

OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Pohjaveden otto talousvedeksi – teknisten, sosiaalisten  
ja ympäristöön liittyvien riskien ja ongelmien vertailu**

Aleksi Wallin

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Toukokuu 2016



OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Pohjaveden otto talousvedeksi – teknisten, sosiaalisten  
ja ympäristöön liittyvien riskien ja ongelmien vertailu**

Aleksi Wallin

Ohjaajat: Rossi Pekka, TkT., Karjalainen Timo, Dos., Rantala Lauri, YTM.

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Toukokuu 2016

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaattityö, diplomityö) Prosessitekniikan koulutusohjelma		Pääaineopinnojen ala (lisensiaattityö)	
Tekijä Wallin Aleksis		Työn ohjaaja yliopistolla Rossi P, TkT., Karjalainen T.P., Dos., Rantala L, YTM.	
Työn nimi Pohjaveden otto talousvedeksi – teknisten, sosiaalisten ja ympäristöön liittyvien ongelmien ja riskien vertailu			
Opintosuunta Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Työn laji Diplomityö	Aika 5/2016	Sivumäärä 92 s. + 1 liite (5 s.)
<b>Tiivistelmä</b> <p>Vesihuoltolaitosten pohjavedenottohankkeet ovat osoittautuneet useissa tapauksissa haastaviksi sidosryhmien ristiriitaisten intressien ja arvojen vuoksi. Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää, millaiset riskit ja ongelmat vesilaitokset kokevat haastavina ja kuinka ne suhteutuvat toisiinsa. Samalla pyrittiin kartoittamaan, millaisia ratkaisuja ongelmiin on löydetty ja mistä ongelmat johtuvat. Tutkimus toteutettiin kysely- ja haastattelututkimuksena. Kyselyyn saatiin 77 edustavaa vastausta, ja haastatteluita tehtiin yhteensä 13 kappaletta, joista 11 vesilaitoksilla ja kaksi ELY-keskuksilla. Kyselyn tulokset analysoitiin ja vesilaitosten edustajien haastatteluissa keskityttiin syvällisemmin havaittuihin ongelma-kohtiin.</p> <p>Rauta, mangaani ja veden happamuus olivat yleisimpiä laatuongelmia vesilaitosten käyttämässä pohjavedessä. Haastatteluissa raudan aiheuttamaa kaivojen tukkiutumista pidettiin haastavana ongelmana. Haastatteluilla ei ollut tiedossa nykyistä tehokkaampia puhdistusmenetelmiä ja he kokivat Suomessa vallitsevan jonkinasteinen tietopula kyseisestä aiheesta. Ratkaisuihin saattavat olla uudenlaiset kaivorakenteet tai pumppauksen ajotapa. Aihe vaatii tarkempia tutkimuksia, jotta ongelman merkittävyys sekä mahdolliset ratkaisut voidaan selvittää.</p> <p>Suurin osa kyselyyn vastanneista vesilaitoksista oli sitä mieltä, että ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriidat eivät ole estäneet pohjavedenottoa. Haastatteluissa selvisi, että ympäristöarvot eivät välttämättä ole estäneet pohjavedenottoa mutta ovat pienentäneet vedenottomääriä ja vaikuttaneet luvanhanointaprosessin sujuvuuteen. Ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriitoja ilmenee lähinnä uusien pohjavesialueiden käyttöönotossa ja uusien vedenottamoiden rakentamisen yhteydessä. Yhteistyössä vesilaitoksen ja ELY-keskuksen vesihuollon sekä ympäristönsuojelun edustajien kanssa koettiin puutteita. Parempi yhteistyö näiden toimijoiden kesken voisi selkeyttää, mitä selvityksiä vesihuoltolaitokselta vaaditaan ja samalla parantaa vedenoton neuvotteluja. Vesihuoltolaitosten tulee varautua perustamaan useampia vedenottamoita samalle pohjavesialueelle, sillä yksittäisille vedenottamoille ei saada yhtä suuria vedenottolupia kuin aiemmin.</p> <p>Maankäytön ja vedenoton intressien ristiriidat ovat vaivanneet vesilaitoksia pitkään, mutta haastattelujen perusteella suunta näyttää muuttuneen. Ongelmat yhdistettiin kuntien viranomaisiin ja kaavoittajiin, jotka ohjaavat ja luvittavat maankäyttöä alueellaan. Haastatteluissa oltiin sitä mieltä, että pohjavedenottoa ei arvosteta tarpeeksi päätöksenteossa. Maankäyttöön liittyviä ongelmia ilmeni erityisesti kaupunkien läheisyydessä, joissa on usein erilaisia maankäytön muotoja pohjavesialueilla. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmia pidettiin hyvänä ratkaisuna. Ratkaisuna voi olla myös yhteistarkkailuohjelma, jossa kunta, vesilaitos ja paikalliset yritykset rahoittavat pohjavesialueen tutkimukset ja kartoitukset.</p> <p>Pohjavedenoton hyväksyttävyyttä nähtiin pienimpänä haasteena vastanneiden vesilaitosten näkökulmasta, vaikka se on yksi niistä asioista joihin vesilaitos voi omalla aktiivisuudellaan ja tiedottamisella eniten vaikuttaa. Haastattavat vesilaitokset korostivat hyväksyttävyyden hakemisessa neuvottelutaitojen merkitystä, kohtuullisten korvausten sopimista mahdollisista haitoista ja osallistamista. Pienillä vesilaitoksilla (&lt; 500 m<sup>3</sup>/vrk) lainsäädännön monimutkaistumista pidettiin suurimpana haasteena ja ne tarvitsisivat siksi enemmän tukea kohdatakseen näitä ongelmia. Monilla pienillä vesilaitoksilla on ollut puutteita laadun ja määrän varmistamisessa, mihin kuntaliitokset ovat auttaneet.</p> <p>Diplomityön tulokset tukevat ajatusta kokonaisuudessaan tiiviimmän yhteistyön lisäämisestä vesilaitosten kesken sekä toivat esiin hyviä käytäntöjä riskien ja ongelmien hallitsemiseen. Työ tuo myös esiin vesilaitosten edustajien näkemyksen nykyisestä pohjavedenoton haasteista ja se toimii tilannekatsauksena nykyisestä vesilaitosten pohjavedenoton toimintaympäristöstä.</p>			
Muita tietoja			

# ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Degree Programme in Process engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Wallin Aleksi		Thesis Supervisor Rossi P, D.Sc. (Tech), Karjalainen T.P. Adj. prof. Rantala L, M.Soc.Sc.	
Title of Thesis Groundwater extraction for drinking water – a comparison of risks and problems in technical, environmental and social issues			
Major Subject Water resources and civil engineering	Type of Thesis Master's Thesis	Submission Date 5/2016	Number of Pages 92 p. + 1 app. (5 p.)
<p>Abstract</p> <p>Many groundwater extraction projects by Finnish waterworks have encountered differing interests and values by different stakeholders. The purpose of this study was to determine risks and problems which are found challenging by waterworks and how those are related together. Possible solutions to the problems are mapped and causes of the problems are examined. A questionnaire and interviews were used to collect data. 77 representative answers were received to the questionnaire from waterworks around Finland. 13 interviews consisting of 11 interviews with waterworks and two interviews with representatives of the regional office of the Finnish Ministry of Environment (ELY-centre), were conducted. The questionnaire results were analysed and interviews with waterworks representatives were used to dig deeper into the causes of detected problems.</p> <p>Iron, manganese and acidity of water were the most common quality problems in groundwater used by waterworks. The well clogging caused by iron precipitates was seen as a challenging problem in interviews. Interviewees didn't know better well cleaning methods than older ones which were seen as insufficient. It was experienced that there is some lack of knowledge in Finland in the area of well cleaning technology. The possible solutions may lie on novel well structures or in the control of water extraction. The topic needs further research to determine significance and possible solutions to the problem.</p> <p>Most of the waterworks in the questionnaire experienced that conflicts between environmental values and water extraction have not prevented groundwater extraction. Based on interviews, the environmental questions have reduced the water extraction amount and slowed down permission processes in groundwater extraction. The conflicts between environmental values and water extraction seem to appear mainly in the initialization of new groundwater areas and in the construction of new groundwater wells. Interviewees experienced that there is a certain lack of cooperation between waterworks, representatives of water supply and environmental protection in the ELY-centre. Improved cooperation might clarify what is demanded from well construction research and it may help in discussions on the terms of water extraction. Waterworks should prepare themselves to construct more groundwater extraction wells in the future since the extraction amounts are reduced in new groundwater extraction permissions.</p> <p>Conflicts between interests of land use and groundwater extraction have troubled waterworks previously but interviewees experienced that the direction has changed. The land use related problems were connected to the officers of municipality and town or country planning officers. Based on the interviews there is a lack of respect for groundwater extraction in decision-making processes. The land use related problems appeared especially near cities where land use varies a lot. Protection plans of groundwater formation areas were seen as a good solution. One plausible solution might be a collaborative monitoring program where the research of the groundwater formation area is financed by the local municipality, waterworks and companies.</p> <p>The acceptability of groundwater extraction was experienced as minor challenge compared to other issues, although acceptability is an important aspect that waterworks could influence by being an active and informing actor. Interviewees highlighted negotiation skills, reconciliation of compensation for possible disadvantages and the inclusion of stakeholders during groundwater extraction planning. Small waterworks (&lt; 500 m<sup>3</sup>/d) experienced complicated legislation as the most challenging issue so they are in need of support to face these problems. Many small waterworks have also had deficiencies in ensuring good quality and the amount of delivered groundwater. Fusions of municipalities have helped them to face those problems.</p> <p>The results of this study support better collaboration between waterworks. It also brought up good practises to handle problems in groundwater extraction and the current viewpoint of waterworks. The thesis serves as a current review of the situation in groundwater extraction by Finnish waterworks.</p>			
Additional Information			

# ALKUSANAT

Kiitos kyselyyn vastanneille vesilaitosten edustajille sekä haastateltaville ajasta ja vaivannäöstä. Diplomityö on tehty Ympäristöministeriön toimeksiantona ja sitä ovat tukeneet myös Vesilaitosyhdistyksen kehitysrahasto sekä Maa- ja vesitekniikan tuki ry. Kiitos heille työn mahdollistamisesta ja sen rahoituksesta.

Diplomityön aiheen monitieteisyys houkutti tarttumaan kyseiseen aiheeseen ja valinta osoittautui oikeaksi. Se on opettanut paljon uusia asioita useilta eri toimialoilta sekä avannut minulle Suomen vesihuollon kenttää aivan uudella tavalla. Työn tekeminen aloitettiin vuoden 2015 lokakuussa ja projekti lähentelee päätöstään kesäkuussa 2016. Työn tuloksia esitellään myös Vesilaitosyhdistyksen järjestämällä Vesihuoltopäivillä Hämeenlinnassa kesäkuussa 2016 sekä Vesitalous-lehdessä.

Työn tulosten kerääminen toteutettiin yhdessä Lapin yliopiston sosiologian opiskelija Mika Salmen kanssa, joka tekee aiheesta Pro gradu -tutkielmaansa. Kiitän häntä antoisista keskusteluista, hyvästä matkaseurasta ja uusien näkökulmien löytämisestä työn aikana. Haluan kiittää myös työn ohjaajiani TkT Pekka Rossia, Dos. Timo Karjalaista ja YTM Lauri Rantalaa suuresta avusta ja arvokkaasta tuesta työn aikana.

Opinnot ovat vaatineet runsaasti aikaa ja hermoja. Kiitän perhettäni ja avovaimoani tuesta ja kärsivällisyydestä opintojen sekä diplomityön aikana. Kiitos opiskelutovereilleni Aleksi Hallikaiselle, Jukka-Pekka Paakkolalle ja Joni Rissaselle yhteisistä opiskeluvuosista sekä yhteistyöstä lukuisilla enemmän tai vähemmän onnistuneilla kursseilla. Haluan kiittää myös tulevaa TkT Osmo Kauppilaa, jonka puoleen olen voinut aina kääntyä ongelmatilanteissa. Kiitos Anne Anterolle työn kielenhuollosta.

Oulussa 29.5.2016      Aleksi Wallin

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto .....	7
2 Pohjavesi Suomessa .....	10
2.1 Pohjaveden laatu .....	10
2.2 Pohjaveden määrä .....	12
2.3 Tekopohjavesi .....	13
2.4 Pohjavesien luokittelu .....	13
2.5 Pohjavesi ja ekosysteemit .....	14
2.6 Pohjavesien suojele .....	15
2.7 Vedenhankinta.....	18
2.7.1 Pohjavesitutkimukset.....	18
2.7.2 Lupaprosessi .....	18
2.7.3 Hyväksyttävyyys.....	19
3 Tutkimusmenetelmät.....	21
3.1 Kysely .....	21
3.2 Tilastolliset menetelmät .....	22
3.2.1 Khiin neliö .....	23
3.2.2 Mann-Whitney U & Kruskal-Wallis .....	24
3.2.3 Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin .....	24
3.3 Haastattelu.....	24
4 Tulokset.....	26
4.1 Taustatiedot.....	26
4.2 Laadulliset ja määrälliset riskit .....	29
4.3 Ympäristö ja ekosysteemit .....	35
4.4 Yhteistyö ja vuorovaikutus .....	39
5 Pohdinta .....	50
5.1 Laatu ja määrä .....	50
5.2 Ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriidat.....	55
5.2.1 Vesilaitosten näkökulma.....	56
5.2.2 Sidosryhmien välinen yhteistyö vedenhankintaprosessissa.....	58
5.2.3 Mahdollisia ratkaisuja.....	60

5.3 Maankäytön ja vedenoton ristiriidat.....	62
5.3.1 Kaavoitus .....	63
5.3.2 Maa-ainesten otto.....	64
5.3.3 Tienpito.....	67
5.3.4 Maalämpö .....	68
5.4 Pohjavedenoton hyväksyttävyyys .....	68
5.5 Tekopohjavettä tuottavat laitokset .....	72
5.6 Ylikunnallisen yhteistyön merkitys pohjavedenotossa .....	73
5.7 Kysely- ja haastattelututkimuksen epävarmuudet.....	74
6 Johtopäätökset.....	77
7 Yhteenveto .....	80
Lähdeluettelo.....	83
Liitteet .....	

#### LIITTEET:

Liite 1. Vesilaitoksille lähetetyn Webropol -kyselyn kysymykset.

# 1 JOHDANTO

Suomi on yksi maailman hyvinvoivimpia maita veden suhteen, sillä vesihuollon verkostot ovat kattavia ja vesivarojen määrä on asukaslukuun nähden runsas. Pinta- ja pohjavesivarat ovat pääasiassa hyvälaatuisia. Suomen vesihuoltolaitokset toimittavat noin 5 miljoonalle suomalaiselle talousvettä, josta arviolta 65 % on pohjavettä tai tekopohjavettä ja loput 35 % pintavettä (Vienonen et al. 2012, s.7). Pohjavettä suositaan vesihuoltolaitosten raakavetenä sen hyvän laadun ja turvallisemman asemansa vuoksi. Pohjavesi on tärkeä tekijä veden kiertokulussa, ja se toimii veden lähteenä useille ekosysteemeille. Vesihuollon kannalta käyttökelpoisimmat pohjavesivarat sijaitsevat hyvin lajittuneissa sora- ja hiekkamuodostumissa, kuten harjuissa ja suurissa reunamuodostumissa (Britschgi et al. 2009, s. 7).

Hyvistä puolistaan huolimatta, pohjaveden ottaminen maa- tai kallioperästä ei ole täysin riskitöntä. Sen ottamiseen voi liittyä laatuun, ympäristöön tai sosiaalisiin tekijöihin liittyviä ongelmia sekä riskejä. Pohjaveteen ja sen ottoon liittyviä uhkatekijöitä muodostavat myös ilmastonmuutos ja useat eri ihmistoiminnan vuoksi syntyneet pilaantumisriskit. Ongelmat ja riskit voivat olla hyvin erityyppisiä eri puolella Suomea, sillä pohjavesivarat ovat jakautuneet epätasaisesti, ympäristö ja ihmisen toiminta ovat erilaisia sekä maa- ja kallioperän geologia on vaihtelevaa.

Useat vesihuoltolaitokset haluavat lisätä vedentoimituksensa määrällistä ja laadullista varmuutta ottamalla käyttöön uusia pohjavesialueita tai perustamalla uusia vedenottamoita. Viime vuosina monissa tapauksissa uuden vedenottamon rakentamista ja pohjavesialueen käyttöönottoa on vastustettu ympäristöön tai sosio-ekonomisiin tekijöihin liittyvien seikkojen vuoksi. Tämä on todennäköisesti seurausta muun muassa tiukentuneesta lainsäädännöstä ja ympäristöarvojen kohonneesta arvostuksesta. Ongelmia on ollut esimerkiksi Tampereen ja Turun seudun tekopohjavesihankkeissa sekä Oulun ja Forssan varavedenhankinnan järjestämisessä.

Liian suuri pohjavedenotto suhteessa muodostuvaan pohjaveden määrään voi kohottaa veden rauta- ja mangaanipitoisuuksia, mikä huonontaa raakaveden laatua. Ekosysteemeille voi olla haittaa myös siitä, kun vettä on vähemmän käytettävissä ekosysteemien tarpeisiin nähden. Konkreettisesti tämä voi ilmetä esimerkiksi lähteiden ja purojen pienempinä virtaamina, lampien pinnankorkeuksien laskuna ja eliöstön tai

kasviston muutoksina. Ristiriitoja pohjavedenoton luontovaikutuksista voi helposti syntyä muun muassa pohjavesialueen maanomistajien, asukkaiden sekä ympäristösuojeluviranomaisten kanssa, sillä pohjavedenoton todelliset vaikutukset ekosysteemeille voidaan usein todeta vasta monen vuoden pumppauksen jälkeen.

Pohjavesialueen maanomistajien ja asukkaiden kanssa voi muodostua intressien tai arvojen ristiriitoihin perustuvia konflikteja. Pohjavesialueen maanomistajat ja asukkaat voivat kokea pohjavedenoton vaikuttavan heidän maankäytön mahdollisuuksiinsa tai että he eivät saa riittäviä korvauksia pohjavedenoton vaikutuksista. Ristiriitojen taustalla voi olla epäoikeudenmukaisuuden kokemista, tietämättömyyttä pohjavesialueisiin liittyvästä lainsäädännöstä ja pohjavedenotosta sekä luottamuksen puutetta eri sidosryhmien välillä. Nämä konfliktit voivat pitkittää vedenottohankkeita tai jopa estää hankkeiden toteuttamisen.

Pohjavesialueille kohdistuu riskejä muun muassa maa-ainesten otosta, elinkeinotoiminnoista, liikenteestä ja asutuksesta. Ihmistoimintojen keskittyminen pohjavesialueelle ei ole sattumaa, sillä pohjavesialueiden maa-aines toimii myös hyvänä rakennuspohjana, rakennusaineena ja viihtyisänä elinympäristönä. Huonoimmassa tapauksessa pohjavesialueen maaperä ja vesi pilaantuvat, jolloin pohjavesivyöhykkeen puhdistaminen on erittäin vaikeaa.

Tämän diplomityön tarkoituksena oli kartoittaa, millaisia laadullisia, määrällisiä sekä ympäristöön ja pohjavedenoton hyväksyttävyyteen liittyviä ongelmia ja riskejä vesilaitoksilla on ja miten ne suhteutuvat toisiinsa. Tarkoitus oli myös selvittää, millaiset tekijät altistavat erilaisille riskeille ja onko vesilaitosten koolla, sijainnilla tai muulla laitokselle tyypillisellä ominaisuudella merkitystä erilaisiin ongelmiin. Riskejä ja ongelmia kartoitettiin aluksi vesilaitoksille lähetetyllä kyselyllä. Vesilaitosten edustajien haastatteluita käytettiin keinona saada selville tarkemmin, mitkä tekijät ovat ongelmien takana heidän tapauksessaan ja kuinka merkittävänä he näkevät mitkään ongelmat. Tavoitteena oli myös selvittää, mitkä ovat hyviä tapoja ratkaista mahdollisia ongelmia tai miten niitä voitaisiin ennaltaehkäistä. Tässä työssä tarkastellaan ongelmia ja riskejä vesihuoltolaitoksen näkökulmasta.

## 2 POHJAVESI SUOMESSA

Pohjavedellä tarkoitetaan maankamaran vapaata vettä vedellä kyllästyneessä vyöhykkeessä, mutta pohjavedellä voidaan myös tarkoittaa kaikkea maanpinnan alaista vettä (Korkka-Niemi & Salonen 1996, s. 13). Vedellä kyllästynyttä vyöhykettä kutsutaan yleisesti akviferiksi. Pohjavesi muodostuu sadannasta, kun osa vedestä imeytyy maaperän kerrosten läpi akviferiin. Vettä voi kulkeutua akviferiin myös rantaimetyymisenä, jossa pintavesi suotautuu akviferiin hydraulisen gradientin vuoksi. Pohjavettä suositaan vesihuollon raakavesilähteenä sen hyvän laadun, turvallisemman asemansa ja tasaisen lämpötilan vuoksi. Vesilaitosten jakamasta vedestä 65 % on pohjavettä tai tekopohjavettä.

Hyvälaatuisimmat ja suurimmat pohjavesivarannot Suomessa ovat hyvin lajittuneissa hiekka- ja sorakerrostumissa, joista tyypillisimpiä ovat harjut ja reunamuodostumat. Niiden alueella 30–60 % sadannasta suotautuu pohjavesikerrokseen (Suomen ympäristökeskus 2015a). Hyvälaatuisimmat pohjavedet sijaitsevat yleensä ympäristöönsä vettä luovuttavissa harjuissa joita kutsutaan antikliinisiksi harjumuodostelmiksi (Sallanko 2003, s. 19). Synkliinisiksi harjuiksi kutsutaan harjuja joihin virtaa pohjavettä ympäristöstään. Akviferit ovat Suomessa yleensä paineettomia eli vapaapintaisia, pitkiä, ohuita ja muutaman kymmenen metrin paksuisia (Katko et al. 2006, s. 70). Pohjavettä muodostuu pääasiassa keväällä lumien sulaessa ja syksyllä syysateiden aikaan. Pohjavettä ei juuri muodostu kesän aikana suuren haihdunnan vuoksi eikä talvella, koska sade kertyy lumeksi (Lavapuro et al. 2008, s. 384).

### 2.1 Pohjaveden laatu

Suomen pohjavedet ovat laadultaan yleensä hyviä, mutta rannikkoseudulla ja joillain geologisesti erottuvilla alueilla vedenlaatu voi olla heikompaa. Erityisesti länsirannikolla muinaisen Litorinameren vaikutus maaperään heijastuu vielä tänäkin päivänä pohjavesien laatuun. Vedenlaatu voi kuitenkin vaihdella alueellisesti ja paikallisesti hyvin paljon. Siihen vaikuttavat muun muassa sadeveden laatu, maankamaraympäristön olosuhteet ja ihmisen toiminta. Kun vesi suotautuu maan pinnalta akviferiin, se reagoi maaperän maa-aineksen kanssa kemiallisesti ja fysikaalisesti sekä kulkee biologisesti aktiivisten vyöhykkeiden kautta. Akviferissakin tapahtuu erilaisia veden laatuun vaikuttavia kemiallisia, fysikaalisia ja biologisia prosesseja. Nämä prosessit vaikuttavat oleellisesti pohjaveden laatuun. Kunkin alueen pohjaveden laatutasapaino ei ole täysin stabiili, sillä

se voi vaihdella esimerkiksi vuodenaikojen mukaan, kun pohjaveden pinnantasovaihtelee. Pohjaveden laatutasapainon muuttaminen entiselleen ei ole helppoa, esimerkiksi hapetus-pelkistys-olosuhteiden muuttuessa akviferissa. Tätä tasapainoa voivat muuttaa muun muassa vedenotto, ojitukset ja pohjaveden muodostumispinta-alan väheneminen. (Mälkki 1999, s. 106–115)

Pohjavedet ovat laadultaan hieman happamia ja pehmeitä. Pohjaveden pehmeydellä tarkoitetaan, että se sisältää vähän veden puskurikykyä eli alkaliniteettiä ylläpitäviä kalsium ja magnesiumsuoloja. Veteen jää tämän vuoksi runsaasti vapaata hiilidioksidia, sillä veden bikarbonaatin muodostuminen jää hiilihappotasapainoon nähden vajaaksi. Vapaa hiilidioksidi muodostaa vedessä hiilihappoa, joka syövyttää metallisia vesijohtoja. Mitä matalampi pH, sitä enemmän syntyy hiilihappoa. Pohjaveden alkaloinnilla nostetaan veden pH halutulle tasolle ja samalla lisätään veden alkaliniteettiä. Alkaloinnilla estetään tai ainakin vähennetään pohjaveden syövyttäviä vaikutuksia. pH:n nostamiseen on käytetty lipeää (NaOH) ja soodaa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Varsinaiseen alkalointiin on käytetty kalkkikivisuodatinta, alkaloivia massoja ja sammutettua kalkkia. Suomen pohjavesien keskiarvoinen pH on noin 6,4. (Palomäki 1998, s. 9–18; Lahermo et al. 2002, Katko et al. 2006, s. 70 mukaan)

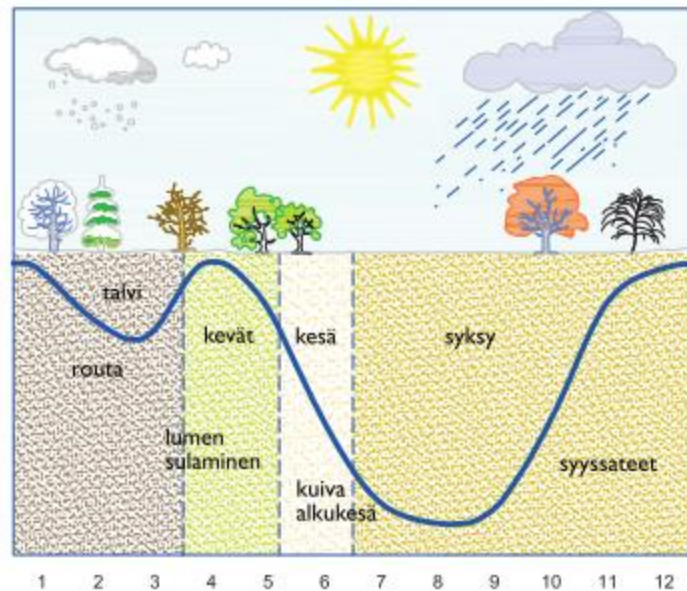
Yleisimpiä pohjaveteen liittyviä laatuongelmia pH:n lisäksi ovat rauta ja mangaani. Rautaa kulkeutuu pohjaveteen rautaa sisältävästä maa- ja kallioperästä. Suurin osa raudan liukenemisesta pohjaveteen tapahtuu maaperän maannosvyöhykkeen rikastumiskerroksesta, mutta rautaa voi liueta myös pelkistävässä olosuhteissa akviferin helposti rapautuvasta kiviaineksesta. Rauta esiintyy maaperässä kahdessa hapetusmuodossa: kahdenarvoisena ferrorautana ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ja kolmenarvoisena ferrirautana ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Ferrorauta on liuenneena pohjaveteen ja ferrirauta saostuneena. Esiintymismuoto riippuu suurilta osin akviferin happitasapainosta, joka on riippuvainen akviferin geologisesta rakenteesta ja tyypistä, vuodenaikojen aiheuttamasta vaihtelusta, maa- ja kallioperän fysikaalisista ja kemiallisista olosuhteista, maaperän hydrogeologisista olosuhteista ja rauta- sekä mangaanibakteereista. Pohjaveden suurempi happipitoisuus tarkoittaa suurempaa määrää ferrirautaa. Runsashappisinta vettä löytyy harjun hyvin vettä johtavista kerroksista. Hapetus-pelkistys-olosuhteet ja pohjaveden pH vaikuttavat myös rautapitoisuuteen. (Palomäki 1998, s. 12)

Mangaanin ilmentyminen pohjavedessä on riippuvainen samoista tekijöistä kuin rautakin, jolloin rautapitoiset vedet sisältävät yleensä myös jonkin verran mangaania. Sitä voi liueta pohjaveteen pohjavedenpinnan yläpuolen maaperän rikastumiskerroksesta tai alapuolen mineraaliaineksesta. Mangaani esiintyy kahden, kolmen tai neljän arvoisena. Kahden arvoinen on pohjavedessä liuenneessa muodossa ja muut saostuneina oksideina. Rauta- ja mangaanipitoisten pohjavesien käsittely pohjautuu liuenneen raudan tai mangaanin hapettamiseen saostuneeseen muotoon, jolloin se voidaan erottaa vedestä esimerkiksi laskeuttamalla tai suodattamalla. (Palomäki 1998, s. 13).

Zacheus (2010) on koonnut viranomaisvalvonnan tuloksia Suomen talousvesien laadusta. Talousveden laatu on yleensä sitä parempaa, mitä suuremman kokoluokan vesilaitos on kyseessä. Pohjaveden pH-arvoon liittyvät laatuongelmat ovat yleisimpiä, ja niitä esiintyy sitä useammin, mitä pienempi vesilaitoksen koko on. Raudan, mangaanin ja nikkelin pitoisuuksiin liittyvät laatuongelmat ovat suurin piirtein yhtä yleisiä kaiken kokoisilla vesilaitoksilla. Yleisesti talousvesi oli kemialliselle laadulle asetettujen tavoitteiden rajoissa, mutta fluoridi ja nikkeli olivat joillakin laitoksilla ongelma. Torjunta-ainemäärät olivat yleensä pieniä ja jäivät alle havaitsemisrajan. Laatuongelmia esiintyy lähinnä yksittäisillä vedenottamoilla. (Zacheus 2010, s. 7 & 33)

## **2.2 Pohjaveden määrä**

Pohjaveden määrä vaihtelee ajallisesti ja alueellisesti. Siihen vaikuttavat sadanta sekä pohjaveden ja purkautumisen väliset vuorovaikutukset. Vuotuinen pinnanvaihtelu on yleensä yhden metrin luokkaa. Vuodenajat vaikuttavat myös pinnankorkeuksiin. Haihdunta on suurta kesällä, jolloin pohjaveden pinnankorkeus laskee ja syksyllä sadannan osuus kasvaa ja haihdunnan osuus pienenee, jolloin pinnankorkeus nousee (kuva 1). Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä pinnankorkeuksien vaihtelu vuodenaikojen mukaan jakautuu eri tavalla sääolojen vuoksi. Sään aiheuttamia tekijöitä voivat olla roudan syvyys, tuulisuus, ilman lämpötila sekä lumen määrä ja vesiarvo. (Vienonen et al. 2012, s. 9)



Kuva 1. Pohjavedenpinnan korkeus vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Kuvassa on eteläisemmälle Suomelle tyypillinen pohjavedenpinnan vaihtelu. (SYKE, piirros Oili Ahola)

Pitkällä aikavälillä pohjavesimuodostuman koolla ja maaperän laadulla on myös merkitys pinnankorkeuden vaihtelulle. Pohjavedenpinnan etäisyys maanpinnasta vaikuttaa muutoksien nopeuteen ja voimakkuuteen. Mitä suurempi on etäisyys, sitä heikompina ja hitaampina muutokset tapahtuvat. (Vienonen et al. 2012, s. 9)

### 2.3 Tekopohjavesi

Tekopohjavettä tuotetaan imeyttämällä pintavettä tai kerättyä sadetta akviferiin. Imeytettävää vettä voidaan tarvittaessa esikäsitellä. Esikäsitellyllä vähennetään maaperän huokosten tukkeutumisen riskiä ja parannetaan vedenlaatua. Imeyttäminen voidaan toteuttaa imeytysaltailla, sadetuksella tai injektiokaivoilla. Tekopohjaveden tuotannossa pyritään hallitsemaan maanalainen virtaus, jolloin pohjavesivyyhykettä voidaan säännöstellä haluttujen vaikutusten aikaansaamiseksi. Näitä voivat olla esimerkiksi vaikutukset veden viipymäaikaan akviferissa, hyötysuhteen parantaminen tai ympäristövaikutusten hallitseminen. (Mälkki 1999, s. 163)

### 2.4 Pohjavesien luokittelu

Pohjavesialueella tarkoitetaan sitä aluetta, jolla on vaikutusta pohjaveden laatuun tai sen muodostumiseen (Mäkinen 2005, s. 24–25). Ympäristöhallinnon kartoittamia pohjavesialueita on Suomessa noin 6600 kappaletta, joita on jaettu kolmeen eri luokkaan.

