

Katriina Mannonen

POHJAVEDEN LAATUA UHKAAVAT TEKIJÄT

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

2018

POHJAVEDEN LAATUA UHKAAVAT TEKIJÄT

Mannonen, Katriina

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

lokakuu 2018

Sivumäärä: 29

Liitteitä: 8

Asiasanat: Water Safety Plan, Sanitation Safety Plan, pohjavesi, vedenlaatu, vesihuoltolaitos

Pohjavesi on tärkeä uusiutuva luonnonvara suomalaisille. Suurin osa pohjavesialueista on pintamaalajiltaan hyvin vettä läpäiseviä, mikä tekee niistä herkästi likaantuvia. Pohjaveden likaantuessa päästön havaitseminen voi olla vaikeaa, minkä vuoksi haitallinen aine voi ehtiä likaamaan aluetta laajalti.

Tässä opinnäytetyössä on esitelty pohjaveden laatua uhkaavia tekijöitä sekä pohjaveen liittyvää lainsäädäntöä. Työ piti sisällään Water Safety Planin ja Sanitation Safety Planin laatimisen Rauman Vedelle. Suunnitelmissa tunnistettiin vesihuoltolaitosta mahdollisesti uhkaavat riskit ja etsittiin niille hallintakeinot. Lisäksi suunnitelmiin sisällytettiin jo olemassa olevia laitoksen hallintakeinoja. Suunnitelmien avulla Rauman Vesi täyttää lainsäädännöllisen velvoitteensa olla selvillä käyttämänsä raakaveden määrään tai laatuun kohdistuvista riskeistä. Työ on liitteiden osalta luottamuksellinen.

FACTORS THAT THREATEN GROUNDWATER QUALITY

Mannonen, Katriina

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy- and environmental engineering

October 2018

Number of pages: 29

Appendices: 8

Keywords: Water Safety Plan, Sanitation Safety Plan, groundwater, water quality, water works

Groundwater is a significant renewable resource for Finnish people. In most areas where groundwater is found, the water table is easily contaminated due to permeability. If groundwater becomes contaminated, detection of pollutants can be difficult, which makes it more likely that a harmful substance could spread on a wide scale.

This thesis illustrates the factors threatening the quality of groundwater and the legislation related to groundwater. The Water Safety Plan as well as the Sanitation Safety Plan for Rauma's Water created specifically for the purposes of this thesis, are contained within. The plans identified a potential threat to the water supply plant and looked for means of management as well as ways to alleviate this risk. In addition, current plant management tools were taken into account. The plans allow Rauma's Water to meet its legislative obligations as well as to continue risk assessment to the quantity and quality of raw water. Confidential in Annexes.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	POHJAVESIÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	7
3	POHJAVEDEN LAATUA UHKAAVAT TEKIJÄT.....	9
3.1	Pohjaveden likaantumislähteet.....	9
3.1.1	Jätevesipäästöt	9
3.1.2	Torjunta-aineet	10
3.1.3	Liukkauden torjunta.....	11
3.1.4	Vaarallisten aineiden kuljetus.....	12
3.1.5	Hiekan- ja soranotto	13
3.1.6	Kaatopaikat	13
3.1.7	Turkistarhat ja eläinsuojat	14
3.1.8	Ampumaradat ja golfkentät	15
3.1.9	Pohjaveden happamoituminen.....	16
3.1.10	Ilmastonmuutos	17
4	POHJAVEDEN SUOJELU.....	18
5	WATER SAFETY PLAN & SANITATION SAFETY PLAN	19
5.1	Työryhmän luominen.....	20
5.2	Lähtötietojen kokoaminen	20
5.3	Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi.....	21
5.4	Toimenpideohjelma ja hallintakeinot	23
5.5	Raportit	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	25
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Sadevesi kulkeutuu maaperässä alaspäin ja koostumuksessa tapahtuu kemiallisia muutoksia maankerroksessa. Parhaassa tapauksessa lopputuloksena on kylmä (+5-6 C) raikkaanmakuinen, hyvälaatuinen ja sellaisenaan juomakelpoinen pohjavesi. Suomessa on noin 3800 vedenhankintaa varten tärkeää ja siihen soveltuvaa pohjavesialuetta. Suurin osa näistä pohjavesialueista on tilaltaan hyviä, mutta riskialueiksi on nimetty 356 aluetta. Vuoteen 2009 verrattuna määrä on noussut noin sadalla alueella. Lähes kaikkia riskialueista käytetään vedenhankintaan, koska pohjaveden tila on tois-taiseksi ollut hyvä. Pohjaveden tila on vaarantunut erityisesti Etelä-Suomessa, jossa on runsaasti ihmistoimintaa. Riskialueeksi pohjavesialue luokitellaan, kun pohjave-
dessä on todettu haitallisten aineiden pitoisuuksia ja veden tila voi heikentyä ilman suojelutoimia. (Kinnunen 2018, 6; Ympäristöministeriön www-sivut 2013)

Pohjavesialueet ovat suurelta osin helposti likaantuvia, koska alueiden pintamaalajit johtavat hyvin vettä lävitseen. Haitallinen aine ehtii usein likaamaan pohjavesialuetta laajalti, koska lika-ainepäästön havaitseminen on vaikeaa. Likaantuneen pohjavesialueen rajaaminen ja päästölähteen löytäminen on hankalaa sekä kallista erityisesti tihe-
ästi asutulla alueella, jossa päästölähteitä voi olla useita. (Kinnunen 2018, 12)

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli tutkia pohjaveden laatua uhkaavia tekijöitä, pohja-
vesiin liittyvää lainsäädäntöä sekä pohjaveden suojelua. Osana opinnäytetyötä toteu-
tettiin Rauman Vedelle Water Safety Plan (WSP) ja Sanitation Safety Plan (SSP).

WSP ja SSP ovat sosiaali- ja terveysministeriön johdolla laadittuja talousveden ris-
kienhallintatyökaluja. WSP:n tarkoituksena on tunnistaa koko vedentuotantoketjun
riskit raakavesilähteeltä aina kuluttajan hanaan saakka ja hallita niitä talousveden laa-
dun varmistamiseksi. SSP:n avulla jäteveden puhdistuslaitokset voivat tunnistaa vie-
märöinnin sekä jäteveden puhdistuksen terveys- ja ympäristöriskit. Työkalut pohjau-
tuivat Maailman terveysjärjestö WHO:n vuonna 2003 laatimaan malliin. Työkalun
ovat laatineet sosiaali- ja terveysministeriö yhteistyössä muiden ministeriöiden, niiden
hallinnonalojen sekä vesihuoltolaitosten ja järjestöjen kanssa. Verkossa toimivat

riskienhallintatyökalut ovat maksutta vesihuoltolaitosten ja jäteveden puhdistuslaitosten käytössä. (Sosiaali- ja terveysministeriön [www-sivut](#) 2018)

2 POHJAVESIÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Pohjavedensuojelu perustuu pääasiassa ympäristönsuojelulakiin ja -asetukseen, vesilakiin sekä lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. (Britschgi, Antikainen, Ekholm-Peltonen, Hyvärinen, Nylander, Siiro & Suomela 2009, 17)

