

Heidi Virtanen

Järviveden puhdistaminen juomavedeksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööritutkinto
Kemiantekniikka
Insinöörityö
28.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Heidi Virtanen Järviveden puhdistaminen juomavedeksi
Sivumäärä Aika	39 sivua + 5 liitettä 29.4.2011
Tutkinto	Kemiantekniikka
Koulutusohjelma	Insinööri tutkinto
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristötekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja, Marja-Terttu Huttu
<p>Metropolia-Ammattikorkeakoululle tehdyssä insinööriyössä oli tarkoituksena selvittää eri menetelmiä, joilla järvivedestä saadaan valmistettua juomavettä kotitalouskäyttöön. Vaihtoehtoisissa tuli ottaa huomioon sekä puhdistusentiteettimisyys ja tehokkuus että hinta.</p> <p>Insinööriyössä on perehdytty myös talousveden sisältämiin haitta-aineisiin sekä niiden määrittämiseen vedessä. Työssä on käsitelty talousveden laatuominaisuuksia ja raja-arvoja sekä haitta-aineiden poistoa.</p> <p>Tavoitteena oli löytää toiminnaltaan ja kustannuksiltaan sopiva laitteisto käyttökohteeseen. Työssä mitoitettiin myös pumppu laitteistoon ja toimintaympäristöön sopivaksi.</p> <p>Insinööriyön perusteella voidaan todeta, että järvivedestä saadaan melko helposti puhdistettua kelpoista talousvettä. Puhdistus vaatii yleisesti useamman suodatuksen ennen kuin se kelpaa juomavedeksi. Usein vesi täytyy myös desinfioida kemikaalien, otsonoinnin tai UV-säteilytyksen avulla, jotta myös kaikki taudinaiheuttajat saadaan poistettua.</p> <p>Vedenpuhdistuslaitteisto valitaan huolellisesti käyttökohteen, käyttötarkoituksen ja puhdistettavan vesimäärän mukaan. Laitteiston valinnassa ovat tärkeitä sen huoltotoimenpiteet: kuinka usein laitetta huolletaan ja mitä erilaisia toimenpiteitä se vaatii. Yleisimmät vedenpuhdistuksessa käytettävät menetelmät ovat käänteisosmoosi, aktiivihilisuodatus sekä ioninvaihto.</p>	
Avainsanat	vedenpuhdistus, ioninvaihto, aktiivihilli, käänteisosmoosi, järvi- vesi

Author(s) Title	Heidi Virtanen Drinking water for the cottage from the lake
Number of Pages Date	39 pages + 5 appendices 29 April 2011
Degree	Chemical engineering
Degree Programme	Bachelor of engineering
Specialisation option	Environment technique
Instructor(s)	Marja-Terttu Huttu, Principal Lecturer
<p>The purpose of this project, which was made for the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences was to detect different systems which can be used to purify lake water for household use. Attention was paid on the functionality, effectiveness and price of the purification system.</p> <p>In this engineering project water pollutants and contaminants and the means to detect them were also studied. In addition, water quality standards and the limit values of pollutants and contaminants were investigated.</p> <p>The goal of this project was to find the best alternative for the intended application. The selection criteria were the effectiveness and cost of purification. The pump was dimensioned to suit the equipment and the operational environment.</p> <p>On the basis of the results of this final year project, it can be noticed that purifying lake water for household use is quite easy. The cleaning requires several filters before it is good enough for drinking. The water must be disinfected with chemicals, ozonization or with the emission of the ultra-violet-radiation.</p> <p>The intended application, the purpose of use and the amount of clean water needed are the most important factors to consider when choosing the equipment. It also important to find out how often the equipment requires maintenance. The most popular ways to clean water are reverse osmosis, activated carbon, and ion exchange.</p>	
Keywords	water treatment, ion exchange, activated carbon, reverse osmosis, lake water

Sisällys

1	Johdanto	4
2	Talousveden valmistus	5
2.1	Tekopohjaveden valmistus	5
2.2	Talousveden valmistus pääkaupunkiseudulla	7
2.3	Yksittäisten kotitalouksien talousveden valmistus	9
3	Talousveden laatuvaatimukset	10
4	Talousveden ominaisuuksia ja haitta-aineita	11
4.1	Taudinaiheuttajat	11
4.2	Väri ja haju	11
4.3	pH ja sähkönjohtavuus	12
4.4	Alkaliteetti	12
4.5	Kaliumpermanganaattiluku (KMnO_4 -luku)	13
4.6	Kovuus	13
4.7	Metallit	14
4.8	Muut haitalliset alkuaineet	14
4.9	Typpiyhdisteet	15
5	Yksittäisten vesitalouksien veden laadunvalvonta	16
6	Laadunvalvontamenetelmiä laboratoriossa	16
6.1	Kovuus	16
6.2	Yleisimmät metallit	17
6.2.1	Rauta	17
6.2.2	Mangaani	18
6.3	pH	19
6.4	Sähkönjohtavuus (konduktanssi)	19
6.5	Radon	19
6.6	Nitraatti ja nitriitti	20
6.7	Alkaliteetti	21
6.8	Bakteerit	22
6.9	Väriluku ja sameus	22

6.10	Kaliumpermanganaattiluku	23
7	Talousveden puhdistusmenetelmät	24
7.1	Raudan ja mangaanin poisto	24
7.1.1	Ioninvaihto	24
7.1.2	Saostus ja suodatus	25
7.2	Radonin poisto	25
7.2.1	Ilmastus	25
7.2.2	Aktiivihilli	26
7.3	Kovuuden poisto	28
7.4	Typpiyhdisteiden poisto	28
7.5	Maun, värin, hajun ja taudinaiheuttajien poisto	29
7.5.1	Klooraus	29
7.5.2	UV-desinfiointi	29
7.5.3	Otsonointi	30
8	Kohdejärvi	30
9	Vedenkäsittelylaitteistot	31
9.1	Vaihtoehtolaitteisto 1	32
9.1.1	HOH-järvivesisuodatin	32
9.1.2	Humus-automaattisuodatin JCAB-35-9	33
9.1.3	UV-sterilisaattori Sterilight UV-S12Q	34
9.2	Vaihtoehtolaitteisto 2	34
9.2.1	HOH-järvivesisuodatin	34
9.2.2	Whole House -käyttövesisuodatin	35
9.2.3	Aktiivihillisuodatin JV-Purifier 2 tai aktiivihilli-käänteisosmoosilaitteisto Watts RO-5/Permo Source	35
9.3	Vaihtoehtolaitteisto 3	37
9.4	Vesipumppu ja putkisto	38
10	Johtopäätökset	39
11	Yhteenveto	40
	Lähteet	41
	Liite 1: Pumpun mitoituslaskut	44
	Liite 2: Kaaviokuva pumpun mitoitukseen	47