I-luokkaan kuuluvat ovat vedenhankintaa varten tärkeitä pohjavesialueita, ja niitä on 2300. II-luokkaan kuuluvat ovat vedenhankintaan soveltuvia alueita, ja niitä on 1500. Loput alueet on luokiteltu luokkaan III, jotka ovat muita pohjavesialueita (Isomäki et al. 2007, s. 20). Tällä hetkellä on meneillään uusi pohjavesien luokittelu, jossa tarkennetaan 1- ja 2-luokan pohjavesialueiden määritelmää. Samalla poistuu III-luokka kokonaan. ELY-keskus ottaa tulevaisuudessa käyttöön uuden E-luokan, johon pohjavesialue luokitellaan, mikäli pintavesi- tai maaekosysteemi on siitä suoraan riippuvainen. (Suomen ympäristökeskus 2016a)

## 2.5 Pohjavesi ja ekosysteemit

Pohjavedestä riippuvaisia ekosysteemejä suojellaan monilla EU-direktiiveillä, kansallisella lainsäädännöllä ja ympäristöohjelmilla, mutta näistä säädöksistä ja toiminnoista huolimatta ne ovat ihmisen toiminnan vaikutuksille alttiita. Keskeisin vesihuollosta aiheutuva uhka pohjavedestä riippuvaisille ekosysteemeille on liian suuri pohjavedenotto, joka laskee pohjaveden pinnankorkeuksia tai vaikuttaa virtaamiin, jolloin ekosysteemeillä on käytössään vähemmän pohjavettä. (Klöve et al. 2011a&b)

Pohjavedestä riippuvat ekosysteemit voidaan määritellä sen mukaan, miten niiden rakenne tai toiminta ovat riippuvaisia pohjavedestä saatavasta vedestä. Pohjavesimuodostuma purkautuu usein maanpäällisiin tai vedenalaisiin ekosysteemeihin. Suomessa yleisimpiä pohjaveteen vuorovaikutuksessa olevia ekosysteemejä ovat lähteet, suoalueet, virtavedet sekä järvet ja lammet. Akviferi voidaan myös nähdä itsessään ekosysteemiksi. Nämä ekosysteemit voivat muodostaa monipuolisen kasvualustan kasvillisuudelle ja eliöstölle. Muun muassa lähteiden ravinne- ja lämpötila sekä hydrologia luovat poikkeukselliset olosuhteet, jossa elää juuri niihin olosuhteisiin sopeutunutta eliölajistoa (Päätaalo et al. 2007 s. 12–13). Pohjavedestä riippuvia ekosysteemejä voidaan jaotella myös sen mukaan miten ajallisesti ne ovat riippuvia pohjavedestä. Esimerkiksi suoalue voi olla vuoden ympäri riippuvainen pohjavedestä, mutta lähde voi kuivua talvella pohjavedenpintojen ollessa matalalla. Ekosysteemit voivat olla myös riippuvaisia pohjaveden määrän lisäksi laadusta, jolloin muutokset pohjaveden kemiallisessa tasapainossa saattavat vaikuttaa koko ekosysteemiin. Pohjavesiekosysteemien suojeleminen on tärkeää, sillä ne tukevat monipuolista biodiversiteettiä ja tarjoavat elinympäristön useille uhanalaisille lajeille. (Klöve et al. 2011a)

Vuonna 2011 ympäristöministeriön asettama työryhmä on todennut, ettei pohjavedestä riippuvia pintavesi- ja maaekosysteemejä ole otettu riittävästi huomioon pohjavesialueiden rajaamisessa ja luokittelussa. Samalla työryhmä ehdotti, että vedenhankinnan kannalta tärkeisiin ja soveltuviin luokkiin 1 ja 2 yhdistetään vesienhoitolainsäädännön edellyttämällä tavalla pohjavesimuodostumat, joista pinta- tai maaekosysteemit ovat riippuvaisia. Muut ekosysteemeille merkittävät alueet luokiteltaisiin ehdotuksen mukaan E-luokkaan. (Britschgi 2014, s. 32–33)

Varsinaista laajaa kartoitusta ei ole tehty vesilaitosten vedenottoluviissa huomioituista pohjavedestä riippuvista ekosysteemeistä. Laajempaa lähdekartoitusta on tehty Suomessa ja viimeisimmän laskentatuloksen mukaan lähteitä olisi yli 30 000 (Kuusisto 2004, s. 6). Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Herttaan ja ympäristönsuojelun tietojärjestelmään Vahtiin on sisällytetty tietoa muun muassa vesivaroista, eliölajeista ja ympäristön kuormituksesta (Suomen ympäristökeskus 2016b).

## 2.6 Pohjavesien suojelu

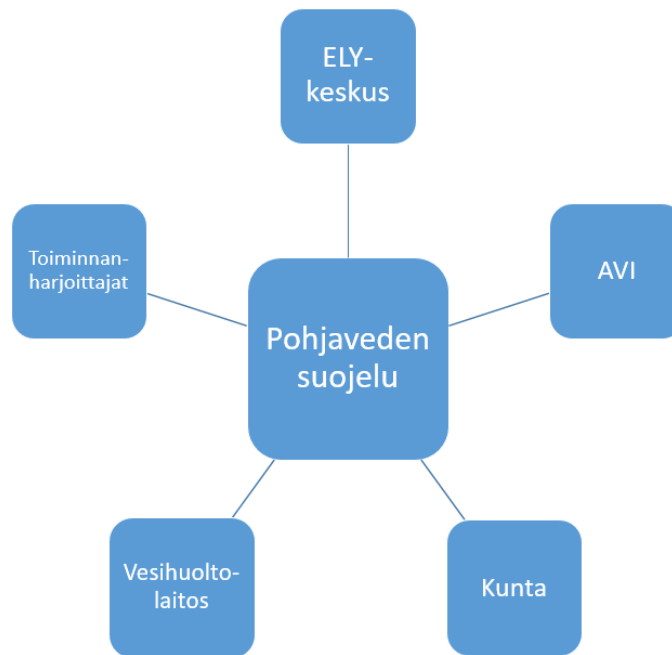
Tärkeimmät pohjaveden suojeluun liittyvät kansalliset säädökset sisältyvät ympäristönsuojelu- ja vesilakiin sekä lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. Näitä ovat muun muassa pohjavedenpilaamiskielto (YSL 17 §), vedenottamon vesioikeudelliset suoja-alueet (VL 4:11 §) sekä vesitaloushankkeiden luvanvaraisuus, jos se voi muuttaa pohjaveden laatua tai määrää (VL 3:2 §). Kansallinen vesienhoidon lainsäädäntö toteuttaa EU:n vesipolitiikan puitedirektiiviä (2000/60 EY). Lainsäädännön tavoitteena on parantaa pohjavesien määrällistä ja kemiallista tilaa edistämällä vesivarojen kestävästä käytöstä, estää pohjavesien pilaantumista ja vähentää jo tapahtuvaa pilaantumista. Pohjaveden suojeluun viitataan myös useissa lakien säännöksissä, kuten jätelaissa, maa-aineslaissa ja terveydensuojelulaissa. Kunnilla on myös mahdollisuus vaikuttaa pohjavesien suojeluun. Ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaan kunta voi antaa aluettaan tai sen osaa koskevia yleisiä määräyksiä, ympäristönsuojelulain täytäntöön panemiseksi. Ne voivat koskea muuta kuin ympäristönsuojelulain nojalla luvanvaraista toimintaa tai pykälien 61, 62 tai 78 mukaista ilmoitusvelvollista toimintaa. Kunnan ympäristönsuojelumääräykset konkretisoivat ympäristön suojelua ympäristönsuojelulain ja siihen liittyvien säännösten mukaisesti. Ympäristönsuojelumääräysten tavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja

vähentää tai poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja paikalliset olosuhteet huomioiden. (Suomen ympäristökeskus 2016c; Britschgi et al. 2009, s. 25)

Vedenottaja tai kunta laatii usein pohjavesialueille suojelusuunnitelman, joka on selvitys ja ohje, jota voidaan soveltaa maankäytön suunnittelussa ja viranomaisvalvonnassa sekä käsiteltäessä lupahakemuksia ja ilmoituksia. Sillä ei ole välittömiä tai sitovia juridisia seurausvaikutuksia. Pohjavesialueen suojelusuunnitelman tarkoituksena on turvata pohjavesivarojen säilyminen käyttökelpoisena ilman tarpeetonta maankäytön rajoittamista pohjavesialueella. Suojelusuunnitelman avulla voidaan myös tehostaa pohjaveden laadun tarkkailua. Sitä voidaan käyttää myös alueella, joka ei ole vedenhankintakäytössä. Siinä selvitetään pohjavesialueen hydrogeologiset ominaisuudet, kartoitetaan potentiaalisia pilaantumisriskitekijöitä sekä laaditaan toimenpidesuositukset jo olemassa oleville tai tuleville riskitekijöille. (Rintala et al. 2007, s. 7)

Kaivojen ja vedenottamoiden ympärille voidaan perustaa 30–100 metrin suojavyöhyke, jolla on voimassa käyttörajoituksia (MTK ry 2016). Suoja-alueen perustamiseen vaaditaan päätös ympäristölupavirastolta. Suomessa on suhteellisen vähän suoja-alueita verrattuna pohjavesialueiden määrään, sillä suoja-alueen muodostamisprosessi on pitkä, suoja-aluepäätöksistä on usein valitettu ja korvauskysymyksissä voi olla näkemyseroja. Suoja-aluekäytäntö on myös menettänyt hieman merkitystään pohjaveden pilaamis- ja muuttamiskiellon vuoksi, joka koskee koko pohjavesialuetta. (Rintala et al. 2007, s. 9)

Pohjaveden suojelun keskeiset toimijat on esitetty kuvassa 2. Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus (ELY-keskus) vastaa pohjavesien suojelun ohjauksesta, valvonnasta, suojelusuunnitelmien ohjauksesta ja pohjavedenottamoiden valvonnasta. ELY-keskus ohjaa myös alueellisten vesihuollon yleissuunnitelmien ja kuntien vesihuollon kehittämissuunnitelmien laadintaa. Aluehallintovirasto (AVI) on luvan myöntävä viranomainen ja ratkaisee ympäristösuojelulain ja vesilain mukaisia lupa-asioita. Kunnat valvovat yhdessä ELY-keskuksen kanssa pohjavesien suojelua ja osallistuvat suojelusuunnitelmien laatimiseen. Vesihuoltolaitokset ovat yhteistyössä kuntien ja ELY-keskuksen kanssa suojelusuunnitelmien laadinnassa ja heillä on mahdollisuus hakea vedenottamolle vesilain mukainen suoja-alue. Toiminnanharjoittajat ovat vastuussa siitä, ettei heidän toiminta aiheuta pohjaveden pilaantumista, ja heillä tulee olla asianmukaiset luvat toimintaansa AVI:sta tai kunnalta. (Suomen ympäristökeskus 2016c)



Kuva 2. Pohjaveden suojeluun liittyvät keskeiset toimijat (Suomen ympäristökeskus 2016c).

Vesienhoitosuunnitelmien laatimisesta ja tavoitteista on säädetty vesienhoidon ja merenhoidon järjestämistä (1299/2004, vesienhoitolaki) koskevassa laissa ja sen nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (1040, vesienhoitoasetus). Vesienhoidon suunnittelua ohjaavat ELY-keskuksien nimeämät yhteistyöryhmät. Kansalaisilla on myös mahdollisuus esittää oma kantansa eri kuulemisjaksojen aikana. Pohjavesien vesienhoitosuunnitelmiin kuuluvat pohjavesialueille kohdistuvat pilaantumiseriskit, vesien tilan parantaminen sekä pohjaveden määrällisen ja kemiallisen tilan seuranta. Vesienhoitosuunnitelmien lisätoimenpiteeksi on esitetty tutkimustiedon lisäämistä pohjavesimuodostumien hydrogeologisista olosuhteista, pohjavesien laadusta ja siihen vaikuttavista riskeistä. Pohjavesien suojelusuunnitelmien laatiminen ja tarkistaminen toimivat keinona koota ja päivittää näitä tietoja. Vesienhoitosuunnitelmat tukevat valtion ja kuntien viranomaisten päätöksentekoa ja ne tulee ottaa huomioon päätöksiä tehtäessä. Vesienhoidon tavoitteena on saavuttaa pinta- ja pohjavesien hyvä tila koko EU:ssa, jonka aikana vesien tila ei saa heiketä. (Suomen ympäristökeskus 2015b; Pohjavesien suojeluun liittyvän sääntelyn kehittämistä valmistelevan työryhmän raportti 2012, s. 13–14).

## **2.7 Vedenhankinta**

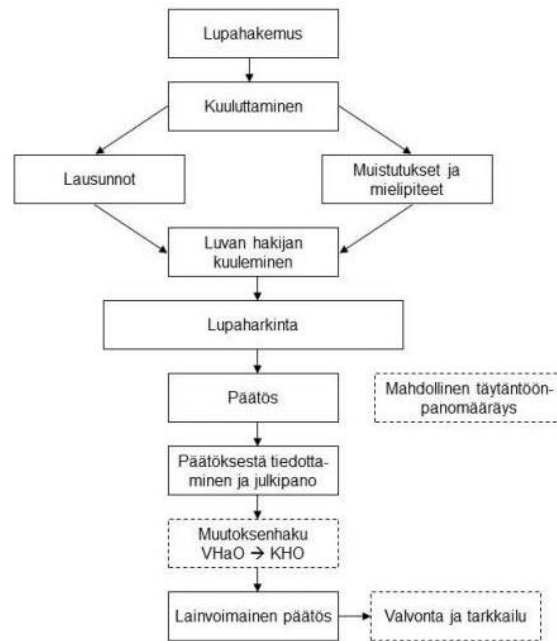
### **2.7.1 Pohjavesitutkimukset**

Pohjavesitutkimushankkeessa määritellään aluksi hankkeen tavoite ja sen laajuus. Tavoitteen määrittelyssä pitää ottaa huomioon muun muassa olemassa oleva tutkimusaineisto, hankkeen aikataulu, kustannusarvio ja konsulttien tarve. Lähtöaineistona hankkeelle toimivat usein esimerkiksi aiemmin määritetyt pohjavesialuekartat, vesi- ja ympäristöhallinnon sähköinen pohjavesitietojärjestelmä (POVET) ja aikaisemmat tutkimusaineistot. Pohjavesitutkimuksiin on oltava maanomistajan lupa, ja jos asiasta ei päästä yhteisymmärrykseen, lupaa voidaan hakea kunnan ympäristöviranomaiselta. Tutkimukset teetetään usein ulkopuolisilla konsulteilla, joille laaditaan hankkeesta tehtävänkuvaus. Pohjavesitutkimuksien valinta riippuu ongelmanasettelusta tai tarpeesta. Vesihuoltoa varten tehtäviä tutkimuksia ovat kaivo- ja lähdekartoitukset, pohjavedenottoaikan tutkimus, pitkäaikainen koepumppaus ja kaivopaikkatutkimus. Pohjavesien- ja pintavesien välistä yhteyttä voidaan tutkia veden stabiileilla isotoopeilla, lämpökamerakuvauksella ja pohjaveden tarkkailuputkilla. Ratkaisevimpia tutkimuksia on pohjaveden koepumppaus, joka määrää pitkälti pohjavesiesiintymän käyttökelpoisuuden. Tutkimusten tuloksista saadaan kuva esiintymän käyttökelpoisuudesta, olosuhteista, antoisuudesta ja toiminnan vaikutuksista ympäristöön. (Suomen Vesiyhdistys 2005, s. 15–16 & 22).

### **2.7.2 Lupaprosessi**

Vesihuoltolaitoksen tarpeisiin tuleva vedenotto vaatii aina AVI:n luvan (Aluehallintovirastot 2015a). Ennen varsinaisen vedenottoluvan hakemista haetaan yleensä koepumppauslupaa. Koepumppauksella pystytään arvioimaan tarkemmin akviferin antoisuutta, pumppauksen vaikutuksia pohja- ja pintaveden pinnankorkeuksiin ja vaikutuksia ekosysteemeihin. Näistä tutkimuksista saadaan yleisesti hyvin tietoa siitä, millaisia vaikutuksia pohjavedenotolla on ympäristöön, ja niitä voidaan käyttää varsinaisen luvan hakemisessa. Luvan hakeminen noudattaa kuvassa 3 esitettyä kaaviota. AVI tiedottaa lupahakemuksesta kuulutuksella. Viranomaiset antavat hakemuksesta lausuntonsa, asianosaiset saavat tehdä muistutuksia ja hankkeen vaikutusalueen asukkaat voivat esittää omat mielipiteensä. Lausunnon antava viranomainen on paikallinen ELY-keskus. AVI pohjaa päätöksensä annettuihin lainsäädäntöön sekä annettuihin

lausuntoihin ja muistutuksiin. Sen päätöksestä voi valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja siitä edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen (Aluehallintovirastot 2015b).



Kuva 3. Pohjavedenoton luvan Hankintaprosessin vaiheet (Aluehallintovirastot 2015b).

### 2.7.3 Hyväksyttävyyys

Pohjavedenoton hyväksyttävyyttä viittaa tässä työssä ilmapiiriin, jossa vesilaitoksen toimet nähdään paikallisesti kestäväksi ja sosiaalisesti hyväksyttäväksi (Rantala 2016). Hyväksyttävyyden hakeminen tarkoittaisi vesilaitoksen toimia, joilla voidaan vähentää vedenoton vastustuksen riskiä, esimerkiksi paremmalla keskusteluyhteydellä ja vuorovaikutteisella suunnittelulla. Vesihuoltolaitoksen pohjavedenotto saattaa esimerkiksi aiheuttaa intressien ristiriitoja pohjavesialueen tai sen lähialueen asukkaiden, mökkiläisten sekä maanomistajien kanssa.

Useissa ristiriitatilanteissa osapuolten eriävät intressit voivat muodostaa keskenään konfliktin. Intressejä voivat olla muun muassa taloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset tai esteettiset edut. Haittojen ja hyötyjen epätasainen jakautuminen tai epätasaisen jakautumisen kokeminen on yksi merkittävä tekijä intresseihin perustuvissa konflikteissa. Käytännössä maanomistajat ja asukkaat voivat olla esimerkiksi sitä mieltä, että pohjavedenotto rajoittaa heidän maankäyttönsä oikeuksiaan, laskee pohjavedenoton vaikutusalueella tonttien arvoa tai vedenotto vaikuttaa heidän omien kaivojen pinnankorkeuksiin. Vesihuoltolaitoksen ja maanomistajien tai asukkaiden ristiriidat liittyvät yleensä pohjavedenoton ympäristövaikutuksiin tai maankäyttöön.

Pohjavedenoton vaikutuksiin liittyy usein huomattavaa epävarmuutta, jolloin voi ilmetä kamppailua siitä, kuka virallista tietoa tuottaa ja kuinka siihen luotetaan. (Myyrä 2007, s. 8–9; Peltonen & Villanen 2004, s. 22)

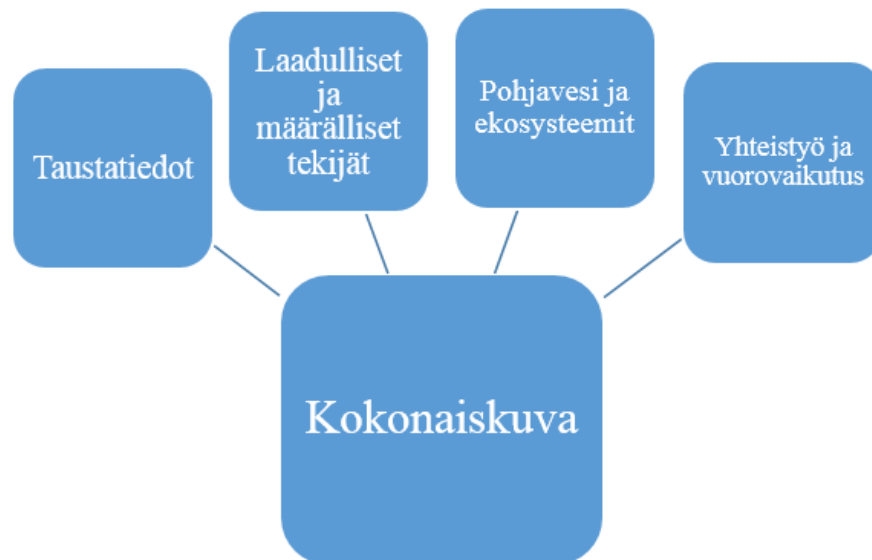
Ristiriidat saattavat myös liittyä arvoihin. Sosiaaliset arvot ovat pysyviä, tavoitteita koskevia ja ympäristöstä opittuja valintataipumuksia (Allardt 1988, s. 51). Arvoja voi olla sekä yksilöillä että organisaatioilla (Peltonen & Villanen 2004, s. 24). Perusarvot voivat olla osa identiteettiä, jolloin ristiriidat niiden kanssa voivat olla vaikeasti neuvoteltavissa (Fiske 2000, s. 331–332). Kompromissien tekeminen on arvoihin perustuvissa ristiriidoissa haastavaa, sillä ne eivät ole intressien tavoin neuvoteltavissa (Peltonen & Villanen 2004, s. 22).

Osapuolten välinen vuorovaikutus saattaa olla myös osasyynä keskinäisten ristiriitojen syntymiseen. Vuorovaikutuksen voidaan nähdä alkavan jo pohjavedenoton suunnitteluvaiheessa (Myyrä 2007, s. 31). Tyypillinen malli maan- ja luonnonvarojen käytön tapauksille on suunnittelun ja päätöksenteon suljettu malli, jossa valmiit suunnitelmat ja päätökset esitellään osallisille, ilman että heillä on todellista vaikutusvaltaa muuttaa jo tehtyjä suunnitelmia. Tämä toimintatapa on altis ristiriitojen kärjistymiseen, sillä omia intressejään tai arvojaan puolustavien osapuolten on turvauduttava äärimmäisiin keinoihin, kuten valittamaan viranomaisille tai käymään oikeutta, jotta jo tehtyjä päätöksiä tai suunnitelmia muutettaisiin. (Peltonen & Villanen 2004, s. 25)

## 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 3.1 Kysely

Kyselyä käytettiin kartoittamaan vesilaitosten taustatiedot, ongelmien tyypit, mahdolliset ratkaisukäytännöt ja riskien sekä ongelmien suhteutuminen toisiinsa. Sen rakenne jaettiin viiteen eri osaan, joissa kysymykset koskivat vesilaitoksen taustatietoja, pohjaveden laatua ja määrää, ekosysteemien huomioimista pohjavedenotossa, vesilaitoksen vuorovaikutusta ja yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa sekä kokonaiskuvaan, jossa eri haasteita suhteutetaan toisiinsa (kuva 4).



Kuva 4. Vesilaitoksille lähetetyn Webropol -kyselyn rakenne.

Kysely muodostettiin Webropol-pohjaiseksi. Kysely testattiin muutamilla ulkopuolisilla ja sen tarkasti myös ympäristöministeriön edustaja. Kysely on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1. Sen rakenne pyrittiin luomaan mahdollisimman selväksi ja helpoksi vastaajalle. Kyselyn vastauksista pystyttiin tunnistamaan mahdollisia ongelmia sekä niiden vaihtelevuutta. Näitä tuloksia voitiin käyttää pohjana haastatteluissa ja niiden suunnittelussa. Kysely lähetettiin 2.12.2015 vastaajien sähköposteihin ja viesti sisälsi linkin kyselyyn sekä saatekirjeen, jossa selitettiin, mihin tarkoitukseen kyselyä tehdään. Noin kaksi viikkoa kyselyn lähettämisestä 15.12.2015 muistutettiin kyselystä, ja sen linkki suljettiin viiden viikon kuluttua 9.1.2016.

Kyselyn taustatietoa kartoittavilla kysymyksillä haettiin perustietoa vesilaitoksista, jotta vastauksia pystyttiin vertailemaan. Vertailussa otettiin huomioon muun muassa vesilaitoksen sijainti, pumppausmäärä, käytettävien pohjavesialueiden lukumäärä, käytettävä tekopohjaveden määrä ja mistä pohjavesi pumpataan. Laadullisilla ja määrällisillä kysymyksillä pyrittiin kartoittamaan, mitä laatu- ja määräongelmia pidetään vesilaitoksilla haastavina, ja miten vesilaitokset ovat ratkaisseet näitä ongelmia.

Pohjavesi ja ekosysteemit -osion kysymyksillä haettiin tietoa siitä, miten ympäristöarvot ovat vaikuttaneet vesilaitoksen toimintaan tai miten ne ovat huomioituina toiminnassa. Kysymyksillä on pyritty selvittämään, mitkä ekosysteemit ovat huomioituina nykyisessä ja tulevassa pohjavedenotonluvassa sekä miten vesilaitokset ovat pyrkineet vähentämään ympäristövaikutuksia. Haastatteluissa kysyttiin lisäksi, miten vesilaitokset ovat huomioineet tulevan uuden pohjavesialueiden E-luokituksen.

Yhteistyö ja vuorovaikutus -osiossa on selvitetty, miten vesilaitoksen yhteistyö toimii eri sidosryhmien kanssa, mihin asioihin ongelmat yhteistyössä liittyvät ja mitkä tekijät vastaajien mielestä ovat edistäneet hyvää yhteistyötä. Vastaajille annettiin myös mahdollisuus kertoa miten kuntaliitokset ovat vaikuttaneet vedenottoon.

Kokoavilla kysymyksillä kartoitettiin, miten merkittävänä ongelmina tai haasteina vesilaitokset pitivät edellä mainittuja seikkoja. Nämä kysymykset edistivät eri ongelmien ja haasteiden vertailua keskenään.

### **3.2 Tilastolliset menetelmät**

Kyselyn tulosten käsittelyssä käytettiin tilastollista analyysiä erilaisten riippuvuuksien tunnistamisessa. Kyselyn tilastollisen analyysin tekemisessä on käytetty IBM SPSS -ohjelmistoa. Analyysissä käytettiin ei-parametrisiä -testejä, sillä useimmissa kysymyksissä vastausten jakauma ei noudattanut normaalijakaumaa tai kysymykset oli asetettu kategorisiksi. Vastausten normaalijakautumisen testaamisen voidaan käyttää Kolmogorov-Smirnov-testiä, joka soveltuu jatkuvan muuttujan tai järjestysluvullisen muuttujan tapaukselle (Sheskin 2000, s. 133–134). Tämä soveltuu esimerkiksi asukastiheyden tai asteikollisen kysymyksen vastausten normaalijakautuneisuuden testaamiseen. Ohjeellisena merkittävyytasona on pidetty arvoa 0,05.

### 3.2.1 Khiin neliö

Khiin neliö -testi soveltuu kategorisen datan käsittelyyn, jonka pohjalta voidaan luoda ristitaulukkoja. Khiin neliö -testiä käytetään tässä työssä kahden tai useamman kategorisen muuttujan tapauksessa, kun arvioidaan, ovatko tekijät riippuvia toisistaan. Testi mittaa havaitun ja hypoteettisen ristitaulukoinnin eroa khiin neliö -testimuuttujalla ( $\chi^2$ ). Hypoteettinen ristitaulukko voi perustua jo olemassa olevaan tietoon tai todennäköisyyksiin. Tässä työssä hypoteettinen ristiintaulukointi perustui todennäköisyyksiin.  $\chi^2$ -testimuuttuja lasketaan kaavalla (1):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

missä n on havaintojen kokonaismäärä, O on havaittu frekvenssi ja E odotettu frekvenssi hypoteettisesta ristiintaulukoinnista.  $\chi^2$ -testimuuttuja noudattaa likimain  $\chi^2$  -jakaumaa, vapausastein (rivien määrä-1) \* (sarakkeiden määrä-1). Vapausasteet on merkitty tässä työssä lyhenteellä df.  $\chi^2$ -todennäköisyysjakaumasta määritetään p-arvo, joka vastaa asetettuun kysymykseen. Lasketta testimuuttujaa verrataan khiin neliö-jakauman arvoon tietylle luottamusvälille, joka on yleensä p = 0,05. Jos perusjoukosta ei löydy riippuvuutta tai eroa ryhmien välillä, niin nollahypoteesi hyväksytään. (Sheskin 2000, s. 147–167; Taanila 2016)

$\chi^2$ -testin oletuksia ovat, että näytteet ovat satunnaisia populaatiosta ja ristiintaulukoinnin solujen tulee olla vähintään arvoltaan 5. Jos vapausasteita on vain yksi (2x2 ristitaulukko), yksikään odotettu frekvenssi ei saa olla alle 5. Suuremmissa ristitaulukoissa alle viiden suuruisia odotettuja frekvenssejä saa olla enintään 20 % kaikista odotetuista frekvensseistä. Alle yhden suuruisia odotettuja frekvenssejä ei saa olla lainkaan ristitaulukossa. Ongelmia voidaan yrittää vältellä muokkaamalla taulukkojen jaottelua järkevällä tavalla, esimerkiksi yhdistämällä mielipideasteikossa erittäin hyvä- ja hyvä-vaihtoehdon keskenään, jolloin odotetut frekvenssit ovat todennäköisesti suurempia kuin viisi. Tällainen yhdistely ei saa kuitenkaan vääristää tuloksia.  $\chi^2$ -testi ei kerro miten vahva muuttujien välinen vuorovaikutus on tai millainen sen merkitys on populaatiossa. Testi on myös herkkä näytteen koolle. (Sheskin 2000, s. 147–167; Taanila 2016)

### 3.2.2 Mann-Whitney U & Kruskal-Wallis

Mann-Whitney U -testiä käytetään kahden eri ryhmän vastausten vertailtuun. Testin nollahypoteesi on, että näytteet tulevat samasta populaatiosta, jolloin niillä on sama mediaani. Sitä voidaan pitää ei-parametrisena vastineena kaksisuuntaiselle t-testille (Sheskin 2000, s. 289; Saarela et al. 2015). Tässä tutkimuksessa tätä voidaan käyttää esimerkiksi selvittämään, eroaako tekopohjavettä tuottavien laitoksien hyväksyttävyyden arvottaminen muista vesilaitoksista. Testimuuttujien tunnukset on tässä työssä merkitty Mann-Whitney U -testille  $X_m$  ja Kruskal-Wallis-testille  $X_k$ .

Kruskal-Wallis-testi on laajennus Mann-Whitney U -testistä kolmelle tai useammalle näytteelle. Testin nollahypoteesi on sama kuin Mann-Whitney U -testissä, eli onko näytteillä sama mediaani, jolloin niiden voidaan olettaa tulevan samasta populaatiosta. Mann-Whitney U- ja Kruskal-Wallis-testi olettavat, että näytteet ovat riippumattomia toisistaan, satunnaisesti valittuja sekä näytteiden jakaumien oletetaan olevan identtisiä. Tarkasteltujen muuttujien tulee olla jatkuvia tai järjestysasteikollisia. (Sheskin 2000, s. 595; Saarela et al. 2015)

### 3.2.3 Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin

Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin -testi on ei-parametrinen vastine Pearssonin korrelaatiokerroin -testille. Testillä testataan, millainen korrelaatio on kahden eri muuttujan tulosten välillä. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin ( $\rho$ ) eroaa Pearssonin järjestyskorrelaatiosta siten, että se ei oletta, että muuttujat ovat normaalijakautuneita. Testin nollahypoteesi on, että muuttujien suuruusjärjestykseen asetettujen arvojen järjestysnumeroiden välillä ei ole korrelaatiota. Testiä voidaan käyttää Pearssonin korrelaatiokertoimen tavoin monotonisen nousevan tai laskevan korrelaation havaitsemiseen. (Sheskin 2000, s. 863–864)

## 3.3 Haastattelu

Haastateltaviksi valittiin vesilaitoksia, joiden kyselyn vastauksista haluttiin kuulla lisää taustoja. Valintojen perusteina olivat muun muassa vesilaitoksen koko, ongelmien tyypit ja vesilaitoksen toimintaympäristö, kuten kaupunkialue tai maaseutu. Haastattelujen tavoitteena oli keskittyä paremmin kyselystä selvinneisiin ongelmiin ja antaa haastateltavien kertoa omat ajatuksensa keskeisimmistä asioista. Ne myös auttavat

vertailemaan esille tulleiden ongelmien ja riskien merkitystä vesilaitoksen näkökulmasta. Haastateltavat olivat enimmäkseen vesilaitosten toimitusjohtajia ja tuotantoinsinöörejä, mutta kaksi haastattelua tehtiin myös ELY-keskuksessa, joissa haastateltiin vesihuollon ja ympäristönsuojelun edustajaa. Alun perin haastattelut suunniteltiin tehtäväksi teemahaastatteluina, joissa käydään johdonmukaisesti läpi haastateltavan vesilaitoksen edustajan vastauksia kyselyyn sekä niiden taustoja. Kahden haastattelun jälkeen huomattiin, että haastattelujen rajallinen aika kannattaa käyttää muutamiin seikkoihin, jotka koskevat erityisesti haastateltavan vesilaitoksen haasteita. Haastattelutyylillä pysyi teemahaastattelutyypisenä, mutta haastatteluissa annettiin haastateltavalle vapauksia keskustella niistä asioista, jotka heitä koskettivat eniten. Tällä tavalla ei hukattu liikaa aikaa asioihin, jotka olisivat olleet haastateltavan tapauksessa epäolennaisia. Kysely toimii samalla eräänlaisena raamina, jolla pidettiin yllä haastattelujen kontekstia ja haastattelujen vertailtavuutta. Tällä haastattelutyylillä haastattelijalla on paremmat edellytykset nähdä asiat kuin haastateltavat ne näkevät (Bryman & Bell 2007, s. 477).

