

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Environmental Engineering

Tutkintotyö

Iida Vakkuri

KALVOVEDENPUHDISTUSTEKNIKOIDEN TEKNIS-TALOUDELLINEN  
TARKASTELU

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2007

Marjukka Dyer, koulutuspäällikkö  
Doranova Oy, DI Ari Laitinen

Tampere Ammattikorkeakoulu  
Environmental Engineering

Vakkuri, Iida

Kalvopuhdistustekniikoiden teknis-taloudellinen  
tarkastelu

Tutkintotyö

57 sivua + liitteet 4 kpl

Työnohjaaja

Koulutuspäällikkö Marjukka Dyer

Työn teettäjä

Doranova Oy, valvoja DI Ari Laitinen

Toukokuu 2007

Hakusanat

vesilaki, vesihuoltolaitos, pintaveden käsittely,  
kalvopuhdistustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena on tuottaa selvitys kalvopuhdistustekniikoiden käytettävyydestä ja tarpeellisuudesta Suomen olosuhteissa. Työssä perehdytään vesihuoltolaitoksia koskevaan lainsäädäntöön vesihuoltolain ja terveydensuojelulainsäädännön näkökulmasta. Työssä tarkastellaan erityisesti talousvedelle asettuja laatuvaatimuksia ja -suosituksia. Lainsäädännön lisäksi työssä tarkastellaan suomalaisten vesihuoltolaitosten nykyisin käytössä olevia puhdistusmenetelmiä ja niihin liittyviä ongelmakohtia. Työssä perehdytään yksityiskohtaisesti erilaisiin raakaveden lähteisiin ja niiden luokitusperusteisiin sekä erilaisten raakavesien edellyttämiin puhdistusmenetelmiin.

Työn ensimmäisessä osassa on perehdytty suomalaisen vesihuollon tilaan erilaisten julkaisujen ja tietolähteiden avulla. Lähdetietoja hyväksi käyttäen tehtiin 15 kysymystä sisältävä haastattelu 45 vesihuoltolaitokselle. Haastatteluihin vastasi lopulta 42 vesihuoltolaitosten käyttöinsinööriä tai vastaavaa toimihenkilöä. Haastattelututkimuksen mukaan suomalaisen vesihuoltolaitosten tila on yleisesti ottaen erittäin hyvä. Laitokset ovat toimintavarmuudeltaan hyviä ja talousvesi on laadultaan lähes aina erinomaista satunnaisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tyypillisesti raja-arvot ylittyvät raudan ja mangaanin osalta. Paikoitellen myös fluoridi muodostaa ongelmia. Enenevässä määrin erilaiset torjunta-ainepitoisuudet heikentävät myös talousveden laatua.

Työn toisessa vaiheessa on suoritettu pilottikoe PVDF-onttokuitumoduulilla. Kokeen tarkoituksena on testata menetelmän soveltuminen pintavedenpuhdistamiseen talousvedeksi. Saatujen tulosten perusteella on tehty laitteen teknis-taloudellinen tarkastelu, joka on kuitenkin raportoitu erikseen sen luottamuksellisuudesta johtuen.

Vakkuri, Iida                      Technical and economic comparison of membrane  
filtration and the traditional water purification systems  
Final Thesis                      57 pages + 4 appendices  
Supervisor                      Marjukka Dyer, Head of Environmental Engineering  
Commissioned by                Doranova Ltd., M.Sc Mr. Ari Laitinen  
May 2007

Key words:                      water legislation, drinking water purification, use of  
surface water in drinking water production, membrane  
filtration technique

## ABSTRACT

The aim of this thesis is to produce technical and economical facts about suitability of PVDF-membrane filtration systems in Finnish circumstances. In this work reader is familiarized with legislation according to drinking water production. The work takes careful consideration about quality requirements and quality recommendations on production of household water. Besides the legislation work deal with water purification methods that are used nowadays in drinking water purification plants and problems that concern them. Reader is familiarized with different raw water sources and its quality classification system.

The first part of the thesis is established a theoretical framework for examining the area of the study through a literature survey. Based on these references there was created questioner with 15 questions. These phone interviews were addressed to 45 drinking water purification plants. Survey showed that the overall situation in Finnish drinking water purification plants is very good. Working reliability of the plants is excellent and most of the time drinking water quality is also very good. The most typical exceeding values in household water are iron and manganese. Some particular areas had also problems with fluorine. In past few year also findings of residues of pesticides has become more common.

In the second part of the thesis has been carried out pilot test with PVDF-membrane filtration system. The technical and economical results of this survey are confidential and therefore reported separately.

## ALKUSANAT

Tahdon kiittää Doranova Oy:tä ja varatoimitusjohtaja DI Ari Laitista aihepiiristä ja siitä, että hän antoi minulle vapaat kädet aiheen muokkaamiselle. Työn toteutumisen ovat omalta osaltaan mahdollistaneet myös Doranova Oy:n toimitusjohtaja Pasi Mäkelä ja muut työntekijät, jotka ovat olleet tukenani ja jakaneet tietämystään aiheen tiimoilta. Suuri kiitos kuuluu myös Tampereen ammattikorkeakoulun koulutuspäällikkö Marjukka Dyerille, joka on vastannut työn ohjaamisesta. Suomen kielenhuollosta ja tekstin oikeellisuuden tarkastamisesta kiitos äidinkielen opettaja Kirsti Kalliolle. Työn onnistumisesta kiitos myös kaikilla vesihuoltolaitos haastatteluihin vastanneilla käyttöhenkilöille. Lisäksi tahdon kiittää avopuolisoani DI Matti Esalaa tuesta ja kannustuksesta työnaikana.

Pilottikoeosuuden onnistumisesta kiitos kuuluu Pall Corporationille, joka mahdollisti laitteen saamisen testikäyttöön Suomeen. Lisäksi tahdon kiittää Tampereen Veden Petri Jokelaa, jonka ansiosta pilottikoe voitiin käynnistää heidän toimitiloissaan. Kiitokset kuuluvat myös Tampereen Veden kunnossapitoinsinööri Matti Virkamäelle sekä käyttökemisti Terttu Mäkiselle, jotka ovat olleet mukana pilottikokeen kaikissa työvaiheissa.

6.5.2007

Iida Vakkuri

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	7
2. VESIHUOLTOLAINSÄÄDÄNTÖ.....	9
2.1 Vesihuoltolainsäädäntö ja sen soveltaminen .....	9
2.1.1 Vesihuollon kehittäminen ja järjestäminen.....	9
2.1.2 Vesihuoltolaitoksen velvollisuudet.....	10
2.1.3 Vesihuoltolaitoksia koskeva tarkkailuvelvoite .....	10
2.2 Vesihuoltolaitoksia koskevat terveydensuojelulain mukaiset velvoitteet.....	11
2.2.1 Vesihuoltolaitosten toimittaman veden laatu.....	11
2.2.2 Kemialliset laatuvaatimukset.....	13
2.2.2 Mikrobiologiset laatuvaatimukset.....	15
2.3 Laatusuosituksset.....	15
2.4 Vesihuoltolaitoksen käyttämät raakaveden lähteet.....	17
2.5 Pintavesien käyttökelpoisuusluokituksen kriteerit.....	20
2.5.1 Veden laatuluokituksen luokkarajat.....	21
2.6 Erilaiset pumppaamotyypit ja niiden toimintaperiaatteet .....	23
2.6.1 Pintavesilaitos .....	23
2.6.2 Pohjavesilaitos .....	25
2.6.3 Tekopohjavesilaitos .....	26
3. PALL MICROZA -KALVOVEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMÄ .....	29
3.1 Laitteiston tekninen suorituskyky .....	29
3.2 Puhdistusprosessin kuvaus.....	31
3.2.1 Prosessikaavio.....	32
4. HAASTATTELUTUTKIMUS .....	33
4.1 Vesihuoltolaitosten haastattelujen tulokset.....	33
4.1.1 Uudenmaan alue.....	33
4.1.2 Hämeen alue.....	35

4.1.4 Kaakkois-Suomi.....	36
4.1.4.1 Etelä-Karjala .....	37
4.1.4.2 Kymenlaakso.....	37
4.1.5 Lounais-Suomi .....	38
4.1.6 Pirkanmaa .....	39
4.1.7 Etelä-Savo .....	40
4.1.8 Keski-Suomi .....	40
4.1.9 Länsi-Suomi.....	41
4.1.10 Pohjois-Savo .....	43
4.1.11 Pohjois-Karjala .....	44
4.1.12 Pohjois-Pohjanmaa .....	44
4.1.13 Kainuu.....	46
4.1.14 Lappi .....	46
5. PILOTTIKOKEEN TULOKSET .....	48
6. PILOTTIKOKEEN TEKNIS-TALOUDELLINEN TULOSTARKASTELU .....	48
6.1 Tekninen suorituskyky .....	48
6.2 Taloudellinen suorituskyky.....	48
7. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	49
7.1 Haastattelututkimuksen johtopäätökset .....	49
7.2 Pilottikokeen tulostarkastelu.....	50
LÄHDELUETTELO.....	51
LIITTEET .....	57

## 1. Johdanto

Toimiva vesihuoltojärjestelmä on yksi yhteiskuntamme hyvinvoinnin perustoista, sillä se takaa meille päivittäin riittävän ja turvallisen talousveden saannin. Viime vuosina vesihuolto on kuitenkin kohdannut uudenlaisia haasteita ilmastonmuutoksen aiheuttamien poikkeuksellisen kuivien kausien ja vastaavasti rankkasadekausien myötä. Tämän seurauksena on tullut tarpeelliseksi kartoittaa suomalaisten vesihuoltolaitosten tilaa ja kehitystarpeita. Myös pohjavesivarantojamme uhkaavat monet eritekijät, joten on tullut tarpeen selvittää erilaisia menetelmiä pintaveden puhdistamiseksi esimerkiksi erilaisissa kriisitilanteissa mm. teollisuuden ja yhdyskuntien tarpeisiin.

Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa on jo pitkään ollut käytössä vedenpuhdistuslaitoksia, jotka tuottavat yhdyskuntien talousveden yksinomaan pintavedestä erilaisten kalvopuhdistus- ja käänteisosmoositekniikoiden avulla. Myös Suomessa on herätty vaihtoehtoisten puhdistusmenetelmien suhteen, ja markkinoiden kiinnostuksen myötä on tullut ajankohtaiseksi käynnistää pilottiprojekti, jossa kartoitetaan kalvopuhdistustekniikan soveltumista raakaveden puhdistukseen.

Työn teoriaosuudessa perehdytään vesihuoltolaitosten toimintaperiaatteisiin sekä lainsäädännön, teknisten tietojen että haastattelujen kautta kerättyjen tietojen pohjalta. Tarkoituksena on muodostaa haastattelujen perusteella kattava kokonaiskuva vesihuoltolaitosten nykytilasta ja kehitystrendeistä.

Työn aikana tullaan suorittamaan kalvovedenpuhdistustekniikoiden teknis-taloudellinen selvitys. Työn tarkoituksena on tuottaa kaksiosainen tutkimus Doranova Oy:n markkinointi- ja myyntitarkoituksiin. Ensimmäisessä osassa selvitetään Suomessa käytössä olevan vesilaitostekniikan nykytilaa ja sen kehittämistarvetta. Selvitystyö suoritetaan haastattelujen avulla. Ensisijaisesti työssä on kiinnostuttu pintavettä käyttävistä raakavedenottamoista, mutta kattavien tulosten saamiseksi työssä tullaan tarkastelemaan myös pohjaveden- ja tekopohjavedenottamoja. Haastattelujen tarkoituksena on myös herättää keskustelua tämänhetkisten puhdistusjärjestelmien toimivuudesta ja tulevaisuuden kehitystarpeista. Haastatteluun

on valittu mukaan 45 kohdetta Suomen yli 300 vesihuoltolaitoksesta. Haastattelut kattavat mm. laitosten nykyisin käytössä olevat vedenpuhdistustekniikat ja niiden ongelmat, tulevaisuuden näkymät, tulevat investoinnit ja uusien menetelmien testaus- sekä käyttökokemukset. Saatujen tulosten perusteella on koottu taulukoita, joissa esitellään nykyisin käytössä olevat pumppaamotyypit, tulevat investoinnit, käytössä olevat suodatus- sekä lietteen jatkokäsittelymenetelmät. Haastattelujen tulokset esitellään omassa kappaleessaan.

Työn toisessa osassa tullaan suorittamaan kaksiosainen pilottikoe vedenpuhdistuksesta PVDF-onttokuitumoduulilla. Testauksesta saadut tulokset on raportoitu erikseen. Laitteiston koekäyttö suoritetaan Tampereen Veden Ruskon pintaveden puhdistamolla sekä UPM-Kymmenen Oyj:n valitsemassa tuotantolaitoksessa. Pilottikokeesta saatujen tulosten pohjalta raportoidaan teknis-taloudellinen vertailu PVDF-onttokuitutekniikan käytettävyydestä muihin käytössä oleviin teollisuuden ja talousveden puhdistustekniikoihin verrattuna. Työssä vertaillaan menetelmän kustannustehokkuutta, ympäristöystävällisyyttä, energian tarvetta, kemikaalien käyttöä sekä hyötysuhdetta yleisesti käytössä oleviin vastaavaan lopputulokseen pyrkiviin menetelmiin.



## 2. Vesihuoltolainsäädäntö

Tässä kappaleessa esitellään vesihuoltolaitoksia koskevaa lainsäädäntöä sekä perehdytetään lukija veden hygieniatekijöihin. Kappaleessa selvitetään myös erilaisten vedenpumppaamojen toimintaperiaatteet, niiden vaatimat tekniset laitteistot sekä vedenpuhdistukseen tavallisimmin tarvittavat kemikaalit ja niiden toimintaedellytykset. Lisäksi kappaleessa käsitellään perinteisten vedenpuhdistustekniikoiden yleisimpiä ongelmia.