Liite 3: Mökin ja järven etäisyydet	48
Liite 4: Suodattimet ja pumppu kaaviokuvana	49
Liite 5: Vihtarinjärven tutkimustuloksia	50

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä talousveden valmistukseen ja selvittää mahdollisuuksia, joilla saadaan valmistettua järvivedestä juomavettä kotitalouskäyttöön. Puhdistusratkaisuja selvitettiin useilta eri toimittajilta ja valittiin kolme laitteistovaihtoehtoa. Tarkoitus oli selvittää syntyviä kustannuksia ja puhdistustehokkuuksia.

Työssä käsitellään raakaveden epäpuhtauksia ja haitta-aineita ja perehdytään talousveden laadunvarmistusmenetelmiin. Tavoitteena on selvittää, millä menetelmällä epäpuhtaudet saadaan poistettua tai pienennettyä sallittuihin rajoihin. Lopuksi mitoitetaan pumppu veden nostamiseen järvestä.

2 Talousveden valmistus

Luonnonvesi ei täytä talousvedelle asetettuja laatuvaatimuksia, joten vesi käsitellään ennen jakeluverkkoon pääsyä. Erilaisilla vedenkäsittelytekniikoilla saadaan huonommastakin raakavedestä lähes kaikki laatuvaatimukset täyttävää johtovettä. [3, s. 42-44]

Ensimmäinen ja tärkein asia talousveden valmistukseen on valita kunnollinen vesilähde. Talousveden valmistukseen käytettävä raakavesi otetaan pintavedestä, pohjavedestä tai tekopohjavedestä. Yleensä talousveden valmistuksessa raakavetenä käytetään pintavettä, joka puhdistetaan moniosaisen prosessin avulla. Talousveden puhdistuksessa käytettävät menetelmät riippuvat käytettävän veden laadusta. Pintaveden ongelmia ovat yleensä sen korkea humuspitoisuus, joka aiheuttaa siihen ruskeaa väriä, hajua ja makua. Pintaveden altistuminen likaantumiselle on myös huomattavasti helpompi kuin pohjaveden. Suomen vesilaitokset, joissa vesi valmistetaan pintavedestä, ovat kooltaan isoja, ja niissä on yleensä täydellinen kemiallinen käsittely. Vedensaannin lähteenä ollessa pohjavesi on tärkeää pitää huolta, että taudinaiheuttajat eivät pääse missään olosuhteissa pohjaveteen. Pintaveden ollessa kyseessä on huomioitava, että mahdolliset jätevedet lasketaan mahdollisimman kauas vedenotto paikasta. Näin varmistetaan, että taudinaiheuttajat kuolevat ympäristövaikutusten seurauksena tai laimentuvat matkan varrella. [13; 14]

Pohjavesi on Suomessa yleisesti laadultaan hyvää ja puhtaampaa kuin pintavesi. Tiettyillä alueilla Suomessa pohjavedessä esiintyy arseenia, radonia, rautaa ja mangaania. Pohjavesiesiintymät ovat pieniä ja väärissä paikoissa suuria yhdyskuntia ajatellen, joten tekopohjavedellä on saatu lisättyä käytettävien pohjavesien määrää. [14]

2.1 Tekopohjaveden valmistus

Tekopohjavettä saadaan valmistettua allasimeytyksellä, ojaimetyksellä, kanavaimetyksellä, kaivoimeytyksellä tai sadetuksella. Näissä menetelmissä raakavesilähde (järvi, joki) voi sijaita kymmenienkin kilometrien päässä imeytysalueesta. [14]

Allasimeytyksessä rakennetaan useita altaita tai allasimeytysalueita siksi, että mahdollisen tukkeutumisen tai puhdistuksen aikana ei imeytystä tarvitse keskeyttää kokonaan. Altaiden pohjat peitetään suodatinhiekkakerroksella, joka on paksuudeltaan noin 50 cm. Vesi johdetaan altaisiin ilmastamalla siten, että sen happipitoisuus on mahdollisimman korkea. Ajoittainen altaan kuivuminen ehkäisee leväkasvustojen syntymistä ja näin pohjan tukkeutumista. Allasimeytyksen etuina ovat sen helppo puhdistus sekä imeytyksen helppo säätely. Allasimeytyksessä haittaa aiheuttaa altaiden rakennus ja näin luonnollisen maaston rikkominen. [14]

Sadetuksessa imetysalueen käyttöönotto ei vaadi kaivaustyötä eikä maiseman muokkautusta. Sadetuksessa pintavesi johdetaan imeytysalueelle siirrettävän sadetusputkiston tai sadettimen kautta. Vesi ilmastuu, kun se suihkuu rei'itetyn putkiston läpi. Sadetus tapahtuu sadetusaltaisissa jaksoittain, esimerkiksi vuosi sadetusta ja vuosi taukoa. Pitkäaikainen sadetus aiheuttaa muutoksia kasvillisuudessa ja liettymistä pintakerroksissa. Kuivilla harjualueilla maasto vettyy ja aiheuttaa muutoksia maisemassa. [14]

Kanavaimetyksen ja ojaimetyksen rakenteissa pyritään muotoilemaan maaperän muotoja, käytetään hyväksi luonnonmukaisia uomia tai rakennetaan haaroittuva ojasto, johon imeytettävä vesi johdetaan. Veden virtaamisnopeus pitää säädellä siten, että uoman pohjalle ei kerrostu sedimenttilietettä. Nopeutta säädellään esteiden avulla sekä maaperän kallistumien valinnalla. Tarvittavan imeytyskapasiteetin saavuttaminen voi vaatia laajat imeytysalueet. [14; 26]