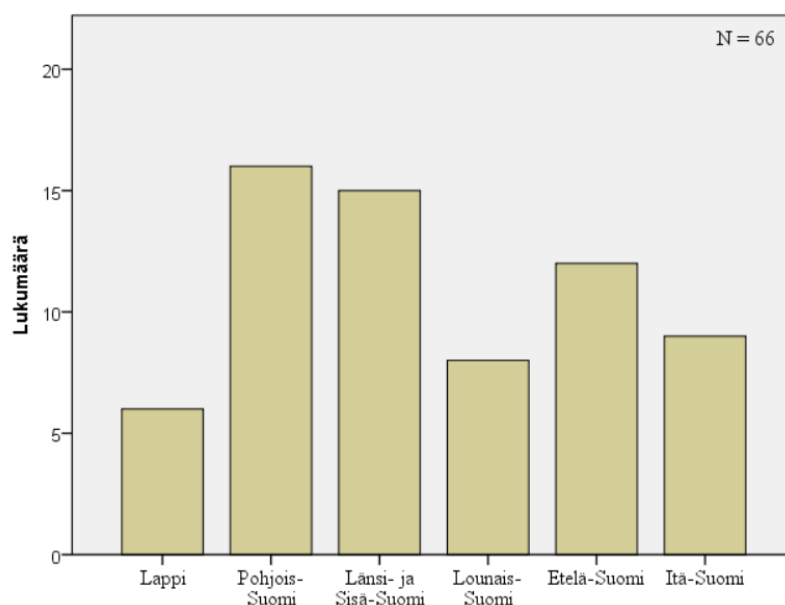
Haastattelut pyrittiin pitämään noin tunnin mittaisina, mutta tarvittaessa aikataulusta joustettiin. Haastatteluihin valmistauduttiin lukemalla haastateltavien kyselyn vastaukset ja yleiset taustat etukäteen. Näiden tietojen pohjalta osattiin ennakoida aihealueet, joihin kannattaa kiinnittää huomiota haastattelutilanteessa. Haastateltavien nimet ja paikkakunnat anonymisoitiin. Toimintatapa lisää luottamusta haastateltavan ja haastattelijan välille sekä rohkaisee kertomaan todellisen mielipiteensä heitä koskevista asioista (Saunders et al. 2009, s. 331). Haastattelut nauhoitettiin, jos haastateltava antoi siihen luvan. Tämän jälkeen haastattelut litteroitiin. Litteroinnissa kieli pidettiin mahdollisimman lähellä puhekieltä, mutta ylimääräisiä täytesanoja karsittiin, mikäli niitä ei pidetty asian kannalta merkityksellisenä.

## 4 TULOKSET

Kyselyn vastauksia saatiin kolmen viikon aikana yhteensä 82 kappaletta. Muutamat vesilaitokset olivat vastanneet kahteen kertaan, jolloin valittiin yksi heidän vastauksistaan. Yksi pintavesilaitos, tyhjä vastaus ja tiedot toiselta vesilaitokselta ottanut laitos jätettiin analyysistä pois. Tuloksissa lopullinen vastaajamäärä oli lopulta 77. Kyselyn kysymykset jaettiin viiteen eri teemaan, joita olivat taustakysymykset, laadulliset ja määrälliset riskit, pohjavedet ja ekosysteemit, hyväksyttävyyys ja yhteistyö sekä kokoavat kysymykset. Kasvokkain haastatteluja tehtiin vesilaitoksilla kahdeksan kappaletta sekä ELY-keskuksilla kaksi kappaletta. Puhelinhaastatteluita vesilaitoksille tehtiin kolme kappaletta.

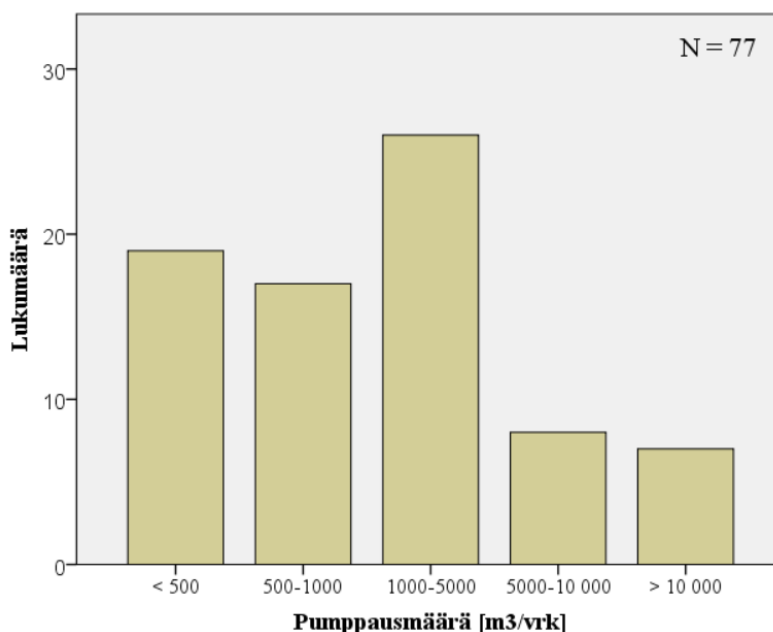
### 4.1 Taustatiedot

66 vastaajaa kertoi vesilaitoksensa nimen, jonka pohjalta määritettiin vesilaitoksen sijainti Suomessa. Vesilaitosten sijainnin mukaan heille määritettiin Väestörekisterikeskuksen tietokannan mukaan väestötiheys, joka oli päivitetty 31.1.2016. Maakuntien määrä kyselyn vastaajia kohden oli tilastolliseen analyysiin liian suuri, joten vesilaitokset jaoteltiin eri aluehallintovirastojen alle. Pohjois-Suomen AVI:n osuus korostuu todennäköisesti kyselyn toteuttajan eli Oulun yliopiston sijainnin vuoksi. Vesilaitosten jakauma aluehallintovirastoittain on esitetty kuvassa 5.



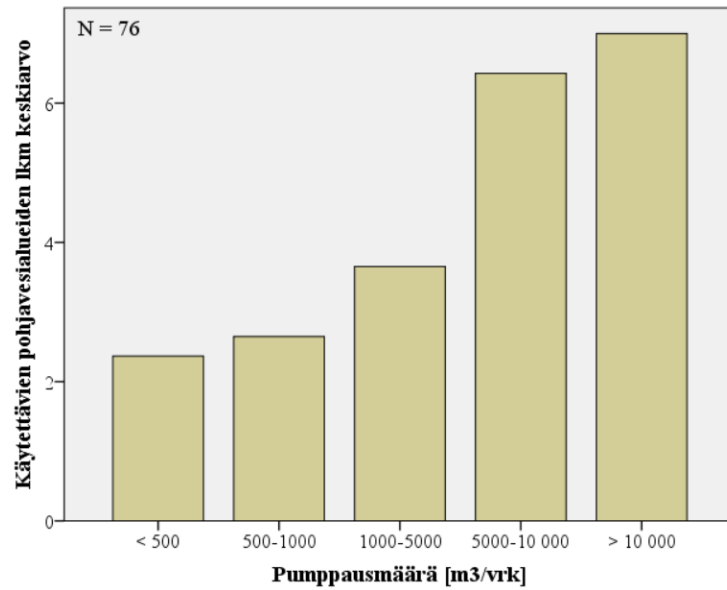
Kuva 5. Vastaajat jotka kertoivat vesilaitoksensa nimen, jaettiin aluehallintovirastoittain.

Kuvassa 6 on esitetty vesilaitosten ilmoittamat pumppausmäärät, joista voidaan päätellä vesilaitoksen kokoluokka. Tuloksissa on yhdistetty alle 100 ja 100–500 m<sup>3</sup>/vrk vesilaitosten vastaukset, sillä alle 100 m<sup>3</sup>/vrk laitoksia oli vain kolme kappaletta. Suurin osa vastaajista oli 1000–5000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavia vesilaitoksia, jotka ovat lähinnä keskisuurten asukaskeskittymien (noin 10 000 asukasta) aluetta. Pumppausmääriä 5000–10 000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk on osassa tilastollista analysointia yhdistetty, jos vastaajamäärä on ollut yksistään liian pieni tilastolliseen analyysiin.



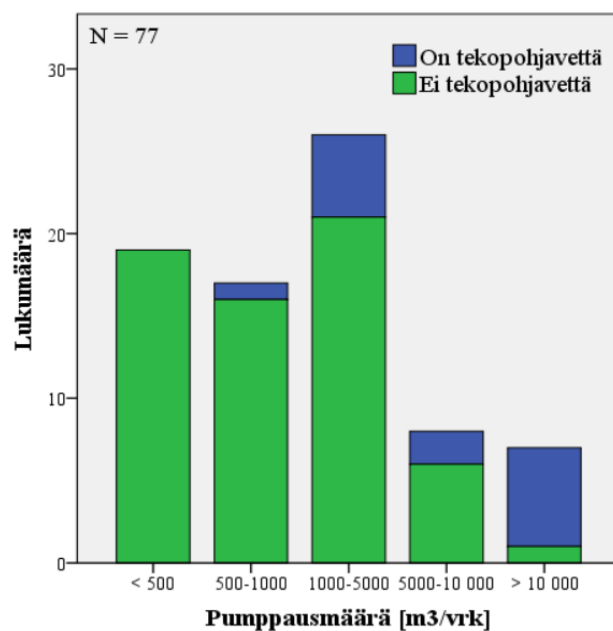
Kuva 6. Vastaajien lukumäärä pumppausmäärien mukaan.

Suurin osa kyselyyn vastanneista vesilaitoksista käytti pelkkää pohjavettä raakavetenään, mutta vastaajissa oli myös seitsemän vesilaitosta, jotka käyttivät raakavetenään pohjavettä sekä pintavettä. Noin puolella (49,4 %) vastanneista vesilaitoksista oli käytössään 1-2 pohjavesialuetta vedenottokäytössä. Vedenottoon käytettävien pohjavesialueiden määrä kasvaa, kun vesilaitosten koko kasvaa. Käytettävien pohjavesialueiden määrä kasvaa merkittävästi, kun pumppausmäärät ovat yli 5000 m<sup>3</sup>/vrk (kuva 7). Suomen pohjavesivarat ovat pirstoutuneet epätasaisesti, mikä luo runsaasti vaihtelua vesihuollossa tarvittavien pohjavesialueiden määrässä. Haja-asutus yleensä kasvattaa käytettävien pohjavesialueiden määrää, sillä monessa kylässä vettä on pumpattu omista pienistä vedenottamoista jo aiemmin, vesijohtoverkostoa ei välttämättä ole vedetty kauempaa haja-asutus alueille tai sitä ei ole kannattavaa rakentaa. Erityisesti Lapin seudulla käytettävien pohjavesialueiden määrä on suuri, johon haja-asutuksen määrä on yksi merkittävä tekijä. Kuvassa 7 on jätetty pois yhden vastaajan vastaus, jonka suuri pohjavesialueiden lukumäärä (34) olisi vääristänyt 5000–10 000 m<sup>3</sup>/vrk ryhmän tuloksia merkittävästi.



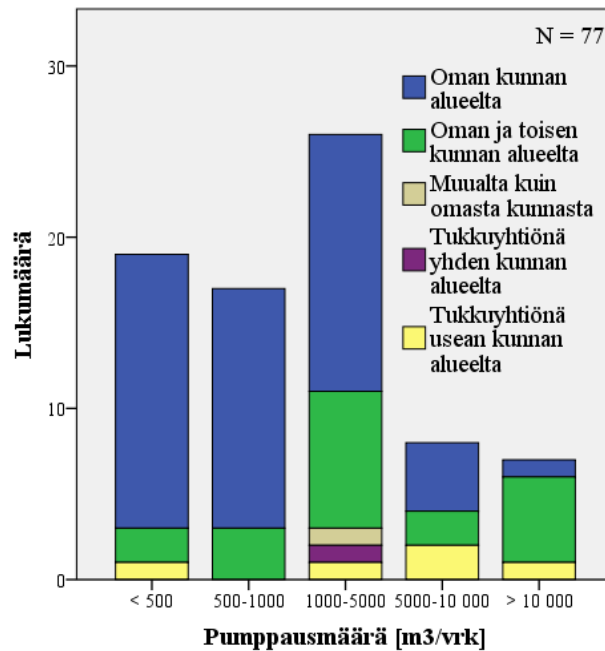
Kuva 7. Käytettävien pohjavesialueiden lukumäärän keskiarvo erikokoisilla vesilaitoksilla. 5000–10 000 m<sup>3</sup>/vrk ryhmästä puuttuu yksi vastaus, joka oli 34 pohjavesialuetta.

Suurin osa vastanneista vesilaitoksista ei käyttänyt tekopohjavettä, mutta sen käyttö luonnollisesti yleistyy vesilaitosten koon kasvaessa, mikä nähdään kuvasta 8. Erityisesti >10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavat laitokset käyttävät raakaveden tuotannossa runsaasti tekopohjavettä. Tekopohjaveden tuotanto sijoittuu lähinnä suurien asukaskeskittymien ympärillä toimiviin vesilaitoksiin. Sen etuja ovat muun muassa tasainen laatu, parempi suoja saastumiselta ja kemikaalikäsittelyn väheneminen. Tekopohjaveden käyttöä perustellaan myös vedentuotannon varmuuden turvaamisella sekä veden tasaisella lämpötilalla.



Kuva 8. Tekopohjaveden käyttö erikokoisilla vesilaitoksilla. Tekopohjaveden käyttö on hallitsevampaa suuremmilla vesilaitoksilla.

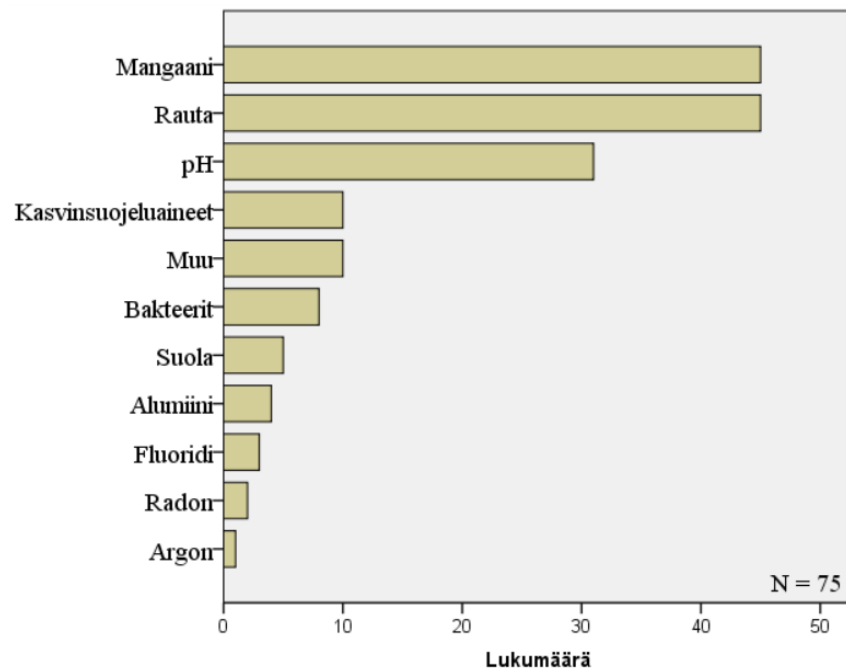
Kuvassa 9 on esitetty, mistä vastaajat pumppaavat pohjavetensä. Suurin osa kyselyyn vastanneista (62,3 %) pumppaa vain oman kunnan alueelta. Toisen kunnan alueelta pumppaaminen yleistyy vesilaitosten koon kasvaessa [5000–10 000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk yhdistetty ( $\chi^2 = 10,836$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0,013$ )] ja tiheimmin asutuilla seuduilla ( $N = 63$ ,  $X_m = 626$ ,  $p = 0,018$ ). Tämä on seurausta muun muassa kuntien rajallisesta käytettävien pohjavesialueiden määrästä, kuntaliitoksista sekä ylikunnallisesta yhteistyöstä ja veden ostamisesta toisen kunnan alueelta.



Kuva 9. Pumpatun pohjaveden alkuperä. Toisen kunnan alueelta pumpataan suhteessa useammin suuremmilla vesilaitoksilla.

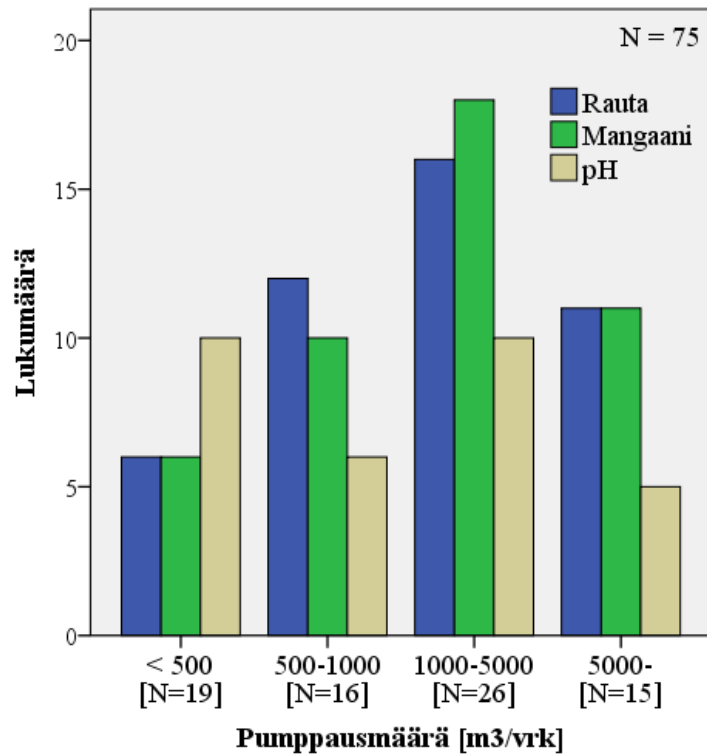
## 4.2 Laadulliset ja määrälliset riskit

Rauta, mangaani ja pH olivat yleisimpiä laatuongelmia vastanneiden vesilaitosten mielestä (kuva 10). Muut merkityt laatuongelmat olivat hyvin paikkakuntaakohtaisia. Bakteerit olivat ongelma lähinnä vanhoilla vedenottamoilla, jonne on kevään sulamisvesien tai muun pintavalunnan seurauksena päässyt bakteereja kaivorakenteisiin. Kyselyn vastaajat olivat ratkaisseet näitä ongelmia saneeraamalla vanhoja kaivoja ja nostamalla niitä korkeammalle maanpinnasta. Kasvinsuojeluaineita saattoi tulla taimitarhasta tai muusta vastaavanlaisesta lähteestä. Kasvinsuojeluaineet olivat ongelma lähinnä Etelä-Suomen aluehallintoviraston alueella. Muu-vaihtoehtoon vastaajat olivat luetelleet muun muassa kalsiumin, rautaa syövyttävät ominaisuudet, teollisuuspäästöt, nikkelin ja humuksen.



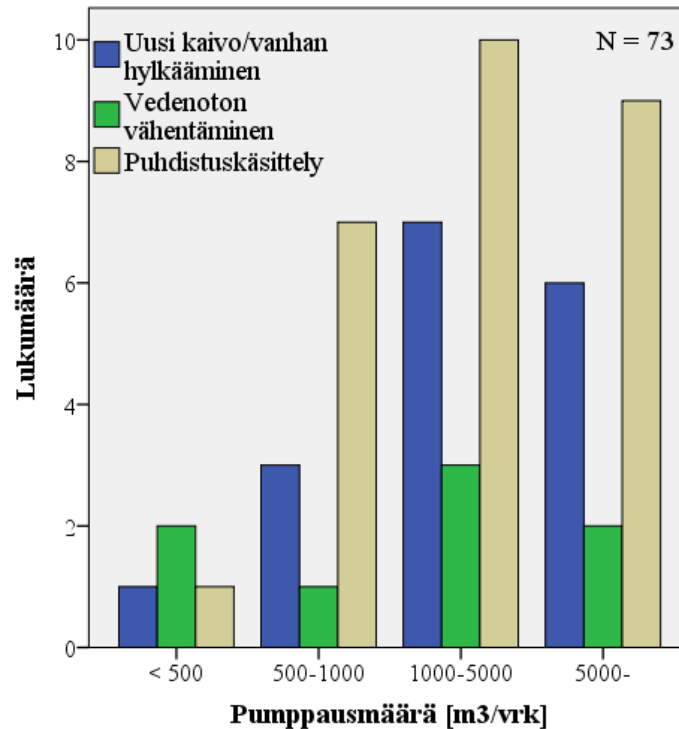
Kuva 10. Vesilaitosten laatuongelmat. Rauta ja mangaani olivat yleisimpiä laatuongelmia.

Yli 500 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla rauta- ja mangaaniongelmat olivat yleisempiä kuin sitä pienemmillä [5000–10 000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk yhdistetty (rauta:  $\chi^2 = 9,932$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,019$  ja mangaani:  $\chi^2 = 8,863$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,025$ )]. Tämä saattaa johtua siitä, että suuremmat vesilaitokset pumppaavat enemmän yksittäisiltä vedenottamoilta, jolloin rauta- ja mangaaniongelmien riski kasvaa hapetus-pelkistys-olosuhteiden tai pohjaveden virtauskuvan muuttuessa. pH on sen sijaan tasainen ongelma kaiken kokoisilla vesilaitoksilla Suomen pohjavesivarantojen happamuuden vuoksi. pH:ta ei välttämättä edes nähdä ongelmana vaan Suomen pohjavesien ominaisuutena. Pohjanmaan rannikkoseudulla esiintyy etenkin korkeita raudan, mangaanin ja orgaanisen aineen pitoisuuksia, sillä geologisen rakenteensa vuoksi pohjaveden virtaus muuttuu epäedulliseksi laadun kannalta. Pohjanmaan rannikkoseudulta saatiin kuitenkin vähän vastauksia tähän kyselyyn. Kyselyssä rauta- ja mangaaniongelmat jakaantuivat hyvin tasaisesti ympäri maan. Kuvassa 11 on yhdistetty 5000–10 000 ja yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppausmäärät. Pienillä vesilaitoksilla ongelmia ei juuri ilmene vedenottamisen vähyyden vuoksi, jolloin hyvälaatuista vettä riittää.



Kuva 11. Raudan, mangaanin ja pH ongelmien määrä vastauksissa eri vesilaitosten kokoluokissa. Pumppausluokkien yhteyteen on merkitty vastaajien määrä kyseisessä kokoluokassa. 5000–10 000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk kokoluokat on yhdistetty kuvassa.

Suuremmilla vesilaitoksilla käsitellään vettä useammin kuin pienemmillä vesilaitoksilla [ $< 500$  ja  $500\text{--}1000$  m<sup>3</sup>/vrk sekä  $5000\text{--}10\,000$  ja  $>10\,000$  m<sup>3</sup>/vrk vastaukset yhdistetty ( $\chi^2 = 8,465$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,015$ )]. Kuva 12 perustuu vastaajien antamiin avoimiin vastauksiin pohjaveden laadullisten ongelmien ratkaisusta. Kuvan 12 puhdistuskäsittely-termi voi viitata tässä tapauksessa mihin tahansa veden puhdistukseen, paitsi pH:n nostossa käytettäviin prosesseihin. Uuden kaivopaikan/vanhan kaivon hylkääminen yleistyy yli 5000 m<sup>3</sup>/vrk laitoksilla ( $\chi^2 = 6,524$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,038$ ). Pienempien vesilaitoksien ei yleensä ole tarvinnut tehdä juurikaan toimenpiteitä laatuongelmien välttämiseksi. Kyselyyn vastanneista alle 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla laitoksilla ongelmat ovat olleet pääosin vähäisiä. Happaman pohjaveden pH:n nostossa vastaajat käyttivät usein kalkkikivisuodatusta ja lipeää.



Kuva 12. Avoimista vastauksista laadullisten ongelmien ratkaisuihin liittyen koottiin pylväsdiagrammi. Puhdistuskäsittelyä käytetään useammin suuremmilla vesilaitoksilla.

Laatuongelmia voidaan yrittää vältellä etsimällä vertikaalisesti maaperästä parempilaatuisia pohjavesikerroksia, mutta Suomessa nämä pohjavesikerrokset eivät ole yleensä paksuja korkean peruskallion aseman vuoksi, jolloin riittävän paksujen hyvälaatuisten kerrosten löytäminen on haastavaa. Alle 5000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla laitoksilla laatuongelmat ovat kyselyn mukaan harvoin kovin suuria, jolloin raudan ja mangaanin käsittelyyn riittää yleensä ilmastus ja suodatus. Merkittävien rauta- ja mangaanipitoisuuksien käsittelyyn tarvitaan omia puhdistusprosessejaan, mutta yhden vastaajan vesilaitoksella rauta- ja mangaaniongelma järjestettiin pohjavesialueella pohjaveden hapettamisella, kun hapetettu pohjavesi uudelleenimeytetään maaperään, jolloin raudan ja mangaanin liukeneminen veteen vähenee hapetus-pelkistys olosuhteiden muuttuessa. Raudan ja mangaanin poistoon vaikuttaa myös pohjaveden humuspitoisuus, joka vaikeuttaa raudan ja mangaanin erotusta pohjavedestä. Pumppausmäärien säätelyllä ja hajautetulla vedenotolla voidaan myös vaikuttaa pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuuksiin. Vesien sekoitusta käytettiin yleisesti, varsinkin jos laatuongelmia ilmenee vain muutamilla vedenottamoilla. Sitä voidaan myös käyttää tasaamaan lämpötilaeroja, jotka saattavat olla ongelma pintavettä käyttävillä vesilaitoksilla. Paikallisesti muutamilla Etelä-Suomen alueilla on ilmennyt pohjavedestä kasvinsuojeluainejäämiä, joita on tarvittaessa käsitelty aktiivihiilisuodatuksella hyvin tuloksin.

Määrällisten ongelmien riskit vaikuttavat taulukoiden 1 ja 2 tulosten perusteella kasvavan, kun laitoksen koko ylittää 1000 m<sup>3</sup>/vrk. Noin 30 % vastanneista vesilaitoksista ilmoitti, että heillä on joitain määrällisiä ongelmia. Määrällisiä ongelmia kokevilla laitoksilla oli kyselyn perusteella käytössään enemmän pohjavesialueita kuin niillä laitoksilla, joilla ongelmia ei ole (N = 48; X<sub>m</sub> = 394,5; p = 0,024). Yleisimpänä määrällisen riskin uhkana vesilaitokset pitivät pidempiaikaista kuivaa kautta. Vähälumisesta talvesta vesilaitokset eivät juuri olleet huolissaan, vaikka kevään sulamisvedet täydentävät merkittävästi pohjavesivarastoja (Vienonen et al 2012 s. 9). Määrälliset ongelmat saattavat myös johtaa laatuongelmiin pohjavesipintojen laskiessa tai vähähappisen veden virratessa kaivoon. Muu-kohdassa vastauksina oli muun muassa raudan aiheuttamaa kaivojen tukkeutumista, suuria vuotoja ja antoisuuden virhearviointia. Kysymykseen vastaamatta jättäminen jättää tulkinnan varaa määrällisiin ongelmiin. Osa vastaajista oli vastannut, ettei ongelmia ole. Kyselyn ja haastattelujen antaman yleiskuvan perusteella vesilaitosten määrälliset ongelmat eivät ole Suomen mittakaavassa suuria. Vastanneet vesilaitokset olivat yleensä löytäneet ratkaisut määrällisiin ongelmiin kaivojen perustamisesta, vedenoton hajauttamisesta sekä varavesiyhteyksien perustamisesta naapurikuntien kanssa. Tekopohjavesiratkaisut ovat vähentäneet määrällisiä ongelmia niillä alueilla, joilla se on käytössä, sillä pohjaveden tuotanto ei ole tällöin riippuvainen vuotuisesta sadannasta.

Taulukko 1. Vesilaitosten lukumäärä pumppausmäärien mukaan, joilla on mainittuja määrällisiä ongelmia. Pidempiaikaista kuivaa kautta ja kuivaa kesää pidettiin yleisimmin määrällisten ongelmien syynä.

Pumppausmäärä [m <sup>3</sup> /vrk]	Kuiva kesä	Vähäluminen talvi	Pidempiaikainen kuiva kausi	Kaivon jatkuvat antoisuusongelmat	Muu
< 500	3	1	3	0	1
500–1000	1	0	1	0	0
1000–5000	5	1	5	4	2
> 5000	3	0	6	2	3
Yhteensä	12	2	15	6	6

Taulukko 2. Vesilaitosten lukumäärä koon mukaan, jolla oli määrällisiä ongelmia tai ei ollut. Taulukossa on huomioitu vain vastaukset. Vastaamatta jättäminen saattaa myös kertoa siitä, ettei ongelmia ole.

Pumppausmäärä [m <sup>3</sup> /vrk]	Kyllä	Ei
< 500	10	3
500–1000	10	1
1000–5000	3	9
5000–10000	0	6
>10 000	2	4
Yhteensä	25	23

Kyselyn tuloksissa määräongelmat jakaantuivat alueellisesti tasaisesti, mutta Itä-Suomen AVI:n alueella 100 % (N=5) vastaajista koki, ettei määrällisiä ongelmia ole lainkaan. Länsi- ja Sisä-Suomen alueella määrällisiä ongelmia esiintyi hieman useammin kuin muualla. Raudan ja mangaanin aiheuttamiin määrä- ja laatuongelmiin on haettu ratkaisuja pumppauksen säätelystä, hajautetusta vedenotosta, kaivojen puhdistuksesta, ongelmakaivojen jättämisestä varavesikaivoiksi tai niiden hylkäämisestä ja vesien sekoituksesta. Yhden haastateltavan mukaan ongelmakaivojen jättäminen varavesilähteeksi ei välttämättä ole hyvä käytäntö, jos vedenottamo jää seisomaan ilman käyttöä. Kun varavettä tarvitaan, ei ole täyttä varmuutta, millaista vettä varalla olevasta kaivosta saadaan tai millainen on pumppujen toimivuus. Parempi käytäntö olisi hänen mielestään, että pumpattaisiin vettä myös varavedenottamoista säännöllisesti, vaikka vain pieniä määriä.

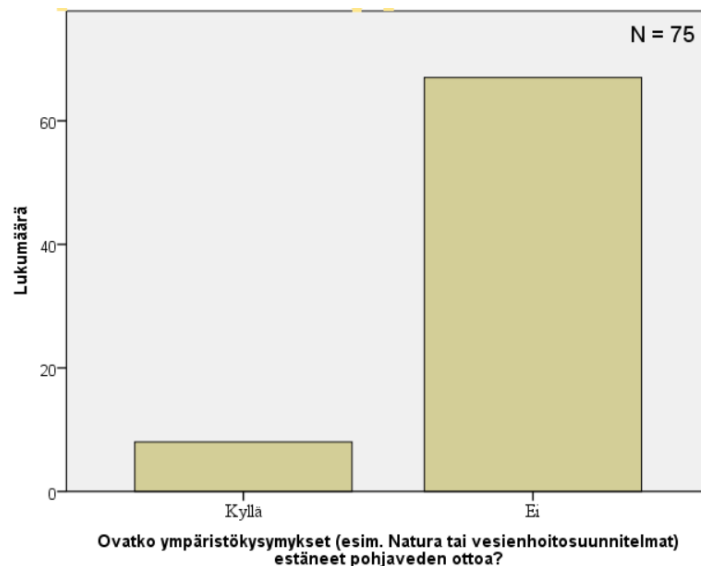
Pohjavedenotto saattaa vaikuttaa pohjavesialueen asukkaiden kaivoihin, jolloin vesilaitoksen yleinen menettely haastattelujen mukaan oli vastineeksi veloituseton liittyminen vesijohtoverkkoon. Yksi vesilaitos oli kyselyn mukaan perustanut vesiosuuskuntia alueille, jonne vedenoton vaikutukset ulottuvat. Tällä tavoin oli turvattu alueen vesihuolto.

Pohjaveden kemikaalikäsittelyä pyrittiin välttämään kohoavien kustannusten vuoksi, joten edellä mainittuja pohjaveden hyvän laadun säilyttämisen keinoja pyrittiin suosimaan vesilaitoksilla. Hajautetulla vedenotolla, jolla tässä tapauksessa tarkoitetaan useampaa vedenottamoita samalla pohjavesialueella, ja pumppauksen säätelyllä pyritään estämään raudan ja mangaanin liukeneminen pohjaveteen tai sakkautuminen kaivorakenteisiin. Kysely- ja haastatteluvastauksista kävi ilmi, että osalle vesilaitoksista ei ole täysin selvää, mitkä ovat hyviä kaivojen puhdistustekniikoita Suomessa. Paine- ja

happopesua oli käytetty kaivorakenteiden puhdistuksessa, mutta näiden tekniikoiden kestävyydestä ei ollut täyttä varmuutta. Ratkaisuina voivat olla muun muassa toisenlaiset kaivorakenteet tai pohjaveden käsittely maaperässä, esimerkiksi hapettamalla. Yksi haastateltavista kertoi, että he harkitsevat kaivorakenteita, joissa siivilänkaivon siivilän ulkopuolella olisi suolatiheikkökerros, joka voidaan tarvittaessa vaihtaa.

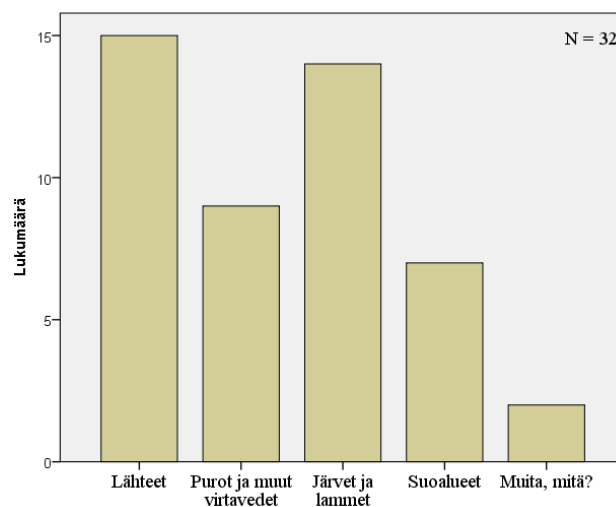
### 4.3 Ympäristö ja ekosysteemit

Ympäristökysymykset eivät ole estäneet vedenottoa suurimmalle osalle vastanneista vesilaitoksista (kuva 13). Tästä tuloksesta yksi mahdollinen tulkinta on, että ongelmat ovat harvemmin niin suuria, että vedenotto olisi estynyt, mutta ympäristökysymykset voivat silti asettaa rajoituksia vedenottoon. Haastatteluissa oltiin sitä mieltä, että ympäristökysymykset ovat vaikuttaneet uusien vedenottolupien hakemiseen ja uusien pohjavesialueiden käyttöönotto on aiempaa haastavampaa. Näitä vaikutuksia olivat muun muassa lupien määräaikaosuudet, ekosysteemien seurannan tarpeen lisääntyminen ja aiempaa pienemmät vedenottomäärät. Vesilaitosten koon yhteydestä vedenoton estymiseen ympäristökysymysten nojalla on kyselyn pohjalta vaikea sanoa luotettavasti, mutta alle 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavista vesilaitoksista 5,6 %:lla vedenotto oli estynyt ympäristökysymysten takia, kun molemmilla 1000–5000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla vastaava luku oli 15,4 %. Suuremmat vesilaitokset käyttävät enemmän pohjavesialueita ja saattavat pumpata suurempia määriä yksittäisiltä vedenottamoilta, jotka kasvattavat riskejä ekosysteemeille, sillä vaikutukset niihin ovat todennäköisemmin suuremmat. Vedenotto oli estynyt suurimmaksi osaksi Pohjois-Pohjanmaalla. Vesilaitokset olivat maininneet vedenoton estymiseen syiksi muun muassa Natura-alueen läheisyyden, harvinaisen kasvuston ja museoviraston. Haastatteluissa ei käynyt ilmi, että ympäristökysymykset olisivat vaikuttaneet jo olemassa olevien vedenottamoiden vedenottolupiin.