Ympäristönsuojelulain 17 §:ssä on säädetty pohjaveden pilaamiskiellosta. Pohjaveden pilaamiskiellon tarkoituksena on varmistaa pohjavesien suojelu yhdyskuntien vedenhankintaa varten. (Britschgi ym. 2009, 17) Pilaamiskiellon mukaan:

Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa asettaa, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että:

1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, jolloin pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;

2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle, ympäristölle tai tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai

3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (pohjaveden pilaamiskielto) (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 17 §)

Ympäristönsuojelulain 6 §:ssä säädetään toiminnanharjoittajan selvilläolovelvollisuudesta. Toiminnanharjoittajalla on oltava riittävästi selvillä oman toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Lisäksi 11 §:ssä säädetään sijoituspaikan valinnasta. Pykälän mukaan toiminnan sijoituspaikka tulee valita niin, ettei toiminnasta aiheudu pilaantumista tai sen vaaraa ja että pilaantuminen voidaan ehkäistä. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 6§)

Pohjaveden muuttamiskiellosta säädetään vesilain 3 luvun 2 §:ssä. Lain mukaan pohjaveden otto tai muu pohjaveden laatuun tai määrään vaikuttava hanke edellyttää aluehallintoviraston lupaa, jos siitä aiheutuu pohjavesiesiintymän tilan huononemista, vaaraa terveydelle, vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuuden olennaista vähenemistä tai hanke muulla tavalla aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle tai veden käytölle talousvetenä. (Vesilaki 2011/587, 3 luku 2 §)

Lisäksi pohjaveden suojeluun liittyviä keskeisiä säädöksiä ja asetuksia ovat muun muassa kemikaalilaki, terveydensuojelulaki, maa-aineslaki ja -asetus, sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista sekä kuntien omat ympäristönsuojelumääräykset.

3 POHJAVEDEN LAATUA UHKAAVAT TEKIJÄT

Pohjavesialueille sijoittuu usein monenlaisia pohjaveden likaantumisvaaraa aiheuttavia toimintoja. Tämä johtuu osaksi siitä, että tieverkosto on perinteisesti rakennettu kulkemaan harjuja pitkin. Sora- ja hiekkaharjut ovat helppokulkuisia ja niillä on hyvä kantavuus. Siitä syystä asutus sekä teollisuus on myös usein keskittynyt näille alueille. Pohjaveden likaantumisvaara on suurin varsinaisella muodostumisalueella, jossa suurin osa pohjavedestä muodostuu suotautumalla hyvin vettäläpäisevän maan läpi.

(Kaupunkiliiton julkaisu B 93 1982, 17)

3.1 Pohjaveden likaantumislähteet

3.1.1 Jätevesipäästöt

Ihmisten jätevedet sisältävät runsaasti ravinteita, suolistobakteereja ja orgaanista happea kuluttavaa ainetta. Jätevesissä on myös paljon fosforia (P) ja typpeä (N). Ihmisestä päätyy jätevesiin noin 3–5 g fosforia vuorokaudessa. Osa fosforista on orgaanista ja se on peräisin ihmisen ulosteista ja ruuantähteistä. Suurin osa on kuitenkin epäorgaanista fosfaattia ja peräisin käytetyistä pesuaineista. Typpeä päätyy ihmisestä jätevesiin noin 12–15 g vuorokaudessa ja sen suurin lähde on virtsa. (Pelto-Huikko & Vieno 2009, 6)

Jätevesiviemäreiden tukkeumat ja putkistojen vuodot maaperään aiheuttavat pohjavedelle pilaantumisriskin. Pohjavesi voi päästä pilaantumaan vuotojen takia pitkänkin aikaa, ennen kuin vuodot huomataan ja paikallistetaan. Jätevesien pääsy pohjaveteen voidaan huomata sähkönjohtavuuden ja kloridi- sekä nitraattipitoisuuksien kohonneina arvoina. Erityisesti haja-asutusalueilla ja loma-asutusalueilla tapahtuva jätevesien maahan imeytys voi muodostaa ongelman pohjavedelle. (Vesi- ja viemäri- ja viemäriyhdistys, 1999, 49)

Taudinaiheuttajien ja bakteerien kulkeutumiseen maaperässä vaikuttaa maaperän laatu ja pidättämiskyky. Suolistoperäiset bakteerit ja virukset säilyvät pohjavedessä taudinaiheuttamiskykyisinä pidempään kuin muissa vesistöissä, koska ne ovat tottuneet

elämään lähes hapettomissa olosuhteissa suolistossa. Bakteerien ja virusten määrä kuitenkin vähenee hiljalleen, koska ne eivät yleensä lisäänty kantajansa ulkopuolella. Ulostebakteeri elää pohjavedessä keskimäärin noin 50 vuorokautta. Elinikä vaihtelee kuitenkin paljon eri mikrobilajien välillä. (Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liiton www-sivut 2018)

3.1.2 Torjunta-aineet

Torjunta-aineet päätyvät pohjaveteen suodattamalla maakerrosten läpi. Useat torjunta-aineet ovat voineet joutua maaperään ja pohjaveteen jo vuosikymmeniä sitten, koska ne hajoavat hitaasti. Päästyään pohjaveteen torjunta-aineet voivat kulkeutua pitkiäkin matkoja veden mukana. Usein alkuperää on vaikea jäljittää. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, Suomen ympäristökeskus & Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2006, 9)

Maataloudessa suurin osa torjunta-aineista käytetään rikkakasvien torjuntaan. Eniten käytetyt rikkakasvien torjunta-aineet sisältävät nykyisin erityisesti glyfosaattia ja MCPA:ta. Metsätalouden torjunta-ainemäärät ovat paljon pienemmät, kuin maatalouden. Kuitenkin paikallisesti kuormitus voi olla merkittävää, sillä hiekkamaat soveltuvat hyvin taimiviljelyyn. Monet nykyiset sekä vanhat taimitarhat ovat istutettu tärkeille pohjavesialueille. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, Suomen ympäristökeskus & Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2006, 9)

Suomen ympäristökeskuksen raportissa vuodelta 2017, torjunta-ainejäämiä tarkasteltiin yli 200 pohjavesien seurantapaikalla. Vuosien 2007-2015 aikana torjunta-ainejäämiä löytyi 43 prosentilla tutkituista pohjavesialueista. Tutkimuksen aikana ympäristölaatu normi ylittyi 15 prosentissa pohjavesialueista. (Juvonen, Hentilä & Aroviita 2017, 3)

Sosiaali- ja terveysministeriö on laatinut talousvesikäyttöön tarkoitettulle vedelle laatuvaatimukset ja torjunta-ainepitoisuuksille raja-arvo on 0,10 µg/l. Torjunta-aineilla tarkoitetaan tässä orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä- ja jyrsijämyrkkijä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita sekä

yhdisteiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteita. Lisäksi torjunta-aineille ja niiden hajoamistuotteiden summalle on asetettu raja-arvoksi 0,50 µg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, Liite 1)