Kaivoimeytyksessä pintavesi injektoidaan syvimpiin maakerroksiin. Kaivoimeytys sopii alueille, joissa pohjaveden yläpuolella on paksuja huonosti vettä läpäiseviä maakerroksia. Kaivoimeytys on hyvä vaihtoehto myös tiheään asutuille alueille, joilla ei ole tilaa rakentaa runsaasti tilaa vieviä altaita. Kaivoimeytyksessä ei aiheudu myöskään maisemallista haittaa. [14; 23]

Veden puhdistuksessa raakavedelle on valtioneuvostossa määrätty tarkat laatuvaatimukset sekä tarkkailumenetelmät. Raakavesilähteet on jaettu kolmeen laatuluokkaan, jotka ovat A1, A2 ja A3. Kaikilta laatuluokilta edellytetään määrättyt käsittelytasot. [14]

Kaksi ensimmäistä laatuluokkaa eroavat toisistaan siten, että ensimmäinen vaatii vain yksinkertaisen fysikaalisen käsittelyn ja desinfioinnin ja toinen luokka normaalin fysikaalisen käsittelyn ja desinfioinnin. Kolmannessa luokassa puhdistus vaatii mahdollisesti jo esikäsittelyn sekä sen, että fysikaalinen ja kemiallinen käsittely ovat tehostettuja ja mukana on myös jatkokäsittely sekä desinfiointi. Taulukossa 1 on esitetty eri laatuluokkien yleisimpiä ominaisuuksia. [14]

Taulukko 1: Raakaveden laatuluokkien ominaisuuksia. (14)

Suure	A1		A2		A3	
	Pakollinen	Ohjearvo	Pakollinen	Ohjearvo	Pakollinen	Ohjearvo
pH	6,5-8,5					
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	
CODCr, mg/l					30	
Liuenneen hapen kyllästysaste, %	Yli 70		Yli 50		Yli 30	
BOD7(ATU), mg/l	3		5		7	
Kjeldahl-typä, mg/l	1		2		3	
Ammonium, mg/l	0,05	1	1,5	2	4	
Koliformiset bakteerit, pmy/100 ml	50		5000		50000	
Fekaaliset streptokokit, pmy/100 ml	20		1000		10000	

2.2 Talousveden valmistus pääkaupunkiseudulla

Helsinkiin vesi tulee 120 kilometriä pitkää kalliotunnelia pitkin Päijänteestä. Veden tulo Päijänteestä Helsinkiin kestää noin 9 tuntia. Tunneli on n. 15 m² halkaisijaltaan. Helsingin vesi käsitellään Pitkälkosken ja Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitoksissa. Molempiin laitoksiin tulee vettä 35-36 milj. m³/vuosi. [27]

Päijänteen veden laatu on parantunut, ja raakavesi olisi jo itsessään juomakelpoista. Vesi otetaan 17 metrin syvyydestä ja 200 metrin etäisyydeltä rannasta. Vesi virtaa heti aluksi mikrosiivilän kautta tunneliin. Tunnelissa vesi kulkeutuu omalla paineellaan, joka hyödynnetään Kalliomäen ja Pitkälkosken vesivoimalaitoksilla sähköenergiaksi. Silvolan

tekoallasta käytetään raakaveden tasaukseen ja varastointiin. Vesi pumpataan vesijohtoverkostojen välityksellä kuluttajille. Kokonaispituutta verkostolle tulee 1100 kilometriä. Vesimäärä jakaantuu tasaisesti sekä Pitkälän että Vanhankaupungin laitoksille, mutta tarvittaessa vesi voidaan pumpata vain toisesta laitoksesta. [27]

Ensin prosessissa siivilöidään suurimmat roskat, esimerkiksi oksat ja lehdet. Seuraavassa vaiheessa alkaliteetti säädetään oikeaksi hiilidioksidilla. Alkaliteetilla tarkoitetaan veden puskurikykyä eli kykyä vastustaa pH-muutoksia. Säädetään pH 6,3:ksi kalkkivedellä. Toisin sanoen poltettu kalkki CaO sekoitetaan veteen ja saadaan sammutettu kalkki eli kalkkivesi. [14; 27]

Humus ja muut vieraat aineet saadaan poistettua saostamalla ne ferrisulfaatilla. Sakkaa kasvatetaan hiutaloinnissa hämmennysaltaissa. Sakka on helpompi poistaa, kun flokkikokoa saadaan kasvatettua. Lopulta sakka erotetaan vaakaselkeytyksellä. Hienojakoinen sakka poistetaan hiekkapikasuodatuksen avulla. Syntyvä liete puhdistetaan jätevedenpuhdistamolla. Sakan poiston jälkeen pH:ta nostetaan 7,3:een. Tämän jälkeen mahdolliset bakteerit, pieneliöt ja virukset poistetaan otsonoinnilla. Samanaikaisesti veden maku- ja hajuominaisuudet paranevat. Orgaaninen aine poistetaan aktiivihii-lisuodatuksella. [14; 27]

Vesi saadaan desinfioitua UV-valon avulla. Tavoitteena tässä on vähentää biologisesta hiilisuoduksesta tulevien bakteerien määrää. Lopuksi lisätään vielä natriumhypokloriittia ja ammoniakkia, jolloin syntyy klooriamiinia eli kloramiinia. Vesi pysyy näin hygienisenä koko matkan ajan kuluttajille. Pelkkä UV-valo ei suojaa vettä bakteereilta pidempiaikaisesti. Alkaliteetti ja pH säädetään vielä ennen varastoaltaisiin siirtoa. Vettä tutkitaan koko prosessin ajan laboratorioissa sekä yhteistyössä Suomen Ympäristökeskuksen kanssa. Kunnallinen vesi on laadultaan pääasiassa hyvää. Iäkkäät vesijohtoverkostot irrottavat veteen metallipitoisia pienhiukkasia, joten veden laatu saattaa kuitenkin heiketä matkalla vesijohtoverkostojen kautta kuluttajille. [14; 27]

2.3 Yksittäisten kotitalouksien talousveden valmistus

Suomessa on yksittäisiä kaivoja yli 300 000. Näistä kaivoista vesi pumpataan mökeille, maataloille ja omakotitalouksiin. Kaivovesien laatua yleensä heikentävät rauta, mangaani, happamuus ja humus. Nykyään on alettu kiinnittää huomiota myös korkeisiin nitraatti-, arseeni-, fluoridi- ja radonpitoisuuksiin. [28]