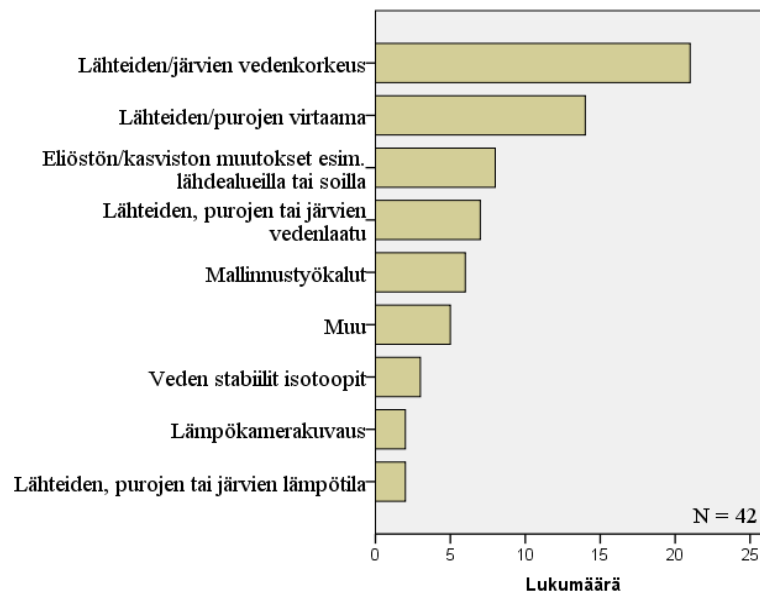
Kuva 13. Ympäristökysymykset eivät ole kokonaisuudessaan estäneet vedenottoa kovin usein. Noin 10,7 % vastanneista koki ympäristökysymysten estäneen vedenottoa.

Lähteet sekä järvet ja lammet olivat useimmiten huomioituina vastanneiden vesilaitosten nykyisissä ympäristöluvista, sillä nämä ovat yleisimpiä pohjavesistä riippuvia ekosysteemejä (kuva 14). Suoalueita oli huomioitu etenkin Pohjois-Pohjanmaalla, jossa sijaitsee useita luonnonvaraisia Natura-soita. Muutamalla vastaajista soita oli huomioitu Pirkanmaalla sekä Pohjois-Savossa. Etelässä suurin osa soista on ojitettu, jolloin niiden suojelulle ei ole ollut suuremmissa mittakaavassa perusteita. Muut-kategoriaan tuli vastauksia kiinteistöjen kaivoista. Suurin osa vedenottoluissa huomioituista lähteistä sekä puroista ja muista virtavesistä sijaitsi Etelä-Suomen AVI:n alueella. Jos oletetaan, että kysymykseen vastaamatta jättäneillä ei ole ekosysteemejä huomioitu pohjavedenoton luvassa, niin lähteet on huomioitu noin 20 %:ssa kyselyyn vastanneista vesilaitoksista.



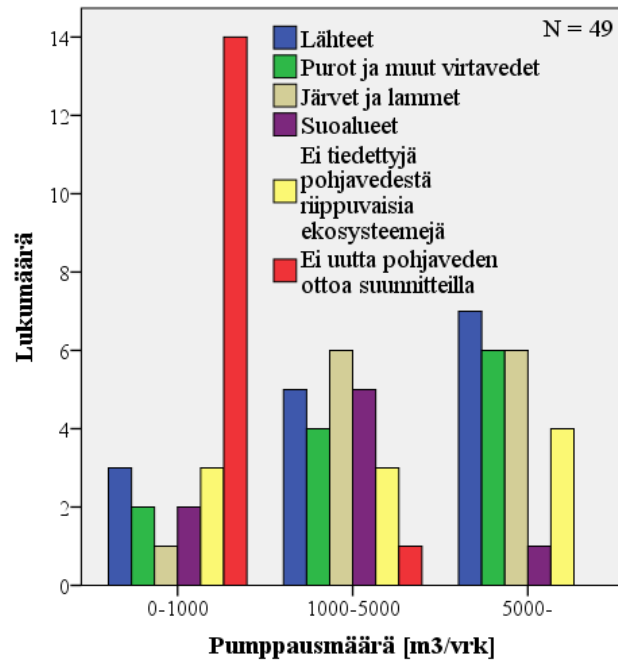
Kuva 14. Nykyisessä vedenottoluvassa huomioidut ekosysteemit. Lähteet sekä järven ja lammet ovat huomioitu useimmiten.

Kuvassa 15 on esitetty, mitä työkaluja vastanneet vesilaitokset käyttävät ekosysteemien seurannassa. Vedenkorkeuksia ja virtaamaa seurataan usein, jos ekosysteemien seuranta on. Eliöstön seuranta voi olla etenkin, jos vedenotto toimintaa on Natura-alueen läheisyydessä. Eliöstön seuranta haastateltavien osalta olivat esimerkiksi merkittyjen kasvillisuusruutujen seuranta suoalueella sekä kasvien seuranta lähteiköllä. Yhdessä haastattelussa eliöstön/kasviston seuranta kyseenalaistettiin, sillä niitä pidettiin alttiina sääolosuhteille. Muu-osioon seurantatavoiksi oli vastattu pohjaveden pinnankorkeuden seuranta ja pohjavesilammen ylivirtaaman mittaus. Pohjavesialueiden kartoituksessa tai virtaussuuntien tutkimisessa käytetään usein mallinnustyökaluja ja veden stabiileja isotooppeja. Mallinnustyökalujen, lämpökamerakuvauksen ja stabiilien isotooppien käyttö yleistyy suuremmilla vesilaitoksilla. Yksi haastateltavista piti näitä menetelmiä hyödyllisinä uusissa vedenottohankkeissa ja pinta- sekä pohjavesien yhteyksien tunnistamisessa.



Kuva 15. Vastanneiden vesilaitosten käyttämät ekosysteemien seurantatyökalut.

Kuvassa 16 on esitetty, mitä ekosysteemejä on huomioitu tulevassa vedenottoluvassa. Pienemmillä vesilaitoksilla ei yleensä ole syytä etsiä uusia pohjavesialueita, sillä määrä- ja laatuongelmat ovat pieniä ja vedenoton lisäämiselle ei ole tarvetta, sillä muuttoliike kohdistuu kasvukeskuksiin. Suurimpien kasvukeskuksien lähellä ei Natura-soita tai muita suoalueita juuri ole, joten näiden huomioiminen koskee lähinnä Pohjois-Suomen keskisuuria vedenottamoita.



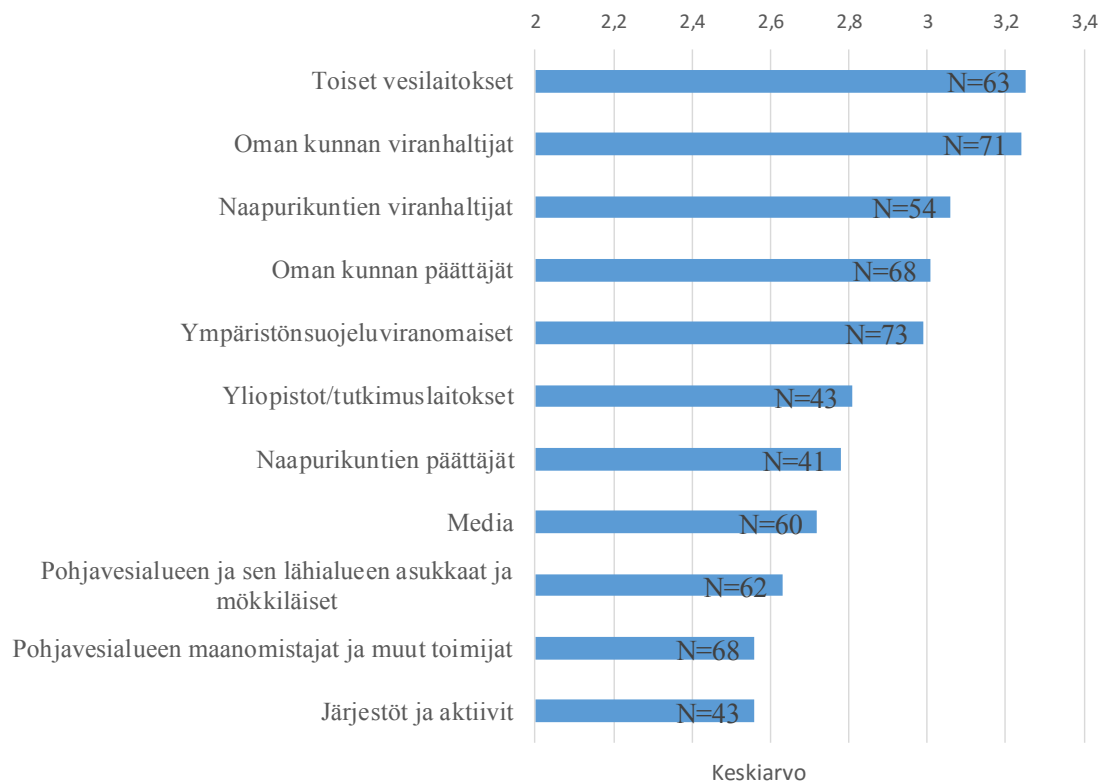
Kuva 16. Tulevassa vedenottoluvassa huomioidut ekosysteemit. Suurin osa pienistä vesilaitoksista ei suunnittele uutta pohjavedenottoa. Kuvassa on yhdistetty < 500 ja 500–1000 m<sup>3</sup>/vrk sekä 5000–10 000 ja > 10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppausmäärät.

Pohjavedenoton vaikutuksia ekosysteemeihin vastaajat ovat minimoineet pienemmällä ottomäärällä ja ottomäärän sekä pohjaveden muodostumisen suhteella, koepumppausten seurannalla, suojelualueen tarkkailulla ja pohjavedenpinnan havaintoputkillä. Yleisin näistä oli ottomäärien rajoittaminen, joka on normaalisti huomioitu myös lupaehdoissa. Suurin osa vastaajista vastasi, ettei vaikutuksia ekosysteemeihin ole tai ne ovat todella vähäisiä. Yksi suuri vesilaitostoimija ilmaisi, että ”haittojen minimointi ja ottomäärän sopeuttaminen” on ollut haastavin ongelma kaikista mitä kyselyssä kysyttiin. Tästä voi päätellä saman laitoksen haastattelunkin nojalla, että vedenoton ja ekosysteemien yhteensovittaminen voi muodostua haastavaksi.

Haastatteluissa vesilaitosten edustajilta kysyttiin aktiivisesti, mitä he ajattelevat tulevasta pohjavesialueiden E-luokituksesta ja miten siihen on varauduttu. Suurimmalle osalle haastateltavista E-luokitus oli täysin vieras. Osalle haastateltavista asiaan liittyi epävarmuutta siitä, millaisia vaikutuksia E-luokituksella on nykyisien vedenottamoiden vedenottolupiin ja niiden jatkamiseen tulevaisuudessa.

#### 4.4 Yhteistyö ja vuorovaikutus

Kuvassa 17 on esitetty, miten vastanneet vesilaitokset kokivat yhteistyönsä sujumisen eri toimijoiden kanssa. Vastajat saivat arvioida yhteistyötään asteikolla 1–5, josta keskiarvo on laskettu. Parhaiten vastaajien mielestä yhteistyö toimii toisten vesilaitosten kanssa ja heikoiten pohjavesialueen maanomistajien sekä järjestöjen ja aktiivien kanssa. Tulokset on syytä nähdä suuntaa-antavina, sillä vastausten arviointikriteerit voivat olla hyvin erilaisia vastaajien subjektiivisesta kokemuksesta riippuen eri toimijoiden kanssa. On syytä huomioida, että annettuihin vaihtoehtoihin saattaa myös sisältyä tulkinnan varaa. Esimerkiksi ympäristönsuojeluviranomainen voidaan käsittää kunnan ympäristönsuojeluviranomaisena tai ELY-keskuksen ympäristönsuojeluviranomaisena.



Kuva 17. Vastanneet vesilaitokset arvioivat, miten yhteistyö on toiminut eri toimijoiden kanssa. Vastausvaihtoehdot voi rinnastaa 1–5 asteikkoon, minkä perusteella diagrammi on tehty. Mitä suurempi keskiarvo on, sitä parempana yhteistyötä on pidetty.

Erityisen tiivistä vesilaitosten välinen yhteistyö on Pohjois-Suomessa. Lapin ja Pohjois-Pohjanmaan vesilaitoksia on pitkään yhdistänyt Pohjois-Suomen Vesivaliokunta, joka on perustettu alun perin vuonna 1964 ja jonka tarkoituksena on ollut olla Pohjois-Suomen vesilaitosten yhteinen edunvalvoja (Hyvärinen 2004, s. 5). Haastatteluissa se nähtiin edelleen merkittävänä ja yhdistävänä järjestönä. Säännölliset tapaamiset ja yhteistyö lähentävät vesilaitosten henkilöstöä keskenään, jolloin esimerkiksi kynnys kysyä neuvoa

muilta alenee. Vastaavanlaista yhteistyötä muualla Suomessa ei ainakaan haastatteluissa käynyt ilmi. Haastateltavien mukaan Eteläisen-Suomen vesilaitosten välinen yhteistyö jää hajanaisemmaksi, minkä syyksi epäiltiin vesilaitosten kokojen suurta vaihtelua ja ”kunta-ajattelua”, jossa halutaan tulla toimeen omillaan mahdollisimman pitkään. Haastatteluissa vesilaitosten välinen yhteistyö saattoi liittyä esimerkiksi verkostoratkaisuihin, ylikunnalliseen vedenottoon ja yhteisviemäröintiin.

Hyvä yhteistyö vesilaitosten kesken selittyy pitkälti yhteisillä intresseillä. Haastatteluissa kävi ilmi, että monilla pienillä paikkakunnilla ollaan oltu riskirajoilla pohjavesialueiden vähäisen määrän tai akviferien pienen koon vuoksi, jolloin hyvälaatuisen veden toimitusvarmuus voi olla heikko. Kuntaliitokset ovat helpottaneet monen pienen kunnan tilannetta, mutta yhteistyö eri vesilaitosten kesken olisi ollut yhden haastateltavan mukaan suotavaa jo ennen kuntaliitoksia.

Oman kunnan viranhaltijoiden ja päättäjien kanssa yhteistyö sujuu kyselyn perusteella kokonaisuudessaan hyvin. Haastatteluissa esiintyi kuitenkin paikkakuntaakohtaisesti ongelmia kunnan viranhaltijoiden kanssa, mutta yleensä yhteistyö oli hyvää. Mahdolliset ongelmat liittyvät maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisen ristiriitoihin, jossa kunnanviranomaisen maankäytön luvittaminen ja päätökset nähdään lisäävän pohjaveden pilaantumisriskiä. Esimerkiksi yhden haastateltavan tapauksessa kunnan viranomainen luvitti soranottoa pohjavesialueelle ja toisessa tapauksessa ampumaradan käyttö olisi pitänyt lopettaa pohjavesialueella, mutta sen toimintaa kuitenkin jatkettiin erinäisin rajoituksin. Kunnan viranomaisten toiminta nähtiin paikkakuntaakohtaisesti liian löyhänä ja lisäksi koettiin, että päätöksissä halutaan liikaa miellyttää kaikkia.

Joskus pohjavedenottoon liittyvissä asioissa naapurikuntien alueella asioiminen ei ole mutkatonta, sillä kunnan asukkaat tai muut kunnan edustajat voivat kokea, että toinen kunta käyttää hyväksi heidän resurssejaan. Kyselyn vastausten perusteella asukastiheys korreloi tilastollisesti merkittävästi naapurikuntien viranhaltijoiden ( $N = 46$ ;  $\rho = 0,313$ ;  $p = 0,034$ ), naapurikuntien päättäjien ( $N = 35$ ;  $\rho = 0,389$ ;  $p = 0,021$ ) ja järjestöjen sekä aktiivien ( $N = 37$ ;  $\rho = 0,435$ ;  $p = 0,007$ ) kanssa, mikä viittaa siihen, että tiheämmin asutuilla seuduilla vesilaitoksen yhteistyö sujuu heikommin näiden toimijoiden kanssa. Tulos voi myös viitata siihen, että toisen kunnan alueelta pumpataan useammin tiheästi asutuilla seuduilla kuin harvemmin asutuilla, jolloin vuorovaikutusta on myös enemmän kyseisten toimijoiden kanssa. Taulukossa 3 on vertailtu, onko yhteistyössä eroa, jos

pumpataan pelkästään oman kunnan alueelta tai toisesta kunnasta. Vesilaitoksen yhteistyö pohjavesialueen maanomistajien ja toimijoiden sekä naapurikunnan viranhaltijoiden sujuu heikommin, jos pohjavesi pumpataan osittain/kokonaan toisen kunnan alueelta. Taulukon 3 tuloksista on myös syytä huomioida kasvanut keskihajonta, toisin sanoen vastausten välillä on enemmän vaihtelua verrattuna tilanteeseen, jossa pumpataan oman kunnan alueelta. Haastatteluissa kerrottiin, että naapurikunnan vedenottoon saatetaan suhtautua varauksella.

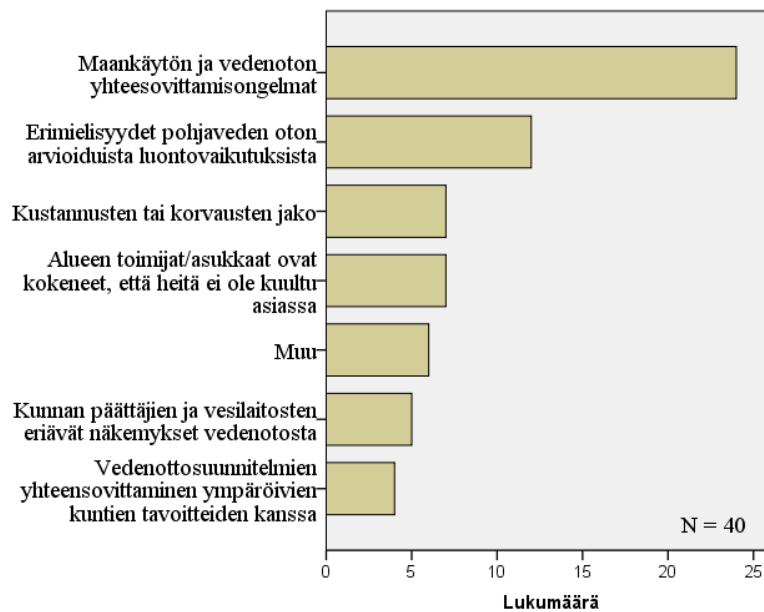
Taulukko 3. Vertailu, miten yhteistyö naapurikunnan viranhaltijoiden ja pohjavesialueen maanomistajien ja muiden toimijoiden välillä muuttuu, jos pumppausta tapahtuu toisen kunnan alueelta. Keskiarvo kuvaa vesilaitosten vastaamaa keskimääräistä arvosanaa asteikolla 1–5. Mitä suurempi keskiarvo, sen parempaa on yhteistyö.

Pohjavesi pumpataan		Naapurikuntien viranhaltijat	Pohjavesialueen maanomistajat ja muut toimijat
Omasta kunnasta	N	28	42
	Keskiarvo	3,29	2,69
	Keskihajonta	0,6	0,78
Osittain/kokonaan toisesta kunnasta	N	25	25
	Keskiarvo	2,8	2,28
	Keskihajonta	0,957	0,936

Kyselyn tulosten perusteella, tekopohjavettä tuottavilla laitoksilla oli muihin verrattuna heikompa yhteistyötä naapurikuntien päättäjien ( $N = 41$ ;  $X_m = 66,5$ ;  $p = 0,029$ ), naapurikuntien viranhaltijoiden ( $N = 54$ ;  $X_m = 140$ ,  $p = 0,017$ ) sekä pohjavesialueen ja sen lähialueen asukkaiden ja mökkiläisten kanssa ( $N = 62$ ;  $X_m = 168,5$ ;  $p = 0,01$ ). Yhteistyötä pohjavesialueen maanomistajien ja muiden toimijoiden kanssa pidettiin myös heikompana, mutta ei yhtä selvästi kuin edellä mainittuja. Yhteistyötä taas pidettiin keskimäärin parempana yliopiston/tutkimuslaitosten tutkijoiden kanssa ( $N = 43$ ;  $X_m = 260$ ;  $p = 0,046$ ).

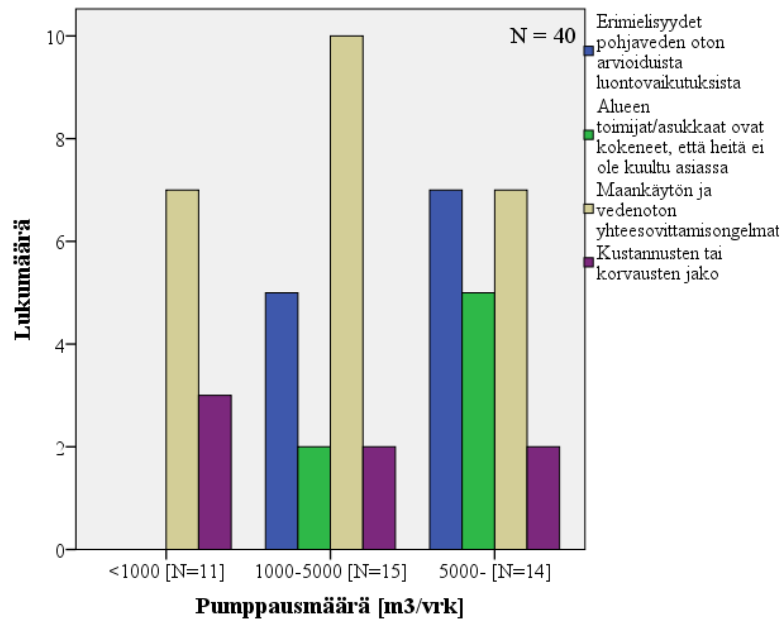
Vesilaitokset eivät yleensä olleet yhteistyössä median kanssa, mutta sitä arvosteltiin sensaatiohakuisuudesta. Järjestöt ja aktiivit -vaihtoehdon merkitys vastaajille ei avautunut kovin hyvin haastatteluissakaan, mutta niiden perusteella järjestöjen ja aktiivien yhteistyö/vuorovaikutus vesilaitosten kanssa on yleensä vähäistä tai olematonta. Järjestöt ja aktiivit voivat toisaalta vaikuttaa muutakin kautta kuin olemalla yhteydessä vesilaitokseen. Yksi haastateltavista koki Metsähallituksen edustajien vaikuttaneen ELY-keskuksen kannanottoon vedenoton lupahakemuksen lausunnossaan.

Maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat olivat kyselyn perusteella vesilaitoksen yleisimpiä ongelmia yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa (kuva 18). Maa-ainesten ottoon pohjavesialueelta liittyvät ristiriidat olivat yleisimpiä maankäytön ja vedenoton yhteensovittamiseen liittyviä seikkoja. Muita yhteistyöongelmia olivat olleet yhteistyö virkamiesten kanssa, maatalouden harjoittaminen, maa-ainesten otto ja maanomistajien vastustus. Toisena haasteena yhteistyössä nähtiin erimielisyydet pohjavedenoton arvioiduista luontovaikutuksista. Vastaamatta jättäminen jättää tulkinnan varaa, mutta suurin osa vastaamatta jättäneistä oli alle 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavia laitoksia.



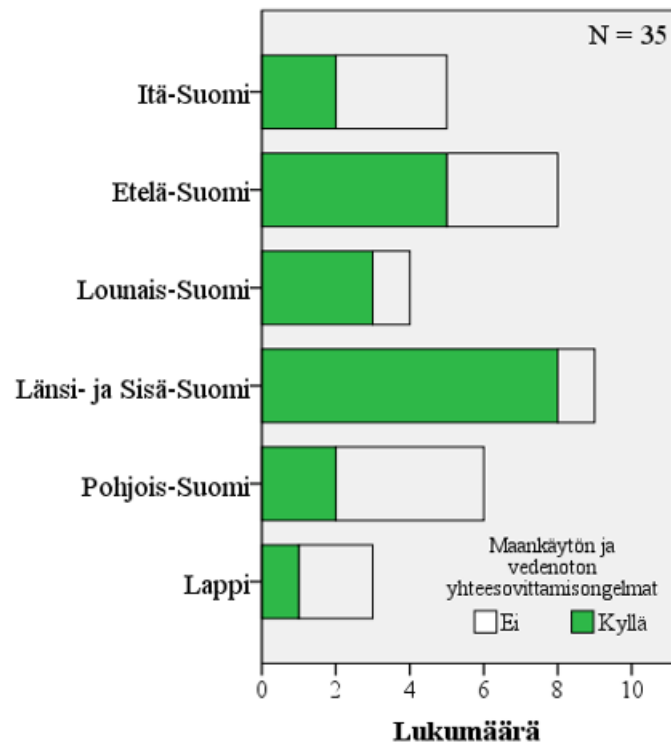
Kuva 18. Vastanneiden vesilaitosten ongelmat yhteistyöhön liittyen. Maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat olivat yleisimpiä ongelmia yhteistyössä.

Kuvassa 19 on esitetty yhteistyön ongelmia vesilaitosten koon mukaan. Vesilaitosten koolla näyttää olevan vaikutusta mahdollisiin ongelmiin. Erimielisyydet luontovaikutuksista ja pohjavedenoton hyväksyttävyyden alkavat näkyä yli 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla laitoksilla. Yli 5000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavista vesilaitoksista 50 %:lla oli erimielisyyksiä pohjavedenoton arvioiduista luontovaikutuksista. Hyväksyttävyyttä korostettiin hieman enemmän suuremmilla vesilaitoksilla. Maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat olivat yhtä yleisiä vesilaitoksen koosta riippumatta.



Kuva 19. Yhteistyön/vuorovaikutuksen ongelmat vesilaitosten koon mukaan. Diagrammissa on yhdistetty 5000–10 000 ja >10 000 m<sup>3</sup>/vrk sekä < 500 ja 500–1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppausmäärät. Kokoluokkien perään on merkitty vastaajamäärä.

Vesilaitokset, joilla oli ongelmia maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisessa, kokivat yhteistyön olevan keskimäärin heikompaa oman kunnan viranhaltijoiden ( $N = 40$ ;  $X_m = 116,5$ ;  $p = 0,003$ ), oman kunnan päättäjien ( $N = 37$ ;  $X_m = 248$ ;  $p = 0,013$ ), naapurikuntien viranhaltijoiden ( $N = 29$ ;  $X_m = 159,5$ ;  $p = 0,009$ ) ja naapurikuntien päättäjien ( $N = 24$ ;  $X_m = 116,5$ ;  $p = 0,007$ ) kanssa kuin ne vesilaitokset, joilla ongelmia ei ollut. Haastattelut tukevat tätä yhteyttä, missä kerrottiin, että kunnilla on merkittävä rooli maankäytön hallinnassa. Kuvassa 20 on vertailtu maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmia alueellisesti. Kyseiset ongelmat olivat suhteessa yleisimpiä Länsi- ja Sisä-Suomessa, Lounais-Suomessa ja Etelä-Suomessa.



Kuva 20. Vastaajien maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat Aluehallintovirastoittain. Länsi- ja Sisä-Suomen sekä Lounais-Suomen alueella on suhteessa eniten yhteensovittamisongelmia.

Maankäytön ja kaavoituksen ongelmat nähtiin tärkeimpinä suuremmilla vesilaitoksilla. Pienemmillä laitoksilla on vähemmän pohjavesialueita käytettävissä, jolloin ristiriitoja maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisessa ei pääse syntymään yhtä herkästi kuin suuremmilla vesilaitoksilla. Todennäköistä on myös, että pienillä vesilaitoksilla on vähemmän kaavoitusta ja asukkaita käyttämillään pohjavesialueilla. Vesilaitosten näkökulmasta turhaa valittamista pidettiin myös ongelmana, sillä hankkeet viivästyvät yleensä huomattavasti niiden vuoksi. Pienten vesilaitosten edustajat olivat vastanneet, että laatu on suurin ongelma, jos ongelmia on. ”Mikä aiemmin mainituista ongelmista on haasteellisin?” -kysymykseen sai vastata avoimella laatikolla:

*”Vedenoton vaikutukset kaivoihin. Alueille on perustettu vesiosuuskuntia, joiden avulla vesihuolto on turvattu.”*

*”Maa-ainesten otto. Tähän mennessä on aina ratkaisu löydetty. Välillä parempi ja välillä huonompi. Niukkuuden jakamiseen ei ole oikein muuta ratkaisua kuin kompromissit.”*

*”Kaavoitus pohjavesialueille. Suuri ristiriita maan arvon kanssa. Kaavoitusviranomaisten kanssa on saatu sovittua tiettyjä pelisääntöjä, jotta asia pysyisi hallinnassa.”*

”Jos yhteistyö on sujunut hyvin, niin mitkä tekijät ovat mielestänne siihen vaikuttaneet?” -kysymykseen tuli runsaasti erilaisia vastauksia, jotka on jaettu teemoihin kuvassa 21. ”Yhteiset tavoitteet” -teema oli vastauksista yleisin. Ristiriitoja on eri toimijoiden kanssa vähemmän, jos jaetaan yhteiset tavoitteet. Vesilaitoksen tärkein tavoite on yleensä toimittaa hyvälaatuista vettä asiakkaalle sopivaan hintaan. Toisena on ”avoimuus ja tiedotus”. Tällä tarkoitetaan avointa keskustelua, läpinäkyvyyttä ja hankkeista tiedottamista. Kolmantena on ”yhteydenpito ja hyvät suhteet”, jolla tarkoitetaan keskusteluyhteyden ylläpitämistä ja sen toimivuutta eri toimijoiden kesken, esimerkiksi vesilaitosten kesken tai maanomistajien kesken. Alla on lueteltu muutamia vastauksia, joita oli haastavampi jakaa eri teemojen alle:

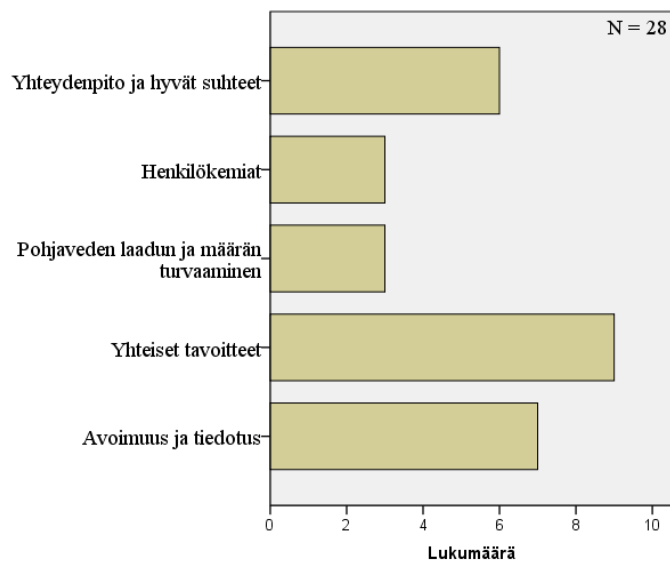
*”ELY:n rooli. Yhteisen keskustelufoorumin luonti.”*

*”Pitkään jatkunut yhteistyö ja vakiintuneet menettelyt.”*

*”Pieni kunta, jossa näkemys pohjaveden suojelusta ja arvokkuudesta talousveden hankinnan lähteenä on ollut yhtenevä maankäytön, teknisen palvelun ja ympäristönsuojelun kanssa.”*

*”Yleinen ympäristöarvojen arvostus on ainakin vaikuttanut.”*

*”Yliopiston monitavoitearvionti oli avoin ja avasi uudella tavalla keskustelun asiasta, jossa mielipiteet ovat eri tahoilla erilaiset.”*

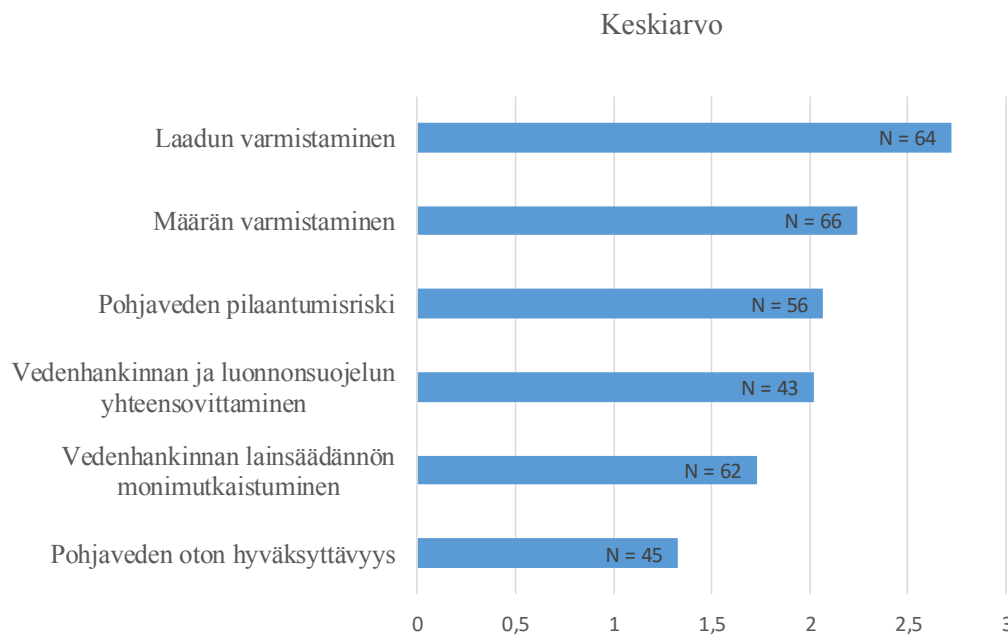


Kuva 21. ”Jos yhteistyö on sujunut hyvin, niin mitkä tekijät siihen ovat vaikuttaneet?” -kysymyksen vastaukset jaettiin teemoihin.