3.1.3 Liukkauden torjunta

Liukkauden torjuntaan teillä käytetään yleensä suolausta, hiekoitusta tai lumi- ja jääpinnan karhentamista. Suolauksessa on yleisimmin käytössä natriumkloridi (NaCl) ja kalsiumkloridi (CaCl). Lisäksi kaliumformiaattia (KHCO₂) on ryhdytty käyttämään osalla pohjavesialueista. Suolausta käytetään lähinnä vilkasliikenteisillä isoilla teillä. Lentokentillä liukkauden torjuntaan käytetään ureaa (NH₂CONH₂), koska natriumkloridi aiheuttaa lentokoneille korroosiota. (ELY-keskuksen www-sivut 2018; Salminen, Nystén & Tuominen 2010, 11)

Pohjaveden suolaantumisriskiä arvioitaessa tulee ottaa huomioon tien sijainti pohjavesialueeseen nähden. Ongelmallisinta on, kun tie seuraa harjujaksoa ja alueeseen kohdistuva suolakuormitus on tällöin suuri. Varsinaisen pohjaveden muodostumisalueen ulkopuolelta voi myös virrata kloridipitoista vettä pohjavesialueelle. Näin voi käydä esimerkiksi pohjaveden ylioton seurauksena. (Nystén & Hänninen 1997, 18-19)

Pohjaveden kloridipitoisuuden nousuun vaikuttaa suolan käytön lisäksi, pohjavesimuodostuman koko, maaperän rakenne ja maaperän kerrosjärjestys. Pohjaveden laatua seurattaessa, kloridi-ioni osoittaa suolauksen vaikutukset pohjaveteen paremmin, kuin natrium (Na) ja kalsium (Ca). Kloridi (Cl⁻) ei pidäty maaperään, vaan liukenee pohjaveteen täysin, toisin kuin natrium ja kalsium. Pohjaveden syövyttävyys kasvaa kloridipitoisuuden noustessa, mikä vaikuttaa putkistojen kestävyYTEEN. Talousvedessä suola aiheuttaa myös makuhaittaa suurina pitoisuuksina, jolloin sen laatu heikkenee. (Korkka-Niemi & Salonen, 1996, 151)

Kaliumformiaatti on suositeltava vaihtoehto liukkaudentorjuntaan pohjavesialueille, joilla suolaantumisriski on suuri. Käytöllä voidaan vähentää talvihoidon haitallisia pohjavesivaikutuksia. Kaliumformiaatti hajoaa mikrobiologisesti ympäristössä

hiilidioksidiksi ja vedeksi nopeasti. Formiaatin hajoamisen kannalta on tärkeää, että maaperän pintakerros on runsaasti orgaanista ainesta sisältävää. (Salminen ym. 2010, 40)

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut talousveden kloridipitoisuudelle laatusuosituksen: 250 mg/l. Huomioitava on kuitenkin, että vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulee olla alle 25 mg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, Liite 1)

3.1.4 Vaarallisten aineiden kuljetus

Vaarallisten aineiden kuljetukset ovat suuri riski pohjavedelle, erityisesti kemikaalikuljetukset. Vuonna 2012 tiellä kuljetettiin vaarallisia aineita 12,0 miljoonaa tonnia, rautatiellä 5,1 miljoonaa tonnia ja ilmakuljetuksina 3 700 tonnia. Palavia nesteitä kuten polttoaineita kuljetetaan eniten. Suuri osa kuljetuksista on syövyttäviä aineita ja kaasuja. (Kumpulainen, Ryynänen, Oja, Sorasahi, Raivio & Gilbert 2013, 2-3)

Suomen vaarallisten aineiden maantiekuljetuksista 91 % ajetaan säiliö-ajoneuvoilla linjan Pori-Tampere-Imatra -eteläpuolella. Näin ollen myös suurin osa vaarallisten aineiden kuljetuksiin kohdistuvista onnettomuuksista tapahtuu eteläisessä Suomessa. Useimmiten onnettomuuteen joutuu palavia aineita sisältävä säiliö-ajoneuvo. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2013a, 3-4)

Suomessa on pohjavesisuojuuksia, joiden tarkoituksena on estää sekä tiesuolan että vaarallisten aineiden kulkeutuminen pohjaveteen. Maantieverkostolla on pohjavesisuojuuksia noin 290 km. Tunnistetuilla vedenottamoalueilla sijaitsee maanteitä noin 48 km, josta suojattuna on noin 24 km. Onnettomuusriskejä voidaan vaarallisten aineiden kuljetuksissa pienentää esimerkiksi kulunvalvontaa laajentamalla, tasoristeyksiä poistamalla ja kuljettamista koskevia määräyksiä valvomalla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2013b, 24; Liikenneviraston www-sivut 2018)

3.1.5 Hiekan- ja soranotto

Hiekan- ja soranotossa tapahtuva maakerroksen poisto muuttaa olosuhteita, jotka säätelevät veden imeytymistä sateesta pohjavedeksi. Maa-aineksen otto vaikuttaa lisäksi veden liikkumiseen maaperässä sekä muodostuvan pohjaveden määrään ja laatuun. Vuotuisesta sadannasta imeytyy luonnontilaisilla pohjavesialueilla keskimäärin noin 50 - 60 % pohjavedeksi. Hiekan- ja soranottoalueilta vastaava osuus voi olla noin 60 - 70 %. (Hatva, Hyypä, Ikäheimo, Penttinen & Sandborg 1993, 36)

Maaperän pinta-osan puskurikapasiteetti pienenee, kun maankerros poistetaan. Puskurikapasiteetin pienetessä, pohjaveden happamoituminen voi lisääntyä. Tämän seurauksena myös alumiinipitoisuudet nousevat vajovedessä. Soranottoalueilla on todettu pohjaveteen liuenneiden suolojen määrän kasvua. Lisäksi sähkönjohtokyky, kovuus, sulfaatti-, kloridi- ja nitraattiarvot ovat selvimmin kohonneet. Soranottoalueen sijainti ja laajuus vaikuttaa pohjavedessä ilmenevien muutosten suuruuteen. (Korkka-Niemi & Salonen, 1996, 148; Hatva ym. 1993, 36)

3.1.6 Kaatopaikat

Kaatopaikoilta suotautuu vettä, jossa esiintyy tuhansia liuenneita ja kiinteitä aineita. Kaatopaikkaveden koostumus muuttuu ajan kuluessa biologisten, kemiallisten ja fyysikaalisten prosessien tuloksena. Tyypillisesti kaatopaikkavedessä esiintyy ravinteita, suoloja, orgaanista ainesta, mikrobeja, metalleja ja erilaisia orgaanisia yhdisteitä. Kaatopaikkavesistä aiheutuu haittaa korkean COD- ja ammoniumtyppipitoisuuden takia. Lisäksi haittaa aiheuttavat raskasmetallit ja orgaaniset haitta-aineet. (Marttinen, Jokela & Rintala 2000, 25-27)