Järvivesien käyttö talousvetenä on yleistynyt vapaa-ajan asunnoissa. Järvivesi juomavetenä on hyvä vaihtoehto, jos järven humuspitoisuus on siedettävä eikä leväongelmia alueella esiinny. Suurin osa mökeistä on rakennettu kunnallisveden jakelualueen ulkopuolelle, siksi on rakennettava erillinen kaivo tai puhdistettava vesi muilla keinoilla. [28]

Perinteisesti talousvedestä poistettavien raudan, humuksen ja mangaanin poistoon on käytetty vastavirtahuuhtelulla varustettuja suodattimia. Näillä menetelmillä saadaan myös happamuutta säädeltyä sopivaksi. Yleisesti näiden laitteiden toiminta perustuu epäpuhtauksien poistamiseen saostamalla ne ensin suodattimen sisällä. Saostus tapahtuu esimerkiksi ilman tai muun hapettavan tekijän avulla. Saostumat suodatetaan, minkä jälkeen vastavirtahuuhtelu poistaa saostumat suodattimesta. [28]

On tärkeää, että suodattimen hankkija perehtyy huolellisesti laitteiston toimintaperiaatteisiin, tarvittaviin huoltotoimenpiteisiin ja mahdollisiin käyttökustannuksiin. Mökeille asennettavat laitteistot eroavat omakotitaloihin asennettavista. Mökeille on kehitetty suodatinjärjestelmä, joka ei tarvitse sähköä, vastavirtahuuhtelua tai muuta huoltoa. Mökeillä suodatinmateriaalina toimii esimerkiksi aktiivihilli. Epäpuhtaudet adsorboituvat aktiivihilleen suodattimen sisällä. Suodatinmateriaali on tärkeää muistaa vaihtaa määrätysin aikavälein. [28]

Vedestä kannattaa teettää vesianalyysi ennen laitteiston hankkimista, jotta saadaan selville mahdolliset haitta-aineet. Rauta on yleisin haittatekijä vedessä. Rauta muuttaa veden makua, väriä ja aiheuttaa värjäytymiä. Vesi saattaa sisältää myös mangaania tai rikkivetyä, jotka aiheuttavat epämiellyttävää hajua. Veden happamuuden tulisi myös olla sopiva. Liian hapan vesi syövyttää putkistoja, ja näin veteen saattaa liueta putkistoista esimerkiksi kuparia, joka aiheuttaa värjäytymiä. [28]

Yksittäiset kaivot, joiden vesi on laadultaan moitteetonta, ovat todella harvassa. Yleensä syy huonoon vedenlaatuun löytyy kallio- ja maaperästä tai puutteellisista kaivonrakennusmenetelmistä kaivossa. Veden laatuun vaikuttavat myös vesistöjen mataluus ja rehevöitymisherkyys. [29]

3 Talousveden laatuvaatimukset

Terveydensuojelulain 16§:n mukaan talousvesi on vettä, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruuan valmistukseen ja muuhun kotitalouskäyttöön riippumatta siitä, toimitaanko vesi jakeluverkon kautta, tankeissa, pulloissa tai säiliöissä. [31]

Terveydensuojelulain 4§:n mukaan talousvesi ei saa sisältää pieneliöitä, loisia tai mitään muita aineita sellaisina pitoisuuksina, että ne ovat haitaksi ihmisille. Talousvedelle on asetettu tiukat vaatimukset ja pitoisuusrajat. Talousveden on oltava sellaista, että se ei aiheuta haitallisia syöpymisiä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteistoissa. Taulukossa 2 on yleisimmin esiintyvien haittojen enimmäispitoisuuksia ja tavoitearvoja. [31]

Taulukko 2. Veden enimmäispitoisuuksia ja tavoitearvoja. (31)

	Enimmäispitoisuus
Alumiini	200 µg/l
Ammonium	0,5 mg/l
Ammoniumtyppi	0,4 mg/l
Kloridi	100 mg/l
Mangaani	50 µg/l
Rauta	200 µg/l
KMnO ₄ -luku	250 mg/l
COD	5 mg/l
Koliformiset bakteerit	0 pmy/100 ml
Radon	300 becquerel/l

	Tavoitetaso
pH	6,5 - 9,5
Sähkönjohtavuus	<2500 µS/cm
Sameus	1 NTU
Väriluku	5
Haju ja maku	ei selvää vierasta hajua/makua

Likaisella vedellä on monia haittavaikutuksia niin terveydelle kuin laitteistollekin. Vedet saattavat sisältää haitallisia eliöitä, jotka aiheuttavat vaaraa terveydelle. Vedessä esiintyy pahimmillaan myös haitallisia metalleja ja myrkyjä, joihin pitkään alttiina oleminen saattaa aiheuttaa vaarallisia sairauksia. [30]

4 Talousveden ominaisuuksia ja haitta-aineita

Talousvedellä on paljon ominaisuuksia, joita tutkitaan ja joiden avulla saadaan selville veden laatu. Talousvesi sisältää erilaisia metalleja ja bakteereita, jotka saattavat aiheuttaa jopa terveyshaittoja.

4.1 Taudinaiheuttajat

Yleisimmät taudinaiheuttajat vesissä ovat erilaiset loiset, bakteerit, virukset ja sienet. Yleisimmät juomaveden välityksellä leviävät taudit ovat äkillisiä suolistosairauksia. Kotitalouskaivoissa esiintyvien koliformisten bakteerien löytyminen on yleensä merkki pintaveden pääsystä kaivoon. Toisinaan ne ovat peräisin myös kasveista, teollisuusveistä tai maasta. Vedessä esiintyvät lämpökestoiset koliformiset bakteerit ovat merkki ulosteperäisestä saastumisesta, jolloin kaivo on syytä desinfioida ja puhdistaa huolellisesti. Laatuvaatimuksiin kuuluvia muita bakteereja ovat muun muassa *Escherichia coli* ja enterokokki *bakteerit*. [14]

Hyvänä esimerkkinä veden saastumisesta voidaan mainita Nokian vesionnettomuus vuodelta 2007, jolloin puhdistettua jätevettä pääsi vesijohtoverkkoon satoja kuutioita. Tämä onnettomuus aiheutti yli 5000 ihmisen sairastumisen. [14]