### 2.1 Vesihuoltolainsäädäntö ja sen soveltaminen

Tässä kappaleessa käsitellään vesihuoltolaitoksiin liittyvän lainsäädännön avainkohdat. Suomessa vesihuoltolaitoksia koskeva lainsäädäntö pohjautuu vesilakiin ja terveydensuojelulakiin. Ennen kaikkea kappaleessa kiinnitetään huomiota vesilaitoksien velvoitetarkkailuun niin raakaveden kuin talousveden osalta./1./

Vesihuoltolain ensimmäisessä luvussa on esitetty lain tavoite, jonka mukaan sen tehtävänä on taata kohtuullisin kustannuksin tuotettu riittävät terveydelliset määräykset täyttävä ja muuten moitteeton talousvesi. Lakia sovelletaan asutukseen, elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan vesihuoltoon. Vesihuoltolain valvonnasta vastaavat kunnan terveydensuojelu- ja ympäristönsuojeluviranomainen sekä alueellinen ympäristökeskus./1./

#### 2.1.1 Vesihuollon kehittäminen ja järjestäminen

Vesihuoltolaissa on säädetty, että kunta on velvollinen kehittämään vesihuoltoaan alueellista yhdyskuntakehitystä vastaavaksi. Kunnalla on niin ikään velvollisuus laatia kunnallisen vesihuoltolaitoksen kanssa yhteistyössä vesihuollon kehittämissuunnitelma. Suotavaa olisi myös, että kunta toimisi yhteistyössä muiden lähialueen kuntien kanssa alueellisen vesihuollon kehittämiseksi./1./

Vesihuoltolaitosten toiminta-alueiden tulee lain 7§:n mukaan kattaa sellaiset alueet, joilla kiinteistöjen liittäminen vesihuoltolaitosten vesijohtoverkkoon tai viemäriin on tarpeen. Toiminta-alueen tulee kuitenkin olla sellainen, että vesihuoltolaitoksen voidaan katsoa kykenevän huolehtimaan vastuullaan olevasta vesihuollosta taloudellisesti ja asianmukaisesti. Päätettäessä toiminta-alueesta kunnan tulee kartoittaa eri alueiden vesihuollon tarpeet./1./

### 2.1.2 Vesihuoltolaitoksen velvollisuudet

Vesihuoltolain 14 §:ssä on säädetty vesihuoltolaitoksen velvollisuudesta huolehtia talousveden laadusta. Vesihuoltolaitoksen tulee näin ollen huolehtia, että sen toimittama talousvesi täyttää kaikilta osin terveydensuojelulain sille asettamat laatuvaatimukset./1./

Tarkkailuvelvoitteen mukaan vesihuoltolaitoksen tulee valvoa käytettävän raakaveden määrää ja laatua sekä veden hävikkiä laitoksen verkostossa. Valvonnan lisäksi vesihuoltolaitos on velvollinen tiedottamaan riittävästi laitoksen toimittaman talousveden laadusta ja jäteveden puhdistuksen tasosta sekä siitä, miten vesihuollosta perittävät maksut muodostuvat. /1./

### 2.1.3 Vesihuoltolaitoksia koskeva tarkkailuvelvoite

Kunnan terveydensuojeluviranomainen on velvollinen suorittamaan säännöllisiä tutkimuksia alueensa vesihuoltolaitoksilla. Valvonta voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: jatkuvaan valvontaan sekä jaksoittaiseen valvontaan. Jatkuvan valvonnan tarkoituksena on hankkia säännöllistä tietoa talousveden aistinvaraisesta ja mikrobiologisesta laadusta sekä talousveden käsittelyn tehokkuudesta. Jaksoittaisella tarkkailulla tarkoitetaan valvontaa, jolla seurataan talousvesiasetuksen muuttujien seuranta. /3./

## 2.2 Vesihuoltolaitoksia koskevat terveydensuojelulain mukaiset velvoitteet

Tässä kappaleessa esitellään tarkemmin joitakin terveydensuojelulaissa esitettyjä kohtia vesihuoltolaitoksen toimittaman veden määrästä ja laadullisista vaatimuksista, joiden katsotaan olevan olennaisia tämän työn kannalta. Kappaleessa selvitetään myös erilaisten vedenottamoiden raakaveden lähteet ja niihin liittyvät tyypillisimmät ongelmat.

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksella on säädetty talousveden laatuvaatimuksista, desinfioimisesta, käsittelyyn käytettävistä kemikaaleista, johtamis- ja käsittelylaitteiden materiaalien terveydellisistä ominaisuuksista sekä muista veden laatuun vaikuttavista seikoista samoin kuin talousveden säännöllisestä valvonnasta ja tarvittavista tutkimuksista. Talousveden desinfiointiin käytettävistä kemikaaleista on säädetty kemikaalilaissa. / 2./

### 2.2.1 Vesihuoltolaitosten toimittaman veden laatu

Suomessa käytetty vesilaitosten jakama vesi täyttää yleensä talousvedelle asetetut laatuvaatimukset, joiden päätavoitteena on kirkas, hyvänmakuinen, väritön ja ennen kaikkea terveydelle haitaton talousvesi. Eräät maamme erikoisolosuhteet aiheuttavat kuitenkin ongelmia vesihuollolle. Näihin syihin lukeutuvat mm. suuri pinta-ala ja harva asutus sekä suhteellisen suuri määrä väestöä, jotka ovat oman kaivon varassa. Jopa 13 % suomalaista saa talousvetensä yksityisestä kaivosta. Toinen ongelmia aiheuttava erityispiirre on pintavesien korkea humuspitoisuus, joka etenkin klooripuhdistuksessa tuottaa ongelmia aiheuttamiensa mutageenien vuoksi. Toisaalta maassamme esiintyy harvoin erilaisten ympäristömyrkkyjen pilaamia vesistöjä muuhun Eurooppaan verrattaessa. /3./

Talousveden on täytettävä talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun asetuksen 461/2000 mukaiset mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset sekä laatusuositukset, ennen kuin sitä voidaan syöttää verkostoon. Asetuksen mukaan

talousvedessä ei saa olla pieneliöitä, loisia tai mitään aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, jotka aiheuttavat terveydelle vaaraa. Asetus koskee vettä, jota toimitetaan käytettäväksi vähintään 10 kuutiometriä päivässä taikka vähintään 50 ihmisen tarpeisiin. /4./

Suurten vesilaitosten toimittamaa veden laatua vuosina 1996–1998 on myös arvioitu Outi Zacheuksen tekemässä selvitystyössä, joka on valmistunut 2002. Selvitystyö on tehty talousveden laatua ja valvontaa koskevien tulosten pohjalta. Raportti tarkastelee 171 vesilaitoksen toimintaa, jotka on valittu siten, että ne tuottivat talousvettä yli 1000 kuutiometriä vettä vuorokaudessa tai yli 5000 ihmisen tarpeisiin. Tarkasteltujen laitosten veden jakelun piiriin kuului noin 3,8 miljoonaa ihmistä, joista suurin osa asui Länsi- ja Etelä-Suomessa. / 5./

Raportin mukaan vuosittain toimitetusta talousvedestä tehtiin lähes 62 000 terveydensuojelulain mukaista valvontatutkimusta. Eniten tutkimuksia tehtiin koliformisten bakteerien määrittämiseksi. Toiseksi yleisin tutkimus oli aistinvarainen määrittäminen, jossa tarkasteltiin näytteen hajua, makua, sameutta sekä väriä. Tavallisesti samalla määritettiin myös nitriitti- ja rautapitoisuudet sekä fekaaliset eli eläinperäiset koliformiset bakteerit. Vähiten tutkimuksissa kartoitettiin raskasmetalli- ja torjunta-ainepitoisuuksia. Talousvesiasetuksen mukaisia raja-arvoja ylittäneitä pitoisuuksia havaittiin raudan, mangaanin, koliformisten bakteerien, fluoridin, alumiinin, värin, sameuden, nitriitin, hajun, maun, fekaalisten koliformisten bakteerien, hapettavuuden, joidenkin yksittäisten torjunta-aineiden, nikkelin ja ammoniumin osalta. Yleisin raja-arvon ylittävä (73–76 % suoritetuista mittauksista) mittaustulos osoittautui fluoridiksi. Tämä ongelma ilmeni kuitenkin vain kymmenellä yksittäisellä laitoksella. Myös raudan ja mangaanin raja-arvojen ylitykset olivat tavallisia monilla laitoksilla. / 5./

Vuonna 2005 toimitettiin Euroopan komissiolle vastaavanlainen raportti, jonka tulosten perusteella voidaan havaita talousveden käsittelyn täyttävän sille asetetut laatuvaatimuksen ja -suositukset suurimmassa osassa mittauksia. Raportti käsittelee vuosina 2002–2004 suurten vesilaitosten toimittaman veden laatua. Talousveden mikrobiologinen laatu oli hyvä, indikaattorimikrobilöydöksiä oli vain muutamissa yksittäisissä näytteissä. Laadulliset puutteet esiintyivät edelleen lähinnä suurina

fluoridi-, rauta-, ja mangaanipitoisuuksina sekä tilapäisinä pesäkelukujen muutoksina. Suuret rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat usein lähtöisin verkostojen saostumista, ja näin ollen ne ovat korjattavissa. Fluoridin enimmäispitoisuuksien ylittymiseksi haettiin poikkeuslupaa viidellä laitoksella. Raportoitujen laitosten kokonaismäärä laski 165:een, aiemman 171 laitoksen sijasta, talousveden käyttäjien lukumäärän säilyessä ennallaan. Valvontanäytteiden lukumäärä aiempaan raporttiin verrattuna kasvoi lähes 20 000 kappaleella. /6./

## 2.2.2 Kemialliset laatuvaatimukset

Talousveden kemialliset laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 1. Talusvesiasetus 461/2000 edellyttää, että muitakaan kuin taulukossa mainittuja kemiallisia aineita ei saa esiintyä talousvedessä haitallisina pitoisuuksina. Kemiallisten laatuvaatimusten perusteena ovat Maailman terveysjärjestön WHO:n asettamat raja-arvot, jotka sisältävät myös turvamarginaalin. Yleisesti maailmalla syöpävaarallisten aineiden osalta on pidetty hyväksyttynä riskitasona  $10^{-6}$ . Suomessa käytetään kuitenkin tätä riskiluokitusta tiukempia raja-arvoja. Taulukossa 1. on esitetty myös useita parametreja, joiden esiintyminen Suomessa on erittäin harvinaista tai joiden pitoisuudet ovat olemattomia. Euroopan unionin komissio edellyttää kuitenkin näiden parametrien seurantaan. /3. /

Taulukko 1. Kemialliset laatuvaatimukset / 3./

Haitta-aine	Enimmäispitoisuus	Huomautus	Selitykset
Akryyliamidi	0,10 µg/l	(1)	1) pitoisuus lasketaan käytetystä polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä; vedessä todetun aineen raja-arvona sovelletaan havaitsemisrajaa
Antimoni	5,0 µg/l		
Arseeni	10 µg/l		
Bentseeni	1,0 µg/l		
Bentso(a)pyreeni	0,010 µg/l		
Boori	1,0 mg/l		
Bromaatti	10 µg/l	(2)	2)desinfiointitehoa vaarantamatta on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan tätä alempaan pitoisuuteen
Kadmium	5,0 µg/l		
Kromi	50 µg/l		
Kupari	2,0 mg/l	(3)	3)näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa
Syanidit	50 µg/l		

1,2-dikloorietaani	3,0 µg/l		
Epikloorihydrini	0,10 µg/l	(1)	Ks. Kohta 1
Fluoridi	1,5 mg/l		
Lyijy	10 µg/l	(3)	Ks. Kohta 3
Elohopea	1,0 µg/l		
Nikkeli	20 µg/l	(3)	Ks. Kohta 3
Nitraatti (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 mg/l	(4)	4) nitriitin enimmäispitoisuus vesilaitokselta lähtevässä vedessä on 0,10 mg/l; nitraattipitoisuus/50 + nitriittipitoisuus/3 ei saa ylittää arvoa 1
Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)	11,0 mg/l		
Nitriitti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,5 mg/l	(4)	Ks. Kohta 4
Nitriittityppi (NO <sub>2</sub> -N)	0,15 mg/l		
Torjunta-aineet	0,10 µg/l	(5 ja 6)	5) tarkoitetut yhdisteet orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä- ja jyrjämyrkkäjä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita sekä yhdisteiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteita 6) aldrinin, dieldriinin, heptakloorin ja heptaklooriepoksidin raja-arvo on 0,030 µg/l
Torjunta-aineet yhteensä	0,50 µg/l	(5)	Ks. Kohta 5
Polysykliset aromaattiset Hiilivedyt	0,10 µg/l	(7)	7) tarkoitetut yhdisteet bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, indaani-(1,2,3-cd)-pyreeni
Seleeni	10 µg/l		
Tetrakloorieteeni ja Trikloorieteeni yhteensä	10 µg/l		
Trihalometaanit yhteensä	100 µg/l	(2 ja 8)	Ks. Kohta 2 8) tarkoitetut yhdisteet kloroformi, bromoformi, dibromikloorimetaani, bromidikloorimetaani
Vinyylidikloridi	0,50 µg/l	(1)	Ks. Kohta 1
Kloorifenolit yhteensä	10 µg/l	(9)	9) tarkoitetut yhdisteet tri-, tetra- ja pentakloorifenoli

Desinfioinnista syntyville haitta-aineille on asetettu seuraavat raja-arvot: trihalometaanille 100µg/l, joka sisältää neljä trihalometaanina: kloroformin, bromoformin, dibromikloorimetaanin ja bromidikloorimetaanin. Bromaanin raja-arvoksi on asetettu 10µg/l. /3./

## 2.2.2 Mikrobiologiset laatuvaatimukset

Talousvedelle annetuilla mikrobiologisilla laatuvaatimuksilla tarkastellaan vedessä mahdollisesti esiintyvien indikaattoribakteerien esiintymistä. Yleisimmät vesiperäiset terveyshaitat johtuvat ihmisen ja tasalämpöisten eläinten suolistoperäisten bakteerien kontaminaatiosta ja leviämisestä veden välityksellä. Itse taudinaiheuttajien tutkiminen ja määrittäminen vedestä on nykytekniikalla lähes mahdotonta, joten ulostesaastumista tarkastellaan ns. indikaattoribakteerien avulla. Talousvedelle on asetettu näiden indikaattorien (*Escherichia coli* ja enterokokki) osalta ns. nollatoleranssi, mikä tarkoittaa, että näyte ei saa sisältää näitä mikrobeja. /3./

Talousveden katsotaan olevan saastunut ulosteperäisesti, jos se osoittaa *E.colin* esiintymistä näytteessä. *E. colit* voivat olla peräisin joko ihmisen tai tasalämpöisten eläinten, hyöty- tai luonnonvaraisten eläinten ulosteista tai ulosteperäisistä jäte- ja valumavesistä. Koliformisten bakteerien toteaminen vesinäytteestä ei kuitenkaan aina viittaa veden ulosteperäiseen saastumiseen, sillä niitä muodostuu luonnossa mm. maaperässä ja kasveissa. Tämän vuoksi on siis tarpeen tunnistaa, että kyseessä on juuri *E.coli*, ennen toimenpiteisiin ryhtymistä. Indikaattoribakteerien esiintymättömyys ei myöskään aina sulje pois mahdollisuutta vesiepidemian syntymiselle. Syy saattaa löytyä myös viruksista. Virustutkimukset eivät toistaiseksi kuulu rutiinivalvontaan, mutta suunnitteilla on mm. kalikivirusten säännöllinen valvonta. /3./

## 2.3 Laatusuosituksiset

Erilaisten laatuvaatimusparametrien lisäksi on myös olemassa talousvedelle asetettuja laatusuosituksia. Laatusuosituksissa edellytetään talousveden olevan terveydellisiltä ominaisuuksiltaan käyttötarkoitukseensa soveltuvaa, eikä se saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai saostumista vesijohdoissa tai muissa vedenkäyttölaitteissa. Käyttökelpoisuuteen perustuvat kemialliset laatusuosituksiset on esitetty taulukossa 2.

