Joskus myös liian alhainen pH voi heikentää tehoaineen tehoa. Tärkeää on myös huomioida erilaisten kasvinsuojeluaineiden seoksissa pH:n vaikutukset herkemälle tehoaineelle. (Backman 2004.) Alhaista pH:ta voi hyödyntää myös tarvittaessa ruiskutusliuoksen säilyttämisessä, koska jotkin tehoaineet pysyvät lepovaiheessa happamassa vedessä. (Pentti 2009; Rönqvist 2011, 45.)

Veden pH:ta on mahdollista säätää hapolla kuten etikalla, jos se on liian korkea. Hapoilla ei kuitenkaan ole puskuroivaa vaikutusta ja ne voivat jo pieninä määrinä laskea liikaa pH-arvoa. Markkinoilla on saatavilla pH:ta muuttava lisäaine, jolla on puskurointikyky, jotta pH-arvo ei alene liikaa. (Backman 2004, Pentti 2009; Rönqvist 2011, 46.)

### 3.2 Veden kovuus

Veden kovuus kertoo kuinka paljon kalsium- ja magnesiumioneja vedessä esiintyy. Kova vesi sisältää paljon kalsium- ja magnesiumioneja, jotka herkästi muodostavat yhdisteitä kasvinsuojeluaineiden kanssa ja siten synnyttävät saostumia. Tehoaineen kemiallisen koostumuksen muuttuessa osa siitä jää käyttämättä. Lisäksi saostumat voivat tukkia ruiskutuslaitteen suuttimia. (Pentti 2009; Rönqvist 2011, 46.)



Taulukossa 2 on esitetty veden kovuuden asteikko sekä sanallisena että yksikkönä mmol/l ja saksalaisen kovuusasteikon yksikkönä °dH (Lankinen 2014, 15).

Taulukko 2 Veden kovuuden asteikko

<i>Kovuus</i>	<i>mmol/l</i>	<i>°dH</i>
<b>Erittäin pehmeä</b>	0 - 0,55	0 - 3
<b>Pehmeä</b>	0,55 - 1,10	3 - 6
<b>Keskikova</b>	1,10 - 1,60	6 - 9
<b>Kovahko</b>	1,60 - 2,15	9 - 12
<b>Kova</b>	2,15 - 3,20	12 - 18
<b>Erittäin kova</b>	>3,20	>18

### 3.3 Lämpötila

Yli +35°C lämpöinen vesi nopeuttaa niiden tehoaineiden hajoamista, jotka ovat herkkiä alkaliselle hydrolyysille (Bakcman 2004). Kylmä vesi taas voi aiheuttaa kiteiden syntymistä ruiskutusliuokseen varsinkin kun kyseessä on jauhemaiset liuotettavat kasvinsuojeluaineet. Kiteet voivat tukkia ruiskutuslaitteen suuttimia. Liuotukseksi voi tehdä pieneen määrään lämmintä vettä, joka on korkeintaan +40°C. Sen jälkeen seos liuotetaan sekoittamalla ruiskutussäiliön veteen. Säiliön vesi on hyvä olla haaleaa, koska kylmä vesi aiheuttaa kiteiden syntymistä. (Pentti 2009; Rönnqvist 2011, 46.)

## 4 VEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMÄ

Tilan porakaivon vesi analysoitiin KVVY:n laboratoriossa 3.2.2016. Tutkittavat parametrit olivat STM:n ohjeistuksen ja viljelytilan tarpeiden mukaisesti *E.coli* ja koliformiset bakteerit sekä pH, kalsium, magnesium, fluoridi, kloridi, ammonium, nitriitti, nitraatti, rauta, mangaani, arseeni ja radon. Laskennallisena tuloksena myös veden kovuus on määritetty.

Vesianalyysin tulosten perusteella veden pH 6,7 on optimaalinen sekä kotitalousvedeksi että käytettäväksi kasvinsuojeluaineille sellaisenaan. Veden kovuus 4,0 °dH on taulukon 2 mukaisesti pehmeä. Veden rauta- ja mangaaniarvo ylittää STM:n ohjeistuksen mukaiset arvot. Raudalla ja mangaanilla on suurta merkitystä kotitalouden putkistojen ja laitteiden sekä viljelyssä käytettävien laitteiden ja niiden osion käyttöikään. Mangaani voi myös aiheuttaa terveyshaittaa joidenkin tutkimusten mukaan. (KVVY 2016).