Kaatopaikkavesissä suurimpina pitoisuuksina esiintyy kloridi ja vetykarbonaatti (HCO_3^-). Kloridi ei pidäty jätetäytössä, joten sitä voidaan pitää merkkiaineena ympäristön tarkkailussa. Pohjavesien kohonnut kloridipitoisuus on siis usein ensimmäinen merkki kaatopaikkavesien vuotamisesta ympäristöön. Ammoniumtyppi ei myöskään pidäty jätteeseen, vaan poistuu kaatopaikkaveden mukana. Ammoniumtyypin pitoisuus kaatopaikkavedessä pienenee jätteen typpisisällön pienentyessä pitkällä aikavälillä

biohajoamisen takia. Metalleista kaatopaikkavedessä esiintyy yleensä toksisia metalleja, kuten kadmiumia (Cd), kromia (Cr), lyijyä (Pb), elohopeaa (Hg) ja sinkkiä (Zn). (Marttinen ym. 2000, 27, 28)

Sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatuvaatimuksissa kadmiumin enimmäisarvo on 5,0 µg/l, kromin 50 µg/l, lyijyn 10 µg/l ja elohopean 1,0 µg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, Liite 1)

3.1.7 Turkistarhat ja eläinsuojat

Turkistarhoista ja eläinsuojista huuhtoutuu sateiden ja sulamisvesien mukana ulosteiden sisältämiä typen ja fosforin yhdisteitä pohjavesiin, mikäli turkistarhalla ei ole vesitiiviitä lanta-alustoja ja halliratkaisuja vesistökuormituksen pienentämiseksi. Eläinten ulosteista peräisin oleva ammonium muuttuu maaperän bakteerien vuoksi nitraatiksi. Nitraatin lisääntyessä pohjavesi happamoituu ja samalla raskasmetallien liukeminen pohjaveteen lisääntyy. (Salminen, Tuominen & Nystén 2012, 3)

Typen yhdisteet kuten urea biohajoaa maaperässä nopeasti ja syntyy epäorgaanista ammoniumia (NH₄⁺). Ammoniumista osa pidättyy maaperään, osa huuhtoutuu sade- ja sulamisvesien mukana pohjaveteen ja osa hapettuu maaperän bakteerien takia nitriitiksi (NO₂⁻) ja nitraatiksi (NO₃⁻). Nitriitti ja nitraatti ovat vesiliukoisia yhdisteitä ja tästä syystä liukenevat helposti pohjaveteen. Ammoniumin hapettuessa nitriitiksi ja nitraatiksi kuluu happea ja muodostuu happamuutta. Ulosteista peräisin oleva fosfori kulkeutuu vähemmissä määrin pohjaveteen, koska pidättyy hyvin maaperään. (Salminen ym. 2012, 12)

Turkistarha-alueiden ja eläinsuojien vaikutukset pohjavedessä:

- kohonneet ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuudet
- kohonneet kloridi- ja sulfaattipitoisuudet
- happamoituminen eli alhainen pH-lukema
- kohonneet metallipitoisuudet
- hapen kuluminen tai hapettomuus

- alhainen orgaanisen aineksen pitoisuus

(Salminen ym. 2012, 12)

Sosiaali- ja terveysministeriö on laatinut talousveden laatuvaatimukset typen yhdisteille, jotka ovat seuraavat: Nitraatti 50 mg/l, nitriitti 0,5 mg/l. Laatusuositus ammoniumtyypelle on 0,5 mg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, Liite 1)

3.1.8 Ampumaradat ja golfkentät

Merkittävä osa ampumarata-alueista on perustettu harjualueille, koska sorakuoppien reunoja on ollut helppo hyödyntää taustavalleina. Usein nämä harjualueet ovat myös pohjavesialueita. Ampumaradoista vajaa kolmannes sijaitsee pohjavesialueilla. Sorapohjaisille harjualueille perustetut ampumaradat ovat suurempi riski pohjavedelle, kuin savi- ja turvemaille perustetut radat. (Naumanen, Sorvari, Pyy, Rajala, Penttinen, Tiainen & Lindroos 2002,18, 21)

Ampumaradat ovat riski pohjavedelle, koska niiden ympäristöön ja maaperään liukenee usein raskasmetalleja, pääasiassa lyijyä. Rata-ammuntaa tarkoitettut haulit sisältävät 97 % lyijyä, 1-3 % antimonia (Sb) ja 0,1-0,5 % arseenia (As). Lisäksi ympäristöön voi päästä hauleista ja luodeista kuparia (Cu), sinkkiä ja nikkeliä (Ni). (Naumanen ym. 2002, 27)

Lyijy voi maaperässä hapettua liukoiseksi lyijyksi. Liukoisessa muodossa olevat metallit voivat kulkeutua pohjaveteen ja liikkua sen mukana. Kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat vedenläpäisykyky, maaperän rakeisuus, mineraalikoostumus ja happamuus. Hapan maaperä kiihdyttää liukenemisprosessia. Haulien ja luotien hajoamisnopeus ei niinkään riipu alkuperäisen metallisen lyijyn ominaisuuksista vaan ulkopuolista pinnalle kertyvistä sekundäärimineraaleista. (Naumanen ym. 2002, 33, 34)

Golfkenttien nurmien hoitamisen tarkoituksena on saada nurmikenttä kestävämpään pelien kulutusta ja säännöllistä leikkausta. Pelikenttien hoito on usein tiheää ja

käytettävät lannoitteet sekä torjunta-aineet voivat vaikuttaa lähiympäristön pohjaveden laatuun.

Kenttien hoitoon tarvittavat ravinteet voivat kulkeutua pohjaveteen saakka suotautumalla maakerrosten läpi vajovesivalunnan mukana. Ravinteiden huuhtoutumiseen ympäristöön ja pohjaveteen vaikuttavat tekijät kuten: ravinteiden liukoisuus veteen, sademäärä, maaperä ja maan fysikaaliset ominaisuudet (Puustinen 1999, 8,9,12,14). Lisäksi alueen kasvillisuudella on väliä. Tiheäjuurinen ja tiivis kasvusto hyödyntää saamansa lannoitteet tehokkaasti. Tästä syystä uusilta golfkentiltä suotautuu enemmän nitraattityppeä kuin vanhemmilta hyvin juurtuneilta nurmikentiltä. Sademäärällä on erityisen suuri vaikutus liukeneviin ravinteisiin. Kerralla tuleva suuri vesimäärä ei pysty imeytymään kasvustoon ja vesi suotautuu pohjavettä kohden maakerrosten lävitse. (Suoninen, Porttikivi, Särkioja & Taipainen 2002, 10)

3.1.9 Pohjaveden happamoituminen

Suomen vedet ja maaperä ovat hitaasti happamoituneet jääkauden jälkeen luonnollisesti kemiallisten ja biologisten reaktioiden seurauksena. Sateen mukana maahan laskeutuu yhdisteitä, jotka aiheuttavat pohjaveden happamoitumista. Rikki-, typpi- ja vety-yhdisteet happavoittavat pohjavettä alueilla, joissa maaperä ei ehdi neutraloimaan sadetta. Suomen kallioperällä on hidas happamoitumista vastustava vaikutus, siksi Suomen pohjavedet reagoivat herkästi sadeveden happamuuteen. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 145-148)

pH:n ja alkaliteetin laskiessa Ca-, Mg-, Na-, K-, SO₄- ja NO₃-pitoisuudet kasvavat. pH:n laskiessa viiden lähelle, pohjaveteen alkaa vapautua myös alumiinia. Happamoitumisesta on haittaa pohjaveden laadulle siihen liukenevien metallien vuoksi. Lisäksi putkistoista voi liueta kuparia, sinkkiä, kadmiumia ja lyijyä happaman pohjaveden takia. Taloudellisesti merkittävin haitta on metallien liukenemisestä johtuva vesijohtojen korrosio. Pohjaveden happamoituminen lisää korroosiota aiheuttaen putkistojen syöpymistä. (Korkka-Niemi ym. 1996, 145-148)