Laatusuositusten osalta Suomen olosuhteissa ongelmallisia muuttujia ovat rauta, mangaani ja pH. Rauta- ja mangaanipitoisuuksien laatusuositusten ylittyessä selvitetään niiden vaikutus veden käyttökelpoisuuteen haju- ja makuvirheiden ja

mahdollisen liiallisen mikrobikasvun osalta. Vesihuoltolaitoksen tulee tarvittaessa ryhtyä toimenpiteisiin näiden ongelmien poistamiseksi. Tavallisimmat toimenpiteet ongelmien ilmetessä ovat vedenkäsittelyn muutokset tai verkoston huuhtelu. /6./

Taulukossa 2. on esitetty myös talousvedelle asetetut mikrobiologiset laatusuosituksset, joihin kuuluvat enimmäisarvot koskevat mm. *Clostridium perfringen* ja koliformisia bakteereja. *Cl. perfringens* määritetään silloin, kun käytettävä raakavesi on pintavettä. Bakteri esiintyy yleisesti ihmisen suolistossa ja ulosteissa, joten sitä voidaan pitää merkinä mahdollisesta ulostekontaminaatiosta. Koliformisiin bakteereihin kuuluu 12 suvun lajeja, joista yleisimmin tavataan *Enterobacter*-, *Klebsiella*-, *Serratia*-, *Escherichia*-, *Citrobacter*- ja *Rahnella*- sukujen lajeja. Koliformisten bakteerien esiintyminen vesilaitoksen toimittamassa vedessä viittaa usein puutteelliseen vedenkäsittelyyn tai pintavesien taikka jätevesien pääsyyn verkostoveteen. On kuitenkin tärkeää huomioida, että aina ei ole kyse saastumisesta ulosteperäisillä bakteereilla, jos vedessä havaitaan koliformisia bakteereja, sillä niitä esiintyy normaalisti erilaisissa luonnonvesissä, maaperässä ja kasveissa. Lisäksi niitä havaitaan teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesissä. /3./

Taulukko 2. Laatusuosituksset (osoitinmuuttujien tavoitteelliset enimmäisarvot) /3.168-169/

Haitta-aine	Enimmäispitoisuus	Huomautus	Selitys
Alumiini	200 µg/l		
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,50 mg/l		
Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)	0,40 mg/l		
Kloridi	250 mg/l	(1,2)	1) vesi ei saa olla syövyttävää ja 2) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l
Mangaani	50 µg/l		
Rauta	200 µg/l		
Sulfaatti	250 mg/l	(1,3)	Ks. Kohta 1 ja 3) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l
Natrium	200 mg/l		
Hapettavuus (COD <sub>Mn</sub> -O <sub>2</sub> )	5,0 mg/l	(4)	4) jos mitataan TOC, ei tarvitse välttämättä mitata
	Tavoitetaso		
<i>Clostridium</i>			



<i>perfringens</i>			
Mukaanlukien itiöt	0 pmy/100 ml	(5)	5) mitataan, jos raakavesi on pintavettä
Koliformiset bakteerit	0 pmy/100 ml		
Pesäkkeiden lkm (22 °C)	ei epätavallisia muutoksia		
pH	6,5 - 9,5	(1)	Ks. Kohta 1
Sähkönjohtavuus	alle 2 500 µS/cm	(1)	Ks. Kohta 1
Sameus	käyttäjien hyväksyttävissä	(6)	6) pintavesilaitokselta lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon alle 1 NTU
Väri	ei epätavallisia muutoksia		
Haju ja maku	ei epätavallisia muutoksia		
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	ei epätavallisia muutoksia	(7)	7) jos on määritetty hapettavuus ja veden jakelumäärä on alle 10 000 m <sup>3</sup> /d, ei tarvitse mitata
<b>RADIOAKTIIVISUUS</b>		(8)	8) tritiumia ja radioaktiivisuuden viitteellistä kokonaisannosta ei tarvitse mitata, jos aikaisempien tutkimusten (Säteilyturvakeskus) perusteella tiedetään, että näiden arvot ovat selvästi alle muuttujan arvon; mittauksista ja niiden tiheydestä annetaan erilliset määräykset; viitteelliseen kokonaisannokseen ei lasketa radonia eikä radonin hajoamistuotteita, tritiumia eikä kalium 40.
Tritium	100 bequerel/l		
Viitteellinen kokonaisannos	0,10 mSv/vuosi		

Talousveden mikrobiologisissa laatusuosituksissa pesäkkeiden lukumäärä on hyvä desinfioinnin tehokkuuden ja verkoston kunnan indikaattori. Pesäkkeiden lukumäärälle ei ole annettu varsinaista raja-arvoa, tärkeämpää on tarkkailla pesäkeluvun muutoksia. /2./

#### 2.4 Vesihuoltolaitoksen käyttämät raakaveden lähteet

Suomessa talousvesi valmistetaan pääosin pohjavedestä, jonka osuus vesilaitosten toimittamasta vedestä on nykyään noin 61 % sisältäen myös ns. tekopohjaveden. Noin 39 % talousvedestä valmistetaan pintavedestä. Tilastoja tarkasteltaessa Suomessa on riittävästi vettä yhdyskuntien vedenhankintaan. Hyvälaatuinen raakavesi ei kuitenkaan aina sijaitse riittävän lähellä yhdyskuntia, vaan sitä saatetaan joutua kuljettamaan pitkiäkin matkoja. Tästä esimerkkinä on mm. Päijänne-tunneli. / 6./

Suomessa pintavesien ongelmana on usein korkea humuspitoisuus, joka näkyy vesistöjen ruskeana värinä. Tämä lisäksi vedet ovat pehmeitä ja niiden puskurikyky on pieni, jolloin ne saattavat olla syövyttäviä. Pintaveden käytön ongelmana on myös että ne ovat alttiimpi likautumiselle kuin pohjavesi. Pintaveden saastumisen aiheuttavat nopeasti esimerkiksi yläjuoksulla sijaitsevat jätevedenpuhdistamon toimintahäiriö, vesistöjen rehevöityminen, syanobakteerit, torjunta-aineet ja mahdolliset kemikaali onnettomuudet. Nämä muodostavat riskin pintaveden käytölle raakavetenä. Erityistä problematiikkaa aiheuttavat Pohjanmaan ja Lounais-Suomen joet ja pienet järvet, joita käytetään alueella yleisesti raakavesilähteenä. Ongelma on veden laadun ja määrän runsas vaihtelu säiden ja vuoden aikojen mukaan. Pintavedestä talousvettä valmistavat vesilaitokset ovat Suomessa kooltaan isoja, ja niissä on yleensä erittäin kattava kemiallinen raakavedenkäsittely. /6./

Yleisesti pohjavesi on Suomessa hyvälaatuista, mutta joillakin alueilla esiintyy kohonneita pitoisuuksia radonia, fluoridia, rautaa ja mangaania. Suomessa pohjavesi on tavallisesti lievästi hapanta ja pehmeää. Raakavetenä pohjavesi on pintavettä paremmin suojassa likaavalta kuormitukselta, ja näin ollen sen määrää onkin jatkuvasti lisätty raakavesilähteenä./6./

Pohjavesien käytön lisäämisen suurimpana esteenä on kuitenkin se, että esiintymät ovat usein suhteellisen pieniä ja suuria yhdyskuntia ajatellen väärässä paikassa. Pohjaveden antoisuutta onkin lisätty monilla alueilla tekopohjaveden avulla. Allasimeytyksellä tai sadetuksella muodostetun tekopohjaveden osuus on noin 10 % nykypäivänä jaetusta vesimäärästä. Tällä hetkellä käytössä on 5 suurta tekopohjavesilaitosta, jotka sijaitsevat Porissa, Kymenlaaksossa, Lappeenrannassa, Jyväskylässä ja Porvoossa. Uusia suuria hankkeita tulevat olemaan Turun ja Tampereen tekopohjavesilaitokset. Näiden laitosten valmistuttua tulee tekopohjaveden osuus nousemaan noin 29 %:iin vesilaitosten jakaman veden määrästä. /6./

Myös raakaveden laadulle on asetettu vaatimukset, joiden perusteella määrätään vaatimukset vedenkäsittelylle. Valtioneuvosto on antanut päätöksen, joka perustuu EU direktiiviin 79/869/ETY juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden

laatuvaatimuksista ja tarkkailusta. Päätöksen mukaan raakavesilähteet jaetaan kolmeen laatuluokkaan. Luokituksen perusteet on esitelty taulukossa 3. / 4. /

Luokituksen edellyttämät puhdistustoimenpiteet:

A1: Yksinkertainen fysikaalinen käsittely ja desinfiointi, esimerkiksi pikasuodatus ja desinfiointi tai maahan imeytys

A2: Normaali fysikaalinen käsittely, kemiallinen käsittely ja desinfiointi.

A3: Mahdollinen esikäsittely, tehostettu fysikaalinen ja kemiallinen käsittely, jatkokäsittely ja desinfiointi.

Taulukko 3. Raakavesilähteiden luokitus / 4./

Suure	A1		A2		A3	
	Pakollinen	Ohje	Pakollinen	Ohje	Pakollinen	Ohje
pH	6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
Väri, mg/l	10	20	50	100	50	200
Nitraatti, mg/l	25	50		50		50
Fluoridi, mg/l	1	1,5	1,7		1,7	
Rauta, mg/l	0,1	0,3	1	2	1	
Fosfaatti, mg/l	0,5		0,9		0,9	
COD Cr, mg/l					30	
Liuenneen hapen kyllästysaste, %	Yli 70		yli 50		yli 30	
BOD7(ATU) , mg/l	3		5		7	
Kjeldahl-typpi, mg/l	1		2		3	
Ammonium, mg/l	0,05	1	1,5	2	4	
Koliformiset bakteerit, pmy/100 ml	50		5000		50 000	
Fekaaliset streptokokit, pmy/100 ml	20		1000		10 000	
Salmonellat	ei osoitettavissa 5 litrassa		Ei osoitettavissa 1 litrassa			

## 2.5 Pintavesien käyttökelpoisuusluokituksen kriteerit

Pintavedet jaotellaan myös omassa erillisessä luokituksessa eri käyttökelpoisuusluokkiin. Tässä luokituksessa vesistöä tarkastellaan ensisijaisesti ihmisen näkökulmasta. Tästä esimerkkinä on se, että luontaisestikin suuri humuspitoisuus alentaa luokkaa, vaikka vesistö olisi muuten luonnontilainen. Tämä johtuu siitä, että veden käyttökelpoisuus raakavetenä on heikentynyt. Myös vesistöjen ravinnepitoisuuksissa on luontaisia eroja sekä kallio- ja maaperän laadusta johtuvia eroja. Näitä ei kuitenkaan huomioida nykyisessä luokituksessa. Vesistöjen sijoittaminen johonkin laatuluokkaan ei ole aina ongelmaton, mikä johtuu usein siitä, että yleisesti ottaen veden laatu on hyvää tai jopa erinomaista, mutta yksittäinen haitta-aine saattaa muodostaa riskin ihmisen terveydelle. Seuraavassa on esitelty pintavesien luokitusperiaatteet. /10./

### I Erinomainen

Vesialue on luonnontilainen. Vesistö on yleensä karu, kirkas tai lievästi humuspitoinen. Veden käyttöä rajoittavia leväesiintymiä ei todeta. Vesistö soveltuu erittäin hyvin kaikkiin käyttömuotoihin. /10./

### II Hyvä

Vesialue on lähes luonnontilainen, mutta lievästi rehevöitynyt tai selvästi humuspitoinen. Paikallisesti rajoittuneita leväesiintymiä voi esiintyä satunnaisesti. Vesistö soveltuu hyvin eri käyttömuotoihin. /10./

### III Tyydyttävä

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan lievästi rehevöittävä tai veden laatu on muuten muuttunut. Tähän luokkaan kuuluvat myös luonnostaan huomattavan rehevät tai erittäin humuspitoiset vedet. Levähaittoja voi esiintyä toistuvasti. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla hieman luonnontilaisista arvoista kohonneet. Vesistö soveltuu yleensä tyydyttävästi useimpiin käyttömuotoihin. /10./

#### IV Välttävä

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan voimakkaasti rehevöittävä tai veden laatu on muuten muuttunut. Levähaitat ovat yleisiä ja saattavat rajoittaa veden käyttöä pitkiä ajanjaksoja. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla selvästi luonnontilaisia arvoja korkeampia. Litorina-savimaiden vesistöissä pH-arvot voivat olla hetkellisesti hyvin alhaisia, ja happamuudesta johtuvia kalakuolemia saattaa esiintyä ajoittain. Vesistö soveltuu yleensä vain sellaisiin käyttötarkoituksiin, joiden veden laatuvaatimukset ovat vähäiset. /10./

#### V Huono

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan pilaama. Levähaitat ovat erittäin yleisiä ja runsaita estäen vesistön käytön usein pitkäksikin aikaa. Rehevyydestä johtuen myös happitilanne voi olla heikko. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, sedimentissä tai eliöstössä voivat olla tasolla, josta aiheutuu selvä riski vesistön käytölle tai vesiluonnolle. Litorina-savimaiden vesistöissä pH-arvot voivat olla hyvin alhaisia pitkiä ajanjaksoja, jolloin happamuudesta johtuvia kalakuolemia esiintyy toistuvasti. Vesistön käyttöä rajoittaa pysyvästi tai ajoittain jokin edellä mainituista tekijöistä. /10./

### 2.5.1 Veden laatuluokituksen luokkarajat

Raakaveden laatuluokituksen rajat on määritetty seuraavien muuttujien avulla:

Veden happipitoisuus - rehevyys ja orgaanisen aineksen kuormitus

- Väri - humuksen määrä
- Näkösyvyys, sameus - rehevyys, kiintoaineksen määrä
- Ravinnepitoisuus, klorofylli a:n määrä, levähaitat - rehevyystaso
- Hygienian indikaattoribakteerit - ulosteperäinen saastuminen
- Haitalliset aineet - riski vesistön käytölle ja vesiluonnolle

Näiden muuttujien lisäksi luokituksessa on otettu huomioon luonnontilaisesta taustavasta selvästi kohonneet raskasmetallien, orgaanisten klooriyhdisteiden sekä

muiden haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa, pohjaeläimissä sekä kaloissa. Jos jokin näistä parametreista osoittaa kohonneita pitoisuuksia, alentavat ne vesialueen luokan välttäväksi tai huonoksi. Taulukossa 4. on esitetty parametrit joiden avulla vesistöjen luokat valitaan. /11. /