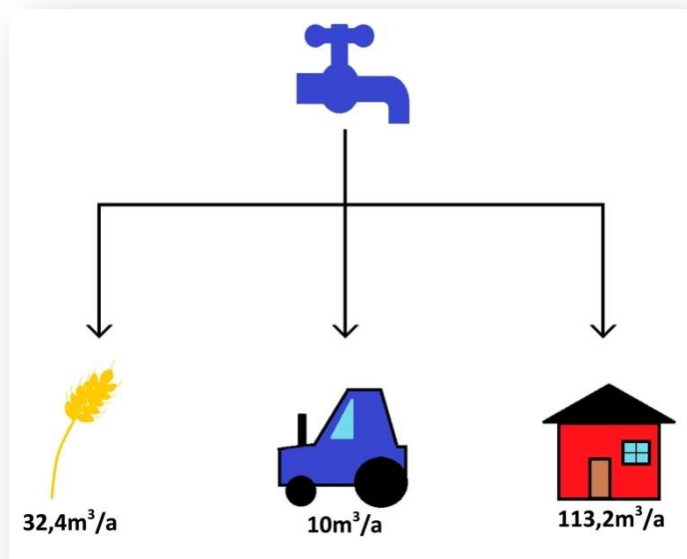
### 4.1 Mitoittaminen

KVVY:n vesianalyysin tulosten (2016) mukaan raudan pitoisuus porakaivon vedessä on 9,9 mg/l ja sitä ilmenee vedessä myös sakkana eli hapettuneessa muodossaan. Mangaanin pitoisuus vedessä on 0,23 mg/l. Kotitalousvettä ajatellen vedestä tulisi poistaa rautaa vähintään 9,5 mg/l ja mangaania 0,13 mg/l, jotta saavutetaan STM:n raja-arvo.

Porakaivon veden pH 6,7 on tavoitellussa arvossa niin kotitalous- ja viljelykäyttöön. Veden kovuus ei aiheuta haittaa kotitalouteen eikä kasvinsuojeluaineiden käyttöön. Nämä eivät siis vaikuta vedenpuhdistuksen menetelmän valintaan. Kaliumpermanganaattiluku eli humuksen arvoa ei ole määritetty, koska kyseessä on syvä kallioporakaivo ja täten oletetaan, ettei humus aiheuta ongelmaa veden laatuun. Aineiden pitoisuuksien ja olomuotojen lisäksi on tiedettävä veden virtausmäärä laitehankintaa tehtäessä.

#### 4.1.1 Veden kulutus

Veden kulutus viljelytilalla on esitetty kuvassa 1. Henkilön vedenkäytön keskiarvo on Motivan (2015) mukaisesti 155 l/vrk. Kahden hengen vedenkäyttö täten on keskimäärin  $113,2 \text{ m}^3$  vuosittain. Viljelyssä ruiskutuksia on vuosittain keskimäärin kolme: tauti- ja kasvusäädäaineet sekä lannoitteet. Viljelypinta-alan ollessa 72 ha ja vedenkulutuksen ollessa keskimäärin 150 l/ha vuosittainen vedenkulutus ruiskutuksissa on keskimäärin  $32,4 \text{ m}^3$ . Konehallin vedenkäytössä huomioidaan eri viljelytilan laitteiden ja osien huoltoihin liittyvä vedenkulutus. Vedenkulutuksen keskimäärään vaikuttaa laitteiden pesukerrat, pesuun kuluva aika ja paine-pesurin vedenkulutus 10 l/min. Konehallin keskimääräiseksi veden vuosikulutukseksi saadaan vähintään  $10 \text{ m}^3$ . (Vuorimaa 2016.)