Vain viidellä vastanneella vesilaitoksella kuntaliitokset olivat vaikuttaneet vedenottoon. Osalle vaikutukset ovat olleet myönteisiä, esimerkiksi kun veden toimitusvarmuus on parantunut uusien alueiden myötä tai vedenottoa on pystytty järjeistämään liitoskuntia yhdistävillä vesijohdoilla. Suuremmat kaupungit olivat saaneet kuntaliitosten myötä lisättyä vesireservejään, ja vastaavasti pienet paikkakunnat olivat saaneet lisää varmuutta veden toimitukseen. Yhdelle vastaajalle liitoskuntien pienten ja vanhojen vedenottamoiden saneeraukset olivat teettäneet paljon töitä, mutta samalla nähtiin monia positiivisia puolia kuntaliitosjärjestelyissä.

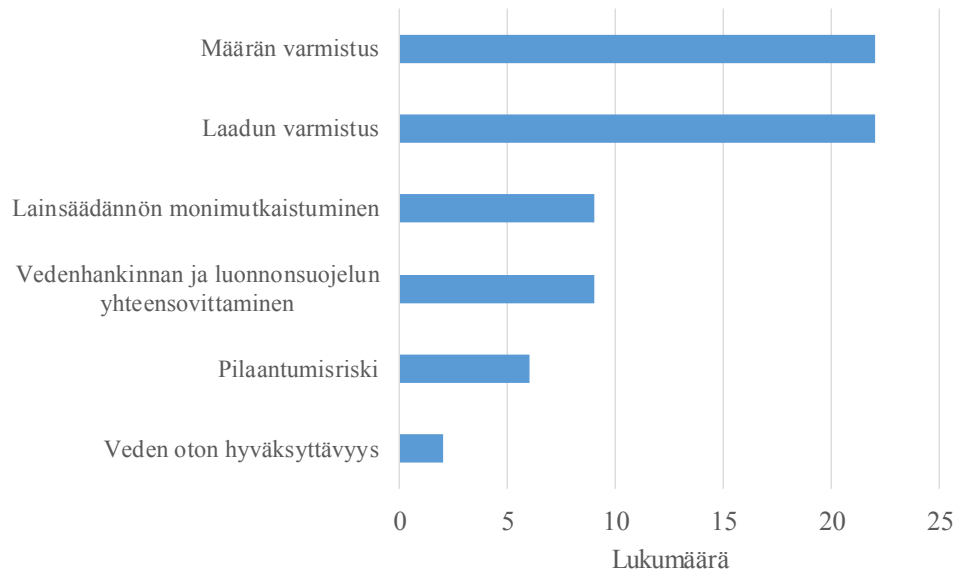
#### 4.5 Kokonaiskuva

Kuvassa 22 on esitetty, kuinka suurena haasteena annetut vaihtoehdot nähdään vastanneiden vesilaitosten osalta. Vastaajat saivat arvioida asteikolla 1–5, kuinka suurena haasteena he annetun vaihtoehdon näkevät. Mitä suurempi keskiarvo on, sitä suuremmaksi haasteeksi vaihtoehto nähdään. Pohjaveden laadun ja määrän varmistaminen nähtiin kokonaisuudessaan suurimmiksi haasteiksi. Kolmantena oli pohjaveden pilaantumisriski. Hyväksyttävyyttä ja lainsäädännön monimutkaistumista ei kokonaisuudessaan nähty suurina haasteina. Muu-vaihtoehtoihin oli listattu kaavoitus, ääri-ilmiöt, pohjavesiesiintymien löytäminen ja pohjavesialueiden suojelun puute.



Kuva 22. Vastanneet vesilaitokset arvottivat 1–5 asteikkoon rinnastettavalla tavalla, miten haastavana he näkevät annetut vaihtoehdot pohjavedenoton haasteista. Mitä suurempi keskiarvo, sitä suurempana haastetta pidettiin. Pohjaveden laadun varmistamista pidettiin keskimääräisesti suurimpana haasteena.

Kuvassa 23 on esitetty, kuinka monta kertaa kyseistä vaihtoehtoa pidettiin haasteellisimpana. Laadun ja määrän varmistusta pidettiin useimmiten haastavimpana. Vedenhankinnan ja luonnonsuojelun yhteensovittaminen sekä lainsäädännön monimutkaistuminen ovat osalle vastaajista olleet myös haasteellisimpia.



Kuva 23. Pylväsdiagrammissa on esitetty, miten monta kertaa kukin vaihtoehto koettiin suurimmaksi haasteeksi. Määrän ja laadun varmistus olivat vastaajien mielestä haasteellisimmat.

Kun tuloksia tarkasteltiin vesilaitosten koon valossa, huomattiin lainsäädännön monimutkaistumisen esiintyvän selkeästi suurempana haasteena pienillä vedenottamoilla (< 500 m<sup>3</sup>/vrk) verrattuna muihin vesilaitosten kokoluokkiin (N = 62; X<sub>k</sub> = 12,733; p = 0,013). Pienillä vesilaitoksilla on yleensä vähän resursseja käytettävissään ja yksittäisten työntekijöiden vastuualue voi olla hyvin laaja. Tämä asettaa haasteita muutamille ihmisille pienillä vesilaitoksilla, sillä uuden tiedon omaksuminen vaatii aikaa ja eikä ainakaan vähennä jo suurta työmäärää, joka pienillä laitoksilla voi olla. Yli 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla pilaantumisriski koettiin hieman suurempana haasteena kuin sitä pienemmillä. Määrän varmistaminen nähtiin muihin verrattuna hieman haastavampana 1000–5000 ja 5000–10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla. Laadun varmistamista pidettiin jonkin verran haastavampana 500–1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla, joista 60 % valitsi sen suurimmaksi haasteeksi. Kokoluokan 1000–5000 m<sup>3</sup>/vrk vesilaitoksista 31,8 % piti laadun varmistamista suurimpana haasteena. Etelä-Suomen ja Länsi- sekä Sisä-Suomen aluehallintovirastojen alueella määrän varmistaminen nähtiin suurimpana haasteena verrattuna muihin alueisiin.

Haastattelujen perusteella pilaantumisriskiä pidetään suurena haasteena etenkin pohjavesialueilla, jotka sijaitsevat kaupunkien läheisyydessä. Tällaisia pohjavesialueita sijaitsee enimmäkseen eteläisemmässä Suomessa. Vesilaitosten koolla ei nähty merkittävää yhteyttä haastattelujen ja kyselyn pohjalta pilaantumisriskien pitämiseen suurena haasteena, mutta 28,6 % yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk vesilaitoksista koki sen suurimmaksi haasteeksi. Pilaantumisriskit voivat vaihdella erittäin laajasti muun muassa RC-atoradasta hautausmaahan. Näitä riskialueita riittää erityisesti eteläisemmässä Suomessa, jossa useille pohjavesialueille on rakennettu aikojen saatossa asutusta, teollisuutta ja infraverkostoa. Pohjois-Suomen ja Lapin AVI:n alueilla pilaantumisriskiä pidettiin muuta maata vähäisempänä. Korrelaatioanalyysillä havaittiin yhteys oman kunnan päättäjien ja viranhaltijoiden sekä pilaantumisriskin haasteellisuuden näkemisen kanssa (oman kunnan viranhaltijat:  $N = 53$ ;  $\rho = 0,347$ ;  $p = 0,011$ ; ja oman kunnan päättäjät:  $N = 50$ ;  $\rho = 0,416$ ;  $p = 0,003$ ), mikä tukee havaintoa siitä, että kunnalla on tärkeä rooli pohjaveden pilaantumisriskin kannalta. Yksi haastateltavista kertoi, että kunnan ympäristöviranomaisten osaaminen ja asennoituminen eivät ulotu pilaantuneen maan käsittelystä pohjaveteen saakka.

Vesilaitoksilla oltiin sitä mieltä, että kaavoittaminen pohjavesialueille on liian ”löperöä” ja pohjavesialueiden tärkeyttä ei oteta tarpeeksi vakavasti päätöksenteossa. Haastateltavat olivat pyrkineet aktiivisesti vähentämään pohjavesialueiden pilaantumisriskejä alueillaan ja kehittämään varavedenhankintaansa. Keinona tähän on ollut pohjavesialueiden suojeleusuunnitelmien laatiminen ja niiden jakelu eri toimijoille sekä viranhaltijoille. Eräällä paikkakunnalla, jossa pohjavesialue sijaitsi kaupungin välittömässä läheisyydessä, laadittiin yhteistarkkailuohjelma, jossa alueen toimijat vesilaitoksen kanssa ostavat ulkopuoliselta konsultilta pohjavesialueen seurantapalvelut. Sen tarkoituksena on kerätä seurantatietoa pohjavesien suojeleu ja turvaamista varten. Tavoitteena on yhdistää eri pohjavesitarkkailua tekevien toimijoiden tarkkailuohjelmia, jolloin vältetään päällekkäisyyksiä pohjavesialueen tarkkailussa ja tarkkailusta saadaan parempi kokonaiskuva, kun tuloksia käsitellään yhtä aikaa. Paikkakunnan hankkeessa mukana olevat yritykset olivat pitäneet tätä vaivattomana. Isomäki et al. (2007, s. 65) on selvityksessään todennut, että kasvukeskusten ympärillä olevia pohjavesialueita tulisi tutkia enemmän, jotta pohjavesivarojen käyttö voidaan turvata myös tulevaisuudessa. Yhteistarkkailuohjelma olisi vartenotettava ratkaisu pohjavesien suojeleussa urbaanissa ympäristössä. Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosille 2016–2021

yhteistarkkailun järjestämistä on ehdotettu kahdelle pohjavesialueelle (Kotanen et al. 2016, s. 44).

Pohjavedenoton hyväksyttävyyttä ei nähty kokonaisuudessaan suurena haasteena. Hyväksyttävyyttä pidettiin hieman suurempana haasteena, jos pumpataan toisen kunnan alueelta kyselyn ja haastattelujen perusteella. Suuremmilla vesilaitoksilla (> 5000 m<sup>3</sup>/vrk) hyväksyttävyyttä nähtiin vain hieman suurempana haasteena kuin pienemmillä laitoksilla. Hyväksyttävyyden tavoittelu pohjavedenotossa ei pitäisi estää vedenhankintaa lainsäädännökään perusteella, mutta lukuisat valitukset eri hankkeiden yhteydessä voivat tuoda vesilaitokselle negatiivista julkisuutta ja pitkittää vedenhankintaprosesseja. Negatiivinen maine on omiaan lisäämään valituksia. Haastattelujen perusteella pienillä vedenottamoilla ei ole juuri ongelmia hyväksyttävyyden kanssa, sillä vedenotto on vähäistä, pohjavesi pumpataan harvemmin toisen kunnan alueelta ja organisaatorakenne on yksinkertainen.

## 5 POHDINTA

### 5.1 Laatu ja määrä

Tavallisimmat laatuongelmat vastanneiden vesilaitosten keskuudessa olivat veden happamuus sekä rauta ja mangaani. pH:n nostossa vastaajat käyttivät useimmiten kalkkikivirouhealkalointia, jossa veden ja kalkkikiven välisessä kemiallisessa reaktiossa pH nousee kalkki-hiilidioksiditasapainon mukaisesti (Vanhanarkaus 2012, s. 6). Kalkkikivialkaloinnilla on monia etuja. Pohjaveden alkaloinnin ja pH:n noston lisäksi sillä voidaan erottaa osa raudasta ja mangaanista pohjavedestä tai edistää raudan erotusta suosivia veden ominaisuuksia, kuten veden kovuuden ja kalsiumpitoisuuden nousua sekä hiilidioksidipitoisuuden laskua (Sallanko & Lakso 2001, s. 86). Pohjaveden aggressiivisuutta eli vapaan hiilidioksidin osuutta pystytään myös poistamaan, jolloin veden korrodoivuus laskee (Vesi- ja viemärlaitos yhdistys 2002, s. 6). Vastanneiden vesilaitosten joukossa oli myös niitä, joilla kalkkikivisuodatusta käytettiin myös raudan ja mangaanin poistossa. Muutamat vastaajat käyttivät pH:n nostamiseen lipeää, mutta sen käyttöä vesihuollossa pyritään vähentämään, sillä sen on todettu aiheuttavan terveyshaittoja ja automaattisten vesipumppujen toimintahäiriöiden vuoksi lipeää voi päästä liikaa veteen (Vienonen et al. 2012, s. 14).

Raudan ja mangaanin aiheuttamat laatuongelmat jakaantuivat tasaisesti eri aluehallintovirastojen alueelle. Rannikkoseutujen rauta- ja mangaaniongelmat eivät erottuneet kovin selkeästi, muuten kuin vastausten uupumisena länsirannikolta. Raudan ja mangaanin käsittelyä pyritään välttämään kohoavien kustannuksien vuoksi, joten parempilaatuisia kaivopaikkoja etsittiin usein huonolaatuisten tilalle. Pohjaveden laadun varmistaminen saatettiin nähdä suurempana haasteena 500–1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla laitoksilla, koska näitä suuremmilla laitoksilla on usein käytössään jonkinlainen pohjavedenkäsittely, joka vähentää laatuongelmia. Toisaalta laadun varmistamisen haasteellisuuteen saattaa vaikuttaa laitosten pienempi käytettävien pohjavesialueiden määrä, jolloin vedenoton hajauttaminen laatuongelmien vähentämiseksi voi olla haasteellisempaa. Eräs haastateltavista kertoi, että heidän raudan ja mangaanin käsittelylaitoksensa oli vanhanaikainen, ja he suunnittelivat hankkivansa tilalle uuden vedenkäsittelyprosessin. Yksi pienen vesilaitoksen edustaja oli vastannut kyselyyn, että heillä rahoituksen puute on toistaiseksi estänyt raudanpoistoprosessin rakentamisen. Näiden perusteella, pienemmillä vesilaitostoimijoilla voi olla jonkin asteista pulaa

tarvittavista resursseista, jolla voi olla vaikutusta laadun turvaamisen näkemiseen haasteena.

Pohjaveden määrän varmistaminen nähtiin pienimpänä haasteena yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla laitoksilla ja haasteellisempaa 5000–10 000 m<sup>3</sup>/vrk vesilaitoksilla. Tämä saattaa selittyä sillä, että suurimmat vesilaitokset käyttävät tekopohjavettä tai pintavettä vedentuotannossaan, jolloin varsinaisia määräongelmia ei synny yhtä paljon. Suuremmilla laitoksilla voi myös olla tehokkaammat vedenkäsittelyprosessit, jolloin saatavan pohjaveden määrää eivät mahdolliset laatuongelmat rajoita samoissa määrin kuin pienempiä laitoksia. Uusien kaivojen tekeminen tai vanhojen kaivojen hylkääminen yleistyy yli 5000 m<sup>3</sup>/vrk laitoksilla, sillä vedenjakelun turvaaminen asettaa suuremmat vesilaitokset etsimään uusia varavesilähteitä. Vanhoja kaivoja hylätään heikenneen vedenlaadun ja antoisuuden tai pilaantumisriskien vuoksi.

Erittäin huonolaatuisten pohjavesien käsittelyä voidaan joissain tapauksissa yhdistellä pintavedenkäsittelyn kanssa, kun kemikaalikäsittelyn tarve on suuri. Erään haastateltavan mukaan tällaisissa sekaprosesseissa pintaveden orgaaninen aines saattaa tarjota pohjavedelle paremmat edellytykset muodostaa flokkeja koagulaatio- ja flokkulaatioprosesseissa. Rauta ja mangaani aiheuttavat ongelmia putkistossa, mutta ne saattavat myös tukkia kaivorakenteita. Kaksi kyselyyn vastanneista vesilaitoksista oli pyrkinyt puhdistamaan tukkeutuneita kaivorakenteita paine- ja happopesulla. Haastattelujen perusteella, näitä ei pidetty tarpeeksi kestävinä ratkaisuin. Eräs haastateltavista kertoi, että Suomessa tuntuu vallitsevan tietopula tukkeutuneiden kaivorakenteiden kunnossapitomenetelmistä.

Siiviläputkikaivot ovat yleisiä kaivotyyppejä yhdyskunnan vedenhankinnassa. Siiviläputkikaivo on käytännössä syöpymätön putki, jonka siiviläosa asennetaan hyvin vettä johtavaan maakerrokseen. Vesi kulkeutuu kaivoon siiviläosan kautta, joita voi olla useita eri syvyyksillä. Hienoaineksen kulkeutuminen maaperästä siiviläosaan estetään ympäröimällä siiviläosa hiekkasuodattimella tai putken pintaan liimatulla suodatinkerroksella. (RIL ry 2004, s. 285). Van Beek et al. (2009a, 2009b, 2011) ovat tutkineet laajasti kaivorakenteiden tukkeutumista. He ovat jakaneet tukkeutumisen siiviläosan sekä sitä ympäröivän suodatinmateriaalin tukkeutumiseen. Kaivorakenteiden tukkiutuminen lisää seurannan ja kaivorakenteiden uusimisen tai elvyttämisen kustannuksia. Tukkiutuminen voi johtaa tuotantokapasiteetin pienenemiseen ja siten

vedentoimitusvarmuuden heikkenemiseen (van Beek et al. 2009b, s. 125). Yhdyskuntien vedenhankinnassa käytettävät vedenottamot pumppaavat vettä huomattavasti suurempia määriä kuin yksityiskaivot, joten puhdistusmenetelmien hyödyissä ja haitoissa voi olla eroja.

Siiviläosan tukkeutuminen johtuu yleisimmin ferriraudan (Fe(II)) saostumisesta kolmen arvoiseksi rautahydroksideiksi siivilän aukkoihin. Tutkimuksissa rautahydroksidiksi saostuminen on jaettu homogeeniseen, heterogeeniseen ja biologiseen hapettumiseen. Homogeenisessa hapettumisessa rautapitoinen vesi sekoittuu happipitoisen veden kanssa kaivossa, jolloin saostuu rautahydroksideja. Tämä prosessi on hidas, ja se on riippuvainen muun muassa pH:sta, veden happi- ja rauta (Fe(II)) -pitoisuudesta. Heterogeenisessä hapettumisessa liukoinen kaksiarvoinen rauta adsorboituu sakkujen pinnalle, jossa tapahtuu raudan hapettuminen ja hydrolyysi, jolloin syntyy lisää sakkua. Biologinen hapettumisessa siiviläosaan syntyy sakkua rautaa hapettavien bakteerien vuoksi. Ratkaisuna siiviläkaivon tukkeutumiseen on ehdotettu kaivon siiviläosan sijoittamista sellaiseen syvyyteen, jossa on homogeeninen kemiallinen koostumus. Jos tämä ei ole mahdollista, niin veden jatkuvalla pumppauksella pystytään vähentämään sakan kertymistä siiviläosaan, sillä raudan homogeenisen hapettumisen reaktiokinetiikka on hidas. Kaivojen käyttämättä jättäminen lisää tukkeutumisen riskiä, sillä tällöin raudan homogeenisella hapettumisella on enemmän aikaa tapahtua, mikä lisää myös heterogeenistä hapettumista. (van Beek 2011, s. 5–7)

Siiviläkaivon ympärillä olevan suodattimen tukkeutumisen ehkäisimeksi on ehdotettu siiviläkaivon pumpun ajoittaista käynnistämistä säännöllisesti tai pumppausmäärien pienentämistä. Tällainen pumppauksen ajotapa poistaa suodattimesta ylimääräiset partikkelit huokosista. Toinen vaihtoehto voisi olla niiden suodattimen ominaisuuksien minimointi, mitkä kasvattavat tukkeutumisen riskiä. Siiviläkaivon pumppauksen operointi riippuu pitkälti paikallisista olosuhteista, kuten tukkeutumisasteesta, kaivojen lukumäärästä ja mahdollisista vedenkäsittelyprosesseista. (van Beek et al. 2009a, s. 1883–1885)

Pohjaveden käsittely maaperässä on harvinainen käsittelymuoto Suomessa haastattelujen ja kyselyn perusteella, vaikka sitä on käytetty vuosikymmeniä Keski-Euroopassa. Käsittely maaperässä perustuu pohjaveden hapettamiseen imeyttämällä happirikasta pohjavettä joko injektiokaivoilla tai allasimeyttämällä, jolloin muuttuneiden hapetus-

pelkistys-olosuhteiden ansiosta pohjaveden rautapitoisuus laskee (Shalini & Pragnesh 2012. s. 8–9). Tähän periaatteeseen perustuvia menetelmiä Suomessa ovat VYR-menetelmä ja Esko Lakson kehittämä pohjaveden imeyttämiproessi. Yksi haastateltavista vesilaitoksista oli käsitellyt pohjavettä maaperässä yli 20 vuotta ja sen koettiin olevan kustannustehokas sekä toimiva prosessi.

Kyselyn vastausten ja haastattelujen perusteella voi todeta, että määrällisiä ongelmia ei nähdä kovin suurina, vaikka vastaajat pitivät pohjaveden määrän varmistamista toiseksi suurimpana haasteena tulevaisuudessa. Suomen pohjavesivarannot ovat asukaslukuun nähden runsaat, mutta alueellisia eroja esiintyy paljon pohjavesialueiden lukumäärässä, pohjaveden riittävydessä ja laadussa (Vienonen et al. 2012, s. 66). Esimerkiksi Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella pohjavesivarat ovat pääasiassa jakaantuneet väestön kannalta epäedullisesti (Mäkinen 2016, s. 15). Kyselyn tuloksissa määräongelmat jakaantuivat alueellisesti tasaisesti, mutta Itä-Suomen AVI:n alueella vastanneilla ongelmia ei ollut ollenkaan. Monet suurten asukaskeskittymien alueet olivat varmistaneet pohjaveden määrän tekopohjaveden tuotannolla. Muita yleisiä tapoja olivat hajautettu vedenotto, ylimääräisen varakapasiteetin hankkiminen ja erilaiset verkostoratkaisut. Usean vedenottamon sijoittaminen samalle pohjavesialueelle pienentää yhteen vedenottamoon kohdistuvaa kuormitusta, jolloin tämä vähentää mahdollisia laatuongelmia. Kuntien vesijohtoverkostojen yhdistämisellä pystytään turvaamaan veden toimitus. Haastattelujen perusteella, tämä vaikuttaa erityisen tärkeältä ratkaisulta pienille paikkakunnille, sillä usean pienen kunnan vedenhankinta on yhden pohjavesialueen tai muutamien vedenottamoiden varassa, jolloin äkilliset ongelmat pohjavesialueella tai vedenottamolla voivat vaikuttaa vedentoimitukseen tai -laatuun. Verkostojen yhdistämisratkaisu on hyvä myös suuremmille vesilaitoksille, jotka saavat lisää varavesikapasiteettia.

Laadun ja määrän turvaaminen voidaan nähdä vesilaitoksen näkökulmasta suurimpana haasteena, mutta ei välttämättä suurimpana ongelmana. Yleisesti laadun ja määrän turvaaminen ovat keskeisimpiä ajavia voimia vesilaitoksen toimille, mutta varsinaiset ongelmat vaikuttavat olevan muualla kuin teknisissä asioissa.

Haastateltavat eivät kokeneet, että yleistyvät kuivat kaudet haittaisivat heitä, sillä heillä ei ollut vakavia määrällisiä ongelmia. Vienonen et al. (2012, s. 55–56) ehdottavat monia

eri keinoja, joilla ilmastonmuutoksen myötä yleistyviin kuivuuskausiin voitaisiin sopeutua. Alla on mainittu muutamia heidän ehdotuksiaan:

- *Vesihuoltolaitosten ja kuntien tulisi tehdä ylikunnallista ja tiivistä yhteistyötä vesihuollon toimintavarmuuden edistämiseksi sekä varavesilähteiden määrän ja laadun turvaamiseksi*
- *Kaivojen oikea sijoittaminen ja kaivuussyvyys*
- *Veden käytön ja laadun seuranta*
- *Vedenottolupien pitäisi vastata todellisia hyödynnettävissä olevia vesimääriä*
- *Vuotovesimäärien vähentäminen*

Erityisen mielenkiintoinen kysymys kohdistuu vedenottolupien vedenottomääriin ja niiden sovittamiseen ympäröivien ekosysteemien kanssa. Vedenottolupien määräaikaisuus ja siitä aiheutuvat lisäkustannukset puhuttivat myös vastanneiden vesilaitosten keskuudessa. Haastatteluissa kerrottiin, että aikaisemmin vedenoton luvat ovat olleet huomattavasti suurempia, mitä nykyään myönnetään. Heidän mukaansa ennen vedenoton lupia myönnettiin lähes suoraan akviferin antoisuuden perusteella, ilman että ajateltiin suuresta pumppausmäärästä aiheutuvia vaikutuksia ekosysteemeille tai veden laadulle. Käytännössä jokin oja tai lähde on voinut kuivua kokonaan vedenoton seurauksena. Tämä on saattanut vaikuttaa merkittävästi asenteisiin, joissa ensin mietitään pohjaveden määrää ja laatua. Ympäristövaikutukset jäävät toissijaiseksi asiaksi. Yhden haastateltavan mukaan suurin osa pohjavesiesiintymistä on liiallisella vedenotolla ja virtaamalla, joka vaikuttaa myös saatavan veden laatuun viipymäaikaisten lyhentyessä maaperässä.

Vähälumista talvea ei pidetty ongelmana, vaikka lumen sulamisvedet täydentävät pohjavesivarastoja merkittävästi. Sulannan aikaista akviferin täydennystä ei oteta huomioon pohjavedenoton luvituksessa, joka saattaa vaikuttaa vuosittaisen akviferin täydennyksen yli- tai aliarvioimiseen (Ala-aho et al. 2015, s. 7800). Aihealuetta olisi mahdollista tutkia tilastollisella analyysillä tarkemmin. Vähäluminen talvi -vaihtoehto on saattanut hämätä kyselyyn vastaajia jonkin verran, sillä lumen osuus akviferin täydennyksestä vaihtelee pohjoisen ja eteläisen Suomen välillä. Vastauksissa pidempiaikainen kuiva kausi korostuu ehkä enemmän, sillä laskeneet pohjavesien pinnat ja akviferin pienempi antoisuus ovat suora seuraus kuivasta kaudesta ja enemmän huomiota herättävä yhteys määräongelmiin. Vedenottamoiden lupaehdot voivat myös

osaltaan vaikuttaa määrällisiin ongelmiin kuivana ajanjaksona, jos ottamokaivojen vaikutusalueella tulee ottaa huomioon esimerkiksi ojien tai jokien virtaamat (Vienonen et al. 2012, s. 33).

Pidempiaikaiset kuivat kaudet lisäävät metsäpalojen riskiä, mitä pidettiin haastatteluissa yhtenä riskinä pohjavesialueelle, vaikkakaan ei todennäköisimpänä. Metsät tasaavat tulvia, ehkäisevät maaperän eroosiota sekä ravinteiden huuhtoutumista pohja- ja pintavesiin (Finér 2007, s. 280).

## **5.2 Ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriidat**

Vesilaitosten vedenottosuunnitelmat ja vallitsevat ympäristöarvot eivät kaikissa tapauksissa kohtaa kovin hyvin. Viimeisimpinä vuosina tällaisia ristiriitoja on ollut julkisuudessa muun muassa Oulun Veden varavesihankinnassa ja Tampereen TAVASE-tekopohjavesihankkeessa. Kyselyssä ja haastatteluissa ristiriidat olivat merkinneet vesilaitoksille vedenoton rajoituksia, vedenottolupien vähenemistä tai vedenottamoiden rakentamatta jättämisiä ja tarkkailuvelvoitteita. Näistä aiheutuu vesilaitoksille enemmän kustannuksia, kun selvitystöitä ja seurantaa joudutaan järjestämään entistä enemmän. Kustannuksia voi myös tulla lisää, kun vettä joudutaan ostamaan enemmän kunnan ulkopuolelta tai joudutaan investoimaan esimerkiksi puhdistusprosesseihin. Kyselyn perusteella on haastavaa sanoa, vaikuttaako vesilaitosten koko ristiriitojen lisääntymiseen, mutta useammin näitä tilanteita tulee vastaan niille vesilaitoksille, jotka suunnittelevat uutta pohjavedenottoa eli arviolta yli 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavia laitoksia. Ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriidat ovat enemmänkin aluekohtaisia, mihin vaikuttaa tärkeiden luonnonsuojelukohteiden (esimerkiksi Natura 2000 -alueet) läheisyys vedenottopaikkaan nähden. Pohjois-Pohjanmaalla nähtiin ympäristökysymysten estäneen vedenottoa huomattavasti useammin kuin muualla. Tämä saattaa johtua useista Natura 2000 -suoalueista. Haastattelujen perusteella ristiriitatilanteita on yleensä tullut uusien pohjavesialueiden käyttöönotossa, joissa on suojeltavia ympäristöarvoja. Varavedenhankintaa tai lisäkapasiteetin hankkimista kohdennetaan mielellään pienten riskien alueille (Isomäki et al 2007, s. 72). Näillä alueille on usein suojeltavia ympäristöarvoja, jotka ovat enemmän tai vähemmän säästyneet ihmistoiminnan aiheuttamilta vaikutuksilta. Pohjavedenottohankkeissa on usein läsnä huomattavaa epävarmuutta, jota ekosysteemien huomioonottaminen lisää entisestään. Tämän

epävarmuuden ympärille kehkeytyy usein ristiriitoja, sillä tietoa voidaan käyttää ja kyseenalaistaa omien intressien mukaan (Peltonen & Villanen 2004, s. 23).

### 5.2.1 Vesilaitosten näkökulma

Haastateltavat vesilaitosten edustajat ovat olleet sitä mieltä, että yhdyskuntien vedenhankintaa pitäisi painottaa enemmän ja ehdotettiin jopa intressivertailua nykyiseen lainsäädäntöön, jossa yhdyskunnan vedenhankintaa korostettaisiin enemmän. Tätä perustellaan muun muassa näin:

*”Vedenhankinta ei ole markkinaehtoista tai voittoa tavoitteleva toimintaa ja sitä ei senkään vuoksi tulisi verrata muun liiketoiminnan vaikutuksiin (esimerkiksi kaivostoiminta).”*

*”Intressivertailussa yhdyskuntien vedenhankinta ei saa vaatimaansa painoarvoa, koska vesihuolto toimii hyvin ja sen merkitystä ei huomata nyky-yhteiskunnassa.”*

*”Vedenoton rajoittaminen ympäristönsuojelullisilla perusteilla. Ratkaisua ei välttämättä löydy. Lainsäädännössä tulisi suorittaa intressivertailua jossa yhdyskuntien vedenhankinnan merkitystä korostettaisiin nykyistä merkittävästi enemmän.”*

Veden laadun parantaminen nähtiin myös yhtenä vaikuttavana tekijänä, jolla voitaisiin välttää kalliiden puhdistusprosessien rakentamista ja parantaa veden terveellisyyttä. Veden terveellisyydellä haastattelussa viitattiin mangaanin aiheuttamaan riskiin ihmisten terveydelle. Muutamissa tutkimuksissa mangaanille altistuminen juomavedessä on saattanut vaikuttaa kohonneeseen imeväiskuolleisuuteen ja lasten älylliseen kehitykseen (Bouchard et al. 2011; Wasserman et al. 2006; Hafeman et al. 2007). Edellä viitattuihin tapauksiin nähden, Suomen talousveden mangaanipitoisuudet ovat kuitenkin moninkertaisesti pienempiä (Zacheus 2010, s. 29). Pohjaveden laadun ja määrän varmistaminen nähtiin kyselyssä suurimpana haasteena, mikä viittaa myös niiden merkitykseen vesilaitoksen toiminnassa. Vesilaitoksen intressi onkin tuottaa riittävästi hyvälaatuista vettä asiakkailleen kohtuulliseen hintaan.