4.2 Väri ja haju

Puhdas vesi on aina kirkasta ja väritöntä. Väri- ja makuhaittoja veteen aiheuttavat humus, rauta ja mangaani. Myös maaperään liuenneet teollisuusvedet voivat tuoda makua talousveteen. Bakteerit ja sienet käyttävät humusta ravintonaan, minkä seurauksena humus voi edesauttaa mikro-organismien kasvua ja näin aiheuttaa makua ja hajua vedenjakelujärjestelmissä. Humuspitoinen vesi voi liuottaa rautaa, minkä seurauk-

senä putkistot altistuvat herkemmin korroosiolle. Humus voi myös edesauttaa veteen muodostuvien saostumien synnyssä. [14; 19; 20; 1, s. 282-284]

Vedessä olevan orgaanisen aineksen määrää sekä lahoavan aineen määrää kuvaa kaliumpermanganaattiluku (KMnO_4). Suomessa orgaaninen aines on yleensä humusta. Käsitellyn pintaveden korkea kaliumpermanganaattiluku ilmaisee myös puutteista vedenkäsittelymenetelmässä sekä prosessin hoidossa. Ollessaan runsaasti kuparipitoista vesi värjäytyy sekoittuessaan pesuaineeseen. [5; 24]

4.3 pH ja sähkönjohtavuus

Veden pH kuvaa sen happamuutta tai emäksisyyttä. Vesi on happaman puolella pH:n ollessa alle 7 ja emäksistä kun pH on yli 7. Neutraalin veden pH-arvo on 7. Suomessa pH on pinta- ja pohjavesissä yleensä 6-8. Happamuus johtuu aggressiivisesta hiilihaposta, joka voi aiheuttaa metalliputkien syöpymistä. Putkien syöpyessä voi syntyä suuria vesivahinkoja. Alhainen pH voi aiheuttaa myös ärsytystä iholla. Hyvin alkaaninen vesi, pH yli 10,5 voi myös aiheuttaa suun ja nielun limakalvojen kirkvetyä ja peseytyessä ärsyttää silmiä. Talousveden pH on parhaimmillaan välillä 6,5-9,5. Yleensä pH säädetään alueelle 7,0-8,8 putkiston syöpymisen estämiseksi. [24; 14]

Sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneita suoloja. Korkea johtokyky on haitallinen niin terveydelle kuin vesilaitteillekin korroosion takia. Makeassa vedessä on normaalisti hyvin vähän suoloja. Kun makea pinta- tai pohjavesi sisältäessä runsaasti suoloja, se on todennäköisesti saastunutta. Sähkönjohtavuutta pidetäänkin veden yleislaatua kuvaavana mittarina. Tavalliseen pinta- tai pohjaveteen liuenneet suolat ovat yleensä maaperään liuenneita kivennäisaineita: fosfaatteja, nitraatteja, metalli-ioneja jne. [14; 19]

4.4 Alkaliteetti

Alkaliteetti on veden puskurikapasiteetti, joka kuvaa veden vastustuskykyä pH:n muutoksissa. Alkaliteetti on emäksisesti käyttäytyvien hydroksidi-, karbonaatti- ja bikarbonaattiyhdisteiden summa. Alkaliteetti voidaan määrittää neutraloimalla nämä ionit vahvalla hapolla. Vesi, jonka alkalipitoisuus on alhainen, voi syövyttää putkistoja, koska

alhainen alkaliteetti lisää verkostokorroosiota. Mitä alhaisempi alkaliteetti-arvo on, sitä helpommin tapahtuu pH-muutoksia vedessä. Alhainen alkaliteetti johtuu kalkkiköyhästä maaperästä tai pohjaveden happamoitumisesta. [5; 24; 25]

4.5 Kaliumpermanganaattiluku (KMnO_4 -luku)

Kaliumpermanganaattiluku kuvaa luonnossa hajoavien orgaanisten aineiden määrää vedessä. Näihin orgaanisiin yhdisteisiin lasketaan muun muassa ligniini, tanniini, humiini sekä fulmo- ja humushapot, joita yleisesti kutsutaan humukseksi. Kaivetuissa kaivoissa kaliumpermanganaattiluku kuvaa usein kaivon kuntoa. Korkea luku on merkki pintaveden pääsystä kaivoon. Kaliumpermanganaattiluku kuvaa kemiallisen hapen kulutusta ja se ilmoitetaan joko COD_{mn} -arvona tai KMnO_4 -lukuna. COD_{mn} -arvo kuvaa orgaanisen aineen määrää happena ja KMnO_4 -luku hapetuskemikaalin kulutusta. COD_{mn} -arvo saadaan muutettua KMnO_4 -luvuksi alla olevalla kaavalla [5; 14; 20]:

$$\text{COD}_{\text{Mn}}\text{-arvo} = \text{KMnO}_4\text{-luku} \cdot 0,253 \quad (1)$$

4.6 Kovuus

Veden kovuudella ilmaistaan vedessä olevien kalsium- ja magnesiumioneiden määrää. Kokonaiskovuus jaetaan ohimenevään ja pysyvään kovuuteen. Ohimenevä kovuus johtuu kalsium- ja magnesiumvetykarbonaateista ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ja $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Ohimenevää kovuutta voidaan pienentää tai jopa poistaa kokonaan vettä keittämällä. [15; 2, s.22]

Pysyvä kovuus johtuu kalsium- ja magnesium sulfaateista (CaSO_4 ja MgSO_4), jotka voidaan poistaa vedestä vain kemiallisilla menetelmillä. Natriumkarbonaattia (Na_2CO_3) eli soodaa lisättäessä sen kalsium- ja magnesiumpitoisuus pienenee yhdisteiden saostuessa karbonaattina. Veden kovuuden yksikkö on mmol/l sekä dH° . [15; 2, s.22]

Kovuudella on suuri merkitys talousvedessä. Veden kovuus vaikuttaa pyykinpesuvedessä vaahtoavuuteen. Kovassa vedessä esim. mäntysuopa ei vaahtoa lainkaan, mutta pehmeässä vedessä runsaasti. [15; 2, s.22]