Kuva 1 Vedenkulutus vuodessa

Veden virtausmäärä kotitalouskäytössä on noin 0,22 l/min, joka vaikuttaa eniten puhdistusjärjestelmän valinnassa (Motiva 2015). Tilan kaivoveden pumpun teho on noin 33 l/min (Vuorimaa 2016). Laitemitoituksessa ja hankinnassa on huomioitava myös veden jatkuva käyttö vähintään kotitaloudessa.

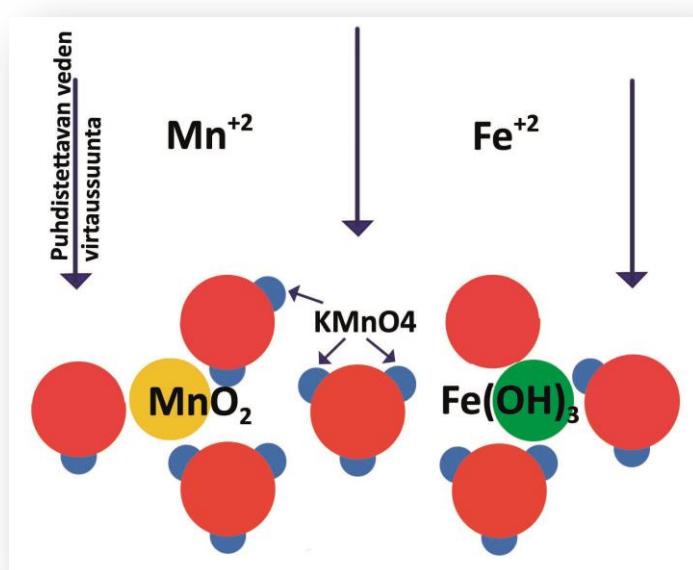
#### 4.1.2 Menetelmät raudan ja mangaanin poistoon

Raudan ja mangaanin poistamiseksi vedestä kotitalouskäytössä on muutamia vaihtoehtoja: permanganaattihapetus, katalyyttinen suodatus ja kationinvaihto. Kotitalousvettä ajatellen ioninvaihto ja hapettaminen ovat hyvät vaihtoehdot. Huomioitavaa on kuitenkin, että hapetusta suositellaan mekaanisen suodatuksen yhteydessä ja ioninvaihtoa raudan pelkistyneen muodon kohdalla. (Kalvas 2013, 39; Suomen Ympäristökeskus 2014.)

Hapettamisessa rauta ja mangaani saatetaan hapettuneeseen muotoon eli saostetaan ja sen jälkeen sakka poistetaan suodatinmassalla. Rauta on liuenneessa muodossa  $\text{Fe}^{2+}$  ja mangaani  $\text{Mn}^{2+}$ . Hapetuksen jälkeen rauta muuttuu rautahydroksidiksi ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) ja mangaani mangaanioksidiksi ( $\text{MnO}_2$ ). Rauta voidaan hapettaa ilmastamalla, jolloin korkea veden pH-arvo nopeuttaa reaktiota. Mangaanin hapettaminen on vaikeampaa kuin raudan, koska hapetusreaktiot ovat hitaampia ja vaativat korkeampia pH-arvoja kuin rauta. Mangaanin hapettaminen vaatii kemikaaleja kuten klooria, peroksidia tai permanganaattia, joita voidaan käyttää myös raudan hapettamisessa. Hapetuksen yhteydessä voidaan käyttää katalyyttistä suodatusta nopeuttamaan hapettumisreaktiota joko hapetuksen kanssa samanaikaisesti tai sen jälkeen. Mangaanin poistaminen pelkällä katalyyttisellä suodatuksella vaatii yli 7,5 pH-arvon, kun taas raudan kohdalla pH-arvo voi olla myös alle 6. Yhteiskäyttö soveltuu kotitalouskäyttöön sen vaivattomuuden takia paremmin. (Kalvas 2013, 39; Suomen Ympäristökeskus 2014.)