*Taulukko 4. Pintaveden laatuluokituksen luokkarajat /11. /*

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
	<b>Erinomainen</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Välttävä</b>	<b>Huono</b>
Klorofylli-a (µg/l) (sisävedet)	<4	<10	<20	20-50	>50
Klorofylli-a (µg/l) (merivesi)	<2	<2,4	<4,12	<12,30	>30
Kokonaisfosfori (µg/l) (sisävedet)	<12	<30	<50	50-100	>100
Kokonaisfosfori (µg/l) (merivedet)	<12	13-20	20-40	40-80	>80
Näkösyvyys (m)	>2,5	1-2,5	<1		
Sameus (FTU)	<1,5	>1,5			
Väriluku	<50	50-100 (<200)	<150	>150	
Happipitoisuus (%) päälysvedessä	80 - 110	80-110	70-120	40-150	vakava happikato
Alusveden hapettomuus	ei	Ei	satunnaista	esiintyy	yleistä
Hygienian indikaattoribakteerit (kpl/100 ml)	<10	<50	<100	<1000	>1000
Petokalojen Hg-pitoisuus (mg/kg)					>1
As, Cr, Pb (µg/l)				<50	>50
Hg (µg/l)				<2	>2
Cd (µg/l)				<5	>5
Kokonaissyaniidi (µg/l)				<50	>50
Levähaitat	ei	satunnaista	toistuvasti	yleisiä	runsaasti
Kalojen makuvirheet	ei	ei	ei	yleisiä	yleisiä

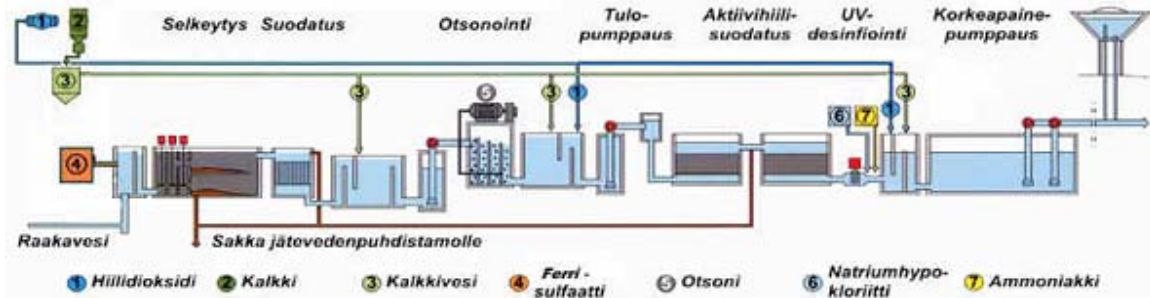
## 2.6 Erilaiset pumppaamotyypit ja niiden toimintaperiaatteet

Tässä kappaleessa esitellään erilaiset raakaveden pumppaamotyypit ja niiden perustoimintaperiaatteet. Tämän lisäksi kullekin vedenkäsittelytavalle tyypillisimmät kemikaalit on listattu kappaleessa. Esitetyissä kaaviokuvissa pyritään luomaan lukijalle selkeä kuva laitosten toimintaperiaatteista.

### 2.6.1 Pintavesilaitos

Pintavesi tulee aina puhdistaa ennen kuin se on kelpollista käytettäväksi talousvetenä. Tämän hetkisen laatuluokitusten mukaan 80 % järvistä ja 40 % jokivesistä on laatuluokitukseltaan joko erinomaista tai hyvää, joten sen käyttö sopivan puhdistusmenettelyn jälkeen talousvetenä on mahdollista. Puhdistamisen tarkoituksena on poistaa humus ja muu kiintoainees mahdollisimman tarkasti. Tällaiset kiintoaineespartikkelit absorboivat raskasmetalleja, joten niiden saaminen pois vedestä on erittäin suotavaa. Kiintoaineesen poistamisen lisäksi on tarpeen puhdistaa vesi ainakin haitallisten mikrobien ja muiden haitta-aineesien osalta, joiden raja-arvot on esitetty terveydensuojelu lainsäädännössä. /3./

Tunnetuin ja samalla suurin pintavettä käyttävä vesilaitos sijaitsee Helsingissä. Helsingin Veden jakelun piiriin kuuluu yli 700 000 ihmistä. Vesilaitoksen käyttämästä vedestä yli kolmannes tulee Päijänteestä ns. Päijänne-tunnelia pitkin. Tavallisimmin suurien pintavesilaitosten peruskäsittely koostuu kuvan 1. mukaisesta prosessista. Ensimmäisenä vesi siivilöidään ja se jälkeen sen happamuus säädetään. Tämän jälkeen ylimääräiset partikkelit pyritään saostamaan vedestä kemiallisesti. Saostusvaiheen jälkeen vesi selkeytetään ja suodatetaan, minkä jälkeen vesi desinfioidaan kautta syötetään verkostoon. /3./



Kuva 1. Helsingin vesilaitoksen käyttämä vedenpuhdistusprosessi./3./

Pintaveden puhdistuksessa kaikki eri vaiheet ovat tärkeitä hyvälaatuisen talousveden tuottamiseksi. Ensimmäisessä siivilöintivaiheessa poistetaan kaikki suuret roskat raakavedestä. Happamuus säädetään useimmiten kalkilla sopivaksi saostusta varten. Tavallisesti kemikaalisaostuksessa käytetään alumiinisulfaattia, polyalumiinkloridia tai ferrikloridia. Saostuskemikaalien tarkoituksena on tuottaa liuenneiden orgaanisten aineiden kanssa hiutalemaista sakkaa, joka laskeutuu tankin pohjalle ns. selkeytysvaiheessa. Tätä menetelmää kutsutaan flokkulaatioksi. Vastaavaan lopputulokseen pyrkivä puhdistustoimenpide on flotaatio, jossa allasta ilmastamalla nostatetaan epäpuhtaudet pintaan vaahtona, joka kuoritaan pois. Loput epäpuhtaudet poistetaan suodattamalla vesi, joko erilaisten kalvojen läpi tai hiekkasuodatuksella. /3./

Desinfioinnissa käytetään yleisimmin klooria, kloramiinia, klooridioksidia tai otsonia. Näistä selvästi yleisin on kloorikäsittely. Sen lisäksi otsonointi on käytössä noin kymmenellä laitoksella. Otsonia käytettäessä saadaan parannettua myös veden makua ja hajua, mutta sen ollessa hajoava yhdiste on kuitenkin tarpeen lisätä putkistoon pieni määrä klooria. /3./ Uutena menetelmänä alaa on vallannut myös ultraviolettilon käyttö desinfioinnissa. Menetelmää on käytetty allasvesipuolella jo muutamien vuosien ajan esimerkiksi Mikkelin Rantakylän uimahallissa.

Putkiston korroosiovaurioiden estämiseksi laitokset alkaloivat veden ja säätävät kovuuden ennen kuin vesi syötetään verkostoon. Kovuuden säädössä käytetään tavallisimmin kalkkia, lipeää tai soodaa, riippuen säädön tarpeesta./3./

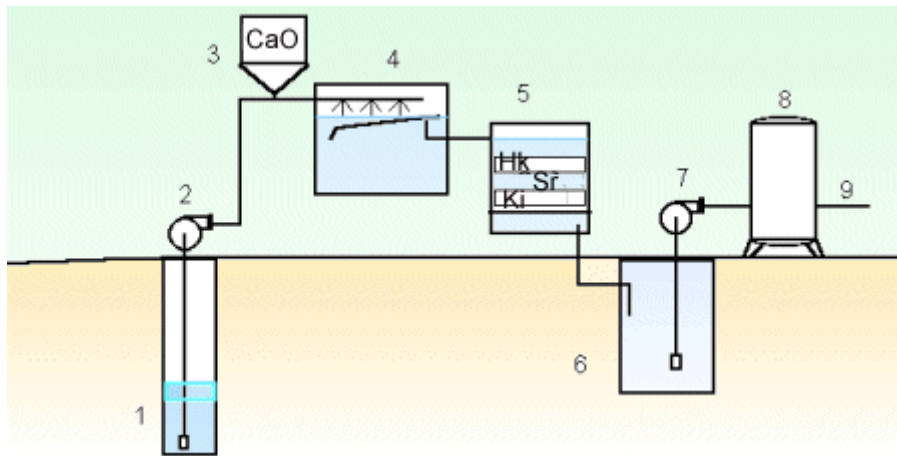


Käytettäessä korkean humuspitoisuuden omaavaa pintavettä on mahdollista, että lisättäessä klooria muodostuu haitallisia orgaanisia halogenoituja yhdisteitä, joista osa on mutageenisia tai karsinogeenisia. Tästä johtuen kloorin käyttöä on pyritty vähentämään ja toisaalta korvaamaan otsonoinnilla. Klooraus toimii erinomaisesti bakteereihin, mutta se tehoaa heikosti viruksiin ja alkueläimiin. /3./

## 2.6.2 Pohjavesilaitos

Suomessa pohjavedet ovat yleisesti ottaen hyvälaatuisia niin fysikaalisilta kuin mikrobiologisilta ominaisuuksiltaan. Laadullisesti hyvän pohjaveden puhdistusprosessi on huomattavasti yksinkertaisempi kuin pintaveden. Joissakin tapauksissa pohjavesi kelpaa käytettäväksi sellaisenaan. Noin neljäsosalla pohjavesilaitoksista ei ole käytössään minkäänlaista kemiallista puhdistusmenetelmää. Tavallisin toimenpide pohjavesilaitoksilla ennen veden johtamista verkostoon on alkalointi ja kovuuden säätö. Ne tehdään samaan tapaan kuin pintavesilaitoksilla kalkin, lipeän tai soodan avulla. /3./

Joillakin alueilla Manner-Suomessa ilmenee kohonneita rauta- ja mangaanipitoisuuksia. Tehokkain tapa poistaa kohonneita rautapitoisuuksia on ilmastaa vettä. Ilmastus tapahtuu usein joko puhaltamalla ilmaa veteen, sumuttamalla vettä ilmaan pieninä pisaroina tai juoksuttamalla vettä eräänlaista porrarakennelmaa pitkin alas erittäin ohuena vanana. Jokin näistä menetelmistä riittää yleensä hapettamaan raudan. Mangaanin poistoon pohjavedestä vaaditaan usein myös kemikaaleja. Yleisimmin käytössä on kaliumpermanganaatti, jonka käyttö tuottaa hapetusreaktiona rautahydroksidia ja mangaanidioksidia. Nämä poistetaan prosessista selkeyttämällä tai suodattamalla. Joillakin laitoksilla joudutaan kuitenkin turvautumaan samankaltaiseen puhdistusjärjestelmään kuin pintavesilaitoksilla. Tulevaisuudessa myös pohjavesipuolella uskotaan UV-desinfiointin lisääntymiseen. Syy tähän on se, että UV-desinfiointilla ei ole havaittu taipumusta muodostaa haitallisia aineita, kuten kloorauksella. /3./



Kuva 2. Pohjaveden pumppaamo /13./

Kuvassa 2. on esitetty tyypillinen pohjaveden pumppaamo ja sen perustoiminta periaate. Vesi pumpataan kaivosta (1.) käyttäen raakavesipumppua (2.). Raakavesi alkaloidaan ja (3.) pH säädetään kemikaalisyötön avulla, esimerkiksi kuvassa kalkilla. Tulovesi ilmastetaan (4.), minkä jälkeen vesi syötetään hiekkasuodatuksen läpi (5.). Vesi varastoidaan säiliössä (6.), josta se johdetaan käyttövesipumpun (7.) avulla painesäiliöön (8.). Paineistettu vesi johdetaan verkkoon (9.) /13./

### 2.6.3 Tekopohjavesilaitos

Tekopohjavettä on tehty Suomessa jo vuosikymmeniä. Ensimmäiset tekopohjavesilaitokset on rakennettu 1970-luvulla, ja nykyisin niitä on 25 ympäri Suomea. Tämän hetkisten tietojen mukaan vesilaitosten jakamasta vedestä 12 prosenttia on tekopohjavettä. Monet nykyisistä tekopohjavesilaitoksista tuottavat 15 000 – 20 000 m<sup>3</sup> vettä vuorokaudessa. /7./

Tekopohjavedellä tarkoitetaan pohjavesiesiintymästä pohjavesikaivojen avulla otettavaa vettä, jonka antoisuutta on lisätty imeyttämällä pintavettä maaperään. Suomessa tekopohjavesilaitoksilla käytetään sekä allas- että sadetusimeytystä. Allasimeytyksessä vesi imeytetään suurten altaiden kautta maaperään. Sadetusimeytyksessä vettä johdetaan putkistojen kautta muokkaamattomaan maastoon, jossa se suihkutetaan pohjakaasvillisuuden päälle. Toimenpiteiden

tavoitteena on lisätä pohjavesiesiintymän antoisuutta siten, että saadaan tuotettua lähes luonnontilaisen pohjaveden kaltaista tasalaatuista vettä. /7./

Tekopohjaveden ympäristövaikutuksia tarkkaillaan runsaasti. Imeytys- ja vedenottomäärät pyritään suunnittelemaan siten, ettei toiminta aiheuta haittoja ympäristölle. Vaikutukset alueen kaivoihin, lähteisiin ja kosteikkoihin sekä pohjaveden laatuun pyritään minimoimaan. Jos tekopohjaveden oton vuotuinen määrä ylittää 3 milj. m<sup>3</sup>, mikä vastaa vedenottomäärää 8200 m<sup>3</sup> vuorokaudessa, suunnitteluvaiheessa on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi (YVA). Sen tarkoituksena on arvioida laaja-alaisesti suunnitellun imeytyksen ja vedenoton mahdollisesti aiheuttamia ympäristövaikutuksia./7./

Tekopohjavesilaitokset sijoitetaan huokoiselle harjumaalle. Harjumaastoon sijoitettu imeytysalue rajoittaa yleensä alueen virkistyskäyttöä ja voi aiheuttaa myös muita maankäytön rajoituksia. Imeytysalojen tulisi olla pohjaveden muodostumisalueeseen verrattuna pieniä. Samaa aluetta ei tulisi sadettaa vuotta kauempaa, ja alueen tulisi antaa palautua sadetuksen jälkeen vähintään kaksi vuotta ennen kuin se voidaan ottaa uudelleen tekopohjaveden valmistuskäyttöön. Maaperän palautuminen luonnontilaan kestää imeytyksen päättymisen jälkeenkin usein pitkään. Sadettaminen aiheuttaa muutoksia pintamaan kemiallisessa tilassa, ja varsinkin happamuus saattaa poiketa alkuperäisestä tasosta jopa viiden vuoden jälkeen. Myös maaperään imeytettävälle pintavedelle on asetettu laatuvaatimuksia. Yleisimmin käytettyjä arviointikriteereitä ovat orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC), sameus, fekaaliset koliformiset bakteerit ja leväbiomassa. Laadultaan huono raakavesi on esikäsiteltävä, jotta se ei tukkisi hiekkaharjua./7./