4.7 Metallit

Yleisimpiä vedessä esiintyviä metalleja ovat rauta ja mangaani. Rauta (eli ruoste) on humuksen ohella yleisin esiintyvä epäpuhtaus. Rautamäärän ylittäessä sallitun pitoisuuden (1 mg/l) vesi on pistävän ja metallisen makuista ja saattaa sisältää myös sakkaa. Rautapitoinen vesi saattaa aiheuttaa värjäytyksiä saniteettitiloissa ja tukkeutumia putkistoissa. [5; 14; 24; 1, s.191-193]

Myös mangaania esiintyy yleensä rautapitoisissa vesissä. Sen aiheuttamat tekniset ongelmat ovat raudan tapaiset: tukkeutumien ja saostumien muodostuminen putkistoon. Rungas mangaanin saanti on liitetty neuroottisiin häiriöihin, mutta tutkimustuloksista ei ole voitu vielä asiaa todistaa. [5; 14; 24; 1. s.191-193]

Talousvedessä esiintyvä kupari on pääosin peräisin vedenjakelulaitteista. Kupari liukenee alhaisen pH:n vuoksi vesiin. Kupari aiheuttaa maku- ja värihaittoja. Korkean kuparipitoisuuden ja alhaisen seleenipitoisuuden on yhdessä todettu olevan osasyynä myös kohonneissa sydän- ja verisuonisairauslukuissa. Kuparin esiintyessä suurina pitoisuuksia aiheuttavat sen suolat myös mahasuolitulehduksia. [5; 14; 1. s.191-193]

Elohopea on myrkyllinen alkuaine, ja se saattaa joutua vesiin teollisuuden ilma- ja jätevesipäästöistä, torjunta-aineista, fossiilisten polttoaineiden käytöstä tai kaatopaikoilta. Elohopeaa esiintyy saastumattomissakin vesissä luonnostaan. Elohopea joutuu vesistöön ojituksen surauksena tai ulkomailta esim. tulivuoritoiminnan vaikutuksesta aiheutuvan laskeuman seurauksena. Elohopea esiintyy epäorgaanisen elohopean ja rasvaliukoisen metyylielohopean muodossa. Epäorgaanisen elohopean haittavaikutukset kohdistuvat munuaisiin ja metyylielohopean hermokudokseen etenkin aivoihin. [14; 24; 1, s.191-193]

4.8 Muut haitalliset alkuaineet

Arseenipitoisuus Suomen vesissä on yleisesti matala. Suurempia arseenipitoisuuksia esiintyy erityisesti Pirkanmaalla. Arseenin havaitseminen vedestä onnistuu ainoastaan vesianalyysin avulla. Arseenille altistuminen pitkäaikaisesti aiheuttaa myrkytysoireita, joita ovat muun muassa heikkouden tunne jaloissa, ruokahaluttomuus ja pahoinvointi. Jat-

kuvan altistuksen seurauksena arseeni aiheuttaa syöpää todennäköisimmin ihosyöpää. [14; 24; 1, s. 194-196]

Geologisen tutkimuskeskuksen tekemän tutkimuksen mukaan yli 6 % Suomen kaivoista tuotti vettä, jonka radonpitoisuus ylitti sallitun rajan. Radon on kaasu, jonka suurimmat haittavaikutukset tulevat sen aiheuttamasta säteilystä. Radon imeytyy juomavedestä vatsakalvon ja ohutsuolen limakalvon kautta verenkiertoon ja altistaa näin vatsalaukun suuremmalle säteilylle. Suihkussa ja astianpesussa käytetty vesi vapauttaa radonia myös ilmaan ja näin myös keuhkot altistuvat radonille. [14, 24; 1, s.218-219]

Uraania esiintyy tavallista enemmän graniittityyppisissä kalliomuodoissa. Uraani on myrkyllinen raskasmetalli ja suurina pitoisuuksina aiheuttaa muutoksia munuaisten toiminnassa. Uraani on yhdistetty myös osteoporoosin muodostumiseen. Laajoissa uraanitutkimuksissa muutoksia havaittiin testiryhmän kasvaneina virtsan kalsium-, fosfaatti- ja glukoosipitoisuuksina. [14; 24]

4.9 Typpiyhdisteet

Nitraatin ja nitriitin (NO_3^- ja NO_2^-) esiintyminen pohjavedessä osoittaa aina likaantumista. Syynä likaantumiseen saattavat olla peltojen tai kasvimaiden lannoitus, eläinten ulosteet, vuotavat jätevesijärjestelmät tai väärin sijoitetut, suojaamattomat kuiva-ikäymälät. Veden nitraattipitoisuudet ovat kohonneet kaksinkertaisiksi 20 vuoden aikana EU-maissa. Nitriittipitoisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin nitraattipitoisuudet, koska se on yleensä vain välivaihe typpiyhdisteiden hapettumis- tai pelkistymisreaktioista. Nitriitin esiintyminen talousvesissä on yleensä merkki bakteeritoiminnasta. Nitraattipitoisuudet ovat yleensä alle 5 mg/l, mutta haja-asutusalueiden kaivoissa esiintymät saattavat nousta jopa arvoon 30-100 mg/l. Luonnonvesissä esiintyy yleensä ainoastaan nitraattityppeä. [23; 1, s.116]

Nitraatti muuttuu ruuansulatuselimistössä nitriitiksi, joka saattaa häiritä veren punasolujen happiaineenvaihduntaa. Tämä saattaa olla hengenvaarallista etenkin imeväisikäisille lapsille. Myöskään odottavat äidit eivät saisi nauttia runsaasti nitraattia sisältävää vettä. Nitriitin lisäksi epäillään muodostavan ruuansulatuselimistössä n-

nitrosoyhdisteitä, joiden on epäilty aiheuttavat mahalaukun ja virtsarakon syöpää. N-nitrosoyhdisteiden on tutkittu olevan karsinogeeneja eläinkokeiden perusteella. [23]

5 Yksittäisten vesitalouksien veden laadunvalvonta

Vesitaloudet, jotka hankkivat itse oman vetensä esimerkiksi omasta kaivostaan, vastaavat itse vetensä laadusta. Kunnan terveysturvaviranomainen voi vaatia yksittäisen vesikaivon veden tutkimista, jos on syytä epäillä sen laatua. Jos vesi ei täytä vaadittavia vaatimuksia terveysturvaviranomaisen on ilmoitettava siitä käyttäjälle. [31]