Seuraavana on esimerkki kemiallisen ja mekaanisen suodatuksen yhteiskäytöstä, niin sanotusta kemiallisesta katalyyttisestä suodatuksesta. Kaliumpermanganaatin käyttö hapetuksessa yhteiskäytössä suodatusmassan kanssa on esitetty kuvassa 2. Suodatusmassa on käsitelty kaliumpermanganaatilla ( $\text{KMnO}_4$ ) ennen käyttöönottoa, jolloin se muodostaa pinnoitteen massalle. Kaivoveden virratessa suodattimelle siinä olevat rauta ja mangaani reagoivat kaliumpermanganaatin kanssa hapettuen ja siten muodostunut rautahydroksidi ja mangaanioksidit suodattuvat samaan massaan. Massa pinnoitettu kaliumperman-

ganaatti kuluu ajan myötä, jolloin hapettumista ei enää tapahdu ja siten raudan ja mangaanin poisto ei enää toimi. Suodatin elvytetään vastavirtahuutelulla, jolloin saostunut rauta ja mangaani huuhdellaan pois. Tämän jälkeen suodattimen massa käsitellään jälleen kaliumpermanganaatilla, jotta hapetuskyky palautuu. Suuret virtausvaihtelut vaikuttavat massan toimivuuteen. Saostunut rauta ja mangaani eivät sitoudu kemiallisesti massaan ja siten voivat irrota myös käyttöveden mukaan, jos virtaamassa on suuria ja jatkuvia muutoksia. (Kalvas 2013, 40.)

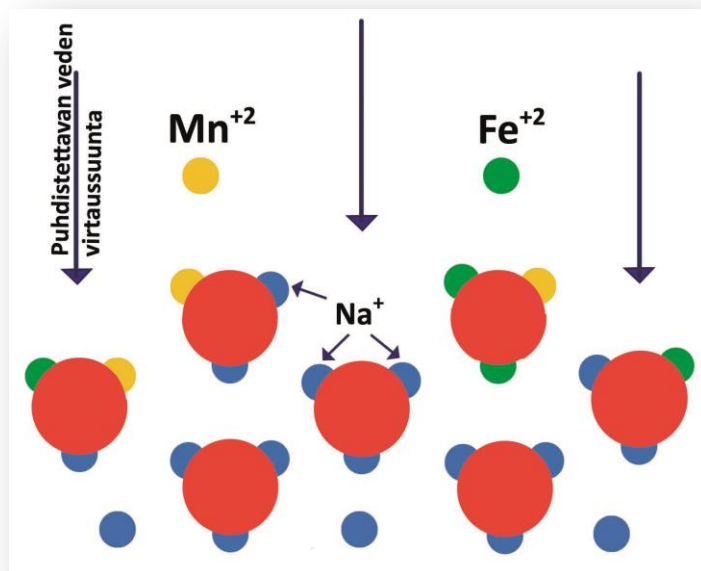


Kuva 2 Kemiallinen katalyyttinen suodatus

Katalyyttinen suodatus voidaan toteuttaa raudalle myös ilman kemikaaleja, jolloin hapettumisreaktion katalyyttinä toimii alkuaine tai yhdiste, joka ei kulu hapetusreaktiossa. Tällaisia ovat esimerkiksi pii, kupari, mangaanioksidi tai ferrohdyroksidi, jotka nopeuttavat raudan hapettumista ja siten saostumista suodatusmassaan. Koska katalyytit eivät kulu hapetusreaktiossa, massan elvytykseen ei tarvita lisäkemikaaleja. Suodatusmassan elvytys tapahtuu vastavirtapesulla, jossa saostunut rauta huuhdellaan pois viemäriin. (Watman 2010.)

Ioninvaihto soveltuu poistomenetelmäksi liuenneelle raudalle ja mangaanille, kun niiden pitoisuus ei ole kovin suuri. Koska mangaani esiintyy aina liuennees-

sa muodossa, vain raudan olomuoto aiheuttaa haastetta menetelmän valintaan. Hapettunut rauta voi saostuneena tukkia ioninvaihtomassa. Yleensä poistoon käytetään kationista massaa, mutta raudan ollessa sitoutunut humukseen käytetään anionista massaa. (Suomen Ympäristökeskus 2014.)