Vesihuoltolaissa on määrätty myös tekopohjavesilaitoksia koskevasta velvoitetarkkailusta. Tekopohjaveden imeytykseen on vesilain mukaisesti saatava ympäristölupaviraston lupa, jota ei myönnetä, jos imeytys voi aiheutua pilaamiskiellossa määritetyn mukaisen uhan alueella. Tekopohjavesihankkeisiin liittyy runsaasti muitakin lupamenettelyjä menetelmän ympäristöriskien takia. Erilaisia lupia tarvitaan mm. veden johtamiseen vesistöstä, pintaveden puhdistamiseen raakaveden puhdistuslaitoksessa ja maahan imeytetyn tekopohjaveden ottamiseen./8./

Tekopohjaveden tuotanto ei ole täysin ongelmaton. Joissakin allasimeytyslaitoksissa on havaittu vedenläpäisevyyden heikentymistä, joka on aiheutunut imeytysaltaan pintaosiin muodostuneista rauta- ja mangaanisaostumista. Tämän kaltaista tukkeutumista voidaan vähentää esikäsitteilyllä ja vaihtamalla imeytysaltaiden pohjalle levitettävä suodatinhiekkakerros säännöllisin välein. /7./

Tekopohjaveden käytön ongelmana on myös se, että sen valmistukseen soveltuvat vain harjualueet. Maaperän tulee olla riittävän hienorakeista, jotta järvi- tai jokiveden sisältämä orgaaninen aine pidäytyisi maa-ainekseen ja vesi puhdistuisi. Toisaalta maaperässä tulee kuitenkin olla riittävä vedenjohtavuus, jotta maahan imeytettävä vesi virtaisi kaivoille. Maaperän hydrauliset ominaisuudet vaihtelevat eri harjuissa ja vaikuttavat näin ollen imeytettävän raakaveden laadun ohella tekopohjavesilaitoksen mitoittamiseen. Mikäli maaperä on hyvin karkeaa tai imeytettävä vesi heikompileatuista tulee viipymäajan olla pidempi, jotta saavutettaisiin haluttu puhdistustulos. Viipymäajat vaihtelevat tavallisesti 7 - 80 vrk:n välillä./8./

Tekopohjaveden muodostamisen aiheuttamat harjun hydraulisten ja pohjaveden virtausolosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa haitallisesti ympäristöön, kuten esimerkiksi alueen lähteisiin, kosteikkoihin ja kaivoihin. Siksi on tärkeää huomioida, että imeytysalueiksi tai tekopohjavesialueen vaikutuspiiriin ei tule valita arvokkaita elinympäristöjä tai mieluiten luonnontilaisina säilytettäviä alueita. /8./

Suurissa tekopohjavesilaitoksissa siirretään vuorokaudessa harjussa useita tuhansia kuutioita vettä. Tämän kaltaisten vesimassojen siirtely ilman kattavaa YVA-menetettelyä voi olla haitallista alueen ekosysteemille. Arvioinnin kattavuuteen vaikuttaa kuitenkin se, että imeytystä on mahdotonta testata edes todellisuutta lähellä olevilla vesimäärillä. /8./

### 3. Pall Microza -kalvovedenpuhdistusjärjestelmä

Työn toisessa osassa suoritetaan pilottikoe, jonka tarkoituksena on tuottaa vertailu dataa raakaveden puhdistustuloksista kalvopuhdistusmenetelmän ja perinteisten puhdistusmenetelmien välillä. Kokeessa käytettiin Pall Aria AP -sarjan vesienkäsittely järjestelmää.

#### 3.1 Laitteiston tekninen suorituskyky

Pall Aria<sup>TM</sup> -vesienpuhdistusjärjestelmät on suunniteltu erityisesti talousveden tuotantoon. Järjestelmän avulla pystytään tuottamaan pintavedestä turvallista ja laadullisesti hyvää juomavettä. Moduulit on suunniteltu siten, että niiden kalvopinnoille jäävät puhdistuksessa tehokkaasti kiinteät partikkelit, bakteerit ja virukset./9./

PVDF-onttokuitumoduuli muodostuu huokoskooltaan 0,1 mikronin kuiduista, joihin tuloveden suodatus kohdistetaan ulkoa sisälle päin. Tällä taataan haitta-aineiden pysyminen kuidun ulkopuolella. Yhden kuidun paksuus on 1,3 mm ja sisähalkaisijaltaan se on 0,8 mm. Moduuli sisältää 6350 tämän kaltaista kuitua ja näin ollen 2 metriä korkea moduuli mahdollistaa 50 m<sup>2</sup>:n suodatuspinta-alan./9./

PVDF-onttokuitumoduulin aiempien käyttökokemusten perusteella voidaan olettaa, että suodatuksella on positiivisia vaikutuksia ainakin raakaveden sameuteen ja kiintoaineksen määrään suodoksessa. Suodattimella on myös todettu olevan erinomainen kyky poistaa orgaanista ja epäorgaanista ainesta. Lisäksi se toimii erinomaisesti sienten, bakteerien ja muiden mikro-organismien poistamiseen raakavedestä. Laitteiston virtaamaa voidaan kasvattaa rajoituksetta tarvittavaan suuruusluokkaan asti. Suomessa esiintyvien kohonneiden rauta- ja mangaanipitoisuuksien poisto onnistuu myös kalvopuhdistusmenetelmän avulla. Lisäksi se kykenee poistamaan tehokkaasti arsenikkia sekä orgaanista ainesta. /9./

Laitteisto soveltuu pohja- ja pintaveden puhdistuksen lisäksi pienin muutoksin myös jätevesien puhdistukseen. Taulukossa 4. on esitetty laitteiston poistokyky erilaisille partikkeleille verrattuna muihin Suomessa yleisesti käytössä oleviin menetelmiin. /9./

*Taulukko 4. Erilaisten puhdistusmenetelmien tehokkuus /9./*

Menetelmä	Haitta- aineet					
	Vapaa bakteereista	Vapaa viruspartikkeleista	Vapaa parasitteistä	Vapaa fekaalisista bakteereista	Vapaa fekaalisista viruksista	Vapaa fekaalisista parasitteista
Suodatus Pall laitteistolla	+	+	+	+	+	+
Otsonointi	+	+	-	-	-	-
UV-desinfiointi	+	+	-	-	-	-
Klooraus	+	+	-	-	-	-

Taulukossa on vertailtu erilaisten puhdistusmenetelmien tehokkuutta. Perinteiset puhdistusmenetelmät tehoavat yleensä hyvin tavallisiin bakteereihin ja viruksiin, mutta heikosti erilaisiin parasitteihin sekä fekaalisiin kontaminantteihin. Valmistajan mukaan ontto- ja kloorausmoduulilla optimaalisissa käyttöolosuhteissa puhdistetusta vedestä ei löydy mitään edellä mainituista haittatekijöistä.

### 3.1.2 Laitteiston valinta

Laitteistosta on saatavissa monia eri vaihtoehtoja. Sopivimman vaihtoehdon valintaan vaikuttavat olennaisesti raakaveden lähtöarvot, pumppausnopeus vuorokaudessa sekä vaadittu puhdistustulos. Kun laitteiston malli on valittu, voidaan taulukosta 5. valita mitoitukseltaan riittävän suuri moduuliyksikkö. Taulukosta 5. nähdään myös maksimi- kapasiteetti. /9./

Taulukko 5. Laitteiston kapasiteetti. /9./

Mallin numero	Moduulin maksimimäärä	Kapasiteetti m <sup>3</sup> /h
AP-1	2	0,7 - 5,7
AP-2	8	2,3 - 11,4
AP-3	10	5,7 - 45,4
AP-3x	20	5,7 - 45,4
AP-4	36	11,4 - 79,5
AP-6	60	45,4 - 159

Edellytyksiä riittävän hyvän puhdistustulosten saavuttamiselle ovat laitteiston oikeat käyttö- ja lämpötilaolosuhteet. Lisäksi on tarpeen noudattaa valmistajan ohjeita laitteiston pesu ja huoltoväleistä. /9./

### 3.2 Puhdistusprosessin kuvaus

Pall Aria -vedenpuhdistusjärjestelmän moitteeton toimiminen edellyttää helposti puhdistettavan esisuodattimen, jonka minimitiheys on 400 µm sekä veden syötön kalvolle siten, että orgaaninen aines ei takerru kalvoon. /9./

Liitteessä 3. (luottamuksellinen) on esitetty puhdistusprosessin prosessikaavio. Prosessin alussa raakavesi pumpataan raakavesilähteestä syöttötankkiin, jossa veden pH tarvittaessa säädetään. Tämän jälkeen vesi kulkee syöttöpumpulle, jossa se paineistetaan. Paineistuksen jälkeen vesi syötetään puhdistusmoduuliin, jossa se ”pakotetaan” erittäin tiheän kalvon läpi. Suodatuksen jälkeen epäpuhtauksia ja kiintoainesta sisältävä vesi palautuu uudelleen kiertoon tai lähtöpisteeseen. Suodatettu vesi ohjataan prosessiin, ja ylimääräinen suodos ohjataan ns. huuhtelutankkiin, josta se voidaan syöttää uudelleen puhdistusprosessiin tai ottaa käyttöön tarvittaessa. /9./

Taulukossa 6. on esitetty Pall Aria -kalvovedenpuhdistusjärjestelmällä saavutettavat mikrobiologiset ja partikkelien poiston puhdistustulokset. Laitteiston testaus on suoritettu sitoutumattoman kolmannen osapuolen toimesta Yhdysvalloissa.

Taulukko 6. Pall Aria laitteiston puhdistuskyky /9./

Poistettava aines	Saavutettu puhdistustulos
Sameus	< 0,1 NTU
Kiinteät partikkelit	± 0
<i>Cryptosporidium Oocyst</i>	> 6 log
<i>Giardia Cyst</i>	> 6 log
Bakteerit	> 6 log

Liitteenä 4. (luottamuksellinen) on esitetty laitevalmistajan Pall Microza Pilot Rig-ohjeen käänös, jossa selvitetään yksityiskohtaisesti laitteiston eri toimintojen peruseriaatteet ja toimintaedellytykset. Pilottikokeen tulostarkastelukappaleessa on esitelty kokeen tulokset ja vertailudata sekä suoritettu teknis-taloudellinen tarkastelu. Nämä tiedot ovat luottamuksellisia. /9./

### 3.2.1 Prosessikaavio

Liitteessä 3. (luottamuksellinen) on esitetty Pall Aria AP-4 laitteiston pohjakuva. Laitteisto on sijoitettu ISO-standardin mukaiseen konttiin, joka mahdollistaa laitteiston liikuttelun tarpeen mukaan. Kyseisen laitteiston raakaveden käsittelykyky vuorokaudessa on noin 1900 m<sup>3</sup>. Kuvan mukaiseen laitteistoon on sijoitettu 18 moduuliyksikköä. AP-4 -sarjan laitteistoa voidaan kuitenkin laajentaa aina 36 moduuliin asti ilman, että kaaviokuva muuttuu liitteenä esitetystä kuvasta.



## 4. Haastattelututkimus

Tässä kappaleessa esitellään haastatteluista saadut tulokset. Puhelinhaastattelut vesihuoltolaitoksille tehtiin viikoilla 12 - 15 haastatteluun valittujen aikataulun mukaisesti.

Työssä suoritettiin 15 kysymystä sisältävä haastattelu 45 vesihuoltolaitokselle. Haastattelu suoritettiin tietyin aluepainotuksin, jotka otettiin huomioon tulos tarkastelussa. Haastattelun tarkoituksena oli saada aikaan keskustelua vesihuollon nykytilasta ja kehitystarpeesta. Haastattelulla kartoitettiin myös markkinatilanne biokaasun keräyslaitteiston ja aktiivihiilisuodatusmenetelmien kannalta. Haastatteluun valittiin 8 kpl vesihuoltolaitoksia Pirkanmaalta, Kymen läänin ja Pohjois-Savon alueelta 4 kpl. Näiden lisäksi valittiin Uudeltamaalta, Varsinais-Suomesta, Keski-Suomesta ja Pohjois-Karjalasta 2- 4 kpl vesihuoltolaitoksia. Haastatteluun valitut vesihuoltolaitokset tuottavat talousvettä kukin vähintään 5 000 ihmisen tarpeisiin, mutta pääosin kuitenkin huomattavasti suuremmalle ihmismäärälle.

### *4.1 Vesihuoltolaitosten haastattelujen tulokset*

Tässä kappaleessa on esitelty vesihuoltolaitosten haastattelujen tulokset alueittain. Tulostarkastelussa käytetty alue jako on tehty ympäristöpiireittäin. Tarkemmat jakoperusteet on esitetty liitteenä 4 (luottamuksellinen) olevassa kartassa.