Viranomaisen voi antaa määräyksiä, jotka koskevat talousveden laadun valvontaa, käyttöä sekä puhdistusta, jos näin ehkäistään terveyshaittojen syntyminen. Viranomaisen myös huolehtii, että yksityishenkilöt, jotka hankkivat itse käyttö- ja talousvetensä, saavat riittävästi tietoa alueensa talousveden laadusta. Veden laatu tulisi tutkia noin kolmen vuoden välein. Kuparin esiintyessä suurina pitoisuuksia sen suolat aiheuttavat myös mahasuolitulehduksia. [31]

6 Laadunvalvontamenetelmiä laboratoriossa

EU:n neuvoston direktiivin 98/83/EY mukaan talousveden laadun tutkimuksessa on käytettävä CEN/ISO -standardien mukaisia määrittämenetelmiä tai sellaisia menetelmiä, jotka luotettavuudeltaan vastaavat vähintään direktiivin mukaisia menetelmiä. [14]

6.1 Kovuus

Veden kovuus määritetään EDTA-titrauksella. EDTA muodostaa titrauksessa kompleksiyhdisteen Mg^{2+} - ja Ca^{2+} -ionien kanssa. Titrauksen onnistumisen vuoksi on näyte puskuroitava aluksi pH-arvoon 10. Kokeessa määritetään niiden metalli-ionien kokonaiskonsentraatio, jotka voivat sitoutua EDTA-molekyylien kanssa. [19; 20]

Virhelähteitä EDTA-titraukseen tuovat voimakas väri ja sameus häiritsemällä titrausta. Vedessä olevat metallit muodostavat kompleksin EDTA:n kanssa, ja näin titrauksen loppupiste saattaa olla vaikea huomata. Sameat vedet on suodatettava ennen titrausta ja häiriötä aiheuttavat metallit naamioitava. [19; 20]

6.2 Yleisimmät metallit

Rauta ja mangaani ovat yleisimmät metallit, joita talousvedestä määritetään. Raudan ja mangaanin määritykset ovat melko samanlaiset keskenään. [20]

6.2.1 Rauta

Rauta määritetään vedestä spektrofotometrisesti. Menetelmä soveltuu raudan määrittämiseen luonnon vesistä ja osittain jätevesistä. Rautaa esiintyy pohjavesissä ja humukseen sitoutuneena pintavesissä. [19; 20]

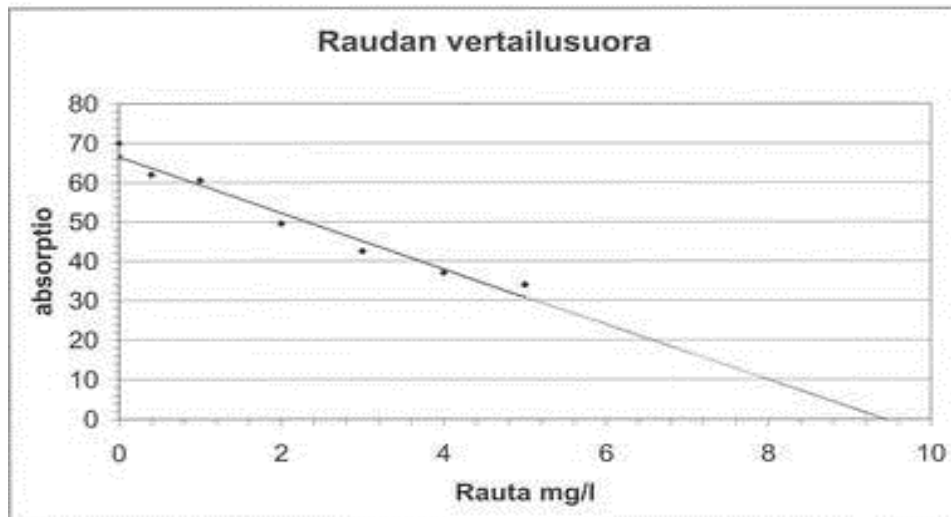
Rauta saatetaan reagoivaan muotoon hapettamalla sitä peroksidisulfaatilla happamissa olosuhteissa. Hapetus tapahtuu autoklaavin avulla. Rauta pelkistetään Fe^{3+} -ionista kahdenarvoiseksi Fe^{2+} -ioniksi hydroksyyliammonium-kloridilla. Rauta muodostaa kompleksiyhdisteen $\text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{2+}$ pH-alueella 3,4-5,8. Yhdisteestä mitataan absorbanssi aallonpituudella 593 nm. Raudan perusliuoksista valmistetaan standardiliuokset, joiden rautapitoisuudet tunnetaan ja nollanäyte valmistetaan puhdistetusta vedestä. Kaikki näytteet kestäväidään lisäämällä niihin rikkihappoa. [19; 20]

Hapetuksessa pipetoidaan kestäväitä näytteitä ja lisätään niihin kaliumperoksidisulfaatti ja keitetään näytteitä autoklaavissa, jossa paine 200 kPa ja lämpötila 120 °C. Näytteet jäädytetään huoneenlämpöiseksi. [19]

Hapetuksen jälkeen kuhunkin näytteeseen lisätään seuraavassa järjestyksessä hydroksyyliammoniumkloridiliuosta, TPTZ-liuosta ja natriumasetaattiliuosta. Kokeessa on muistettava huolellinen sekoitus lisäysten jälkeen. Liuokset, joiden rautapitoisuus on välillä 10-500 µg/l, mitataan kyvetissä, jonka halkaisija on 50 mm. Liuoksien rautapitoisuuden ollessa välillä 40-1500 µg/l mittaus tapahtuu 10 mm kyvetissä. Mittaukset on

aloitettava aikaisintaan 5 minuuttia liuosten valmistuksesta ja viimeistään kahden tunnin kuluttua.

Näytteiden tulokset saadaan laskettua vertailukäyrän avulla. Kuvassa 1 on esimerkkikäyrä raudan mittauksesta.