Kuva 3 Kationinvaihto

Kuvassa 3 on esitetty kationinvaihtajan periaate. Kaivovedessä olevat rauta- ja mangaaniyhdisteiden kationit, rauta- ja mangaani-ionit vaihtuvat ioninvaihtohartsin natriumionien ( $\text{Na}^+$ ) kanssa jääden kiinni hartsiin, kun taas natriumioni poistuu käyttöveden mukana. Hartsilla on rajallinen kyky vaihtaa ioneja, joten se tulee elvyttää toimintakykyiseksi, kun se ei enää poista rauta- ja mangaani-ioneja. Elvytys on päinvastainen ioninvaihtoreaktio, jossa hartsiin sidotaan natriumioneja ja rauta- ja mangaani-ionit poistetaan viemäriin. Ionihartsin elvytysväli voidaan mitoittaa tarkasti, kun tiedetään veden kovuus, rauta- ja mangaanipitoisuus. (Kalvas 2013, 42.)

Kalvas (2013) esittää arvion raudan ja mangaanin pitoisuuden vastaavuudesta verrattuna veden kovuuteen, jonka perusteella elvytysväli voidaan esittää laskennallisesti. Raudan ja mangaanin pitoisuuden sijoitetaan yksikössä mg/l ja kokonaiskovuus saksalaisena kovuusasteena.

$$(rauta * 2) + vedenkovuus = kokonaiskuormitus$$

$$(mangaani * 4) + veden kovuus = kokonaiskuormitus$$

$$elvytysväli = \frac{pehmentimen indeksikapasiteetti}{käsiteltävän veden kovuus}$$

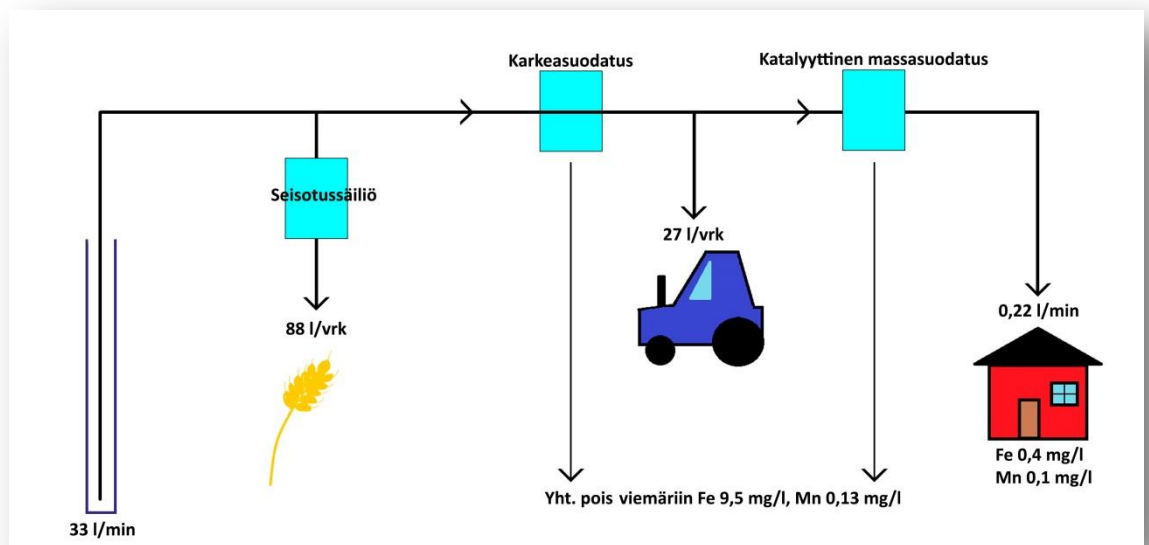
Kun selkeästi näkyvää rautasakkaa esiintyy vedessä, puhdistettavan veden käsittely karkeasuodattimen läpi esimerkiksi ennen katalyyttistä suodatusta on yksi vaihtoehto pidentää massan elvytysväliä. Kyseisiä karkeasuodattimia saa kiintoainepatruunoina, jotka poistavat tehokkaasti vedessä esiintyviä kiintoainehiukkasia. Patruuna sitoo itseensä koko matkaltaan kiintoainehiukkasia. Niitä on saatavilla joko kerta- tai monikäyttöisiä. (Watman 2010.)