#### 4.1.1 Uudenmaan alue

Pääkaupunkiseutu saa raakavetensä pääasiassa Päijänne-tunnelin kautta. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan pintavesivarat ovat niukat ja laadultaan juomavesikäyttöön heikot. Tämä tarkoittaa, että pohjaveden ja tekopohjaveden tuotanto ovat käytännöllisesti katsoen ainoat vaihtoehdot vesihuollon järjestämisessä. /14./

Uudenmaan alueella on 33 kuntaa, joista 22:n vesihuolto perustuu yksinomaan pohjavesialueilta otettavan pohjaveden käyttöön. Itä-Uudellamaalla käytetään suuria

määriä tekopohjavettä, jota valmistetaan imeyttämällä Päijänne-tunnelista tai paikallisista pintavesistöistä saatavaa vettä harjumuodostumiin. /14./

Uudenmaan alueella on kaksi huomattavaa pohjavettä tai tekopohjavettä myyvää ja jakelevaa tukkuvesiyhtiötä sekä yksi suuri yritys, joka myy omasta vesilähteestä pulloitettua pohjavettä. Alueella sijaitsee myös runsaasti elintarvikkeita, meijerituotteita, virvoitusjuomia, olutta ja alkoholijuomia valmistavia yrityksiä. Lisäksi alueella sijaitsee muuta teollista toimintaa, joiden vesillä on erityisvaatimuksia. Tällaiset laitokset puhdistavat tavallisesti itse vetensä. /14./

Pohjavesivarat ovat toistaiseksi riittäneet tyydyttämään yhdyskuntien vedentarpeen. Alueella sijaitsevan pohjavesivarannon käytöstä poistaminen esimerkiksi likaantumisen seurauksena saattaa johtaa ainakin tilapäiseen vesipulaan. Siksi Uudenmaan alueella onkin keskitytty suunnittelemaan erilaisia varajärjestelmiä vesihuollon kriisitilanteiden varalle. Useimmilla vesilaitoksilla onkin jo käytössään jonkinlainen varajärjestelmä. /14./

Uudenmaan alueen noin 1,3 miljoonasta asukkaasta lähes 1,2 miljoonaa on liittynyt keskitetyn vedenjakelun piiriin. Alueella käytetystä vedestä jopa 78 prosenttia on pintavettä tai pintavedestä valmistettua tekopohjavettä. Kaikkiaan Uudenmaan alueella on noin 100 vesilaitosta. Verkostot ovat suurilta osin uudistettuja, ja putkistot ovat nykyisin PVC-muovia. Suurimpina investointeina tulevaisuudessa tulevat olemaan varajärjestelmien parantaminen entisestään ja puhdistusprosessien kehittäminen. Vesihuolto Uudellamaalla toimii kokonaisuudessaan hyvin, ja alueella on tehty vaadittavat riskikartoitukset ja kehittämissuunnitelmat. /14./

#### 4.1.2 Hämeen alue

Hämeen alueen kaikkien 28 kunnan vesihuolto perustuu pääosin pohjaveden, tekopohjaveden tai rantaimetyneen pohjaveden käyttöön. Kunnallisen vesihuollon piiriin kuuluu noin 300 000 asukasta. Alueella sijaitsee paljon elintarviketeollisuutta, joka käyttää tuotteidensa raaka-aineena useimmiten kunnallisessa vesilaitoksessa käsiteltyä pohjavettä. /15./

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueille on viime vuosina laadittu seudullisia ja ylikunnallisia vesihuollon yleissuunnitelmia. Vuoden 2007 aikana on myös tavoitteena käynnistää seudullisen vesihuollon kehittämissuunnitelman laatiminen Hämeenlinnan seudun kahdeksalle kunnalle. Sen tarkoituksena on parantaa kuntien vesihuoltolaitoksen toimintaa riskinhallinnan osalta. Arviolta edelleen noin puolet Hämeen alueen vesihuoltolaitoksista on sellaisia, että niiden toimintavarmuutta tulisi parantaa mm. puhdistusprosessien osalta. Joidenkin kuntien alueella myös pumppaamot ja putkistot ovat auttamatta vanhanaikaisia. Lisäksi osassa kunnissa on tarpeen parantaa niiden vesihuollon yleistä tilaa kokonaisvaltaisesti. /15./

Hämeen alueen suurimmat pohjavesivarat sijaitsevat Salpausselän alueella. Sen ominaispiirteinä ovat laajat ja hyvinkin pitkät harjualueet, jotka soveltuvat hyvin pohjaveden hankintaan. Alueen maaperä on pääasiassa moreenia, joka soveltuu erinomaisesti huokoisuutensa ja veden pidätyskykynsä ansiosta pohjaveden tuotantoon. /15./

Alueen pohjavedet ovat pääosin puhtaita ja hyvänlaatuisia ja kelpaavat jo sellaisenaan talousvedeksi. Toisaalta alueella esiintyy myös pilaantuneita pohjavesialueita ja pilaantumisen takia käytöstä poistettuja pohjavedenottamoita. Alueellisen vesihuollon kehitysyhteistyön avulla on pyritty tehostamaan suojelutekniikkaa ja valvontaa. Omalta osaltaan tehostunut valvonta on myös tuonut esille uusia pilaantuneita pohjavesialueita. /15./

Koko Suomenkin mittakaavassa julkisuutta saaneet pilaantumistapaukset ovat Hämeen alueella Kärkölä, jossa maaperä on saastunut kloorifenolilla, sekä Oitti, jossa on havaittu kohonneita tri- ja tetrakloorieteenipitoisuuksia. Puhdistusprosessi on hyvin hidaskäyttö, sillä molempien tapausten kohdalla pilaantumisen havaitsemista on jo vuosia, eikä pilaantumista enää tapahdu. Pohjavesi on kuitenkin edelleen pilaantunutta ja pohjavedenottamot ovat poissa käytöstä. /15./

Tällä hetkellä alueella suurimpia pohjavesien likaajia on polttonesteen, joista erityisesti bensiinin lisäaineen MTBE:n, joutuminen maaperään ja pohjaveteen. Tästä johtuen alueella on jouduttu sulkemaan kaksi pohjavedenottamoita. Haastattelussa ilmenivät myös maankäytön ja teiden suolausten pohjaveden käytölle aiheuttamat riskit. Uusimpana uhkatekijänä ovat tulleet esille kasvinsuojeluaineet, joiden jäämiä on löydetty Lahden alueella otetuista pohjavesinäytteistä. /15./

Vesihuoltolaitosten käyttämä pohjavesi on laadullisesti niin hyvää, ettei se vaadi yleensä erityistoimenpiteitä. Tyypillisesti laitoksilla säädetään pH, soodalla tai kalkilla. Joillain alueen pohjaveden pumppaamoilla on ilmennyt kohonneita rautapitoisuuksia, minkä johdosta vettä ilmastetaan raudan saostamiseksi prosessista. Lisäksi alueella on esiintynyt mangaanin ja fluoridin laatusuosituksia ylittäviä arvoja. /15./

#### 4.1.4 Kaakkois-Suomi

Kaakkois-Suomen alueella sijaitsevat laadultaan erinomaiset ja runsaat pohjavesi varannot. Alueellisen suojelusuunnitelman avulla voidaan taata yleisesti talousveden tasainen laatu myös poikkeustilanteissa ja mahdollisten muiden kriisien aikana. Vesihuollon alueellisessa kehittämissuunnitelmassa on keskitytty erityisesti edellä mainittujen seikkojen parantamiseen sekä arvokkaiden harjualueiden suojeluun.

Kehittämissuunnitelmat, pohjavesitutkimukset ja vesihuoltotyöt rahoitetaan ja toteutetaan usein kunnallisten ja yksityisten palvelun tarvisijoiden toimesta. Alueella toimivat vesihuoltoyritykset ovat vakavaraisia ja kykeneviä myös suurempiin

kehitysinvestointeihin. Tästä esimerkkinä ovat alueella monet mittavatkin jäteveden puhdistushankkeet.

Kaakkois-Suomen alueella jaetusta talousvedestä n. 90 % on pohja- tai tekopohjavettä. Kaikilta alueen vesilaitoksilta toimitetaan teko- tai pohjavettä, lukuun ottamatta Kuusankosken ja Imatran kaupunkien vedenhankintaa, joissa käytetään osaksi myös pintavettä. /16./

#### 4.1.4.1 Etelä-Karjala

Etelä-Karjalassa on tällä hetkellä noin 140 000 asukkaasta joista noin 80 % kuuluu kunnallisen vesihuollon piiriin. Vesilaitosten antamien tietojen perusteella vesiverkostoon pumpataan vettä keskimäärin 29 000 m<sup>3</sup>/d, vastaavasti jätevettä syntyy keskimääräinen 39 000 m<sup>3</sup>/d. Etelä-Karjalan kunnat ovat yleisesti omavaraisia vedenottamojen suhteen. Joitakin yhdyslinjoja on kuitenkin kriisitilanteiden varalle. /16./

Alueellisen ennusteen mukaan Etelä-Karjala tulee olemaan muuttotappioaluetta, minkä vuoksi nykyisen talousvesijärjestelmän uskotaan riittävän alueen tarpeisiin. Vastaavasti jätevesien määrän uskotaan lisääntyvän entisestään. Tämä arvio on esitetty tiukentuvaan vesilainsäädäntöön pohjautuen. Lisäksi syinä uskotaan olevan metsäteollisuuden vesien siirtyminen enenemässä määrin kunnallisten laitosten puhdistettavaksi. Tämä kehityssuuntaus vaikuttaa kuitenkin epärealistiselta, sillä metsäteollisuuden vesien puhdistusmenetelmät ovat usein kunnallisen sektorin menetelmiä tehokkaampia. /16./

#### 4.1.4.2 Kymenlaakso

Kouvolan Vedeltä saatujen tietojen mukaan alueen pohjavesi on laadultaan erinomaista ja sitä on riittävästi vastaamaan alueen tarpeisiin. Tällä hetkellä alueen pumppaamoista otetaan n. 8000 m<sup>3</sup>/vrk, josta verkostoon syötetään noin 7000 m<sup>3</sup>. Kouvolan Vedellä on käytössään myös käänteisosmoosilaitteisto, jolla poistetaan alueella tyypillistä fluoridia vedestä. Puhdistettu vesi sekoitetaan tavallisen raakaveden kanssa, ja näin ollen saadaan laimennettua fluoripitoisuuksia. /17./

Myös Kotkan ja Haminan vesilaitoksilta saatujen tietojen mukaan alueen pohjavesi varannot ovat erinomaiset, joskin kohonneita fluoridiarvoja esiintyy tiheään. Hamina saa osittain vetensä Kouvolassa sijaitsevalta tukkuvesiyhtiöltä, jonka toimittaman veden se sekoittaa oman vetensä kanssa alentaakseen veden fluoridipitoisuutta. Muutoin alueen pohjavesien katsotaan olevan laadultaan erinomaista. Haminan vesihuoltolaitoksella suunnitellaan uutta pohjaveden pumppaamo, johon tulitaisiin asentamaan kalvovedenpuhdistusjärjestelmä poistamaan fluoridia. Tämän laitoksen myötä Haminasta tulisi omavarainen veden tuotannon suhteen. Vuoden 2007 alusta Kotkan vesilaitoksesta tuli vesilaitosuudistuksen myötä osa Kymen Vesi Oy:tä. Laitos toimittaa talousvettä Kotkan, Anjalankosken ja Pyhtään asukkaille. Laitoksella on useita pohjaveden pumppaamoita alueellansa, mutta se käyttää myös pieniä määriä Kymijoen pintavettä tasaamaan raakaveden tarvettaan. Alueen tyypillisimpinä ongelmina ovat olleet kohonneet rauta- ja mangaanipitoisuudet. Pintavesien käytössä on niin ikään ilmennyt joitain ongelmia. Siivilöiden tukkeumista on aiheuttanut mm. raakaveden korkea humus- ja partikkelipitoisuus ja etenkin kesäaikaan ilmenevät levä kukinnot. /17./

Kuntien vesihuollon kehittämissuunnitelmat on laadittu kaikissa alueen kunnissa. Niissä tärkeimmiksi kehittämistarpeiksi mainitaan useimmiten kriiseihin varautuminen ja erilaisten riskitekijöiden hallinta. Alueellinen yhteistyö vaikuttaa olevan jo kohtuullisen pitkälle vietyä, mutta tarvitsee vielä yleislinjauksia kehittyäkseen entistäkin toimivammaksi. /17./

#### 4.1.5 Lounais-Suomi

Noin 90 % Lounais-Suomen väestöstä on keskitetyn vedentoimituksen piirissä. Tällä hetkellä alueella on käytössä lähes 180 pohjavedenottamo, seitsemän pintavedenottamo ja kaksi tekopohjavedenottamo. Vedenottamoilta pumpataan vuodessa yhteensä yli 57 miljoonaa kuutiometriä vettä, josta noin puolet on pohjavettä. /18./

Lounais-Suomen alueella on tekeillä kaksi laajaa tekopohjavesihanketta. Tällä hetkellä on tekeillä projekti Rauman kaupungin vedenhankinnan turvaamiseksi. Sen tarkoituksena on valmistaa Kokemäenjoen vedestä tekopohjavettä Järilänvuoren pohjavesialueella. Vastaava erittäin laajamittainen tekopohjavesihanke on myös suunnitteilla Turun seudulle. Hankeen tarkoituksena on tuottaa turvallista talousvettä tekopohjaveden avulla lähes 300 000 asukkaalle. Hankkeessa selvitetään mahdollisuutta ottaa raakavesi Kokemäenjoesta, minkä jälkeen se esikäsitellään ja imeytetään edelleen tekopohjavedeksi Virttaan laajaan harjualueeseen. Alueen yleinen kehittämisstrategia ulottuu vuoteen 2020 ja sen ensisijaisena tarkoituksena on keskittyä alueiden kehittämiseen ja kunnalliseen yhteistyöhön. /18./

#### 4.1.6 Pirkanmaa

Pirkanmaalla on tällä hetkellä yhteensä 112 veden jakelusta huolehtivaa vesihuoltolaitosta ja 53 jätevedenkäsittelystä huolehtivaa laitosta. Pirkanmaan väestöstä noin 86 % on liittynyt yhteiseen vesijohtoverkoston. Talousvettä käytetään noin 210 l/vrk asukasta kohti, mikä on hieman koko maan keskiarvon alle. /19./

Tällä hetkellä Pirkanmaalla toimivien vesihuoltolaitosten toimittamasta vedestä noin 55 % on pohjavettä. Tampereen ja Valkeakosken seudun (TAVASE) tekopohjavesihankkeen toteutuessa tulee pohjaveden käytön osuus kasvamaan vedenhankinnassa huomattavasti. /19./

Pohjavesialueet sijaitsevat Pirkanmaan alueella hyvin epätasaisesti, mikä on jonkin verran ongelmallista vedenhankinnan takaamiseksi. Tällä hetkellä lähes puolet Pirkanmaan vesihuollosta käyttää raakavetenään pintavettä. Pintaveden käytön ongelmaksi koetaan sen riskialttius saastumiselle. Lisäksi alueen ongelmana on se, että osa pohjavesivarannoista sijaitsee ongelmallisilla alueilla. Alueella on pyritty ehkäisemään pohjavesien likaantumista erilaisilla kuntakohtaisilla pohjavesien suojeleusuunnitelmillä. /19./

#### 4.1.7 Etelä-Savo

Etelä-Savon vesilaitosten jakamasta vedestä 81 % on pohjavettä tai tekopohjavettä. Savonlinnassa käytetään osaksi raakavetenä pintavettä. Alueellisena kehitystavoitteena on edelleen lisätä pohjaveden käytön osuutta. Vedenottamoita on käytössä nykyisellään 50 kpl, ja vesilaitokset ottavat ja jakavat vettä yhteensä noin 20 000 m<sup>3</sup>/vrk. /20./

Vesilaitosten toimintavarmuuden parantamiseksi on otettu käyttöön uusia vedenottamoita, rakennettu verkostoja yhdistäviä vesijohtoja ja parannettu vedenottamoiden tekniikkaa. Varautumista vedenjakelun häiriöihin ja poikkeusoloihin tullaan edelleen parantamaan uusilla vedenottamoilla ja verkostoja yhdistämällä. Alueella pyritään suojelemaan pohjavesialueita laatimalla erilaisia suojelusuunnitelmia sekä perustamalla suoja-alueita vedenottamojen ympärille ja ohjaamalla riskiä aiheuttavat toiminnot pohjavesialueiden ulkopuolelle. /20./