Teollisuus ja fossiiliset polttoaineet ovat lisänneet sadevedessä olevien rikki- ja typpiyhdisteiden määrää. Näitä rikki- ja typpipäästöjä vähentämällä voitaisiin estää pohjavesien happamoitumista. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 1999, 28)

Sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatusuositus alumiinipitoisuudelle ja natriumpitoisuudelle on 200 µg/l. Sulfaattipitoisuuden laatusuositus on 250 mg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, Liite 1)

3.1.10 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos vaikuttaa pohjaveden korkeuksiin. Talvien lyhenemisen myötä pohjaveden korkeudet ovat nykyistä ylempänä talviaikaan. Loppukesästä pohjaveden korkeus on nykyistä alempana kevään aikaistumisen takia. Alimmat pohjaveden korkeudet tulevat todennäköisesti laskemaan Etelä- ja Lounais-Suomessa. Talvikauden lyheneminen nostaa alimpia pohjavedenkorkeuksia muualla Suomessa etelä- ja lounaisosia lukuun ottamatta. Kuivuustilanteiden kesto tulee myös pitenemään nykyisestä. Useimmissa Suomen ympäristökeskuksen skenaarioissa kuivuusjaksot pitenevät pahimpina kuivuusvuosina yli kuukauden ja osassa jopa yli kaksi kuukautta. Kuivien kausien piteneminen lisää pohjaveden varassa olevan vesihuollon riskejä ja ongelmia erityisesti Etelä-Suomessa. (Veijalainen, Jakkila, Nurmi, Vehviläinen, Marttunen & Aaltonen 2012, 92)

4 POHJAVEDEN SUOJELU

Vesilaki kieltää pohjaveden pilaamisen, mutta paras keino suojella pohjavettä on pilaantumisen ennaltaehkäisy. Likaantuneen pohjaveden puhdistaminen on vaikeaa sekä kallista. Yhtenä pohjavesien suojelun keskeisenä työvälineenä on alueellinen suojelusuunnitelma. Suojelusuunnitelma on asiantuntijaselvitys, jota hyödynnetään maankäytön suunnittelussa ja viranomaisvalvonnassa sekä käsiteltäessä lupahakemuksia ja ilmoituksia. Suojelusuunnitelmassa kartoitetaan pohjavesialueen riskikohteet ja laaditaan toimenpidesuosituksia alueella oleville riskitoiminnoille. Lisäksi suojelusuunnitelmassa on käsitelty pohjavesialueen hydrogeologiset ominaisuudet. Suojelusuunnitelman tavoitteena on pystyä varautumaan ennalta arvaamattomiin pohjavesivahinkoihin tehostamalla pohjaveden laadun tarkkailua ja seuranta. Suojelusuunnitelma ei ole ottamokohtainen vaan koko pohjavesialueen kattava. Pohjavesien laatua voidaan suojella rajaamalla riskejä aiheuttavat toiminnot pohjavesialueiden ulkopuolelle. Avainasemassa on hyvä alueiden ja maan käytön suunnittelu. (Britschgi ym. 2009, 32)

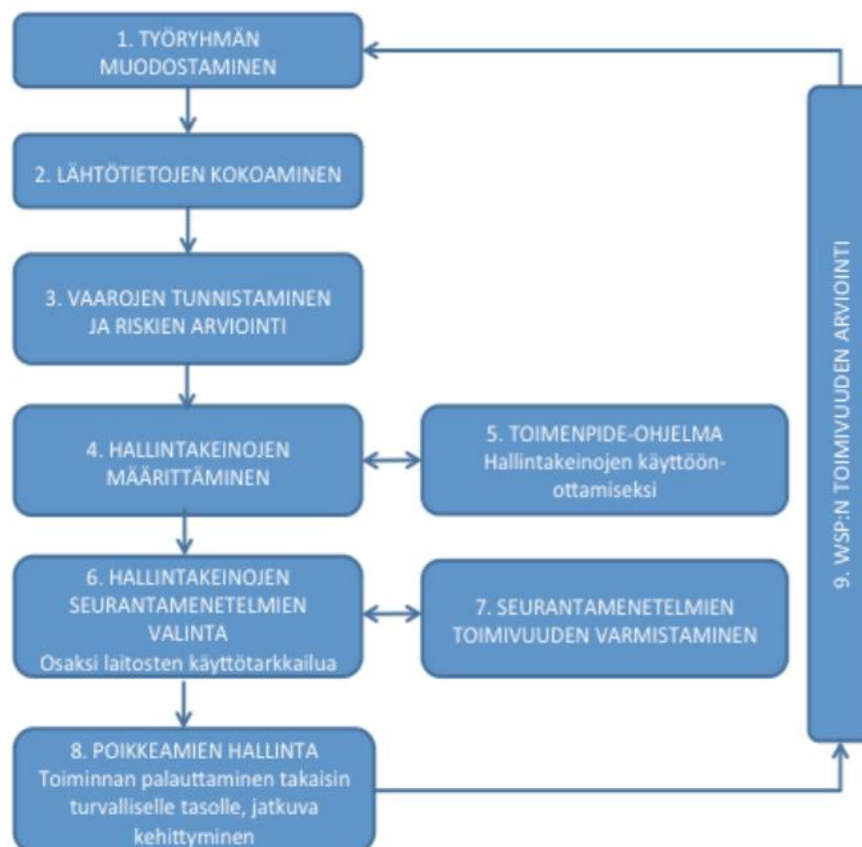
Pohjavesialueen suojelun kannalta keskeisiä toimijoita ovat: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskus), Aluehallintovirasto (AVI), kunnat, vesihuoltolaitokset ja toiminnanharjoittajat. ELY-keskukset ohjaavat ja valvovat pohjavesien suojelua ja pohjavesien suojelusuunnitelmia. AVI käsittelee ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisia lupa-asioita. Kunnat yhdessä ELY-keskusten kanssa vastaavat pohjavesialueiden suojelun valvonnasta ja osallistuvat suojelusuunnitelmien tekemiseen. Vesihuoltolaitokset toimittavat kuluttajille talusveden laatuvaatimukset ja -suositukset täyttävää talusvettä mahdollisimman häiriöttömästi. Lisäksi toiminnanharjoittajat pitävät huolen, ettei pohjaveden pilaantumista aiheudu heidän toimestaan ja hakevat tarvittavat luvat toimintaansa. (Ympäristöhallinnon www-sivut 2017)

5 WATER SAFETY PLAN & SANITATION SAFETY PLAN

Vesihuoltolaitos voi WSP:n avulla:

- kuvata koko vedentuotantoketjun raakavesilähteeltä kuluttajan hanaan saakka
- tunnistaa vaarat veden laadulle ja arvioida niistä aiheutuvat riskit
- selvittää keinot ja määrittää tarvittavat toimet riskien vähentämiseksi, vaarojen poistamiseksi ja veden laadun turvaamiseksi. (Sosiaali ja terveystieteiden ministeriön www-sivut, 2018)

Suunnitelma ei ole riskien kertaluontoista tarkastelua varten, vaan jatkuvaan pitkäaikaiseen prosessiin. Water Safety Planin vaiheet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Water Safety Planin laatimisen ja käyttöönoton osa-alueet (Venäläinen 2018)

Vesihuoltolaitos voi SSP:n avulla:

- tunnistaa ja hallita viemäröinnin ja jäteveden puhdistuksen ympäristö- ja terveysriskit
- kuvata koko jäteveden puhdistusketju kiinteistöltä purkuvesistöön saakka
- selvittää keinot riskien vähentämiseksi, vaarojen poistamiseksi ja jätevesihuollon hallitsemiseksi. (Vesilaitosyhdistyksen www-sivut, 2017)

Vesihuoltolaitokset saavat WSP:n ja SSP:n maksutta käyttöönsä. Vesihuoltolaitoksen on ensin luotava pääkäyttäjätunnus, jonka jälkeen muut WSP:n ja SSP:n työryhmään kuuluvat jäsenet voivat luoda tunnukset ja osallistua työn laadintaan. Tunnuksille voidaan asettaa ohjelmassa eri oikeuksia, esimerkiksi pelkkään katseluun oikeuttavia. Ohjelmaan pääsee pyytämään käyttäjätunnusta ja kirjautumaan osoitteessa: <https://wspssp.fi/>.

5.1 Työryhmän luominen

Sain tehtävänannon Rauman Vedeltä luoda heille Water Safety Plan (WSP) sekä Sanitation Safety Plan (SSP) verkkopohjaisella riskienhallintatyökalulla. Toimin työn koordinaattorina ja vesilaitos vastasi työn sisällöstä. Ensimmäinen aloituspalaveri sovittiin pidettäväksi 7.2.2018.

Verkkopohjaisen mallin laatiminen aloitettiin työryhmän luomisella. Työryhmään kuului jäseniä vesilaitoksen eri toiminnoista. Kokoonpano vaihteli kokouksittain käsiteltävästä aiheesta riippuen. Työryhmän jäsenet on esitelty liitteessä 1. Lisäksi lähtötietoja kootessa oltiin yhteydessä muihin viranomaisiin, jotka on esitelty liitteessä 2.

5.2 Lähtötietojen kokoaminen

WSP-SSP -ohjelmisto sisältää listan vaarojen tunnistamiseen ja riskien arviointiin suositelluista lähtötiedoista. WSP:n lähtötietoihin kerättiin esimerkiksi pohjaveden suoje-lusuunnitelma, raakavedenottomäärä, pohjavesialuerajat sekä aineistoja, joista on hyö-tyä riskienarvioinnissa. Lähtötietoja koottiin ohjelmaan lähdeviittausperiaatteella eli tekijä, nimi ja vuosi. Näin seuraavalla kerralla WSP:tä tai SSP:tä päivitettäessä

voidaan tarkistaa, mitkä aineistot ovat päivittyneet edellisen kerran jälkeen. Ohjelmaan ei ole siis tarkoitus tuoda olemassa olevaa dokumenttia, vaan tarkistaa, että laitoksella on tietolähde aiheesta ja tieto löytyy laitoksen dokumentaatiosta.

Lähtötietojen kokoamisen yhteydessä koottiin myös prosessikaaviot raakavedenhan-
kinnasta, vedenkäsittelystä ja vedenjakelusta. Ohjelma tarjoaa valmiita vaihtoehtoja prosessikaavioiden luomiseen ja linkittämiseen toisiinsa. Prosessikaavion luomista helpottaa prosessikohteiden kartoittaminen paikan päällä yhdessä vesihuoltolaitoksen henkilökunnan kanssa. Esimerkki prosessikaaviosta löytyy liitteestä 3.

SSP:n lähtötietoihin kerättiin esimerkiksi jätevesipumppaamoiden määrä ja sijainti, verkoston ylivuotopisteiden sijainnit sekä jätevesihuollon poikkeustilanteisiin varautuminen. SSP:ssä keskitytään erityisesti jätevesihuollon ympäristö- ja terveysvaikutuksiin. Jätevesipuolelta koottiin ohjelmaan myös graafinen kaavio laitoksen prosesseista.

5.3 Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

Tämän jälkeen vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi tapahtuivat erillisen riskienhallintatyökalun avulla. Vaaroja tunnistettiin prosessivaihe kerrallaan. Ohjelmassa on valmiita kysymyksiä eri prosessivaiheille. Kysymyksen jälkeen ohjelmassa on erikseen ilmoitettu vaaran aiheuttaja, jolla tarkoitetaan mahdollisen haitallisen tapahtuman lähdettä. Tämän jälkeen on erikseen ilmoitettu tekijä tai tilanne, joka voi aiheuttaa tämän haitallisen tapahtuman.

Aiheet käytiin kysymys kerrallaan läpi ja aluksi päätettiin, onko aihe ollenkaan riski vesilaitokselle. Mikäli riski oli arvioitava, valittiin ohjelmasta riskin seuraus ja sen todennäköisyys. Riskin seurauksen määrittämisessä oli apuna neljä eri lisämääritelmää.

- Ei vaikutusta (1): Tähän kategoriaan luokitellaan vaarat, joilla ei ole terveysvaikutuksia, ja jotka eivät aiheuta merkittävää teknistä tai esteettistä haittaa. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi veden lämpötila, kalkki ja ilma. Tähän

kategoriaan kuuluvat veden laatuun liittyvät tekijät ovat asiakkaiden hyväksyttävissä.

- Vähäinen (2): Tähän kategoriaan kuuluvat vaarat voivat aiheuttaa talousvesi-asetuksen 461/2000 kemiallisen tai aistinvaraisen laatusuosituksen ylittymisen. Suositukset on annettu pH-arvolle, sähkönjohtavuudelle, sameudelle, värille, hajulle, maulle, orgaaniselle kokonaishiilelle (TOC), radioaktiivisuudelle, alumiinille, ammoniumille, ammoniumtypelle, kloridille, mangaanille, raudalle, sulfaatille, natriumille ja hapettavuudelle. Varsinaiset terveyshaitat ovat vähäisiä, mutta veden laadun muuttuminen voi aiheuttaa teknistä tai esteettistä haittaa.
- Merkittävä (3): Tähän kategoriaan kuuluvat vaarat voivat aiheuttaa talousvesi-asetuksen 461/2000 mukaisen mikrobiologisen laatusuosituksen ylittymisen. Mikrobiologiset laatusuositukset on annettu *Clostridium perfringensille* (pintavesilaitokset), koliformisille bakteereille ja pesäkkeiden kokonaislukumäärälle (22 °C).
- Vakava (4): Tähän kategoriaan luokitellaan vaarat, joiden seurauksena ylitetään talousvesi-asetuksen 461/2000 mukaiset laatuvaatimukset, kaikki patogeenit, virukset ja alkueläimet sekä aineet ja yhdisteet, jotka ovat välittömästi myrkyllisiä tai joille pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa terveyshaitan (esimerkiksi karsinogeeniset aineet ja yhdisteet). (WSP-SSP -ohjelmisto)

Ohjelmasta saa lisäksi auki vaarakohtaiset lisätiedot, jotka kertovat vaaran terveysvaikutuksista, yleisyydestä ja laatusuosituksista vesijohtovedessä.