#### 4.1.3 Mitoittaminen viljelytilalle

Vedenpuhdistusjärjestelmän mitoittaminen viljelytilalle voidaan jaotella kolmeen osaan. Mitoittaminen esitetään kuvassa 4. Kaivoveden raudan pitoisuus on 9,9 mg/l ja mangaanin 0,23 mg/l. Kaivon pumpun teho on 33 l/min. Viljan kasvinsuojeluaineiden käyttöä varten vesi otetaan suoraan kaivosta ja saatetaan seisotussäiliöön. Säiliön tilavuus on 1m<sup>3</sup>. Veden seisotuksella, 60 minuuttia, saadaan painovoiman avulla ylimääräinen rautasakka laskeutumaan säiliön pohjalle. Vesi pumpataan säiliöstä sen pohjalla olevaa vettä lukuun ottamatta edelleen ruiskutus säiliöön käyttöä varten. Koska seisotusaika on lyhyt, ei vesi ehdi lämmentä liikaa kasvinsuojeluaineiden käyttöä varten eikä veteen ehdi muodostua käyttöä haittaavaa bakteerikasvustoa.

Veden jakelu jaetaan vielä erikseen konehallin ja talousveden käyttöön. Kaivo-vesi voidaan karkeasuodattaa ennen sen käyttöä konehallissa. Konehallin käyttöön karkeasuodatus on riittävä, koska hapettunut rautasakka aiheuttaa enimmäkseen ongelmaa esimerkiksi suuttimien tukkeutumisessa. Kotitalouskäyttöä varten veden rauta ja mangaanipitoisuudet on saatava huomattavasti pienemmiksi. Katalyyttinen suodatus on vaihtoehto, jolla voidaan poistaa niin rautaa

kuin mangaaniakin. Ennen katalyyttistä suodatusta olisi hyvä karkeasuodattaa vesi suurimmasta osasta hapettunutta rautasakkaa, jotta suodatusmassan elvytysväliä ei tulisi liian tiheäksi. Valittavan katalyyttisen suodattimen tehon on kaettava kahden hengen talous eli puhdistettava vettä vähintään 0,22 l/min. Suodatuksen jälkeen vedessä tulisi olla enimmillään rautaa 0,4 mg/l ja mangaania 0,1mg/l. Rautaa tulisi poistaa yhdessä karkeasuodatuksen ja katalyyttisen suodatuksen avulla 9,5 mg/l ja mangaania 0,13 mg/l.



Kuva 4 Viljelytilan vedenpuhdistusjärjestelmä

#### 4.1.4 Vedenpuhdistusjärjestelmän vaatimuksia

Vedenpuhdistusjärjestelmää valittaessa on huomioitava lisäksi laitteen asennusvaatimukset, sijoituspaikka, laitemateriaalit ja kunnossapito sekä myös laitteelle ilmoitettu käyttöikä. Vedenpuhdistusjärjestelmän valintaan vaikuttaa paljon se, että sen voi asentaa itse. Puhdistusjärjestelmä tulee sijoittaa painesäiliön jälkeen sellaiseen tilaan, jossa järjestelmä ei pääse jäätymään ja jossa on viemäri vastavirtahuuhteluvettä varten. Puhdistusjärjestelmän säiliön materiaali voi olla joko muovi tai ruostumaton teräs. Kunnossapidon asiat vaikuttavat myös suuresti laitevalinnassa. Järjestelmän ja sen osien kestävyys, vaihdettavien osi-



en vähäisyys ja niiden vaihtamisen helppous itse on tärkeää. Laitteille suoritettavien kunnossapitotehtävien aikavälit ja esimerkiksi suodatusmassa lisäystarpeen aikataulutus myös vaikuttavat suuresti. Automaattiset toiminnot esimerkiksi vastavirtapesuissa helpottavat laitteen käyttöä, mutta samalla on huomioitava automaattisen toiminnon hankintakustannus. (Motiva 2015.)