Ympäristökeskus edistää vedenhankintaa ja jätevesien puhdistamista tekemällä pohjavesitutkimuksia ja -selvityksiä, laatimalla alueellisia ja kuntakohtaisia vesihuoltosuunnitelmia, tekemällä valtion vesihuoltotöitä, avustamalla kuntia ja vesiosuuskuntia vesihuollon rakentamisessa, antamalla ympäristölupapäätöksiä ja antamalla neuvontaa vedenhankinnan ja jätevesien käsittelyn parantamiseksi. /20./

#### 4.1.8 Keski-Suomi

Keski-Suomen alueella siirryttiin 2000-luvun alussa käyttämään raakavetenä yksinomaan pohjavettä, kalliopohjavettä, tekopohjavettä tai osittain rantaimetyntä pohjavettä. Alueen aikaisemmin käytössä olleet pintavesilaitokset toimivat nykyisin varavedenottamoina. Keski-Suomen alueella sijaitsee kaikkiaan 149 vesilaitosta. Vesilaitosten keskitetyn vedenjakelun piiriin kuuluu yhteensä noin 220 000 asukasta. /21./

Keski-Suomen alueella on panostettu runsaasti vesihuollon alueellisten yhteistyömahdollisuuksien parantamiseen. Vedenhankinnan turvaaminen



poikkeustilanteissa, haja-asutuksen vesihuollon edistäminen, sekä pinta- ja pohjavesien pilaantumisen ehkäiseminen ovat tärkeänä osana kehitystyötä. /21./

Haastatteluun vastanneilla vesilaitoksilla raakavesilähteenä käytettiin pohjavettä. Vesi oli kaikilla laitoksilla laadultaan erinomaista. Poikkeuksia on esiintynyt harvakseltaan, ja yleisimmin raja-arvot ylittyivät raudan ja mangaanin pitoisuuksissa. Näistä ongelmatekijöistä on päästy eroon kohtuullisen hyvin saostus- ja ilmastustoimenpiteiden avulla. Alueella tarkkaillaan säännöllisesti myös nitriittipitoisuuksia, sillä niiden on havaittu ylittyvän hieman tavallista useammin yleensä pintavesikontaminaation seurauksena. Raakaveden pH säädetään kaikilla laitoksilla kalkkikiven tai lipeän avulla. Tarpeen mukaan tehdään myös muita toimenpiteitä haitta-aineiden poistamiseksi talousvedestä. Vesiepidemiat ovat harvinaisia alueella, mutta vuosien saatossa joitakin pieniä epidemioita oli kuitenkin ollut. Tavallisimpana syynä on pidetty pintaveden käyttöä raakavetenä ja sen kontaminaatioherkkyyttä mm. fekaalisille bakteereille. /21./

#### 4.1.9 Länsi-Suomi

Tehtyjen haastattelujen perusteella päätettiin muodostaa yksi laajempi kokonaisuus, Länsi-Suomen alue. Alueeseen kuuluvat tässä tulos tarkastelussa Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Vaasan rannikkoseutu. Alueella on yhteensä 223 vesihuoltolaitosta. /22./

Länsi-Suomen alueella vesihuoltolaitosten raakavetenä käytetään sekä maan- että kallioperästä saatavaa pohjavettä sekä pintavettä alueen joista ja järvistä. Maaperästä saatava pohjavesi muodostaa 80 % yhdyskuntien vesihuoltoon käytetystä vedestä. Sora- ja hiekkavarat ovat kuitenkin alueella kohtuullisen niukat, ja sen myötä pohjavesivarat ovat jakautuneet hyvin epätasaisesti. /22./

Alueen pohjavedet ovat monin paikoin vähähappisia, rauta- ja mangaanipitoisia. Vedessä on havaittu myös korkeahkoja ammonium-, nitriitti-, kloridi- ja sulfaattipitoisuuksia. Toisaalta monin paikoin kauempana rannikkoalueista pohjavesi on laadullisesti moitteetonta ja kelpaa talousvedeksi lähes sellaisenaan. /22./

Monin paikoin pohjaveden laatua heikentävät myös runsaat savi- ja silttimuodostumat. Länsi-Suomen alavilla maa-alueilla on paikoitellen lähes mahdotonta päätellä harjualueiden sijainti, mikä tekee pohjaveden hankinnan entistä vaikeammaksi. Myös edettäessä rannikkoa kohti pohjavesien laadullisissa eroissa on huomattavia muutoksia, etenkin raudan ja mangaanin osalta, sekä korkeita humuspitoisuuksia. /22./

Länsi-Suomen alueella pintavesien ravinnekuormaa kasvattavat myös runsas tehokas maanviljelys ja usein jokivarsia kuormittavat kevät- ja syystulvat. Alueen vedenlaadulle on myös ominaista suuri ravinnepitoisuus, humuksesta peräisin oleva ruskea väri. Paikoitellen järvet ovat pahoin rehevöityneet. /22./

Vaasan Vedeltä saatujen tulosten mukaan alueen pintavesilaitosten toimintatehokkuus on hyvä. Laitoksella on pystytty pitäytymään talousveden laatusuosituksen rajoissa kaikilta osin. Pintaveden käsittelyjärjestelmä on pitkälle kehittynyt, ja sen ansiosta toimintahäiriöltä on välttytty. Vaasan vedellä on useita vaihtoehtoisia pumppaamoita sekä yhdysputkia naapurikuntien välillä veden toimittamisen toimintavarmuuden takaamiseksi kriisitilanteissakin. /22./

Haastattelussa ilmeni, että Seinäjoen kaupunki on siirtynyt käyttämään Kyrönjokilaakson Vesi Oy:n tuottamaa talousvettä. Laitos tuottaa vettä keskimäärin 14 000 m<sup>3</sup>/vrk, josta puolet myydään Seinäjoen, Kurikan, Ilmajoen ja Jalasjärven kuntien käyttöön Seinäjoen Veden toimesta. Laitos huolehtii nykyisin veden varastoinnin lisäksi myös alueen verkostoista ja jätevesien käsittelystä. Loput kaupallisesti tuotetusta vedestä toimitetaan Valio Oy:n ja Altia Oy:n elintarvikkeiden sekä alkoholin valmistuksen tarpeisiin. Molemmilla yrityksillä on käytössä omat vedenpuhdistamot, joilla varmistetaan veden soveltuminen elintarvikkeiden valmistamiseen. /22./

#### 4.1.10 Pohjois-Savo

Vuoden 2000 alussa Pohjois-Savon alueen kunnat siirtyivät käyttämään raakavetenään yksinomaan pohjavettä tai osittain imeytettyä rantavettä. Alueella on panostettu runsaasti erilaisiin menetelmiin vedenhankinnan turvaamiseksi myös häiriö- ja poikkeustilanteissa. Kunnallisen vedenhankintaselvitystyön seurauksena alueella on laajennettu haja-asutuksen sekä kunnallisten vesihuoltolaitosten välille toimivaa yhdysvesijohtoverkostoa. Tämän kaltainen yhteistyö on auttanut vastaamaan mm. poikkeuksellisen kuivuuden tuomiin haasteisiin ja turvaamaan vesihuoltolaitosten vedenhankinta muissa kriisitilanteissa. /23./

Nykyisin vesilaitosten raakavesi saadaan pääasiassa pohjavedestä ja pintavettä käytetään raakavetenä ainoastaan varavedenottamoina tai esiintymien antoisuuden lisäämiseen kuivina jaksoina. Tällä hetkellä Pohjois-Savossa on yhteensä 150 vesihuoltolaitosta, joiden vedenjakelun piiriin kuuluu vähintään yli 200 asukasta. /23./

Pohjois-Savon alueella pohjavesi on pääasiassa hyvälaatuista. Pohjaveden kemiallisessa laadussa on kuitenkin paikallisia ja alueellisia eroja. Laatuerot johtuvat monista ympäristötekijöistä, kuten alueiden maantieteellisestä sijainnista, maa- ja kallioperän kivilajikoostumuksesta, vesistön läheisyydestä sekä biologis-kemiallisista tekijöistä. Nämä vaikuttavat luonnontilassa muun muassa pohjaveden rautapitoisuuteen, sähkönjohtavuuteen, happamuuteen ja orgaanisen aineksen määrään. Luonnollisesti myös ihmistoiminnalla on ollut vaikutusta pohjavesien laatuun. /23./

Tyypillinen ongelma alueen pohjavesissä on lievä happamuus. Luonnollisten tekijöiden lisäksi vajo- ja pohjavesien happamuus lisääntyy usein soranoton vaikutuksesta. Happamoituminen on paljaan sorapinnan alapuolella voimakkaampaa kuin luonnontilaisilla alueilla. /23./

Tehdyissä haastatteluissa ilmeni selkeästi, että Pohjois-Savossa pohjaveden laadun suurimpina uhkatekijöinä pidetään maa-aineksen ottoa ja siihen liittyviä toimintoja sekä tienpitoa ja rautatieliikennettä. Haastateltujen henkilöiden mukaan suurimpien

taajamien läheisyydessä on pohjavesialueille sijoitettu runsaasti erilaista pohjavettä likaavaa toimintaa. Alueen tärkeille pohjavesialueille on sijoitettu muun muassa kaatopaikkoja, huoltoasemia, polttoainevarastoja ja hautausmaita. Tähän asti ilmi tulleista tapauksissa pilaantuminen on tapahtunut öljytuotteilla. Paikoitellen on kuitenkin havaittu myös kohonneita kloridipitoisuuksia, jotka ovat yleensä seurausta tienpidossa käytetystä suolauksesta. /23./

#### 4.1.11 Pohjois-Karjala

Alueen asukkaista 84 % asukkaista kuuluu kunnallisen vesijohtoverkoston piiriin. Pohjois-Karjalassa on yhteensä 76 vesilaitosta, jotka toimittavat vettä vähintään 50 hengen tarpeisiin. Raakavetenä käytetään lähes yksinomaan pohjavettä ja vain yhdellä laitoksella käytetään pintavettä raakavetenä. Pohjavesialueet ovat sijoittuneet pääosin Salpausselän loppupään harju- ja soraumuodostumiin. Alueen eteläosissa pohjavesi esiintymät ovat runsaimmat. Pohjoista kohti mentäessä esiintymät pienenevät ja muuttuvat hajanaisemmiksi. Yhdyskuntien vedenhankinnan kannalta pohjavettä on koko alueella kuitenkin riittävästi. /24./

Pohjois-Karjalan alueen pohjavesi on yleisesti ottaen laadullisesti niin hyvää, että se tarvitsee ainoastaan pH:n säädön ennen verkostoon syöttöä. Sen säätöön käytetään tavallisesti pieni määrä kalkkia. Haastattelusta saatujen tietojen mukaan Joensuun kaupungin vesilaitos on kohtuullisen moderni, ja sen toiminta on taattu erilaisissa kriisitilanteissa hyvin. Alueen keskusten välillä on erilaisia yhdyslinjoja, joilla voidaan kattaa ainakin osa veden jakelusta kriisin aikana. Pohjavesien laadullinen tila on alueella niin hyvä, että kunnissa ei ole katsottu tarpeelliseksi käyttää pintavettä. Kaikilla haastatelluilla laitoksilla oli kuitenkin mahdollisuus pintavedenottoon tarvittaessa. Joensuun Vedessä on tällä hetkellä käytössä UV-desinfiointi. /24./

#### 4.1.12 Pohjois-Pohjanmaa

Pohjois-Pohjanmaalla toimii tällä hetkellä yhteensä 123 vesihuoltolaitosta, jotka pyrkivät takaamaan alueensa asiakkaille laadultaan moitteettoman talousveden. Alueen vesijohtoverkkoon kuuluu 98 % väestöstä, mikä on eniten koko Suomessa.

Vastaavasti viemäriverkostoon on liittynyt vain noin 75 % asukkaista, mikä on Suomen tasolla melko alhainen. /25./

Suurin osa Pohjois-Pohjanmaalla käytettävästä talousvedestä saadaan pohjavedestä ja ainoastaan Oulun kaupunki käyttää pääasiallisena raakaveden lähteenä Oulujoen pintavettä. Vesijohtoverkostoon kuuluu alueella noin 370 000 asukasta. Oulun Veden mukaan alueen keskkulutus on 225 litraa vuorokaudessa. /25./

Alueellisen vesihuollon kehittämistavoitteiden yleisenä linjavekona on ollut muun Suomen tapaan vesihuoltolaitosten toimintavarmuuden lisääminen. Lisäksi alueella on pyritty pienentämään jätevesikuormitusta ja minimoimaan ympäristöhaittoja. Suunnitelma pyrkii parantamaan haja-asutuksen vesihuoltoa ja yhdyskuntien vedensaannin turvaamista poikkeustilanteissa. /25./

Alueen vesihuollon käyttämästä raakavedestä noin 65 % on pohjavettä ja loput 35 % on pääasiassa Oulun Veden käyttämää pintavettä. Alueella pumpataan tällä hetkellä noin 90 000 m<sup>3</sup>/vrk. Alueen tärkeimmät pohjavesiesiintymät sijaitsevat Sievi - Taivalkoski- Kuusamo kulkevalla harjulinjalla. /25./

Viime vuosikymmenten aikana Oulun Vesi on tehnyt useita mittavia investointeja veden laadun parantamiseksi. Lisäksi alueella on investoitu vesihuoltolaitosten välisiin yhdysvesijohtoihin ja niiden parannustöihin. Näillä investoinneilla on pyritty varautumaan jakeluhäiriöihin. /25./

Laadultaan Pohjois-Pohjanmaan pohjavedet ovat lähes poikkeuksetta hyvin pehmeitä ja happamia. Haastattelussa ilmeni, että kaikki alueen vesilaitokset joutuvat alkaloimaan raakavetensä ennen muiden toimenpiteitä. Tämän lisäksi todettiin, että alueen pohjavedet sisältävät usein korkeita pitoisuuksia rautaa ja mangaania. Pitoisuudet pienenevät kuitenkin siirryttäessä sisämaata kohti. Raudan ja mangaanin lisäksi rannikkoalueen pohjavedet sisältävät myös muita liuenneita aineita muuta aluetta enemmän, mikä ilmenee mm. pohjaveden korkeampana sähkönjohtokykyä. Myös korkea orgaanisen aineksen määrä ja pelkistyneisyys ovat usein luonteenomaisia näille pohjavesille. /25./

Pohjois-Pohjanmaan pohjavesivaroihin kohdistuu monia ihmistoimintaan liittyviä uhkatekijöitä. Alueen pohjavesiä uhkaavat esimerkiksi maa-aineksen otto, teollisuus, kaatopaikat, huoltoasemat ja karjasuojat. /25./

#### 4.1.13 Kainuu

Kainuun alueella on siirrytty käyttämään yksinomaan pohjavettä talousveden raakavetenä vuonna 2003. Haastatteluissa ilmeni, että alueella tuotettu pohjavesi on laadultaan hyvää, joskin lievästi hapanta. Tästä johtuen useat vesilaitokset joutuvat alkaloimaan vetensä enennen verkostoon johtamista. Kainuun alueella on tehty laajamittaisia kartoitustöitä kuntien yhteistyön lisäämiseksi vedenhankinnan osalta. Selvitysten avulla on saatu kattava kuva alueen pohjavesien tilasta sekä tarpeista vedenotto- ja varavedenottoaikojen osalta.