Haastateltavat vesilaitosten edustajat kertoivat, että luonnonsuojelu on tärkeää, mutta se ei saisi mennä yhdyskunnan vedenhankinnan edelle liikaa, vaan korostettaisiin enemmän ympäristöarvojen sekä yhdyskunnan vedenhankinnan tasapainoa. Haastatteluissa

pidettiin esimerkiksi yksittäisten kasvien suojelua riittämättömänä syynä pohjavedenoton estymiseen tai veden ottomäärien vähentämiseen. Joissain tapauksissa ekosysteemien suojelun tarkoitusta kyseenalaistettiin. Argumentteja ekosysteemien suojelua vastaan olivat esimerkiksi: ”minkä takia suojellaan?”, ”miksi ei voi muita tärkeitä ekosysteemejä suojella, jotka eivät ole pohjavesialueella?” ja ”miten suojelu koskettaa ihmisiä?”. Yksi haastateltavista kommentoi:

*”Ei ne paikallisetkaan tiedä niistä asioista, et siellä on joku [suojeltava ympäristöarvo]. Sekin on hassua, että ei sillä [pohjavedenotolla] asukkaille ole mitään ongelmaa, mut semmonen joka tietää jotain kasvista.”*

Pohjavedestä riippuvien ekosysteemien seuranta koettiin vesilaitoksilla työläänä. Haastateltavat kyseenalaistivat usein, että mihin luonnonsuojelijoiden argumentit vedenottoa vastaan perustuvat, jos vesilaitoksen tutkimukset perustuvat koepumppauksesta saatavaan tietoon. Pohjavedenottoa pidettiin haastateltavien vesilaitosten mielestä luonnonomukaisempana kuin pintavedenottoa, sillä pintavesilaitoksen tarvitsema logistiikka ja kemikaalien käyttö syövät resursseja.

Toisaalta luonnonsuojelu koetaan hyvänäkin asiana, sillä se suojelee pohjavesivarantoja saastumiselta tai muilta pohjavettä pilaavilta riskitekijöiltä. Yksi haastateltavista kertoi ajattelevansa, että ympäristön tila ja pohjaveden laatu ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa, jolloin ympäristönsuojelu on suotavaa, vaikka se estäisikin pohjavedenottoa. Hän kommentoi kantaansa näin:

*”Ei yksin tuijottaa sitä pohjavettä. Siellä ei ole sitä pohjavettä, jos tämä kaikki muu ei ole kunnossa.”*

Luonnonsuojelu nähtiin vesilaitosten kannalta tärkeänä etenkin maankäyttöön ja maanainesten ottoon liittyvissä asioissa, sillä nämä ovat yleisimpiä pohjavesien pilaantumisriskiä kasvattavia tekijöitä. Osa haastateltavista oli huolissaan ympäristön luonnollisesta vaihtelusta, joka saatetaan tulkita väärin eri sidosryhmissä. Väärästä tulkinnasta saattaa seurata valituksia pohjavedenotosta tai sillä saattaa olla jopa vaikutuksia vedenottolupiin.

### 5.2.2 Sidosryhmien välinen yhteistyö vedenhankintaprosessissa

Haastatteluissa luonnonsuojelun ja vedenoton yhteensovittamisen ristiriidat henkilöityivät pääasiassa AVI:n luvittajiin ja ELY-keskusten ympäristönsuojelun edustajiin. Kunnan ympäristöviranomaisten kanssa ei ollut ongelmia vedenhankintaprosessissa haastattelujen perusteella. AVI:n luvittajia arvosteltiin muun muassa käsittelyaikojen pituudesta ja vedenottolupia koskevista päätöksistä, joilla ei ole vesilaitoksen mielestä riittäviä perusteita. Riittämättöminä perusteina pidettiin päätöksiä, jotka eivät pohjaudu tutkimustietoon vaan mielipiteisiin tai yksittäisiin näkemyksiin. Vedenoton lupien rajoitukset saattoivat koskea lupien määräaikaaisuutta tai pumppausmäärien rajoittamista. Haastateltavat olivat valittaneet korkeimpaan hallinto-oikeuteen muutamista tällaisista tapauksista, jossa rajoitusten koettiin olevan riittämättömästi perusteltuja. Maanomistajien ja asukkaiden valitukset nähtiin haastatteluissa ja kyselyssä huonona asiana, sillä niiden koettiin vaikuttavan AVI:n päätöksiin liian löyhin perustein ja vedenhankintaprosessien nähtiin pitkittyvän valitusten vuoksi. Yhdessä tapauksessa, asukkaiden valitukset lammen pinnankorkeuden laskusta koettiin vaikuttavan vedenoton lupapäätökseen, vaikka pintojen lasku on voinut olla luontaista vaihtelua.

Vedenottolupien määräaikaisuuden tarkoitus on ilmeisesti tarkistaa vallitsevat ympäristön olosuhteet säännöllisin väliajoin, mutta liian lyhyt määräaikainen lupa saattaa edellyttää turhaa työtä vesilaitokselle. Eräs haastateltava piti viiden vuoden määräaikaista lupaa ”toivottoman” lyhyenä aikana, sillä luvan hakemisprosessiinkin menee aikaa. Toisaalta luotettavaa tietoa pohjavedenoton ympäristövaikutuksista saadaan, kun vedenottamo on toiminut suunnittelulla kapasiteetilla vähintään viisi vuotta (Päätaalo et al. 2007, s. 15). Viiden vuoden määräaikainen lupa uudella vedenottamalla tuntuu järkevältä, mutta luvan uusimisessa olisi syytä pidentää lupien kestoa, ellei lyhyisiin lupa-aikoihin ole erityistä syytä.

Haastateltavat eivät yleensä ole olleet yhteistyössä ELY-keskuksen ympäristönsuojeluosaston kanssa, jolloin saattaa ilmetä epäselvyyksiä, mitä vedenottoluvassa tulisi huomioida ja millaisia tutkimuksia tulisi tehdä luvanhankintaprosessin alusta lähtien. Toisaalta kaksi haastateltavaa oli sitä mieltä, että vaikka yhteistyö ELY-keskuksen kanssa on sujunut hyvin ja on luultu, että vedenhankinnan neuvotteluissa on löytynyt ratkaisu, niin ELY-keskuksen näkemys vedenoton vaikutuksista on saattanut silti muuttua. He kokivat myös, että ELY-keskusten välillä on eroja ekosysteemien huomioidinnissa, joka

vaikuttaa annettaviin lausuntoihin pohjavedenotosta. ELY-keskuksen vesihuollon ja ympäristönsuojelun ristiriidat sekä niiden välinen yhteistyö saattaa olla yksi merkittävä tekijä vedenoton lupaprosessin edistämisessä.

ELY:n ympäristönsuojelun edustaja kommentoi haastattelussa, ettei vedenoton ja luonnonsuojelun yhteensovittaminen ole kovin suuressa ristiriidassa laajemmalla perspektiivillä, mutta yksittäisiä tapauksia saattaa olla. ELY:n vesihuollon edustajan haastattelussa mainittiin, että ristiriidat kulminoituvat monesti kysymykseen: ”mikä on merkittävä haitta ekosysteemille ja mikä ei?”. Ristiriitoja voi myös syntyä siitä, että mikä on tarpeeksi painava syy ottaa vettä tietyltä pohjavesialueelta. Yhden haastateltavan mukaan heidän vedenottosuunnitelmiaan vastustettiin ELY-keskuksessa, koska heidän oli tarkoitus hankkia alueelta varavettä. Varavedenhankintaa ei hänen mukaansa pidetty tarpeeksi painavana syynä vedenotolle, jolloin vesilaitos joutuu korostamaan vedenoton merkitystä enemmän luvan hakemisvaiheessa. Haastattelujen perusteella, ELY:n vesihuolto- ja luonnonsuojelupuoli kirjoittavat erikseen omat vastineensa vesilaitoksen vedenottolupaa koskevaan lausuntoon, eivätkä ole varsinaisesti yhteistyössä keskenään. Tämä saattaa osiltaan vaikuttaa siihen, ettei kaikkia tyydyttäviä ratkaisuja vedenoton ja luonnonsuojelun yhteensovittamiseen löydetä tehokkaasti.

ELY:n vesihuollon asiantuntija kertoi haastattelussa, että uusimmissa luvissa vedenottomäärät on arvioitu kuivan kauden sadannan perusteella keskimääräisen sadannan sijasta. Tämä tarkoittaa, että yksittäisen vedenottamon ottoluvat pienenevät noin 20–25 %, jolloin saatetaan joutua rakentamaan lisää kaivoja, jotta tarvittava vesimäärä saadaan otettua tarpeeksi hyvälaatuisena. Pienemmät vedenottomäärät palvelevat ekosysteemien vedentarvetta. Veden laadun kannalta ottamoiden hajauttaminen on myös hyvä asia, mutta uusien kaivojen rakentaminen vaatii runsaasti selvityksiä ja aikaa. Liian suuri vedenottomäärä yksittäisestä vedenottamosta voi altistaa laatuongelmille, kun kaivoon voi virrata heikompileatuisempaa vettä heikommin vettä johtavasta maa-aineksesta tai syvemmällä olevaa heikkolaatuisempaa vettä (Rossi 2016). Uusien kaivojen rakentaminen on tullut ELY-keskuksen vesihuollon edustajan mukaan haasteellisemmaksi muuttuneen lainsäädännön perusteella, joita ovat muun muassa vuonna 2012 tullut uusi vesilaki ja vuonna 2013 tullut vesiasetus. Käytännössä tämä tarkoittaa lisää selvityksiä ja investointeja vesilaitoksilta, kun uusia kaivoja rakennetaan.

ELY-keskuksen vesihuollon edustajat nähtiin parempina yhteistyökumppaneina vedenhankinnan lupaprosessissa, sillä he katsovat asioita juuri vesilaitosten näkökulmasta. ELY:n roolia on pidetty merkittävänä etenkin alueellista kokonaisuutta yhdistävänä tekijänä, jossa voidaan ajaa useiden eri kuntien ja vesilaitosten etuja. Se on myös nähty tärkeänä paikallisena asiantuntijana pohjavesiselvityksissä ja kaluston vuokraajana. Nykyään tämä toiminta on hiipunut irtisanomisten ja resurssien vähentämisen vuoksi, mitä pidetään vesilaitoksilla huonona asiana. Yhdessä haastattelussa vesilaitosten koettiin olevan tulevaisuudessa enemmän ”oman onnensa nojassa” ja pohjavesiselvityksissä tai -tutkimuksissa joudutaan käyttämään yhä useammin konsulttien palveluita. Tämän arvellaan johtavan huomattavasti suurempiin kustannuksiin.

### 5.2.3 Mahdollisia ratkaisuja

Vesilaitoksen yhteistyö ELY-keskuksen ympäristönsuojelun edustajien kanssa tulisi olla nykyistä tiiviimpää. Parempi keskusteluyhteys AVI:n kanssa saattaisi myös helpottaa lupaprosessiin etenemistä. Keskusteluyhteys auttaa kaikkia osapuolia ymmärtämään paremmin toistensa intressejä ja arvoja. Käytännössä tätä voisi parantaa henkilökohtaisella keskusteluyhteydellä, jotta mahdolliset ympäristöriskit tulevat tiedoksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja pyrittäisiin välttämään monen kuukauden viivästyksiä luvanhanhinta-prosessiin. Suomen vuodenaikojen kierto vaikuttaa myös merkittävästi lupaprosessien keston, sillä kaikkia maastoselvityksiä ei voida tehdä vuoden ympäri. Haastatteluissa oli myös havaittavissa teknisen näkökulman ja luonnonsuojelun vastakkainasettelua, joka lähtökohtaisesti tuskin on parantanut tai lisännyt yhteistyötä osapuolten välillä. Parempi keskusteluyhteys auttaisi ennakoinnissa ja ehkäisisi yllätysten syntymistä. Yhdelle haastateltavista kommentoi tilannetta, jossa heidän ennakkoselvityksistä huolimatta pohjavedenotolle ilmeni yllättävä este:

*”Sekin on opittu, että kun tehään ns kaikki valmiiksi niin se voi nopeuttaa sitä, mut sit voi tulla yllätyksiä. Joku ihan käsittämätön juttu. No just et siel on joku leinikki yks kappale, jossai lähteikössä”*

Vedenottoluvissa sallitut vedenottomäärät eivät ole nykypäivänä samaa kokoluokkaa kuin aiemmin, vaan vesilaitosten on usein kohtuullistettava suunniteltua vedenottomäärää jo lupaprosessin alussa, jotta luvat saadaan nopeammin hankittua. Erään haastateltavan mukaan heillä oli opittu, että tulevaisuudessa haetaan vedenottoluvassa huomattavasti

pienempää vesimäärää mitä aiemmin, jotta hanke toteutuu todennäköisemmin. Nykyisessä ympäristöarvoja korostavammassa toimintaympäristössä vesilaitosten tulee huomioida pohjavesiekosysteemejä entistä enemmän ja mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Yksi haastateltavista myös epäili, että monia valituksia olisi voitu estää neuvottelemalla ja tiedottamalla mahdollisimman ajoissa. Kyselyyn vastanneet vesilaitokset pitivät myös hyvän yhteistyön edistäjinä avoimuutta ja tiedostusta sekä yhteydenpitoa.

Vedenottohankkeilla, joilla saattaa olla merkittäviä vaikutuksia ekosysteemeihin tai jotka koskettavat useita eri sidosryhmiä, voi monitavoitearviointi olla hyvä ratkaisu. Sen tarkoituksena on tukea päätöksentekoa. Se voisi olla hyödyllinen etenkin pohjavesivarantojen hallinnassa, jotka voivat olla monimutkaisia ja joiden käsittelyyn liittyy yleensä huomattavaa epävarmuutta eri tekijöiden vuoksi (Karjalainen et al. 2013, s. 5141). Yksi kyselyn vastaajista koki, että avoin monitavoitearviointi avasi keskustelun pohjavedenotosta uudella tavalla, jossa mielipiteet ovat eri tahoilla erilaiset. Osallistuvasta monitavoitearviointista pohjavesikysymyksissä on saatu hyviä kokemuksia Rokualta, jonka kautta ymmärrettiin paremmin eri näkökulmia, opittiin pohjavesimuodostumista sekä epävarmuustekijöistä (Karjalainen et al. 2013, s. 5150–5151).

Pohjavedenoton seurauksena syntyy uusi maanalainen ympäristötasapaino, kun ympäristön luonnollisia olosuhteita häiritään. Pohjavedenoton vaikutusten perusteellinen tutkimustyö ja oikeiden tutkimuspäätelmien tekeminen korostuvat, sillä ympäristömuutokset nähdään täysimääräisinä vasta jatkuvan pumppaustoiminnan aloitettua (Mälkki 1999, s. 157). Mahdollinen tutkimusmenetelmä isommille vedenottohankkeille voi olla Ala-ahon (2014) tutkimana pohja- ja pintavesisysteemien yhdistetty mallintaminen, jossa on käytetty monipuolisesti erilaisia tutkimusmenetelmiä mallin luomisessa ja kalibroinnissa. Mallintamisella ja mittauksilla saatava tieto luo tieteellisen pohjan pohjavesivarojen hallinnalle (Gleeson et al. 2012, s. 26). Laaja tutkimustyö ei välttämättä ole kannattavaa pienemmille vesilaitoksille, jolloin yhteistyön merkitys muiden vesilaitosten kanssa korostuu. Toisaalta pienen vesilaitoksen tarvitsemat vesimäärät ovat harvoin niin suuria, että niistä aiheutuu vahinkoa ekosysteemeille.

Vedenoton vaikutuksia voidaan säädellä kolmella eri keinolla: vedenoton hajauttamisella, vedenottomäärän rajoittamisella kokonaan tai tietyllä ajanjaksolla sekä tekopohjaveden muodostamisella (Mälkki 1999, s. 163). Tekopohjaveden tuotannossa ei välttämättä tarvitse käyttää pintavettä vaan puhtaampaa pohjavettä. Kyselyyn vastaajat ja haastateltavat minimoivat pohjavedenoton vaikutuksia vedenottomäärää säätelemällä suhteessa muodostuvaan vesimäärään tai pohjavedenpinnan vaihteluihin sekä seuraamalla suojelualueita. Oleellisena kysymyksenä vedenoton säätelyssä on, miten nopeasti vaikutukset heijastuvat ympäristöön ja mitä vaikutuksia tällä on. Ekosysteemien seurannan vaatimukset saattavat myös tehdä vedenoton kannattamattomaksi luvasta huolimatta. Näin on näillä näkymin käymässä Salon Veden vedenhankinnalle Kalattomannotkon ja Kaskistonummen vedenotossa. Seuranta tuo lisää kustannuksia ja saattaa jopa aiheuttaa hieman ristiriitaisesti riskejä ekosysteemeille. Esimerkiksi seurannasta saattaa aiheutua tällaantumishaittoja lähteikölle (Merilä 2016). Lupien liian pienet vedenottomäärät voivat myös tehdä hankkeen kannattamattomaksi. Selänpään tekopohjavesihankkeessa on suunniteltu käytettävien suojaimeytyskaivoja kompensoimaan pohjavedenotosta aiheutuvia muutoksia pohjavesiolioissa (Pöyry 2015, s. 34). Tämä saattaa olla hyvä käytännön tekniikka, jota voidaan käyttää neuvotteluissa vedenhankinnan ehdoista.

Tuleva pohjavesialueiden E-luokka selventää, millä pohjavesialueilla on suojeltavia ekosysteemejä, jolloin niiden huomioiminen vedenhankinnan suunnittelussa kunnallisella tai ylikunnallisella tasolla helpottuu. Haastatteluissa ei E-luokituksesta juurikaan tiedetty, mutta muutamat haastateltavat olivat huolissaan siitä, miten uusi luokitus vaikuttaa nykyisten vedenottolupien uusimiseen tai miten se vaikuttaa vedenhankintaan tulevaisuudessa. Toisaalta yksi haastateltavista ei pitänyt E-luokitusta uhkana, sillä he olivat jo tottuneet huomioimaan ekosysteemit heidän vedenottoluvissaan. E-luokituksesta ja sen toteutuksesta vesilaitokset tarvitsisivat enemmän tietoa tai oikein kohdennettuna, jotta siihen osataan varautua oikein.

### **5.3 Maankäytön ja vedenoton ristiriidat**

Pohjavesialueet sijaitsevat Suomessa yleensä hyvin lajittuneissa sora- ja hiekkamuodostumissa, jotka ovat hyviä lähteitä muun muassa soranotolle sekä hyviä alustoja rakentamiselle. Monet erilaiset maankäytön muodot asettavat riskejä pohjaveden pilaantumiselle, sillä pohjavesialueilla vesiä suojaava maakerros on yleensä ohut ja hyvin

vettä johtava (Suomen ympäristökeskus 2016c). Pohjaveden pilaantuessa, sen luontainen puhdistuminen voi kestää vuosikymmenistä vuosituhansiin (Lerner & Harris 2009, s. 271). Vuonna 2013 Suomessa oli 353 riskialueeksi luokiteltua pohjavesialuetta, joka oli noin 100 aluetta enemmän kuin vuonna 2009. Riskialueet sijaitsevat yleensä Etelä-Suomen ja taajamien pohjavesialueilla, mihin on keskittynyt paljon ihmistoimintaa (Ympäristöministeriö 2013). Yleisimmät maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat liittyivät kaavoitukseen pohjavesialueille, soranottoon, pohjavesien suojelun riittämättömyyteen ja erilaisiin pilaantumisriskeihin, kuten teiden suolauksesta johtuviin kohonneisiin kloridipitoisuuksiin ja maatalouden päästöihin. Maankäytön ja vedenoton ristiriidoissa eriävät intressit ovat keskeisessä roolissa. Haastateltavat vesilaitosten edustajat yhdistivät maankäytön ongelmat yleensä kunnan virkamiehiin ja kaavoitusviranomaisiin, jotka ohjaavat maankäyttöä ja sen suunnittelua kunnan alueella. Kunnan maankäytön suunnittelun välineitä ovat muun muassa yleis- ja asemakaava, rakennusjärjestys ja maapolitiikka (Ympäristöministeriö 2016).

### **5.3.1 Kaavoitus**

Haastattelujen ja kyselyn perusteella kaavoitukseen liittyvät riskit kohdistuvat urbaaneille alueille, jossa pohjavesialue on lähellä kaupunkia tai sen alueella. Muun muassa rakentaminen pienentää entisestään pohjaveden muodostumisaluetta tai tuo potentiaalisia pilaantumisriskejä pohjavesialueelle. Kaavoituksen taustalla ovat yhden haastateltavan mukaan esimerkiksi kunnan tavoitteet alueen elinvoimaisuuden kehittämisessä ja suurmaanomistajien vaikuttaminen kaavoituspäätöksiin. Perusongelmana hän piti kaavoittamisessa sen vaikutusta maan arvoon. Hän myös oli sitä mieltä, etteivät tehtyjen selvitysten tulokset tahdo siirtyä millään kaavamääräyksiin, vaikka asioista tiedetään. Haastatteluissa koettiin, että pohjavesien suojeluun ei kiinnitetä riittävästi huomiota päätöksenteossa ja kaavoituksessa. He olivat sitä mieltä, ettei kaavoituksessa välttämättä ymmärretä kokonaan pohjaveden pilaantumisriskiä ja sen lopullisuutta, vaikka kuinka hienoa tekniikkaa käytettäisiin. Erään haastateltavan tapauksessa heillä oli syntynyt epäonnistuneen kaavoituksen seurauksena käyttöarvoltaan laskenut pohjavesialue mutta toisaalta oltiin sitä mieltä, että viime vuosina on menty kokonaisuudessaan parempaan suuntaan pohjavesien suojelussa.

Yleinen toimintatapa pohjavesialueiden suojeluun on vesipolitiikan puitedirektiiviin perustuva pohjavesien suojelusuunnitelma, jonka tavoitteena on saada riittävän tarkkaa tietoa riskeistä ja alueen pohjavesiolosuhteista. Suojelusuunnitelma sisältää myös

yksityiskohtaisen toimenpideohjelman, joka on kohdennettu tietyille pohjavesialueelle (Haajanen 2013, s. 8). Suojelusuunnitelmia pidettiin hyvänä asiana, sillä se tuo mahdollisia ongelmia enemmän esille ja konkretisoi eri toimijoille, mitä pohjavesialueella voi tehdä ja mitä ei. Sen tarkoituksena on myös toimia ohjeena viranomaisvalvonnassa, maankäytön suunnittelussa ja lupahakemusten käsittelyssä (Lindholm 2015, s. 5).

Vesilaitoksen näkökulmasta yleinen ympäristöarvojen arvostus on vaikuttanut kaavoitukseen pohjavesialueille, sillä vesilaitos ei ole tällöin yksin arvostelemassa päätöksiä koskien pohjavesialueille kaavoittamista. Kunnan päättäjien tietämystä pohjavesiasioissa ja ELY:n roolia korostettiin myös pohjaveden pilaantumisen riskien hallinnassa. ELY-keskuksen yksi tehtävä on ohjata ja valvoa kuntien kaavoitusta, joten sen toiminnalla on suuri merkitys pohjavesialueiden turvaamisessa. Yksi haastateltavista piti hyvänä peruseriaatteena tulevaisuuteen, ettei pohjavesialueille kaavoiteta teollisuutta tai asuttamattoman tarkoituksen toimintaa, kuten huoltoasemaa. Teollisuuden ohjaaminen pohjavesialueen ulkopuolelle on huomioitu ainakin Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosiksi 2016–2021 (Vallinkoski et al. 2016, s. 122). Vanhojen kaavamerkintöjen muuttaminen on usein hidas ja monivaiheinen prosessi, jolloin aikaisempien riskitekijöiden kaavoittaminen uudelleen pohjavesialueen ulkopuolelle voi tuntua hitaalta (Rintala et al. 2007, s. 43). Haastatteluissa ilmeni, että kaavoituksen kankeudesta ei ole päästy vielä tänä päivänä eroon.

Asuinrakentamiseen ei ole täysin riskitöntä viemäriverkoston vuotamisen tai muun ympäristökuormituksen vuoksi. Alueiden päällystäminen myös pienentää pohjaveden muodostumisalaa, mutta esimerkiksi hulevesien imeyttäminen maahan saattaa olla ratkaisu tulevaisuudessa. Yksi haastateltavista piti ongelmana sitä, miten voidaan varmistua maahan johdettavien hulevesien riittävästä puhtaudesta.

### **5.3.2 Maa-ainesten otto**

Kunnan viranomaisen myöntää maa-ainesten ottamiseen luvat. Monilla kyselyyn vastanneilla maa-ainesten otto on aiheuttanut ristiriitoja pohjavesialueilla tai se on ollut joskus aikaisemmin ongelma. Soranoton on todettu lisäävän pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden vaihteluita sekä lisäävän pohjaveden pilaantumisen riskiä (Hatva et al. 1993, s. 3). Mikäli soranotto sijoittuu pohjavesialueelle, ottotoiminnalle asetetaan riittävät lupamääräykset pohjaveden suojelemiseksi (Rintala 2014, s. 13). Haastatteluissa

kerrottiin, että maa-ainesten otossa on myös ongelmana se, että pohjavesialueen suojakerroksia arvioidaan pohjavedenoton kannalta, eikä oteta huomioon tekopohjavedentuotantoa, jossa pohjavedenpinta nousee. Tällöin suojakerroksia ei välttämättä ole lainkaan, jolloin tekopohjaveden tuotanto ei välttämättä ole mahdollista paikalla, josta maa-aineksia on otettu.

Eräs haastateltavista oli sitä mieltä, etteivät kunnan ympäristöviranomaiset ota pohjavesialueiden suojelua tarpeeksi vakavasti, sillä useilla heidän käyttämillä pohjavesialueilla oli pohjavesiä vaarantavaa luvitettua toimintaa, joka lisää pohjaveden pilaantumisriskejä. Keskusteluyhteys kunnanviranomaiseen oli hänen mukaansa olemassa, mutta hän ei pitänyt sitä aitona keskusteluyhteytenä lukuisten maa-ainesten ottoon liittyvien erimielisyyksien vuoksi. Hänen mukaansa erään kunnan ympäristöviranomaisen oli jopa lehden yleisönosastokirjoituksessa arvostellut ELY-keskuksen estävän hyvien maa-ainesten ottotoimintaa ja vievän asioita turhaan oikeuskäsittelyihin. Suomessa saatetaan pitää vesihuoltoa osittain itsestäänselvyytenä, jolloin sen merkitystä ei välttämättä ymmärretä kokonaan. Yhdessä haastattelussa kommentoitiin:

*”Ehkä Suomessa ei osata suhtautua pohjavesialueiden suojeluun riittäväällä vakavuudella, sillä vesihuolto on vielä aika hyvässä kunnossa, mutta pohjavesialueiden määrä on rajallinen.”*

Hän epäili, että syynä on maa-ainesten oton ja vedenoton yhteensovittamisen kompromissihakuisuus, jolloin kunnan viranomaiset tekevät ”ympäripyöreitä” päätöksiä halutessaan miellyttää mahdollisimman monia osapuolia. Erityisesti maa-ainesten ottotoiminnan lupaehdoja pohjavesialueella arvosteltiin, sillä ne ikään kuin ”kirjoittavat riskit pois”, mutta eivät poista varsinaista ongelmaa eli maa-ainesten ottoa pohjavesialueella. Esimerkiksi yhdessä maa-ainesten oton luvassa luki: *”maa-ainesten otto on järjestettävä siten, ettei siitä aiheudu pohjaveden tai maaperän pilaantumisen vaaraa”*. Haastateltavan mukaan tätä käytetään keinona välttää vesilain mukainen selvitystarve maa-ainesten ottoon, vaikka käytännössä maa-ainesten ottoa ei voida järjestää pohjavesialueella siten, että siitä ei aiheudu pohjavedelle vaaraa. Hän ei kokenut seutukaavan ohjaavan vaikutuksen toteutuneen kovin hyvin maa-ainesten otossa, sillä maanomistajat ja muut toimijat ottavat siltä alueelta, jolla saavat sopimukset tehtyä, vaikka se olisi pohjavedentuotantoon tarkoitettulla alueella.

Rintala ja Lonka (2013, s. 73) arvioivat raportissaan, että uudistunut maa-aineslaki on kokonaisuudessaan kohdistanut maa-ainesten ottotoimintaa harvempiin, mutta suurempiin ottoalueisiin, joka on osaltaan edistänyt pohjaveden määrän ja laadun suojelua. Kuitenkin soranottoluvista vielä noin puolet kohdistuu pohjavesialueille ja Ruotsiin verrattuna soranotto on ollut viime vuosikymmeninä huomattavasti korkeammalla tasolla (Rintala & Lonka 2013, s. 81). Heidän tekemänsä kyselyn perusteella 70 % ELY-keskuksista oli sitä mieltä, että kunnat tekevät liian harvoin valvontatarkastuksia ja 30 % katsoi kuntien laiminlyövä valvontatarkastuksia. Valvonnan puutetta pidettiin kuntien vähien resurssien syynä. Erään toisen haastateltavan mukaan valtakunnallinen harjujen suojeleohjelma on ohjannut hyvin maa-ainesten ottoa muille alueille kuin pohjavesialueelle. Maakunta- ja yleiskaavoilla sekä niiden perusselvitysaineistolla on keskeinen rooli arvioitaessa maa-ainesten ottoa. Pohjaveden suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittamisen (POSKI) selvitykset on yleensä huomioitu maakuntakaavojen suunnittelussa. Kunnissa on laadittu tarpeeseen nähden liian vähän maa-ainesottamisen yleissuunnitelmia sekä maa-aineyleis- ja osayleiskaavoja vähien resurssien vuoksi. (Rintala & Lonka 2013)

Haastatteluissa oltiin sitä mieltä, että laki on erilainen eri kunnissa. Rintalan ja Lonkan (2013, s. 75) selvityksessä mainitaan muun muassa, että eri kunnissa maa-ainesten otton lupahakemuksia käsiteltiin eri kriteereillä, osassa lupahakemuksia on nähtävissä tarkoituksenmukaisuutta ja ELY-keskusten sekä kuntien välinen lausuntokäytäntö oli usein epäselvä ja vaihteleva. Heidän arvionsa ja haastateltavien perusteella maa-ainesten otton luvittaminen vaikuttaa erittäin vaihtelevalta eri kunnissa, joten ristiriitojen ilmeneminen eri toimijoiden kesken on ymmärrettävää. Yksi haastateltavista oli sitä mieltä, että ELY-keskuksen toiminta vaihtelee eri maakunnissa maa-ainesten ottoasioissa.

Valitusprosessia maa-ainesten ottoluvista pidettiin liian pitkänä, sillä se saattaa kestää vuosia. Yksi haastateltavista kertoi, että vasta korkeimmassa hallinto-oikeudessa tutkitaan tarpeeksi vakavasti, tarvitseeko maa-ainesten ottolupaa käsitellä vesilain mukaan. Hänen mukaansa osa maa-ainesten ottoluvista on sisältänyt toimeenpanolupia, jotka mahdollistavat maa-ainesten otton ilman lainvoimaista lupaa, jolloin koko lupaprosessi menettää merkityksensä. Hän oli myös sitä mieltä, että aiempi ympäristölupien käsittelyn yhdistäminen ei ole ollut täysin onnistunut, sillä murskauksen

ja maa-ainesten oton lupia käsitellään erikseen Vaasan ja Hämeenlinnan hallinto-oikeuksissa, jolloin saatetaan tehdä keskenään ristiriitaisia päätöksiä.

Ratkaisu käytäntöjen yhtenäistämiseen saattaisi löytyä siirtämällä maa-ainesten oton luvittamisen vastuuta pois kunnan viranomaisilta. Aiemmin on ehdotettu, että suuret tai vesilain mukaisen luvat vaativat maa-ainesten ottoluvat käsiteltäisiin AVI:n toimesta. (Rintala & Lonka 2013, s. 52). Mahdollisena ratkaisuna on myös vaihtoehtoisten materiaalien, kuten teollisuuden sivuvirtojen tai tuhkien, hyötykäytön tukeminen. Polttavana kysymyksenä onkin, että millaisia riskejä voidaan pohjavesialueelle sallia ja missä määrin. Haastatteluissa muistutettiin, että maa-ainesten oton vaikutukset ovat maisemaan lopullisia ja vedenhankintaa ei voida miettiä lyhytnäköisesti, vaan tulisi miettiä myös vuosikymmenien päähän vedenhankintaa. Ympäristöarvojen korostaminen kaavoituksessa ja päätöksenteossa on vähentänyt pohjavesialueille kohdistuvia riskejä mutta selvästi nämä eivät ole vaikuttaneet kaikkialle.

### **5.3.3 Tienpito**

Kyselyn ja haastattelujen perusteella suolausta ei pidetä suurena ongelmana, mutta viiden vastaajan mukaan teiden suolaus vaikuttaa vedenlaatuun. Suolaus vaikuttaa pohjaveden kloridipitoisuuksiin ja suojelutoimenpiteet tai suolauskäytäntöjen muuttamiset voivat näkyä vasta usean vuoden viiveellä (Lindroos & Nystén 2015, s. 3–4). Suolauksen ongelmia oli ratkaistu muun muassa käyttämällä kaliumformiaattia pohjavesialueen osuuksilla, jotka ovat herkkiä tiesuolan vaikutukselle. Kaliumformiaatin huono puoli on sen huomattavasti korkeampi hinta verrattuna perinteiseen tiesuolaan (Salminen et al. 2010, s. 38). Mahdollisia muita ratkaisuja ovat suolan käytön dokumentointi, luiskasuojauksen rakentaminen tai hulevesien kerääminen (Lindroos & Nystén 2015, s. 89). Lentokentillä käytettävän urean epäiltiin yhden haastateltavan tapauksessa vaikuttavan pohjaveden laatuun. Suuret valtatie ja niiden välittämä liikenne olivat haastateltavan mukaan merkittävä riski pohjavesialueelle, sillä niiden varrella voi isokin ympäristövahinko olla mahdollinen. Molariuksen ja Poussan selvityksessä (2001) tiesuolaus on ollut yleisin syy pohjaveden pilaantumiseen vuosina 1976–2000 (ks. Kitti 2013, s. 12–13).