Riskin todennäköisyys määritetään neljän eri pykälän mukaan.

- Harvinainen (1): Esiintyy harvemmin kuin kerran kymmenessä vuodessa
- Satunnainen (2): Esiintyy kerran 5-10 vuodessa
- Mahdollinen (3): Esiintyy kerran 1-5 vuodessa
- Todennäköinen (4): Esiintyy useammin kuin kerran vuodessa (WSP-SSP -ohjelmisto)

Riskin seurauksen ja todennäköisyyden määrittämisen jälkeen ohjelma laskee riskille riskiluokan. Riskiluokka voi olla L=Low (alhainen riskitaso), M=Moderate (keskitason riski) tai H=High (kriittinen riskitaso). (WSP-SSP -ohjelmisto)

SSP:ssä vaaroja tunnistettiin myös prosessivaihe kerrallaan. Ohjelma antaa valmiita kysymyksiä, joihin päätettiin, onko tapahtuma laitokselle riski vai ei. Mikäli esitetty haitallinen tapahtuma on laitokselle mahdollinen, painettiin kysymykseen ”kyllä” ja näkyviin tuli ohjelman ehdottamat tavanomaiset haitalliset seuraukset. Käyttäjä pystyi myös itse kirjaamaan tunnistetun haitallisen tapahtuman. Toisin kuin WSP:ssä SSP:ssä ei arvioitu riskin vakavuutta aluksi, vaan ainoastaan oliko riski mahdollinen.

5.4 Toimenpideohjelma ja hallintakeinot

Toimenpideohjelma on yhteenveto hallintakeinoista, jotka laitoksen pitää tehdä tunnistettujen riskien hallintaan saattamiseksi. Hallintakeinojen avulla vähennetään vaaran aiheuttamaa riskiä tai pyritään poistamaan se kokonaan. Ohjelmassa on valmiita vaihtoehtoja riskien hallintakeinoiksi ja riskille voidaan valita useampia eri hallintakeinoja. Useilla vaaroilla voi myös olla sama hallintakeino. Joissain tapauksissa vaaran olemassaolo voidaan tiedostaa ja hyväksyä, tällöin hallintakeinoja ei lähdetä toteuttamaan.

WSP:n hallintakeinojen määrittämisen jälkeen riski arvioitiin uudestaan ottamalla hallintakeino huomioon ja sille määräytyi uusi riskiluokka. Hallintakeinoa muokattaessa voitiin lisätä toimenpiteitä, joille voitiin asettaa vastuuhenkilö huolehtimaan niiden toteutumisesta. Toimenpiteelle pystyttiin lisäämään myös tavoitepäivämäärä ja valvontavastuussa oleva henkilö. Liitteessä 4 on esimerkki ohjelmasta, kuinka hallintakeinolle voidaan lisätä toimenpiteitä sekä seurantakeinoja. Tässä opinnäytetyössä ei paneuduttu vastuuhenkilöiden ja valvontavastaavien määrittämiseen. Vesihuoltolaitos jatkaa näiden parissa. SSP:n tunnistetuille riskeille määritettiin myös hallintakeino ja riskin vakavuus arvioitiin vasta tässä kohtaa hallintakeinon vaikutus huomioiden.

5.5 Raportit

WSP-ohjelma kokosi riskinarvioinnin ja hallintakeinojen asettamisen myötä eri riski-raportteja, jotka ovat tulostettavissa ja tarkasteltavissa ohjelmassa. Riskit sai näkyviin prosessipisteittäin ja suuruusluokittain. Lisäksi ohjelmasta sai tulostettua toimenpideohjelman sekä seurantaohjelman. Toimenpideohjelma talousvedelle löytyy liitteestä 5 eteenpäin ja jätevedelle liitteestä 6 eteenpäin. Lisäksi liitteessä 7 on talousveden kriittisimmät riskit ja liitteessä 8 jäteveden keskitason riskit.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia pohjaveden laatua uhkaavia tekijöitä ja luoda Rauman Vedelle Water Safety Plan ja Sanitation Safety Plan. Työn tuloksena saatiin laadittua WSP- ja SSP-suunnitelmat ja tavoite täyttyi suunnitellussa aikataulussa. Suunnitelmia laadittiin kokouksissa yhdessä Rauman Veden henkilökunnan kanssa vaihtelevin kokoonpanoin. Lisäksi yhteydessä oltiin eri viranomaisiin ja muihin aiheeseen liittyviin tahoihin. Suunnitelmat ovat vesilaitoksen työkaluna tulevaisuuden varalle. Suunnitelmien avulla on tarkoitus turvata vesilaitoksen jakaman talousveden terveydellinen laatu ja pitää jäteveden käsittelyn ja viemäroinnin ympäristö- ja terveysriskit hallinnassa. WSP:n avulla täytetään lisäksi vesihuoltolain edellyttämä selvitysohjelma (Vesihuoltolaki 119/2001 15 §).

Suunnitelmissa saatiin kattavasti käsiteltyä riskit, joita vesihuoltolaitos voi mahdollisesti kohdata. Kriittisimmille riskeille saatiin laadittua hallintakeinot ja toimenpiteet, miten riskejä saadaan pienennettyä tai poistettua kokonaan. Lisäksi pyrittiin lisäämään suunnitelmaan jo valmiiksi käytössä olevat hallintakeinot. Kaikki riskit ja niiden hallintakeinot koottiin yhteen dokumenttiin. Suunnitelmat ovat ohjelmistossa muokattavissa ja päivitettävissä.

Tässä kirjallisessa työssä tehtiin kattava katsaus pohjavettä koskevaan kirjallisuuteen ja lähdeaineistoihin. Lähdeaineistoista oli hyötyä WSP-suunnitelman pohjavettä koskevassa osiossa. Aineiston avulla päästiin paremmin perehtymään pohjaveden laatua uhkaaviin tekijöihin. Lähdeaineisto sisälsi myös joitakin vanhempiakin lähteitä, joihin pohjaveden pitkäaikaisesta käytöstä juomavetenä. Lähteiden käytössä kiinnitettiin kuitenkin huomiota niiden paikkansa pitävyyteen ja ajantasaisuuteen.

Johtopäätöksenä tämän kirjallisen työn tuloksista voidaan huomata pohjaveden laatua uhkaavat monet tekijät ja toiminnot. Ihmistoiminnan vaikutukset pohjaveden laatuun ovat selkeästi huomattavissa. Pohjavedellä on huomattavasti paremmat suojaamismahdollisuudet likaantumista vastaan kuin pintavedellä, mutta kuitenkin monet pohjavedelle haitalliset aineet voivat säilyä maaperässä pitkiä aikoja ja veteen liuetessaan tekevät sen talousvedeksi kelpaamattomaksi. Pahimmassa tapauksessa pohjavesi tulee

käyttökelvottomaksi pitkäksi aikaa. Pohjaveden likaantuessa päästölähteen havaitseminen voi olla vaikeaa ja haitallinen aine voi ehtiä likaamaan aluetta laajalti. Pohjavesivarojen suojelutoimenpiteet ovat tärkeitä vedenhankintaan tarkoitetuilla alueilla sekä alueilla, jotka voivat myöhemmin tulla hyötykäyttöön.