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut tuottaa toimeksiantajalle tietoa veden laadun vaikutuksista kotitalous- ja viljelykäytössä. Tarkoituksena on ollut mitoitaa uusi vedenpuhdistusjärjestelmä koko maatalousyrittäjien toimintaa varten huomioiden veden käyttötarve viljan viljelyssä, konehallissa ja kahden hengen kotitaloudessa. Veden laadun vaikutukset kasvinsuojeluaineisiin on saatu kirjallisuudesta, jota on ollut niukasti tarjolla. Käytettyjen lähteiden luotettavuus on arvioitu. Kasvinsuojeluaineiden valmistajalta ei ole saatavilla tietoa veden vaikutuksista aineen tehoon. Lisää haastetta tuo se, että jotkin kasvinsuojeluaineet ovat valmiita usean aineen yhteisseoksi, jotka sekoitetaan veteen. Hyvä pohjatieto on se, että useimmille kasvinsuojeluaineille otollisin veden pH on 4,5 – 6,5. Jauhemaisten kasvinsuojeluaineiden kohdalla veden lämpötila tulee käytössä huomioida kiteiden syntymisen estämiseksi. Lisäselvityksen kohteeksi jää laajempi selvitys veden laadun vaikutuksista yksittäisille kasvinsuojeluaineille.

STM:n asetus 401/2001 veden laadun vaikutuksista terveyteen on ollut lähtökohtana kotitalouden veden käytössä. Veden laatuun vaikuttavien tekijöiden selvityksessä on kirjallisuudesta pyritty käyttämään valtakunnallisia tietolähteitä sekä tutkittua tietoa. Porakaivon veden analyysi KVVY:n akkreditoidussa laboratoriossa on antanut pitkään kaivattua tietoa veden laadusta ja niiden parametrien pitoisuuksista, jotka vaikuttavat vedenpuhdistusjärjestelmän toimivuuteen. Valinta analyysin teettämisestä ulkopuolisella taholla on haluttu valita sen takia, että tulokset olisivat luotettavat ja tarvittaessa käytettävissä jatkossa muissa tilan tarkoituksissa. Tutkituista parametreista eniten huomion kohteena ovat olleet rauta ja mangaani, koska maatalon vedessä on aistein havaittavaa maku-, haju- ja värieroa normaaliin käyttöveteen. Raudan suuri pitoisuus 9,9 mg/l hapettuneessa ja hapettumattomassa muodossa ja mangaanin 0,23 mg/l tulevat esille laboratorion vesianalysissä. Tilan sijainti Hämeessä on kohdistanut huomion myös radoniin. Koska tilan porakaivosta ei aiemmin ole tutkittu arseenia, on haluttu huomioida se analyysissä. Porakaivon sijainti tilalla, jossa käytetään kasvinsuojeluaineita ja jossa on aiemmin ollut eläinmaataloutta, on kohdis-

tanut huomion nitraatin ja nitriitin pitoisuuksiin. Veden kovuuden 4,0 °dH ja pH:n arvo 6,7 on ollut tärkeää tietoa kasvinsuojeluaineiden käyttöä varten. Humus vaikuttaa vedenpuhdistusjärjestelmän menetelmän valinnassa, mutta sen esiintymistä vedessä ei oleteta, koska kyseessä on syvä kallioporakaivo.

Veden puhdistusjärjestelmän mitoittamisessa on käytetty kirjallisuuden ja työn toimeksiantajan suullista tietoa. Mitoittamisessa on haluttu erottaa toisistaan viljan viljelyyn, konehalliin ja kotitalouteen tarvittava vesi, koska se soveltuu parhaiten käytännössä tilan tarpeeseen ja on toteutettavissa. Mitoittamisen yhteydessä on taustalla huomioitu alustavasti menetelmien hintavertailua. Erillistä hintavertailua ja kilpailutusta ei ole lopulta haluttu sisällyttää tähän työhön, koska työn loppuvaiheella pyydyt tarjoushinnat on annettu vain tilan tarpeeseen. Lisäksi kilpailutuksen ei ole katsottu antavan lisäarvoa opinnäytetyölle. Työn jatko kohdistuu kilpailutukseen ja valitun menetelmän asentamiseen, joka vaatii edelleen taloudellisuuden selvittelyä.