### 5.3.4 Maalämpö

Etelä-Suomen muutamissa kasvukeskuksissa kyselyyn vastanneet vesilaitokset olivat huolissaan maalämpökaivojen asennuksista pohjavesialueille. Vesilaitokset olivat antaneet kieltäviä lausuntoja maalämpökaivojen lupien hakemuksissa ja luvista oli valitettu myös tuomioistuimiin. Eräs haastateltavista ei sallinut maalämpökaivojen rakentamista pohjavesialueelle tai sen läheisyyteen. Maalämpökaivoista aiheutuu pilaantumisriskejä pohjavesille muun muassa porauksen aikana sekä käytön aikana. Näitä voivat olla esimerkiksi lämmönkeruuputkistojen vuodot tai pohjaveden virtausolosuhteiden muuttuminen. (Uurtamo 2011, s. 27–28)

## 5.4 Pohjavedenoton hyväksyttävyys

Yhteistyö pohjavesialueen maanomistajien ja asukkaiden kanssa on kyselyn mukaan haastavampaa, kun pumppausmäärät ylittävät 5000 m<sup>3</sup>/vrk tai jos vedentuotannossa käytetään tekopohjavettä. Toisen kunnan alueelta pumppaaminen voi aineiston perusteella lisätä ristiriitojen syntymisen riskiä maanomistajien ja asukkaiden kanssa. Toisen kunnan alueelta pumpataan oman kunnan määrällisesti tai laadullisesti riittämättömien pohjavesivarojen vuoksi. Haastateltavien mukaan ristiriitojen syntymisen riski voi johtua siitä, että toisen kunnan pohjavesialueen asukkaat eivät koe pohjavedenoton hyödyttävän heitä samalla tavalla kuin oman kunnan vesilaitos ottaisi pohjavettä käyttöönsä. Yhden haastateltavan mukaan ristiriitoja voi syntyä herkemmin maanomistajien kanssa, jotka eivät asu pohjavesialueella. Tällöin pohjavedenotto ei välttämättä kosketa heitä henkilökohtaisesti, jonka koettiin vaikuttavan suhtautumiseen vedenotosta. Myyrän Pro gradu -tutkielmassa (2007, s. 43) pohjavesialueen asukkaita ei niinkään kiinnostanut, kuka vettä ottaa, vaan vedenoton paikalliset vaikutukset. Saattaa olla mahdollista, että vesilaitoksen sijainti on toissijainen asia ensisijaisten intressien tai arvojen ristiriitojen kanssa.

Haastatteluissa ja kyselyssä hyväksyttävyyttä ei pidetty kokonaisuudessaan suurena haasteena. Vesilaitoksilla kuitenkin koettiin yhteistyön olevan keskimäärin heikompaa pohjavesialueen asukkaiden ja maanomistajien tai muiden toimijoiden kanssa. Hyväksyttävyys on sanana hieman tulkinnanvarainen, sillä hyväksyttävyyden saamisen taustalla ovat usein toisen osapuolen intressit tai arvot. Nämä arvot ja intressit saattavat sekoittaa esimerkiksi vedenoton ja luonnonsuojelun sekä maankäytön ja vedenoton ristiriitojen kanssa. Tämä tulkinnanvaraisuus on saattanut vaikuttaa vesilaitosten

vastauksiin, jolloin sitä pidetään vähäisimpänä haasteena. Hyväksyttävyyttä pidettiin suurempana haasteena, jos pumpataan osittain/kokonaan toisen kunnan alueelta verrattuna pelkästään oman kunnan alueella tapahtuvaan vedenottoon. Hyväksyttävyyttä voi nousta merkittäväksi tekijäksi suurissa ylikunnallisissa vedenottohankkeissa, kuten on käynyt muun muassa Tampereella ja Oulussa. Toisaalta yksi 1000–5000 m<sup>3</sup>/vrk vesilaitos koki hyväksyttävyyden suurimmaksi haasteeksi, vaikka pumppaus tapahtui vain oman kunnan alueelta.

Pienillä vesilaitoksilla organisaatorakenne on yksinkertainen, investointeja vedentuotannon lisäämiseen ei juuri tehdä ja vedenjakelualueen asiakkaiden sekä vesilaitoksen työntekijöiden ja johdon läheinen vuorovaikutus ei luo pohjaa suurille ristiriidoille pohjavesialueen toimijoiden tai asukkaiden kanssa. Paikallinen sopiminen on helpompaa pienellä vesilaitoksella, kun vuorovaikutus on jouhevampaa. Suuremmilla vesilaitoksilla käytettävien pohjavesialueiden määrä nousee ja uudet vedenhankintasuunnitelmat ovat yleisempiä, jolloin hyväksyttävyyden hakeminen on yleisempää kuin pienillä vesilaitoksilla. Suurempien vesilaitosten vedenhankinta ulottuu usein naapurikuntienkin alueille, sillä pohjavesivarannot ovat jakaantuneet epätasaisesti ja kunnilla voi olla yhteistyötä keskenään. Suuremmilla vesilaitoksilla paikallinen sopiminen maanomistajien kanssa voi olla haastavampaa organisaatorakenteen vuoksi, jossa johto on suhteellisen kaukana asiakkaasta.

Ongelmat pohjavesialueen maanomistajien tai asukkaiden kanssa kiteytyvät yleensä mahdollisiin maankäytön rajoituksiin, ristiriitoihin vedenoton luontovaikutuksista tai korvausten jakamiseen. Erään haastateltavan mukaan, maanomistajat saattavat olla sitä mieltä, että he kokevat rahallisia tappioita, kun heidän toimintansa rajoittuu omistamallaan maallaan. Vesilaitoksen kannalta nämä ristiriidat voivat tuoda mukanaan valituksia vedenotosta tai jopa oikeuskäsittelyitä. Valitukset voivat pitkittää vedenhankintaprosessia huomattavasti. Haastateltavan mukaan pohjavesialueen toimijoilla saattaa olla ennakoasenteita, esimerkiksi jos toisen kunnan vesilaitos tulee heidän mailleensa ottamaan vettä. Oman kunnan alueelta vedenotto on hänen mielestään helpompaa, sillä vedenoton koetaan hyödyttävän alueen toimijoitakin. Yhteistyöongelmien taustalla saattaa myös olla kaupunki-maaseutu vastakkainasettelua, erityisesti suurissa vedenottohankkeissa (Kurki & Katko 2015, s. 346).

Riskinä ristiriitojen syntyyn on myös pohjavesialueen toimijoiden tai asukkaiden vaillinainen tietämys pohjavesialueeseen liittyvästä lainsäädännöstä tai ilmaston vaikutuksesta luonnolliseen vaihteluun pohja- ja pintavesissä. Esimerkiksi, maankäytön rajoitusten katsottiin johtuvan vesilaitoksen suojelusuunnitelmien ohjeista tai pohjavedenoton nähtiin vaikuttavan alueelle, jonne pohjavesikerros ei ole yhteydessä. Vastaajat olivat ratkaisseet tällaisia ongelmia tiedottamalla yhdessä viranomaisen kanssa. Avoimuutta ja ennakoivaa tiedotusta oli myös korostettu kyselyn vastauksissa yhteistyön edistäjänä. Suomen Vesilaitosyhdistys yhteistyössä pohjavesien suojelussa vaikuttavien toimijoiden kanssa on laatinut ”Tarkkana siellä pohjavesialueella!”-esitteitä eri kohderyhmille kotitalouksista pienteollisuuteen, joka edistää tietämystä mitä pohjavesialueella voi tehdä ja mitä ei (Suomen ympäristökeskus 2016d).

Vastakkainasettelu ja kiistanhakuisuus johtavat luottamuksen heikkenemiseen osapuolten välillä, joka tekee yhteistyöstä haastavaa. Vastakkainasettelu osapuolten välillä estää intressien huomioimisen tai jopa tunnistamisen, jolloin saatetaan olla löytämättä osapuolten välillä yhteisiä intressejä. Pitkittyneiden ristiriitojen ratkaisu on hankalampaa, joten ennaltaehkäisevän työn merkitys korostuu. Ennaltaehkäisevä työ voisi sisältää mahdollisten konfliktien tunnistamista ennen kuin ne edes syntyvät. Alueen historiallinen ja poliittinen konteksti saattaa myös vaikuttaa vedenottohankkeeseen. Kyselyn vastauksissa olikin mainittu, että on pyritty tiedottamaan mahdollisimman paljon jo hankkeen alussa. Maanomistajien osallistaminen saattaa toimia erityisesti pohjavesialueilla, jonka alueella on useita eri sidosryhmiä eri intressien kanssa. Yhden haastateltavan tapauksessa osallistamista oli kokeiltu järjestämällä yleisötilaisuuksia, mutta osanottajien määrä jäi vähäiseksi. Osallistamisen käytäntöä hän piti kuitenkin hyvänä, sillä maanomistajilla on mahdollisuus kertoa oma kantansa ja kommenttinsa, jotka voidaan huomioida vedenoton suunnittelussa. Osallistaminen jo suunnittelun alussa ja erilaisten vaihtoehtojen esittely hyvissä ajoin voivat mahdollistaa maanomistajien ja asukkaiden kuulluksi tulemistä. (Kurki & Katko 2015, s. 344–349)

Tampereen tekopohjavesihanke TAVASE:n aikana paikalliset asukkaat kuvailivat projektisuunnittelijoita ylimielisiksi ja monille heistä jäi mieleen erään viranomaisen lause: ”*Vesilaki on niin voimakas laki, että te ette voi tehdä mitään pysäyttääksenne meitä*” (Kurki & Katko 2015, s. 345). On selvästi tärkeää, miten vesilaitoksen edustajan tulee suhtautua vedenottohanketta koskevaan kritiikkiin, sillä väärät sanavalinnat voivat helposti kärjistää ristiriitoja entisestään. Myyrä (2007, s. 56) on kirjoittanut vesilaitoksen

ja asukkaiden neuvotteluista: ”*Kuitenkin yksikin vahvasti kielteinen kokemus näyttäisi kokonaisuuden arvioinnissa kumoavan useita hyvin hoidettuja tilanteita.*”. Edellä mainittujen lähteiden perusteella, vesihuoltolaitoksen tulisi välttää ylimielisen vaikutelman antamista, sillä se on omiaan lisäämään vastustusta.

Haastateltavat kertoivat, että pahimmassa tapauksessa maanomistajilta joudutaan lunastamaan maat pakkokeinoin. Tämän koettiin kuitenkin aiheuttavan ristiriitoja, jotka voivat jatkua hyvin pitkään vuosien päähän sekä johtaa hankkeiden viivästymiseen. Yksi kyselyyn vastanneista kertoi, että maanomistajien kanssa on käyty jopa oikeutta. Parhaana pakkokeinojen välttelymuotona pidettiin sopimista, jossa neuvotteluiden asemaa ja neuvottelutaitoa korostettiin erityisesti. Haastatteluissa kerrottiin, että isojakin projekteja on saatu vedettyä sujuvasti eteenpäin hyvillä neuvottelutaidoilla ja tekemällä osittain kompromisseja pohjavesialueen maanomistajien kanssa, jotka ovat heijastuneet konkreettisesti käytäntöön. Tällöin pohjavesialueen asukkaat tai maanomistajat voivat kokea, että heidän mielipiteillään on jonkinlaista painoarvoa suunnitelmiin. Osittaisten kompromissien tekeminen maanomistajien kanssa nähtiin pienenä hintana siitä, että projekti saadaan etenemään sujuvasti. Monin paikoin kohtuullisten korvausten sopiminen oli myös tärkeää. Yksi haastateltavista piti neuvotteluaikojen rajallisuutta haastavana, sillä juoksevat kustannukset vauhdittavat rakentamista. Neuvotteluaikojen rajallisuus asettaa haasteita hyväksyttävyyden hakemiselle. Tällaisissakin tapauksissa ennakoiva työ konfliktien välttämiseksi on varteenotettava ratkaisu.

Pohjavedenoton hyväksyttävyyden hakeminen on yksi niistä asioista, joihin vesilaitos voisi toimillaan vaikuttaa suhteellisen paljon. Tilanne on toisenlainen esimerkiksi puhuttaessa pohjavedestä riippuvaisista ekosysteemeistä, joissa vesilaitoksen neuvotteluvара pohjavedenoton suunnittelussa on suhteellisen vähäinen lainsäädännön ja ennakkotapausten vuoksi. Kyselyssä ja haastatteluissa sen merkitystä pidettiin melko vähäisenä ja huomio keskittyi enemmän keskusteluun maankäytön ja vedenoton ristiriidoista sekä ympäristönsuojelun ja vedenoton ristiriidoista. Pohjavedenoton hyväksyttävyyden hakeminen voisi alkaa positiivisen ilmapiirin rakentamisesta vesilaitoksen ympärille, johon kuuluu olennaisena osana kestävä kehitys ja asiakaslähtöisyys.

## 5.5 Tekopohjavettä tuottavat laitokset

Tekopohjavettä käyttäviä laitoksia on Suomessa 25 kappaletta, jotka kattavat 16 % koko juomaveden tuotannosta (Kurki et al. 2013, s. 775). Tekopohjavettä käyttävien laitosten yhteistyö naapurikuntien päättäjien ja viranhaltijoiden sekä pohjavesialueen asukkaiden ja toimijoiden välillä oli kyselyn perusteella heikompaa verrattuna muihin vastaajiin. Tekopohjavesihanketta perustellaan usein muun muassa riittämättömillä pohjavesivaroilla suhteessa alueen kulutukseen, taloudellisuudella tai tekopohjaveden käytön eduilla suhteessa pintaveden käyttöön (Isomäki et al. 2007, s. 53; Kurki et al. 2013, s. 776). Yksi vesilaitoksen edustaja kertoi, että vedenottoa on pystytty vähentämään alueelta, jossa lähteen virtaamat ovat haavoittuvia kuiville kausille tekopohjaveden tuotannon ansiosta. Tekopohjaveden tuotantoa voidaan siis perustella osittain myös ympäristön näkökulmista. Eräs haastateltava kertoi, että näitä ympäristönäkökulmia voidaan käyttää ”lyömäaseena” tekopohjavesihankkeissa riippuen sidosryhmien tavoitteista. Raakaveden lähteellä ja lämpötilalla on keskeinen rooli vesihuoltoverkoston vuodoissa ja biofilmin kasvussa putkiston pinnalle (Jokinen 2003). Tätä voidaan myös käyttää perusteluna pintaveden korvaamiselle tekopohjavedellä, sillä pohjaveden lämpötila ei ole yhtä altis lämpötilanvaihteluille kuin pintavesi. Kyselyn perusteella vesilaitosten yhteistyö tutkijoiden kanssa oli parempaa, mikä todennäköisesti selittyy laajoista tutkimuksista, joita on tehty ennen tekopohjavedentuotannon aloittamista. Tekopohjavesihankkeen suurimpia haasteita on vuorovaikutus useiden eri sidosryhmien kanssa, joilla on omat intressinsä (Kurki et al. 2013, s. 786).

Haastateltavat pitivät tekopohjavedentuotannon hyvänä ratkaisuna, joka on turvannut vedentuotantoa ja vähentänyt veden käsittelykustannuksia. Eräs haastateltavista kertoi, että sadetuksella tehty veden imeytys maaperään saatetaan korvata tulevaisuudessa allasimeytyksellä, sillä maaperän huokosten tukkeutumista voidaan vähentää kunnossapitotoimenpiteillä paremmin allasimeytysprosessissa kuin sadetusprosessissa. Injektiokaivojen käyttö tekopohjavedentuotannossa on myös mahdollista, mutta Suomessa sen käyttö ei ole kovin yleistä. Tavallisesti niitä käytetään alueilla, missä on puutetta suodattavasta maa-alasta. Yhdysvalloissa ja Australiassa on runsaasti käyttökokemuksia tämän tyyppisestä tekopohjavedentuotannosta (Bouwer 2002, s. 125). Suomessa tämän tyyppinen ratkaisu saattaisi toimia urbaaneille alueille, missä osa pohjavesialueesta on peitetty erinäisillä päällysteillä, esimerkiksi Uudenmaan seudulla.

Injektiokaivoilla voidaan myös välttää veden kulkeutuminen epäsuotuisille alueille hyvin vettä johtavissa kerroksissa (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2016, s. 9).

## 5.6 Ylikunnallisen yhteistyön merkitys pohjavedenotossa

Haastateltavat olivat sitä mieltä, että ylikunnallinen yhteistyö on auttanut heitä muun muassa järkevöittämään vedenottoa ja parantamaan vesihuollon varmuutta. Vedenoton järkevöittäminen voi heijastua positiivisesti myös mahdollisiin vedenoton laatu- tai määräongelmiin. Yhtenä merkittävänä tekijänä ylikunnallisen yhteistyön rakentamisessa pidettiin ELY-keskusta, jossa on usein laajempaa näkemystä vesihuollon tilasta ja käytettävistä resursseista kuin yksittäisellä vesilaitoksella. ELY-keskuksen resurssit ovat vähentyneet viime vuosina ja yksi haastateltavista oli huolissaan, miten laajemman mittakaavan vesihuollon suunnittelun käy tulevaisuudessa. ELY:n resurssien väheneminen ja uusien vedenottamoiden selvitystyön kasvu, nostaa vesilaitosten kustannuksia, sillä palveluja joudutaan ostamaan yhä enemmän konsulteilta. ELY-keskuksen hyvänä puolena haastatteluissa pidettiin myös paikallista tuntemusta, jota konsulteilla ei välttämättä samalla tavalla ole.

Resurssien väheneminen herättää kysymyksiä, millaiset ovat niiden vaikutukset pienemmille vesilaitoksille, joilla ei välttämättä ole riittävästi asiantuntemusta tai resursseja toimia erilaisten ongelmien kanssa. Yksi pienen vesiosuuskunnan edustaja kertoi, että ELY-keskus on ollut tärkeä asiantuntija-apu. Hän myös kertoi, että hyvät yhteydet ja yhteistyö suurempien vesilaitosten kanssa on helpottanut heidän toimintaansa. Yhteistyötä oli varmasti edistänyt se, että vesiosuuskunta osti pumppauspalvelut suuremmalta vesilaitokselta. Vaikuttaa siltä, että ylikunnallisen yhteistyön merkitys korostuu tulevaisuudessa varsinkin pienillä vesilaitoksilla, kun tukitoiminnot vähenevät. Haastatteluista voi tulkita, että keskitetympi vedenhankinnan järjestäminen palvelisi kaikkia osapuolia paremmin, mitä erillään järjestetty vedenhankinta. Isomäki et al. (2007, s. 69) on selvityksessään todennut vesilaitosten määrän laskevan yhteistyön lisääntyessä 2010–2030 välisenä aikana. He mainitsevat, että kuntien omistavat vesihuoltolaitokset ottavat hoitoonsa toimintavaikeuksista kärsivien vesilaitosten vedenottamoita ja verkostoja. Toistaiseksi kehitys näyttää kulkevan heidän arvioimaan suuntaan.

Yhteistyö vesilaitosten kesken voi olla yksi keino, jolla pystytään jakamaan mahdollisesti kohoavia kustannuksia yhteisten hankkeiden kautta. Ylikunnallinen yhteistyö voi erään haastateltavan mukaan auttaa myös pohjavesialueiden suojelussa. Esimerkiksi kaavoituksen täytyy silloin huomioida myös toistenkin kuntien vesihuolto. Ylikunnallista yhteistyötä kyselyn laitoksissa oli Pohjois-Suomen vesivaliokunnan, varavesiyhteyksien, kuntaliitosten, veden ostamisen/myymisen kautta tai keskitettyjen jätevesiratkaisujen kautta. Veden ostaminen ja myyminen on kasvanut merkittävästi viimeisinä vuosikymmeninä. Sopimus pohjainen yhteistyö vesilaitosten välillä on koettu helpoksi yhteistyön välineeksi (Kurki et al. 2010, s. 824). Sitä voidaan pitää myös mahdollisena ensi askeleena tiiviimmän yhteistyön muodostamiseen tulevaisuudessa (Kurki 2010, s. 1). Turun seudun alueellisessa vesihuollon kehittämissuunnitelmassa vuosille 2011–2035 (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2012, s. 15) on mainittu, että kuntien ja vesilaitosten yhteistoimintaa tulisi kehittää. Vesivaliokunta-tyyppinen yhteistyö on toiminut haastateltavien mukaan erinomaisesti Pohjois-Suomessa, joten vastaavanlaista yhteistyötä voi suositella käytettäväksi muuallakin, eikä mittakaavan tarvitse olla välttämättä yhtä suuri. Eräs haastateltavista kommentoi Pohjois-Suomen vesivaliokunnasta:

*”Aina kun käydään naapurilaitoksessa kylässä, niin joka kerta siellä on joku asia hoidettu paremmin kuin meidän laitoksessa. Liian vähän vaan käydään toisissa. Asentajat, laitoshoitajat ja kaikki lähtee käymään naapurilaitoksessa. Ei tarvi kaikkien keksiä tätä ruutia omasta päästä, kun joku on sen jo keksinyt. Se on todella tärkeä yhteistyöelin täällä Pohjois-Suomen vesivaliokunta.”*

## **5.7 Kysely- ja haastattelututkimuksen epävarmuudet**

Kyselyn kysymyksiin vastaamatta jättäminen muodosti tuloksiin tulkinnanvaraa, joka vaikeutti tulosten tilastollista analysointia. Tällainen tilanne olisi saatettu välttää lisäämällä ylimääräiseksi vastausvaihtoehdoksi ”en osaa sanoa” tai muu kielteinen vaihtoehto kysymyksestä riippuen. Webropolissa olisi voinut asettaa vastaamisen pakolliseksi, mutta tämä olisi saattanut tehdä kyselyn täyttämisestä haastavampaa, mikä olisi voinut vähentää vastaajien määrää. Internetpohjaisen kyselyn ongelmana oli, että vastaajien paikkakunnan tunnistaminen oli kokonaan heidän vastaustensa varassa. Sähköpostilla toteutettuna tilanne saattaisi olla toisenlainen. Tulosten alueellinen vertailu oli haastavaa, sillä monien vastaajien sijaintia ei tiedetä. Joissain haastatteluissa

vastaukset olivat ristiriidassa kyselyn vastausten kanssa, mutta tällaiset tapaukset olivat yksittäisiä. Kyselyn vastauksia käytetäänkin enemmän mahdollisten ongelmien tai riskien tunnistamisessa ja jakautumisessa kuin tilastollisten johtopäätöksiä tekemisessä.

Isomäki et al. (2007, s. 9) ovat selvityksessään todenneet Suomessa olevan noin 1500 vesilaitoista, joista yli 200 asiakasta palvelevia laitoksia on ollut 827 vuonna 1999. Tässä tutkimuksessa kyselyn otanta on alle 10 % populaatiosta, sillä pienimmätkin kyselyyn vastanneet vesilaitokset palvelivat todennäköisesti yli 200 henkilöä. On todennäköistä, että kaikkia mahdollisia riskitekijöitä ja ongelmia tai niiden merkitystä ei tunnistettu kokonaan. Suomen vesilaitosten joukko on myös hyvin heterogeeninen, sillä jokaisella laitoksella on omat piirteensä. Tämä tuotti paljon vaihtelua vastauksiin ja lisää myös todennäköisyyttä, että jokin mahdollinen riski tai ongelma jäi tässä työssä huomioimatta tai vähemmälle huomiolle kuin se olisi ehkä ansainnut.

Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina. Niissä käytiin läpi yhdessä haastateltavan kanssa heidän vastauksiaan kyselyyn ja annettiin heidän kertoa ongelmista, jotka heitä koskevat eniten. Tällaisella haastattelutyylillä vältettiin kyselemästä asioita, jotka eivät heitä koske tai joita ei pidetä aiheen kannalta merkittävinä. Kvalitatiivinen haastattelu sopi tutkimuksen luonteeseen, sillä tutkimuskysymykset vaativat syitä ongelmille ja perusteluja mielipiteille, joita ei voida analysoida syvällisemmin kyselyn kautta käsiteltävien kysymysten monimutkaisuuden ja määrän vuoksi. Strukturoidumpi haastattelutyylisi soveltuu usein haastattelujen vertailuun paremmin, mutta tässä tutkimuksessa ongelmat ja niiden syyt olivat niin monimuotoisia, ettei sellainen haastattelutyylisi olisi tuonut lisäarvoa vertailuun. Haastatteluissa ollaan myös yleensä halukkaampia kertomaan enemmän kuin kyselyissä. Henkilökohtaisessa kontaktissa haastateltava voi myös varmistua siitä, miten tietoa käytetään. (Saunders et al. 2009, s. 323–325)

Haastattelujen myötä kehittyttiin haastattelijoina tunnistamaan ongelmallisia aihealueita sekä syventymään niihin paremmin. Keskustelut myös selvensivät, että mielipideasteikon käytön arviointi on hyvin moninaista, joten niiden perusteella ei välttämättä kannata tehdä suuria johtopäätöksiä. Mielipideasteikon antamia tuloksia kannattaa käyttää suuntaa antavina tuloksina. Tilastoanalyysin teossa käytetty asukastiheys on myös syytä nähdä suuntaa antavana. Esimerkiksi tukkuyhtiö voi pumpata harvaan asutulta seudulta tiheään asutulle seudulle, vesilaitokset voivat ostaa vettä toisesta kunnasta ja käytettävät

pohjavesialueet voivat sijaita toisen kunnan alueella, jossa asukastiheys voi olla hyvin erilainen.

Haastatteluita pidettiin onnistuneina, ja lopulta päädyttiin kahdeksaan vesilaitoksen haastatteluun kasvokkain, kolmeen puhelinhaastatteluun ja kahteen ELY-keskuksen edustajan haastatteluun. Haastateltavien vastaukset alkoivat muistuttaa viimeisten haastattelujen kohdalla jonkin verran toisiaan, minkä tulkittiin viittaavan siihen, että keskeisimmät riskit ja ongelmat oli havaittu. Haastatteluja pidettiin monipuolisina, sillä haastateltavina oli monen kokoisia vesilaitoksia erilaisissa toimintaympäristöissä. Haastattelujen äänittämisessä ei ollut suuria ongelmia, mutta yksi haastateltavista ei halunnut hänen vastauksiaan äänitettävän, joten hänen haastattelustaan tehtiin muistiinpanoja. Yhden puhelinhaastattelun äänitteen litteroinnissa oli välillä haasteita äänenlaadun ja puhutavan vuoksi. Kasvotusten tehdyt haastattelut tuntuivat selkeämmiltä, sillä useimmiten haastateltavilla oli kartta tai muuta materiaalia, joka konkretisoi ongelmien sijainnin ja mahdolliset riskitekijät ympäristössä.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesilaitosten pohjavedenoton ongelmat ovat hyvin paikkakuntakohtaisia. Ongelmat riippuvat muun muassa ympäristön geologiasta ja olosuhteista, ekosysteemien monimuotoisuudesta, rakennetusta ympäristöstä ja elinkeinorakenteesta. Pohjavesivarojen pirstaleisuus aiheuttaa myös ongelmia erityisesti tiheästi asutuilla seuduilla, missä voi olla riittämättömät pohjavesiresurssit suhteessa väestön lukumäärään.

Laadullisista ongelmista rauta ja mangaani olivat yleisimmät. Rauta voi aiheuttaa myös määrällisiä ongelmia tukkimalla kaivorakenteita. Haastatteluissa ilmeni, että kaivojen tukkeutumisongelmien ratkaisusta on Suomessa jonkinasteista tietopulaa. Ratkaisuina kaivojen tukkeutumiseen voivat olla kaivojen pumppauksen säätely, uudenlaiset kaivorakenteet ja oikea kaivopaikan valinta. Tukkiutuneiden kaivorakenteiden puhdistamisesta tai kunnossapidosta löytyi odotettua vähemmän tietoa. Tämä voisi olla tutkimuksen aihe tulevaisuudessa.

Pienet vesilaitokset ( $< 500 \text{ m}^3/\text{vrk}$ ) pitivät lainsäädännön monimutkaistumista suurimpana haasteena. Niissä tarvittaisiin enemmän tukea, jotta voidaan kohdata lainsäädännön monimutkaistumisesta koituvia haasteita. Yksi haastateltavista oli ratkaissut varavedenhankintansa verkostojen yhdistämällä ja muita ongelmia olemalla yhteistyössä suurempien vesilaitostoimijoiden kanssa. Useat pienten kuntien vesilaitokset ovat eläneet riskin varassa olemattomine tai riittämättömine varavesiratkaisuineen. Kuntaliitokset olivat ratkaisseet niiden ongelmat, kun pienempi vesilaitos liittyi suurempaan. Yhteistyö muiden vesilaitosten kanssa voi auttaa myös löytämään ratkaisuja mahdollisiin määrä- ja laatuongelmiin. Yhteistyön kautta voidaan myös jakaa asiantuntijuutta laajemmalle alueelle ja miettiä ylikunnallisia vedenhankintaratkaisuja. Ylikunnallinen yhteistyö voi tapahtua esimerkiksi Pohjois-Suomen vesivaliokunnan tyyppisen foorumin kautta, verkostojen yhdistämällä tai sopimus pohjaisella veden ostamisella. Verkostoituminen on entistä tärkeämpää, sillä resurssien vähentäminen tukitoiminnoista on yhä yleisempi trendi useilla eri osa-alueilla.

Uusien pohjavesialueiden käyttöönotto on muuttunut vesilaitosten edustajien mielestä haastavammaksi, sillä ympäristöarvot tulee huomioida entistä paremmin uusissa vedenottoluvissa. Muutos vanhoista suuren pumppausmäärän vedenottoluvista uusiin kuivan kauden sadannan perusteella arvioituihin vedenottolupiin sekä ekosysteemien huomioiminen ovat huomattavia seikkoja, jotka saattavat aiheuttaa haasteita sopeutua uudenlaiseen toimintaympäristöön. Vesilaitoksilla korostettiin yleensä ympäristöarvojen ja yhdyskunnan vedenhankinnan tasapainoa. Luvanhankeprosessissa vesilaitoksen yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa oli puutteita. Tulevaisuudessa luvanhankeprosessin etenemistä voitaisiin edistää kehittämällä yhteistyötä ELY-keskuksen ympäristönsuojelun ja vesihuollon edustajien sekä aluehallintoviraston luvittajien kesken vedenottohankkeiden suunnittelussa heti alusta alkaen, jotta mahdolliset riskit tunnistetaan aikaisessa vaiheessa. Tämä edistäisi vedenottohankkeiden sujuvuutta. Erimielisyyksiä pohjavedenoton luontovaikutuksista ilmenee yleensä yli 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla.

Haastateltavat olivat sitä mieltä, että pohjavedenottoa ei arvosteta riittävästi päätöksenteossa, mikä näkyi muun muassa kaavoituksen suunnitteluna ja maa-ainesten oton luvittamisena pohjavesialueelle tai sen läheisyyteen. Ongelmaa voi myös pitää vakavimpana yhdyskunnan vedenhankinnan näkökulmasta, sillä pohjaveden tarvitsee pilaantua vain kerran, jolloin sen puhdistuminen voi kestää vuosikymmenistä tuhansiin vuosiin. Vesilaitokset, joilla oli ongelmia kaavoituksen kanssa, olivat osaltaan ratkaisseet näitä ongelmia neuvottelemalla kaavoitusviranomaisten kanssa ja sopimalla yhteisiä pelisääntöjä. Yleiskaavoitusta ja asemakaavoitusta voitaisiin ohjeistaa korostamalla maakuntakaavassa pohjavesialueiden merkitystä. Maa-ainesten ottoon liittyviä ongelmia voitaisiin vähentää siirtämällä osittain vastuuta kunnan ympäristöviranomaisilta aluehallintoviraston viranomaisille hankkeissa, joissa joudutaan huomioimaan vesilaki. Pohjavesialueiden merkitystä tulevaisuuden vedenhankinnalle tulisi edistää maakuntakohtaisessa suunnittelussa. Ympäristöarvojen korostaminen on auttanut pohjavesialueiden suojelussa pilaantumisriskejä vastaan. Pohjavesialueen yrityksiä, vesilaitoksen ja kunnan rahoittama pohjavesialueen yhteistarkkailuohjelma on varteenotettava keino seurata pohjavesialueen tilaa alueilla, joilla on useita eri pilaantumisriskejä. Kunnan ympäristöviranomaisten toimintaa pidettiin merkittävänä pilaantumisriskien hallinnassa, joten heitä tulisi ohjeistaa enemmän pohjavesiasioissa ja niiden riskien hallitsemisessa. Alueellisissa vesihuollon kehittämissuunnitelmissa ja

vesienhoidon toimenpideohjelmissa korostetaan pohjavesien suojelua. Ne tulisi huomioida myös riittävällä vakavuudella kunnallisessa päätöksenteossa.