LÄHTEET

Britschgi, R., Antikainen, M., Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P. & Suomela, T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 23.6.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38830/YO_2009_Pohjavesi_11_5_09.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ELY-keskuksen www-sivut. 2018. Viitattu 11.5.2018. <http://www.ely-keskus.fi/>

Hatva, T., Hyyppä, J., Ikäheimo, J., Penttinen, H. & Sandborg, M. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti II. Alueelliset pohjavesitutkimukset. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. Viitattu 3.6.2018. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/157608/Vesi-%20ja%20ymp%C3%A4rist%C3%B6hallinnon%20julkaisuja%20B%2015.pdf?sequence=1>

Juvonen, J., Hentilä, H. & Aroviita, J. 2017. Maa- ja metsätalouden kuormittamien pohjavesien MaaMet-seuranta. Torjunta-aineet ja ravinteet 2007–2015. Raportti 15/2017. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus. Viitattu 23.5.2018. <http://hdl.handle.net/10138/192749>

Kaupunkiliitonjulkaisu B 93. 1982. Pohjaveden suojele. Helsinki: Oy Multor Ab.

Kinnunen, T. 2018. Pohjavesi luonnossa ja lainsäädännössä. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Viitattu 3.6.2018. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B0562B6B1-2DB2-4475-9839-370B3D1D5D5F%7D/135468>

Korkka-Niemi, K. & Salonen, V-P. 1996. Maanalaiset vedet -pohjavesigeologian perusteet. Turku: Turun yliopistontäydennyskoulutuskeskus.

Kumpulainen, A., Ryyänen, E., Oja, L., Sorasahi, H., Raivio, T. & Gilbert, Y. 2013. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012. Trafín julkaisu 20/2013. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Viitattu 1.6.2018. https://www.trafi.fi/filebank/a/1383814261/12b2f562759cc3b45af892fb5f1135cb/13556-Trafín_julkaisu_20-2013_-_VAK-kuljetukset_2012.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2013b. Vaarallisten aineiden kuljetus Suomessa. VAK-strategia 2012–2020. Viitattu 3.6.2018. <https://www.lvm.fi/documents/20181/812548/Vaarallisten+aineiden+kuljetus+Suomessa/38020240-1a35-4578-ab0a-ec18c4d93b9d?version=1.0>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2013a. Vaarallisten aineiden tiekuljetusonnettomuudet Suomessa 1997-2002. Liikenne- ja viestintäministeriön 35 julkaisu 26/2013. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. Viitattu. 3.6.2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-723-839-8>

Liikenneviraston www-sivut. 2018. Viitattu 1.5.2018. <https://www.liikennevirasto.fi/>

Marttinen, S., Jokela, J. & Rintala, J. 2000. Jätteiden hajoaminen kaatopaikalla sekä kaatopaikkavesien muodostuminen, ominaisuudet ja käsittely. KAATO 2001 -hanke. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto & Tritonet Oy. Viitattu 3.6.2018. <http://docplayer.fi/4228345-Jatteiden-hajoaminen-kaatopaikalla-seka-kaatopaikkavesien-muodostuminen-ominaisuudet-ja-kasittely.html>

Mälli, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Helsinki: Tammi.

Naumanen, P., Sorvari, J., Pyy, O., Rajala, P., Penttinen, R., Tiainen, J & Lindroos, S. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä Tutkimukset ja riskienhallinta. Pohjoiskarjalan ympäristökeskus. Joensuu: Gummerus Kirjapaino Oy. Viitattu 2.10.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY_543.pdf?sequence=1

Nystén, T. & Hänninen, T. 1997. Tiesuolan pohjavesihaittojen vaikutuksista ja torjuntakeinoista. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Pelto-Huikko, A. & Vieno, N. 2009. Vesikoulu Tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. Vesi-Instituutti WANDER/Prizztech Oy. Viitattu 19.8.2018. http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_jatevedesta.pdf

Puustinen, M. 1999. Viljelymenetelmien vaikutus pintaerosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 8.10.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/173835/SY_285.pdf?sequence=1

Salminen, J., Nystén, T. & Tuominen, S. 2010. Vaihtoehtoiset liukkaudentorjunta-aineet ja pohjavesien suojelu. MIDAS2-hankkeen loppuraportti. Raportti 22/2010. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 14.5.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37972/SY_22_2010.pdf?sequence=3

Salminen, J., Tuominen, S. & Nystén, T. 2012. Nitraatilla pilaantuneen maaperän ja pohjaveden biologinen kunnostaminen turkistarha-alueilla. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 13.8.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38821/YO_2012_NITROS_fi.pdf?sequence=1

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 17.11.2015/1352.

Sosiaali- ja terveysministeriön www-sivut. 2018. Viitattu 8.8.2018. <https://stm.fi/talousveden-toimenpideohjelma>

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry:n www-sivut. 2018. Viitattu 9.10.2018. <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu/jateveden-ymparisto-vaikutukset/>

Suoninen, T., Porttikivi, R., Särkioja, A. & Taipalinen, I. 2002. Tarinaharjun golfkentän pinta- ja pohjavesivaikutukset. Kuopio: Pohjois-Savon ympäristökeskus. Viitattu 8.10.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40495/SY_590.pdf?sequence=1

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos -vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Venäläinen, R. 2018. Vesihuollon riskinhallintatyökalut WSP, SSP ja BWSP. Viitattu 31.8.2018. <https://docplayer.fi/13115814-Vesihuollon-riskinhallintatyokalut-wsp-ssp-ja-bwsp-raili-venalainen-sosiaali-ja-terveysministerio.html>

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 1999. Pohjaveden suojele erityisesti vedenhankintaa silmälläpitäen. Helsinki.

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, Suomen ympäristökeskus & Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus. 2006. Torjunta-aineet pohjavesissä -opas vesilaitoksille. Helsinki.

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119 muutoksineen.

Vesilaitosyhdistyksen www-sivut. 2017. Viitattu 22.9.2018. <https://www.vvy.fi/vesilaitosyhdistys/vesihuoltopooli/wsp-ja-ssp-esittely/>

Vesilaki 27.5.2011/587 muutoksineen.

WSP-SSP sovellus. 2017. Vesiotec Oy. Viitattu 11.10.2018. <https://wspssp.fi/>

Ympäristöhallinnon www-sivut. 2017. Viitattu 12.10.2018. <http://www.ymparisto.fi/pohjavedensuojelu>

Ympäristöministeriön www-sivut. 2013. Viitattu 3.6.2018. <http://www.ym.fi/fi-FI>

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527 muutoksineen.

LIITTEET 1-8: RAUMAN VEDEN WATER SAFETY PLAN JA SANITATION
SAFETY PLAN (SALAINEN)