Laatusuosituksia ylittäviä rauta- ja mangaanipitoisuuksia on esiintynyt vain harvakseltaan ja lähinnä ainoastaan yksityiskaivoissa. Kainuun alueelta ei ollut saatavilla muuta spesifistä tietoa, sillä haastatteluun valitut laitokset eivät halunneet antaa tarkkoja laitoiksiin liittyviä tietoja.

#### 4.1.14 Lappi

Lappi on laaja ja harvaan asuttu maakunta; sen erityispiirteinä on karu luonto, joka on hyvin altis muutoksille. Arktinen ilmasto ja pitkät siirtolinjat aiheuttavat omat vaikeutensa verkostojen ja laitosten rakentamiseen ja ylläpitoon. Alueen vesihuollolle lisähaasteita tuottavat matkailu- ja tunturikeskusten vesihuoltojärjestelyt ja niiden suuri kausittainen vaihtelu. /26./

Alueen noin 187 000 asukkaasta vesijohtoverkoston piiriin kuuluu kuitenkin lähes 80 %. Yksityiset vesijohtoverkoston kuulumattomat taloudet kärsivät usein puutteellisesta jätevesien käsittelystä, talousveden heikkolaatuisuudesta ja veden riittämättömyydestä. Hajanaisesti sijoittuvien kuluttajien vesihuoltotilanteen korjaamiseksi Lapin kunnissa on käynnistetty erilaisia kehittämistoimenpiteitä. /26./

Tämän hetkisen tiedon mukaan Lapissa on 113 vesilaitosta, jotka kaikki käyttävät raakavetenään pohjavettä. Viimeisinä pohjaveden käyttäjiksi siirtyivät Kemin ja Tornion kaupungit sekä Kilpisjärven kylä Enontekiöllä. Nämä vesihuoltohankkeet valmistuivat vuoden 2000 aikana. /26./

Alueen vedenottamot sijoittuvat yleensä hiekka- ja soramuodostumiin tai runsastuottoisten lähteiden yhteyteen. Lapin, kuten muunkin Suomen vedet ovat luontaisesti jonkin verran happamia ja sen vuoksi raakaveden syövyttävät ominaisuudet minimoidaan alkaloimalla raakavesi. Rauta- ja mangaanihaitat ovat muun Suomen tapaan kohtuullisen yleisiä. Niiden poisto onnistuu tavallisimmin ilmastamalla ja saostamalla raakavesi. Alueen suurimpia ongelmatekijöitä ovat suuret pohjaveden korkeuserot. Viime vuosina pohjavedet ovat olleet hyvinkin alhaalla paikoitellen pitkistä kuivista jaksoista johtuen. Tämä on aiheuttanut ongelmia pienillä ja yksityisillä pumppaamoilla. /26./

Alueella on kuitenkin päädytty pitäytymään pohjavesien käytössä raakaveden lähteenä. Syynä tähän on pääosin kevätaikaan runsaat pintavalunnat, joiden myötä vesistöön pääsee kulkeutumaan helposti erilaisia haitta-aineita. Myös keväiset jääpadot aiheuttavat ongelmia jokien pintaveden käytössä. /26./

## 5. Pilottikokeen tulokset

Luottamuksellinen

## 6. Pilottikokeen teknis-taloudellinen tulostarkastelu

Luottamuksellinen

### 6.1 Tekninen suorituskyky

Luottamuksellinen

### 6.2 Taloudellinen suorituskyky

Luottamuksellinen



## 7. Johtopäätökset

Tässä kappaleessa esitellään työn tuloksista tehdyt johtopäätökset ja pohdinta kokeiden onnistumisesta ja tarvittavista jatkotoimenpiteistä.

### 7.1 Haastattelututkimuksen johtopäätökset

Suomessa vesihuoltolaitosten tila on erittäin hyvä. Ne pystyvät toimittamaan asiakkailleen turvallista laadultaan hyvää talousvettä. Suomen vesihuoltolain linjauksen mukaisesti vesihuoltolaitokset pyrkivät järjestelmällisesti lisäämään pohjaveden käyttöä raakavetenään, vaikka se ei välttämättä ole ekologisesti kestävä kehityksen mukaista. Tämä linjaveto on tehty kuitenkin siksi, että pohjavedet ovat yleisesti ottaen laadultaan hyviä. Joillain alueilla on kuitenkin ongelmana raudan, mangaanin ja fluoridin raja-arvojen ylittyminen.

Suomen suurissa kasvukeskuksissa, joissa käytetään pintavettä raakaveden lähteenä, on vireillä erilaisia hankkeita tekopohjaveden käytön lisäämiseksi. Tästä esimerkkinä on Tampereen ja Valkeakosken yhteinen TAVASE-hanke, jossa pyritään tuottamaan tekopohjavettä Tampereen ja sen ympäristökuntien tarpeisiin. Hanke on tällä hetkellä YVA-vaiheessa, mutta sen uskotaan toteutuvan joidenkin tahojen vastustuksesta huolimatta. Kuluttajien ja päättäjien tulisikin tarkastella tilannetta myös eettiseltä kannalta. Onko tarpeen tuottaa vettä luonnonharjussa keinotekoisesti, kun on mahdollista puhdistaa pintavettä muiden menetelmien avulla?

Haastattelujen myötä tuli ilmi useiden eri tahojen mielenkiinto myös muita puhdistus menetelmiä kohtaan. Yleisesti laitoksilla uskottiin nykyisen menetelmän olevan paras mahdollinen, joskin sitä voitaisiin kehittää tehokkaampaan suuntaan. Lähes kaikilla laitoksilla koettiin tarpeelliseksi kartoittaa ja vähentää verkostohävikkiä sekä paneutua entisestään veden jakelun riskittömyyteen. Joillain pienillä laitoksilla oli edelleen suuriakin puutteita riskikartoituksissa, vaikka riskikartoitus on ollut pakollinen kaikilla laitoksilla vuodesta 2004 asti. Tähän asti laitokset olivat tehneet lähinnä kirjallisia selvityksiä kriisienhallinnasta, mutta mitään konkreettisia toimenpiteitä tai laitteistohankintoja ei ollut tehty. Suurissa kaupungeissa oli yleensä vähintään yksi

varapumppaamo tai yhdyslinja naapurikunnan kanssa, josta saadaan tarvittaessa otettua vettä oman vedenjakelun häiriinnyttyä.

Haastatteluista saatujen tulosten perusteella voidaan katsoa tarpeelliseksi jatkaa työtä sen toiseen vaiheeseen, jossa selvitetään PVDF-onttokuitumoduulin soveltumista pintavedenpuhdistukseen kohdeyrityksen markkina-alueella. Laitteiston uskotaan soveltuvan erityisesti muun muassa kriisinajan vedenpuhdistukseen. Laitteistolle sopivia käyttökohteita Suomen olosuhteissa voisivat olla esimerkiksi puolustusvoimien kenttäolosuhteet tai erilaiset ulkomaiden kriisinhallintaoperaatiot. Tämän kaltaista laitteistoa voitaisiin käyttää myös erilaisten vapaaehtoisjärjestöjen toiminnassa, kuten Suomen Punaisen Ristin hätäapu- operaatioissa. Laitteisto soveltuu tämän kaltaisiin kohteisiin erinomaisesti, koska se on helposti siirrettävissä ja se voidaan ottaa käyttöön nopeasti. Sillä voidaan tuottaa turvallista ja hygieenistä vettä mm. kenttäsairaaloiden tarpeisiin mistä tahansa vedestä.

Laitteisto soveltuu myös sellaisenaan todennäköisesti pienten laitosten vara- tai pääpuhdistusjärjestelmäksi. Laitteiston vuokraus- ja leasing-mahdollisuuksia on myös tarpeen tarkastella jatkotutkimuksissa.

## 7.2 Pilottikokeen tulostarkastelu

Luottamuksellinen



## **Julkaisut ja artikkelit**

5

Zacheus O., Suurten Vesilaitosten toimittaman talousveden laatu Suomessa vuosina 1996-1998. Helsinki 2002. s 59, Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä, ISSN 1236-2115;2004:4

6

Zacheus O., Suurten , Euroopan komissiolle raportoitavien laitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu Suomessa vuosina 2002- 2004 Helsinki 2005, Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä

7

Hatva, T., Kivimäki A.-L., Rönkä E. & Miettinen I. Ympäristö-lehti 2/2004:  
Tekopohjavettä tuotetaan 25 laitoksella.

8

Helmisaari, H.-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A.-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J. & Reijonen, R. 2003. Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu. TEMU-tutkimushankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 902.

9

Pall Aria Corporation. Tuote- esite. Pall Aria TM AP- Series Packaged Water Treatment Systems. oikeudet Suomessa; Doranova Oy

## **Internet ja verkkolähteet**

10

Valtion ympäristö hallinto, Suomen Ympäristökeskus, päivitetty 11.11.2005 [www-dokumentti] <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=159001&lan=FI>, viitattu 02.04.2007

11

Valtion ympäristö hallinto, Suomen Ympäristökeskus, päivitetty 26.05.2006 [www-dokumentti] <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=108890&lan=fi>, viitattu 02.04.2007

12

Valtion ympäristö hallinto, Suomen Ympäristökeskus, päivitetty 06.02.2006 [www-dokumentti] <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=109657&lan=fi>, viitattu 09.04.2007

13

Lapin ammattiopisto, päivitys tietoja ei saatavilla,[www-dokumentti] [http://www.raol.roiakk.fi/kt/rake/02-virt/vesihuol/ve\\_pohja.htm](http://www.raol.roiakk.fi/kt/rake/02-virt/vesihuol/ve_pohja.htm), viitattu 12.04.2007

## Haastattelut

14

Uudenmaan Alue

Espoon Vesi, Espoo, Tuija Rätty, kehittämispäällikkö

Helsingin Vesi, Helsinki, Anatoli Korelin, kehittämispäällikkö

Hyvinkään Vesi, Hyvinkää, Kari Viitanen, vesihuoltopäällikkö

Järvenpään Vesi, Järvenpää, Ari Kaunisto, verkostomestari

15

Hämeen Alue

Hämeenlinnan Seudun Vesi, Hämeenlinna, Heikki Heino, käyttöpäällikkö

Hollolan Vesi, Hollola, Hannu Tuunanen, vesihuoltolaitoksen johtaja

Heinolan Kaupungin Vesi, Heinola, Mikko Kankaanpää, vesihuoltoinsinööri

Lahden Vesi, Lahti, Jouni Lillman, käyttöpäällikkö

Janakkalan Vesi, Janakkala, Seppo Palmantom, vesilaitoksen johtaja

Kaakkois-Suomen alue

16

Etelä-Karjalan alue

Lappeenrannan Vesi, Lappeenranta, Arvi Seppänen, käyttöinsinööri ja Hannu Huikas, verkostopäällikkö

17

Kymenlaakson alue

Haminan Kaupungin Vesilaitos, Hamina, Hiltula, vesihuoltopäällikkö

Kouvolan Vesi, Kouvola, Jarkko Laitinen, vesihuoltoinsinööri

Kymen Vesi Oy, Kotka, Matti Haikonen, vesihuoltopäällikkö

18

Lounais-Suomen alue

Forssan Vesi, Forssa, Matti Napari, vesihuoltopäällikkö

Turun Seudun Vesi, Turku, Reijo Koskenkorva, hankepäällikkö

19

Pirkanmaan alue

Akaan Kaupungin Vesihuoltolaitos, Akaa, Pekka Ahonen, työnjohtaja

Hämeenkyrön kunta, Hämeenkyrö, Jari Luoma, liikelaitospäällikkö

Ikaalisten Vesi, Ikaalinen, Raili Rätty,

Kangasalan kunta, Kangasala, Kimmo Suonperä, käyttöpäällikkö

Valkeakosken Vesi, Valkeakoski, Olavi Ojansuu, putkimestari

Ylöjärven Vesi, Ylöjärvi, Jari Virtanen, vesihuoltomestari

20

Etelä-Savon alue

Mikkelin Vesi, Mikkelä, Reijo Turkki, vesihuoltopäällikkö

Joroisten kunta, Joroinen, Juha Rytönen, vesilaitoksenhoitaja

Juvan kunta, Juva, Hannu Suhonen, LVI-tekniikko

21

Keski-Suomen alue

Janakan Vesilaitos, Vaajakoski

Jyväskylän Energia, Jyväskylä, Markku Hantunen, vesijohtaja

Jämsän Vesilaitos, Jämsä, Teijo Kilpinen, vesihuoltotekniikko

22

Länsi-Suomen alue

Vaasan Vesi, Vaasa, Jouni Salosensaari, suunnittelupäällikkö

Seinäjoen Vesi, Seinäjoki, Jari Mäntylä, verkostopäällikkö

Alavuden kaupunki, Alavus, Juhani Ollinmäki,

23

Pohjois-Savon alue

Iisalmen kaupunki, Iisalmi, Vilho Partanen, vesilaitospäällikkö

Kuopion Vesi, Kuopio, Vilho Taskinen, käyttömestari

24

Pohjois-Karjalan alue

Enon kunta, Eno, Tapio Laakkonen, vesilaitoksen hoitaja

Joensuun Vesi, Joensuu, Risto Bergbacka, insinööri

25

Pohjois-Pohjanmaan alue

Oulun Vesi, Oulu, Markku Isoaho, kehittämisspäällikkö

26

Lapin alue

Kemin Vesi, Kemi, Mikko Heinineva, suunnitteluinsinööri

Napapiirin Vesi, Rovaniemi, Jouni Räisänen, vesilaitospäällikkö

Tornion Vesi, Tornio, Heimo Heikkinen, käyttötietnikko



## Liitteet

Liite 1. Pintavesilaitosten haastattelu lomake (luottamuksellinen)

Liite 2. Pall Microza Pilot Rig- käänös (luottamuksellinen)

Liite 3. Pall Aria kalvovedenpuhdistuslaitteiston kaaviokuva (luottamuksellinen)

Liite 4. Alue jako kartta (luottamuksellinen)