Opinnäytetyön tavoitteena on ollut vähentää maku-, haju- ja värihaittoja vedessä etenkin kotitalouskäytössä, vähentää korroosion aiheuttamia haittoja kotitalous- ja maatalouskäytössä olevissa laitteissa sekä täten pidentää laitteiden käyttöikä. Lisäksi työllä on tavoiteltu viljan viljelysadon tuottavuutta, kun osataan huomioida kasvinsuojeluaineisiin vaikuttavia veden laadun parametreja. Opinnäytetyötä varten tehty perehtyminen kasvinsuojeluaineisiin on lisännyt tietämystä niiden käytöstä viljan viljelyssä. Työn kautta on tavoitettu myös lisää tietämystä kotitalousveden terveysvaikutuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä paikallisesti ja kansallisesti. Yleinen tietämys veden puhdistamisesta on syvennyt.

Työn tuloksellisuus kohdistuu koko toimeksiantajan yritykseen. Työllä on merkitystä tilan tuottavuuteen kasvinsuojeluaineiden optimaalisen toimivuuden ja käytössä olevien laitteiden käyttöikänsä vaikuttamisen myötä. Lisäksi kotitalouden käyttölaitteiden käyttöikänsä voidaan vaikuttaa ja edistää kahden hengen kotitalouden veden terveydellistä laatua. Työn tietoja on mahdollista hyödyntää edelleen muiden viljelytilojen käyttöön kuin myös yksityisten kotitalouksien käyttöön.

## LÄHTEET

Backman T. 2004. Veden pH voi vaikuttaa ruiskutustulokseen. Puutarha ja kauppa 5/2004, s. 18.

Backman B. & Lahermo P. 2004. Arseeni pohjavesissä. Teoksessa Loukola-Ruskeeniemi K. & Lahermo P. (toim.) Arseeni suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus. 103 – 112. Viitattu 26.1.2016.  
[http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej\\_045\\_pages\\_103\\_110.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_045_pages_103_110.pdf).

Lankinen, N. 2014 Vedensuodatusmenetelmän valinta analyysin perusteella yksityiskotitalouksissa. Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kalvas K. 2015. Pientalojen omavesijärjestelmien vedenkäsittelyprosessit. Talotekniikan koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Krogerus K., Huttula T. & Hepokorpi K. 2013. humuksen ja kiintoaineen kulkeutuminen pienillä valuma-alueilla/puroissa. Jyväskylä. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 26.1.2016. file:///C:/Users/0802785/Downloads/Humuhepo\_0412.pdf\_

KVVY. 2016. Testausseloste 16–2079. 15.2.2016.

Motiva. 2015. Vedenkulutus. Viitattu 23.2.2016.  
[www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus).

Pentti S. 2003. Ruiskutusveden laatu vaikuttaa ruiskutustulokseen. Viitattu 26.1.2016.  
<http://www.urakointiuutiset.fi/uutiset/ruiskutusveden-laatu-vaikuttaa-ruiskutustulokseen/>.

Rönqvist M. 2011. Ruiskutusveden laatu voi vaikuttaa ruiskutustulokseen. Kasvinsuojelulehti 2/2011, s. 45–46.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 2001. A17.5.2001/401. Viitattu 19.1.2016.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010401>.

Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2014. Vedenhankinta kaivosta. Ympäristöhallinto. Viitattu 19.1.2016. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset\\_jarjestelmat\\_LVI/Vedenhankinta\\_kaivosta](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Vedenhankinta_kaivosta).

Säteilyturvakeskus. 2013. Radon Suomessa. Viitattu 22.1.2016.  
<http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. 2015. Kaivovesi. Viitattu 22.1.2016.  
<https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/kaivovesi>

Tukes. 2015. Kasvinsuojeluaineet. Viitattu 4.2.2016. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/>.

Vuorimaa J. 2016. Haastattelu 2.2.2016. Haastattelijana Vuorimaa H.

Watman. 2010. Oy WatMan Ab Vedenkäsittely. Viitattu 19.3.2016. <http://www.watman.fi/>