Haastatteluissa pohjavedenoton hyväksyttävyyden hakemista pohjavesialueen maanomistajilta ja asukkailta ei koettu vesilaitoksilla niin suureksi ongelmaksi kuin yhteistyöhön liittyvien tulosten perusteella saattaisi päätellä. Hyväksyttävyyden merkitys korostui suuremmilla vesilaitoksilla ja pohjavettä pumpattaessa toisen kunnan alueelta. Maanomistajien ja asukkaiden kanssa on yleensä päästy sopuun yleensä neuvottelemalla ja tekemällä kompromisseja. Yhdellä vesilaitoksella oli esimerkiksi toteutettu käytännössä joitain maanomistajien toiveita, jotta projekti saadaan etenemään sujuvasti. Hyväksyttävyyden ongelmat johtuivat haastateltavien mukaan yleensä tiedon puutteesta, kun ei tiedetä, mitä pohjavesialueella voi tehdä ja mitä ei voi tehdä, sekä erilaisista näkemyksistä pohjavedenoton vaikutuksista ympäristöön. Vesilaitos voi ratkaista hyväksyttävyyteen liittyviä ongelmia olemalla aktiivinen ja avoin tiedottamisessa sekä mahdollisesti osallistaa pohjavesialueen toimijoita vedenoton suunnittelussa mahdollisimman aikaisin, sillä erilaisista intresseistä on tällöin helpoin neuvotella. Konflikteilla on taipumus laajeta, ellei niihin tartuta heti alusta lähtien.

Henkilökohtaiset neuvottelut koettiin yhdeksi tärkeimmistä tavoista rakentaa hyvää yhteistyötä. Kohtuullisten korvausten jakamista pidettiin myös olennaisena osana neuvotteluita sekä maanomistajien tai asukkaiden toiveiden kuulemista. Maiden pakkolunastaminen voi aiheuttaa vesilaitokselle ongelmia vuosienkin päästä eikä se rakenna yleistä hyväksyttävyyttä, joten sitä tulisi välttää niin pitkään kuin mahdollista. Hyväksyttävyyden hakemisessa vesilaitos voi tehdä paljon töitä, joissa tärkeitä tekijöitä ovat muun muassa ennakoivuus, avoimuus ja henkilökohtainen vuorovaikutus. Hyväksyttävyyden hakemista ehkä aliarvioidaan tai ei ymmärretty, mitä sillä terminä tarkoitettiin. Haastateltavat olivat suhteellisen usein kuitenkin tekemisissä pohjavesialueen asukkaiden ja maanomistajien kanssa, jolloin voisi kuvitella, että hyväksyttävyyden hakemista saatettaisiin pitää suurempana haasteena. Yleisen hyväksyttävyyden hakemisella vesilaitos voi ennaltaehkäistä pohjavedenoton vastustusta, parantaa imagoaan ja korostaa pohjavesien suojelun merkitystä.

## 7 YHTEENVETO

Diplomityön tavoitteena oli selvittää, millaiset riskit ja ongelmat pohjavedenotossa koetaan vesilaitoksilla haastaviksi sekä miten ne suhteutuvat toisiinsa. Esitetyt riskit ja ongelmat ovat enimmäkseen olleet hyvin tiedossa vesihuollon kentällä, mutta Suomen mittakaavassa olevaa kokoavaa kartoitusta pohjavedenoton riskeistä ja ongelmista sekä niiden vertailusta ei ole aikaisemmin ollut. Tarkoituksena oli myös selvittää, mitkä ovat riskien ja ongelmien syyt sekä millaisia hyviä käytäntöjä ongelmien ratkaisemiseen on. Työ toimi myös kartoituksena uudesta pohjavesialueiden E-luokasta, joka liittyy pohjavedestä riippuvaisten ekosysteemien huomioimiseen pohjavesialueilla. Työ toteutettiin kysely- ja haastattelututkimuksena vesilaitoksille. Kyselyssä käsiteltiin pohjaveden laatua ja määrää, ympäristöä ja ekosysteemejä sekä yhteistyötä ja vuorovaikutusta. Kyselyyn vastasi 77 vesilaitoksen edustajaa ja haastatteluita tehtiin vesilaitoksilla kahdeksan ja puhelimitse kolme kappaletta. Lisäksi kaksi haastattelua tehtiin ELY-keskuksella.

Teknisesti ottaen Suomen vesihuollolla menee hyvin, sillä pohjaveden laatu on yleisesti hyvä ja ongelmiin on saatavilla useita erilaisia teknisiä ratkaisuja. Raudan aiheuttama kaivojen tukkiutuminen oli ehkä haastavin tekninen ongelma, ja haastatteluissa oltiin sitä mieltä, että Suomessa on jonkinasteinen tietopula kaivojen puhdistamisesta ja kunnossapidosta. Kaivojen puhdistamiseen on tarjolla muun muassa paine- ja happopesuratkaisuja, mutta haastattelujen perusteella ne koettiin riittämättömiksi. Aihe vaatii tarkempia tutkimuksia, jotta sen merkitys ja mahdolliset ratkaisut voidaan selvittää.

Suurin osa vesilaitosten kohtaamista pohjavedenottoon liittyvistä riskeistä ja ongelmista liittyy ympäristönsuojeluun. Tavoitteista riippuen niitä joko arvostellaan tai kiitellään. Ympäristöarvot ja vedenotto ovat ristiriidassa tulevaisuudessakin, ellei vedenhankinnassa ymmärretä paremmin osapuolten välisiä arvoja ja intressejä. Vesilaitokset joutuvat tyytymään vedenottolupien pienempiin vedenottomääriin, jolloin joudutaan rakentamaan lisää vedenottamoita. Tämä parantaa veden laatua, mutta kasvattaa kustannuksia. Vesilaitoksen tulisi ottaa aktiivinen rooli jo suunnittelun alkuvaiheessa ja tehdä yhteistyötä myös ympäristönsuojelun edustajien kanssa, jotta ratkaisumalleja löydetään hyvissä ajoin. Kyselyn perusteella ympäristöarvojen ja vedenoton ristiriidat eivät ole kokonaisuudessaan kovin usein estäneet vedenottoa, mutta yli 1000 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavilla vesilaitoksilla ristiriitoja esiintyy useammin kuin sitä pienemmillä. Kyselyn mukaan

pohjavedenotto olisi estynyt Pohjois-Pohjanmaalla muuhun maahan verrattuna useammin.

Uusi pohjavesialueiden E-luokka oli vieras suurimmalle osalle haastateltavista vesilaitosten edustajista. E-luokka herätti hieman epäilyksiä tavasta, miten se vaikuttaa käytössä olevien pohjavesialueiden uusien vedenottamoiden rakentamiseen ja vanhojen vedenottamoiden uusittaviin vedenottolupiin. Vesilaitokset tarvitsisivat enemmän tietoa E-luokituksesta ja sen toteutuksesta, jotta se osataan huomioida oikein suunnittelussa.

Hyväksyttävyyden hakemista pidettiin vesilaitoksilla pienimpänä haasteena, vaikka se on yksi keskeisin asia, mihin vesilaitos voi toiminnallaan vaikuttaa. Käytännössä esimerkiksi vesilaitoksen osallistava rooli, hyvät neuvottelutaidot ja maanomistajien tai asukkaiden toiveiden konkretisoiminen ovat auttaneet viemään vedenottohankkeita sujuvasti eteenpäin. Hyväksyttävyyden hakemisella voidaan yrittää ehkäistä ristiriitojen äitymistä lukkiutuneiksi konflikteiksi ja mahdollista pohjavedenoton vastustusta.

Maankäytön ja pohjavedenoton yhteensovittaminen on useilla alueilla haastavaa, sillä pohjavesialueiden maaperä sopii hyvin rakentamiseen ja maa-ainesten ottoon. Vesihuollon näkökulmasta nähtiin, että pohjavesien suojelussa on edetty parempaan suuntaan, kun ympäristöarvoja korostetaan entistä enemmän. Kunnallisella tasolla ilmenee silti pohjavettä vaarantavia tekijöitä, jotka eivät ole vesilaitoksen toiminnasta riippuvia. Vaarantavia tekijöitä voivat olla muun muassa soranotto, teollisuus ja maanviljelys. Nähtäväksi jää toistaiseksi, riittääkö pohjavesien suojelemiseksi nykyiset toimenpiteet ja pohjaveden sekä ekosysteemien suojelun korostaminen vai tuleeko esimerkiksi maa-ainesten oton ja kaavoittamisen prosesseihin puuttua tulevaisuudessa.

Pienet alle 500 m<sup>3</sup>/vrk pumppaavat vesilaitokset pitivät lainsäädännön monimutkaistumista selvästi suurimpana haasteena verrattuna muun kokoisiin vesilaitoksiin. Pienet vesilaitokset tarvitsevat tukea kohdatakseen näitä ongelmia. Pienten vesilaitosten toimittaman veden laadun ja määrän varmuus ei ole aina vakaalla pohjalla, resurssien puutteen vuoksi. Vesilaitosten haastatteluissa ilmeni useita tapauksia, jossa kuntaliitoksen kautta on turvattu pienemmän kunnan talousveden toimituksen varmuus.

Ylikunnallinen yhteistyö vaikuttaa olevan entistä tärkeämpää tulevaisuudessa, sillä paikallisten ympäristökeskusten resursseja on karsittu. Yhteistyöllä pystytään kohtaamaan paremmin veden laatuun ja määrään, ympäristöön ja rajallisiin resursseihin

liittyviä ongelmia sekä riskejä. Diplomityön tulokset tukevat kokonaisuudessaan tiiviimmän yhteistyön lisäämistä vesihuoltolaitosten kesken sekä tuo esiin hyviä käytäntöjä riskien ja ongelmien hallitsemiseen. Se tuo myös esille vesilaitosten edustajien mielipiteet pohjavedenoton riskeistä ja ongelmista sekä niiden syistä. Samalla se toimii tilannekatsauksena tämän hetkiseen pohjavedenoton tilaan, missä vesilaitosten tulee ottaa entistä paremmin huomioon ympäristö sekä sosiaaliset tekijät.

## LÄHDELUETTELO

Ala-aho P., 2014. Groundwater-surface water interactions in esker aquifers. Oulu: Oulun yliopisto, Acta Universitatis Ouluensis, sarja C, 510, 115 s. ISBN 978-952-62-0657-8

Ala-aho P., Rossi P., Klöve B., 2015. Estimation of temporal and spatial variations in groundwater recharge in unconfined sand aquifers using Scots pine inventories. Hydrology and Earth System Sciences, 19, s. 1961-1976

Allardt E., 1988. Sosiologia 1. 4 painos. Porvoo-Helsinki-Juva: Werner Söderström Osakeyhtiö, 277 s. ISBN 951-0-11856-7

Aluehallintovirastot, 2015a. Tarvitaanko vesilupa? [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Vesilupa/Tarvitaanko\\_lupa](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Vesilupa/Tarvitaanko_lupa) [viitattu 19.5.2016].

Aluehallintovirastot, 2015b. Vesilain mukainen lupa eli vesilupa [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Vesilupa](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Vesilupa) [viitattu 14.5.2016].

Bouchard M., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., 2011. Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking water. Environmental Health Perspectives, 119 (1), s. 138-143

Bouwer H., 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. Hydrogeology Journal, 10 (1), s. 121-142

Britschgi R., 2014. Lähteet pohjavesialueiden kartoituksessa ja luokituksessa. Vesitalous, 4/2014, s. 32-33

Britschgi R., Antikainen M., Ekholm-Peltonen M., Hyvärinen V., Nylander E., Siiro P., Suomela T., 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Suomen ympäristökeskus, Ympäristöopas, s. 75 s. ISBN 978-952-11-3374-9

Bryman A., Bell E., (2007) Business research methods. 2 painos. Oxford University Press, 786 s. ISBN 978-0-19-928498-6

Finér L., 2007. Vesiensuojelu asettaa haasteita metsätaloudelle. Metsätutkimuslaitos, Metsätieteen aikakauskirja, 3/2007, s. 280

Fiske E. P., 2000. Values and Interests in Conflict Resolution: Resolving Identity-Based Conflict in Nations, Organizations, and Communities, by Jay Rothman. Rural Sociology, 65 (2), s. 331-337.

Gleeson T., Alley W., Allen D., Sophocleous M., Zhou Y., Taniguchi M., VanderSteen J., 2012. Towards Sustainable Groundwater Use: Setting Long-Term Goals, Backcasting and Managing Adaptively. GroundWater, 50 (1), s. 19-26

Haajanen K., 2013. Savonlinnan Punkasalmen, Punkaharjun ja Kuikonniemen pohjavesialueiden suojelusuunnitelman päivitys. Mikkeli: Etelä-Savon elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, Raportteja, 24, 78 s. ISBN 978-952-257-747-4

Hafeman D., Factor-Litvak P., Cheng Z., van Geen A., Ahsan H., 2007. Association between Manganese Exposure through Drinking Water and Infant Mortality in Bangladesh. Environmental Health Perspectives, 115 (7), s. 1107-1112

Hatva T., Hyyppä J., Penttinen H., 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus, Raportti V: Soranotto ja pohjavedensuojelu, 119 s. ISBN 951-47-7012-9

Hyvärinen E., 2004. Vesi vanhin voitehista – Pohjois-Suomen Vesivaliokunta ja OUKE 1964 -2004. Pohjois-Suomen Vesivaliokunta, 223 s. ISBN 952-91-8160-4

Isomäki E., Britschgi R., Gustafsson J., Kuusisto E., Munsterhjelm K., Santala E., Suokko T., Valve M., 2007. Yhdyskuntien vedenhankinnan tulevaisuuden vaihtoehdot. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus, Suomen Ympäristö, 27, 83 s. ISBN 978-952-11-2767-0

Jokinen R., 2003. Vesilähteen ja veden lämpötilan vaikutus vesijohtoverkoston vuotoihin ja biofilmin kertymään. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö.

Kaakkois-Suomen ELY-keskus, 2016. Yhteysviranomaisen lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta, Selänpään tekopohjavesihanke, Kouvola Vesistö Oy [verkkodokumentti]. Kouvola: Kaakkois-Suomen ELY-keskus, 23 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/selanpaantekopohjavesihankeYVA> [viitattu 15.5.2016].

Karjalainen T.P., Rossi P., Ala-aho P., Eskelinen R., Reinikainen K., Klöve B., Pulido-Velazquez M., Yang H., 2013. A decision analysis framework for stakeholder involvement and learning in groundwater management. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, s. 5141-5153

Katko T., Lipponen M.A., Rönkä E. 2006. Groundwater use and policy in community water supply in Finland. *Hydrogeology Journal*, 14, s. 69-78

Kitti H., 2013. Pohjavesien laadullisen turvaamisen ja puhdistamisen hyödyt Suomessa – Kirjallisuusselvitys ja ehdotus jatkotutkimustarpeista. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 34/2013, 74 s. ISBN 978-952-11-4234-5

Klöve B., Ala-aho P., Bertrand G., Boukalova Z., Ertürk A., Goldscheider N., Ilmonen J., Karakaya N., Kupfersberger H., Kvoerner J., Lundberg A., Mileunic M., Moszczyńska A., Muotka T., Preda E., Rossi P., Siergieiev D., Simek J., Wachniew P., Angheluta V., Widerlund A., 2011a. Groundwater dependent ecosystems. Part I: Hydroecological status and trends. *Environmental Science & Policy*, 14 (7), s. 770-781

Klöve B., Allan A., Bertrand G., Bertrand G., Druzynska E., Ertürk A., Goldscheider N., Henry S., Karakaya N., Karjalainen T.P., Koundouri P., Kupfersberger H., Kvoerner J., Lundberg A., Muotka T., Preda E., Velázquez P., Schipper P., 2011b. Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification. *Environmental Science & Policy*, 14 (7), s. 782-793

Korkka-Niemi K., Salonen V-P., 1996. Maanalaiset vedet – pohjavesigeologian perusteet. 1 painos. Turku: Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus, Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen julkaisuja, sarja A, 50, 81 s. ISBN 951-29-0825-5

Kotanen J., Manninen P., Huttunen M., Petäjä-Ronkainen A., Haapala A., Sojakka P., 2016. Vesien tila hyväksi yhdessä – Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosiksi 2016–2021, Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, raportteja, 4/2016, 143 s. ISBN 978-952-314-392-0

Kurki V., 2010. Vesihuollon ylikunnallinen sopimus pohjainen yhteistyö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö, 74 s.

Kurki V., Katko T., Pietilä P., 2010. Bilateral Collaboration in Municipal Water and Wastewater Services in Finland. *Water*, 2, s. 815-825

Kurki V., Lipponen A., Katko T., 2013. Managed aquifer recharge in community water supply: the Finnish experience and some international comparisons. *Water International*, 38 (6), s. 774-789

Kurki V., Katko T., 2015. Groundwater as a Source of Conflict and Cooperation: Towards Creating Mutual Gains in a Finnish Water Supply Project. *Water Alternatives*, 8 (3) s. 337-351

Kuusisto E., 2014. Suomen lähteet. *Vesitalous* 4/2014, s. 4-9

Lahermo P., Tarvainen T., Hatakka T., Backman B., Juntunen R., Kortelainen N., Lakomaa T., Nikkarinen M., Vesterbacka P., Väisänen U., Suomela P., 2002. Tuhat kaivoa — Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 155, 92 s.

Lavapuro M., Lipponen A., Artimo A., Katko T., 2008. Groundwater sustainability indicators: testing with Finnish data. *Boreal Environmental Research*, 13 (5), s. 381-402

Lerner D., Harris B., 2009. The relationship between land use and groundwater resources and quality. *Land Use Policy*, 26 (1), s. 265-273

Lindholm P., 2015. Kaukolan pohjavesialueen suojelusuunnitelma. [verkkodokumentti]. Salo: Salon kaupunki. Saatavissa: <http://www.salo.fi/attachements/2015-10-28T15-57-30155.pdf> [viitattu 29.3.2016].

Lindroos N., Nystén T., 2015 Salpauselän pohjaveden kloridipitoisuuksien muutokset ja niihin vaikuttavat tekijät, Liikennevirasto, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 11/2015, s. 88-89

Merilä S., 2016. KHO hylkäsi vedenottoon liittyvät valitukset. [verkkodokumentti]. Somero: Somerolehti. Saatavissa: <http://www.somerolehti.fi/2016/03/somerpalat-11/> [viitattu 1.3.2016].

Molarius, R., Poussa, L. 2001. Merkittävät pohjaveden pilaantumistapaukset Suomessa 1976-2000. Pirkanmaan Ympäristökeskus.

MTK ry, 2016. Pohjavesi. [verkkodokumentti]. Maa- ja metsätuottajain Keskusliitto ry. Saatavissa: [https://www.mtk.fi/ymparisto/Vesiasiat/fi\\_FI/pohjavesiasiat/](https://www.mtk.fi/ymparisto/Vesiasiat/fi_FI/pohjavesiasiat/) [viitattu 2.5.2016].

Myyrä T., 2007. Pohjavesi ristiriitojen lähteenä – Paavonlammen pohjavedenotto – hanke paikallisten tulkitsemana. Joensuu: Joensuun yliopisto, Pro gradu -tutkielma, 76 s.

Mäkinen H., 2005. Vesienhoidon hallinta Suomessa – Vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpano vuorovaikutteisen suunnittelun näkökulmasta. Helsinki: Maantieteen laitos, Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja, B 51, 124 s.

Mäkinen M., 2016. Ehdotus Lounais-Suomen pohjavesien toimenpideohjelmaksi vuosille 2016–2021. [verkkodokumentti]. Varsinais-Suomen ELY-keskus, 92 s. Saatavissa: <http://www.nousiainen.fi/dynasty/kokous/20142636-4-1.PDF> [viitattu 15.5.2016].

Mälkki E., 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi, 304 s. ISBN 951-26-4515-7

Palomäki J., 1998. Humus- ja rautapitoisen pohjaveden kemiallis-biologinen käsittely. Vaasa: Länsi-Suomen Ympäristökeskus, Alueelliset ympäristöjulkaisut, 81, 205 s. ISBN 952-11-0315-9

Peltonen L., Villanen S., 2004. Maankäytön konfliktit ja niiden ratkaisumahdollisuudet – Katsaus käsitteisiin ja kirjallisuuteen. Helsinki: Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö, 723, 61 s. ISBN 952-11-1821-0

Pohjavesien suojeluun liittyvän sääntelyn kehittämistä valmistelevan työryhmän raportti, 2012. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B325B3CF3-BCF0-4707-9529-AC36D96CDEB6%7D/96385> [viitattu 15.5.2016].

Päätalo P., Siiro P., Miettinen A., 2007. Yhdyskuntien vedenhankinta ja Natura 2000 – verkosto. Hämeen ympäristökeskus, Hämeen ympäristökeskuksen raportteja, 1, 58 s. ISBN 978-952-11-2579-9

Pöyry Finland Oy, 2015. Selänpään pohjavedenottohankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus. [verkkodokumentti]. Pöyry Finland Oy, 204 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/selanpaanpohjavesihankeYVA> [viitattu 17.5.2016].

Rantala L., 2016. [henkilökohtainen tiedoksianto]. Oulu, 25.5.2016

RIL ry, 2004. Vesihuolto II RIL 124-2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 684 s. ISBN 951-758-438-5

Rintala J., 2014. Pohjaveden laadun muutokset soranottoalueilla 1985–2013. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 20, 150 s. ISBN 978-952-11-4348-9

Rintala J., Hyvärinen V., Illmer K., Nylander E., Pulkkinen P., Rantala P., Siiro P., 2007. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat osana vesienhoidon järjestämistä – taustaselvitys. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 7/2007, 62 s. ISBN 978-952-11-2621-5

- Rintala J., Lonka H., 2013. Maa-aineslain toimivuuden arviointi. Helsinki: Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö, 12/2013, 91 s. ISBN 978-952-11-4236-9
- Rossi P., 2016. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Aleksi Wallin, Lähetetty 17.4.2016 klo. 10:17 (GMT +0200)
- Saarela M., Kauppila O., Niinikoski E-R., Muhos M., Leviäkangas P. 2015. Public advisory for early-stage companies in northern sparsely populated area. *International Journal of Innovation and Regional Development*, 6 (4), s. 356-375
- Sallanko J., 2003. Otsoni ja vetyperoksidi pohjaveden puhdistuksessa. Oulu: Oulun yliopisto, *Acta Universitatis Ouluensis*, sarja C, 185, 201 s. ISBN 951-42-7047-9
- Sallanko J., Lakso E., 2001. Humuspitoisten pohjavesien puhdistus – loppuraportti. Oulu: Oulun yliopisto, Oulun yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan laboratorion julkaisuja, sarja A, 22, 93 s. ISBN 951-42-6437-1
- Salminen J., Nystén T., Tuominen S., 2010. Vaihtoehtoiset liukkaudentorjunta-aineet ja pohjavesien suojele – MIDAS2 -hankkeen loppuraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 22/2010, 46 s. ISBN 978-952-11-3795-2
- Saunders M., Lewis P., Thornhill A., 2009. *Research methods for business students*. 5 painos. FT Prentice Hall, Pearson Education Limited, 613 s. ISBN 978-0-273-71686-0
- Shalini C., Pragnesh N.D., 2012. Removal of iron for safe drinking water. *Desalination* 303, s. 1-11
- Sheskin D., 2000. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. 2 painos. Western Connecticut State University, Chapman & Hall CRC, 982 s. ISBN 0-58488-133-X
- Suomen Vesiyhdistys, 2005. *Pohjavesitutkimusopas – käytännönohjeita*. Suomen Vesiyhdistys ry, 194 s. ISBN 952-9606-73-7

Suomen ympäristökeskus, 2015a. Kaivon sijainti [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset\\_jarjestelmat\\_LVI/Vedenhankinta\\_kaivosta/Kaivon\\_sijainti](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Vedenhankinta_kaivosta/Kaivon_sijainti) [viitattu 30.5.2016].

Suomen ympäristökeskus, 2015b. Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon\\_suunnittelu\\_ja\\_yhteistyö](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö) [viitattu 15.5.2016].

Suomen ympäristökeskus, 2016a. Pohjavesialueet [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden\\_suojelu/Pohjavesialueet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueet) [viitattu 15.5.2016].

Suomen ympäristökeskus, 2016b. Avoimet ympäristötietojärjestelmät [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin\\_tieto/Ymparistotietojarjestelmat/Avoimet\\_ymparistotietojarjestelmat\(36048\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat/Avoimet_ymparistotietojarjestelmat(36048)) [viitattu 13.5.2016].

Suomen ympäristökeskus, 2016c. Pohjaveden suojeleminen [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden\\_suojelu](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu) [viitattu 29.4.2016].

Suomen ympäristökeskus, 2016d. Tarkkana siellä pohjavesialueella! -esitteet pohjaveden suojelemiseksi [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/pohjavedensuojelu/esitteet> [viitattu 5.4.2016].

Taanila A., 2016. Ristiintaulukointi ja khiin neliö -testi [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://tilastoapu.wordpress.com/2011/10/14/6-ristiintaulukointi-ja-khiin-nelio-testi/> [viitattu 29.5.2016].

Uurtamo J., 2011. Maalämmön hyödyntäminen ja sen riskit pohjavesialueella. Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö, 33 s.

Vallinkoski V-M., Miettinen T., Aalto J., 2016. Vesien tila yhdessä hyväksi – Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016–2021. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 1/2016, 160 s. ISBN 978-952-314-389-0

van Beek, C. G., 2011. Cause and prevention of clogging of wells abstracting groundwater from unconsolidated aquifers. IWA Publishing, 143 s. ISBN 978-178-040-024-2

van Beek C., Breedveld R., Juhász-Holterman M., Oosterhof A., Stuyfzand P., 2009a. Cause and prevention of well bore clogging by particles. Hydrogeology Journal, 17 (8), s. 1877-1886

van Beek C., Breedveld R., Stuyfzand P., 2009b. Preventing two types of well clogging. American Water Works Association Journal, 101 (4), s. 125-135

Vanhanarkaus O., 2012. Kalkkikivialkalointi yksityisten talousvesikaivojen kunnostusmenetelmänä. Helsinki: Helsingin yliopisto, Pro gradu -tutkielma, 70 s.

Varsinais-Suomen ELY-keskus, 2012. Turun seudun alueellinen vesihuollon kehittämissuunnitelma 2011–2035 tiivistelmä. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Elinvoimaa alueelle, 1/2012, 48 s. ISBN 978-952-257-478-7

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, 2002. Kalkkikivialkalointi – opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi, Helsinki: Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, 27 s. ISBN 952-5000-35-4

Vienonen S., Rintala J., Orvomaa M., Santala E., Maunula M., 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen Ympäristö, 24/2012, 84 s. ISBN 978-952-11-4046-4

Wasserman G., Liu X., Parvez F., Ahsan H., Levy D., Factor-Litcak P., Kline J., van Geen A., Slavkovich V., Lolocono N.J., Cheng Z., Zheng Y., Graziano J.H., 2006. Water Manganese Exposure and Children's Intellectual Function in Araihasar, Bangladesh. Environmental Health Perspectives, 114 (1), s. 124-129

Ympäristöministeriö, 2013. Riskialttiiden pohjavesialueiden määrä kasvanut selvästi [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Riskialttiiden\\_pohjavesialueiden\\_maara\\_k\(16833\)](http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Riskialttiiden_pohjavesialueiden_maara_k(16833)) [viitattu 15.5.2016].

Ympäristöministeriö, 2016. Maankäytön suunnittelun ohjaus – tavoitteena hyvinvoiva elinympäristö [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-fi/maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/maankayton\\_suunnittelun\\_ohjaus](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/maankayton_suunnittelun_ohjaus) [viitattu 29.3.2016]

Zacheus O., 2010. Talousveden valvonta ja laatu vuonna 2008 – Yhteenveto viranomaisvalvonnan tuloksista. Terveyden ja Hyvinvoinnin laitos, Yliopistopaino, THL - Avauksia 18/2010, 67 s.

# LIITTEET

## Liite 1. Vesilaitoksille lähetetty Webropol -kysely

1. Mitä vesihuoltolaitosta edustatte?
2. Kuinka paljon vesilaitoksenne pumpppaa tai ostaa pohjavettä päivittäin?
  - alle 100 m<sup>3</sup>/vrk
  - 100 -500 m<sup>3</sup>/vrk
  - 500 -1000 m<sup>3</sup>/vrk
  - 1000 -5000 m<sup>3</sup>/vrk
  - 5000 -10 000 m<sup>3</sup>/vrk
  - yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk
3. Paljon laitoksenne jakamasta talousvedestä on pohjavettä suhteessa pintaveteen?  
Arvioi prosentteina 0 - 100 %.
4. Kuinka monelta pohjavesialueelta vettä hankitaan?
5. Pohjavedestä on tekopohjavettä/rantaimeytystä XXX m<sup>3</sup>/d
6. Pohjavesi pumpataan
  - oman kunnan alueelta
  - osittain oman kunnan alueelta ja osittain muualta kuin omasta kunnasta
  - muualta kuin omasta kunnasta
  - tukkuyhtiönä yhden kunnan alueelta
  - tukkuyhtiönä usean kunnan alueelta
7. Mahdollisia tarkennuksia pohjaveden pumpppaukseen liittyen.

8. Mitkä laadulliset tekijät pohjavedessä ovat tuottaneet teille eniten ongelmia? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Rauta
- Mangaani
- Arseeni
- Radon
- Fluoridit
- pH
- Suola
- Bakteerit
- Kasvinsuojeluaineet
- Muu, mikä?

9. Miten olette ratkaisseet edellä mainittuja ongelmia? Esim. vesien sekoitus, veden puhdistamismenetelmät tai uusi vedenottoaikka. Miten päädyitte kyseisiin ratkaisuihin?

10. Onko pohjavedenoton tuottavuudessa ollut ongelmia seuraavista syistä? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Kuiva kesä
- Pitkä ja kylmä talvi
- Vähäluminen talvi
- Pidempiaikainen kuiva kausi (esim. kuiva vuosi)
- Kaivon jatkuvat antoisuusongelmat
- Muu, mikä?

11. Miten olette ratkaisseet edellä mainittuja ongelmia? Esim. useampi pohjavedenottoaikka, useampi pohjavesialue vedenottoon. Miten päädyitte kyseisiin ratkaisuihin?

12. Ovatko ympäristökysymykset (esim. Natura tai vesienhoitosuunnitelmat) estäneet pohjavedenottoa?

- Kyllä, miksi?
- Ei

13. Onko seuraavia pohjavedestä riippuvaisia ekosysteemejä huomioitu laitoksen nykyisessä pohjavedenoton luvassa? Voit valita useamman.

- Lähteet
- Purot ja muut virtavedet
- Järvet ja lammet
- Suoalueet
- Muita, mitä?

14. Onko laitoksen pohjavedenotolla ollut havaittua vaikutusta ko. ekosysteemeihin? Jos on, millaisia vaikutuksia on havaittu ja onko niiden vähentämiseen etsitty tai löydetty ratkaisuja?

15. Miten pohjavesiekosysteemejä on seurattu? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Lähteiden/purojen virtaama
- Lähteiden/järvien vedenkorkeus
- Lähteiden, purojen tai järvien lämpötila
- Lähteiden, purojen tai järvien vedenlaatu
- Mallinnustyökalut
- Lämpökamerakuvaus
- Veden stabiilit isotoopit
- Eliöstön/kasviston muutokset esim. lähdealueilla tai soilla
- Muu, mikä?

16. Mitä ekosysteemejä on huomioitu tulevan pohjavedenoton suunnittelussa, jos uutta ottoa on suunnitteilla? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Lähteet
- Purot ja muut virtavedet
- Suoalueet
- Ei tiedettyjä pohjavedestä riippuvia ekosysteemejä
- Ei uutta pohjavedenottoa suunnitteilla

17. Miten uuden pohjavedenoton suunnittelussa on pyritty minimoimaan vaikutukset ko. ekosysteemeihin

18. Miten yhteistyö pohjavedenottoon liittyvissä asioissa alueellanne on toiminut seuraavien toimijoiden kanssa?

- Oman kunnan viranhaltijat (esim. tekninen keskus)
- Oman kunnan päättäjät (esim. valtuutetut)
- Naapurikuntien viranhaltijat
- Naapurikuntien päättäjät
- Ympäristönsuojeluviranomaiset (esim. ELY-keskus)
- Toiset vesilaitokset
- Pohjavesialueen maanomistajat ja muut toimijat (esim. yritykset)
- Media
- Järjestöt ja aktiivit
- Yliopiston/tutkimuslaitosten tutkijat

19. Jos yhteistyössä tai vuorovaikutuksessa on ollut ongelmia, mitä ne ovat olleet?

Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Erimielisyydet pohjavedenoton arvioiduista luontovaikutuksista
- Alueen toimijat/asukkaat ovat kokeneet, että heitä ei ole kuultu asiassa
- Maankäytön ja vedenoton yhteensovittamisongelmat
- Vedenottosuunnitelmien yhteensovittaminen ympäröivine kuntien tavoitteiden kanssa
- Kunnan päättäjien ja vesilaitosten eriävät näkemykset vedenotosta
- Kustannusten tai korvausten jako
- Muu, mikä?

20. Mitkä aiemmin mainituista ongelmista ovat olleet haasteellisimpia? Onko ongelmiin löytynyt ratkaisuja tai mitä ratkaisujen löytäminen vaatisi?

21. Jos yhteistyö on sujunut hyvin, niin mitkä tekijät ovat mielestänne siihen vaikuttaneet?

22. Onko kuntaliitoksilla ollut vaikutusta pohjavedenoton ratkaisuihin?

23. Mitkä seuraavista asioista ovat haasteellisimpia tulevaisuuden pohjavedenoton kannalta teidän tapauksessanne? Numeroi tärkeysjärjestyksessä. 1 suurin haaste ja 5 pienin haaste. Yhtä numeroa voi käyttää vain kerran, mutta kohtia voi jättää numeroimatta.

- Pohjaveden laadun varmistaminen
- Pohjaveden määrän varmistaminen
- Pohjaveden pilaantumisriski. Esim. maatalous tai vanhat teollisuusalueet
- Vedenhankinnan ja luonnonsuojelun yhteensovittaminen. Esim. E-luokitus
- Pohjavedenoton hyväksyttävyyys
- Vedenhankinnan lainsäädännön monimutkaistuminen
- Muu, mikä?