Kuva 1. Mallikäyrä raudan spektrofotometrisestä mittauksesta. (33)

Tuloksia laskettaessa on huomioitava mahdolliset laimennukset näytteiden käsittelyssä. [19; 20]

6.2.2 Mangaani

Mangaani muutetaan reagoivaan muotoon hapettamalla sitä kaliumperoksidisulfaattilla happamissa olosuhteissa. Hapetus tapahtuu raudan tapaan autoklavoimalla. Mangaani(II) muodostaa formaldoksiimin kanssa oranssinpunaisen kompleksiyhdisteen pH-alueella 9-10,5. Yhdisteen absorbanssi mitataan aallonpituudella 450 nm. Mangaanin määrittämiseen vaikuttaa veden suolaisuus eli saliniteetti. Määrittäminen tapahtuu kahdella tavalla riippuen saliniteetista. [19; 20]

Hapetettuihin liuoksiin lisätään minuutin kuluessa formaldoksiimi, rauta-liuosta ja ammoniakiliuosta edellä mainitussa järjestyksessä. Lisäyksen jälkeen sekoitetaan huolellisesti ja odotetaan viisi minuuttia, kunnes lisätään EDTA-liuosta ja hydroksyyliammoni-

umliuosta. Saliniteetin ollessa alle 2,7 ‰ on EDTA-lisäys pienempi. Näytteiden absorbanssit mitataan aikaisintaan 30 minuuttia viimeisestä reagenssilisäyksestä ja viimeistään kahden tunnin kuluttua. Mangaanipitoisuus välillä 10-100 µg/l mitataan 100 mm:n kyvetillä ja 100-1000 µg/l 50 mm:n kyvetillä. Tulokset saadaan laskettua vertailukäyrältä ja otetaan huomioon mahdolliset näytteiden laimennussuhteet. [19; 20]

6.3 pH

Veden pH:n määrittäminen tapahtuu potentiometrisen titrauksen avulla. Potentiometrisessä titrauksessa pH-mittariin on liitetty yhdistelmäelektrodi, joka sisältää lasi- ja vertailuelektrodin. Näytteen lämpötilan mitattaessa on oltava 25 °C virheen pienentämiseksi. [19; 20]

Mittari viritetään puskuriliuoksilla: Toisen puskuriliuoksen pH:n on oltava lähellä näytteen pH:ta ja toisen liuoksen pH:n poikettava siitä vähintään kaksi yksikköä. Puskuriliuokset voivat olla esimerkiksi 4 ja 9. Näytteen ja puskuriliuosten lämpötilojen on oltava mahdollisimman lähellä toisiaan. Elektrodi huuhdellaan aina mittausten välissä huolellisesti tislattulla vedellä ja näyteliuoksella. [19; 20]

6.4 Sähkönjohtavuus (konduktanssi)

Liuoksen sähkönjohtavuus riippuu lämpötilasta. Sähkönjohtavuuden mittaamiseen on valmistettu johtokykymittari. Johtokykymittarissa on johtokykyastia, jossa kulkee sähkövirta mittaavan liuoksen kautta platinaelektrodien välillä. Johtokykymittari ilmoittaa suoraan johtokyvyn ja yksikkönä käytetään S/m. [19; 20]

6.5 Radon

Radonin määrittäminen on hankalaa, koska radon on kaasu, joka karkaa näytteenoton sekä kuljetuksen aikana. Näytettä otettaessa on oltava erityisen tarkka ja näyteastia on valittava huolellisesti. Radonin määrittämiseen käytetään perinteisesti nestetuikemenetelmää. [17; 22]

Nestetuikemenetelmässä radonnäyte otetaan lasiseen nestetuikepulloon, jonka sisällä on nestetuikeaine. Nestetuikeaineen tarkoituksena on sitoa radon itseensä. Vesinäyte muodostaa homogeenisen näytteen tuikeaineen kanssa. Tulokset saadaan selville nestetuikelaskurin avulla. Uuttamalla radonkaasu tuikeaineeseen saadaan määritettyä hyvinkin pieniä pitoisuuksia. [17; 22]

6.6 Nitraatti ja nitriitti

Nitraatti määritetään vedestä salisylaattimenetelmällä. Salisylaattimenetelmässä rikkihappo ja natriumsalisylaatti muodostavat sulfosalisyylihappoa, joka reagoi nitraatin kanssa emäksisissä olosuhteissa ja muodostaa keltaisen yhdisteen. Yhdisteen väri mitataan spektrofotometrillä. Liuokseen lisätään EDTANA₂, jolla estetään kalsiumin ja magnesiumin saostuminen. Nitraatin häiritseminen estetään natriumatsidin avulla. [19; 20]

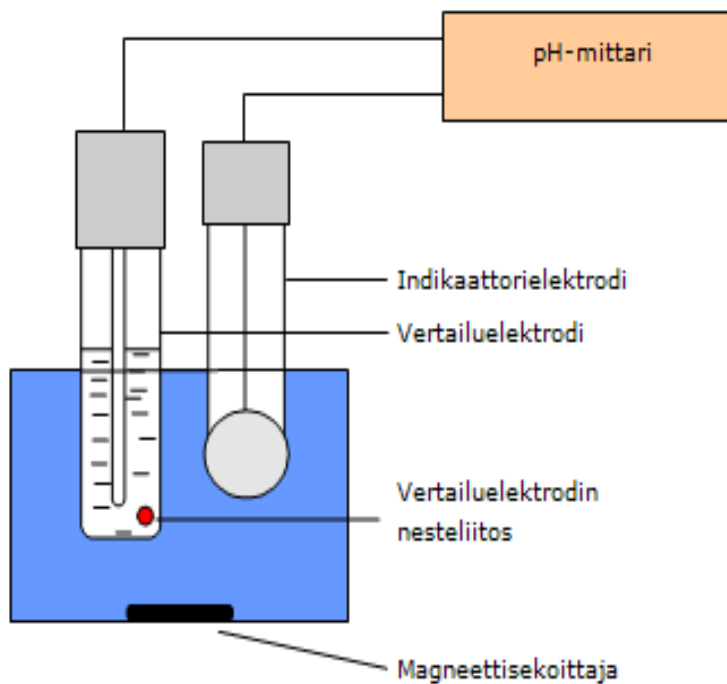
Nitraatin perusliuokseen (1000mg/l N) liuotetaan veteen kaliumnitraattia, jota on kuivattu 2 tuntia 105 °C lämpötilassa. Perusliuoksesta valmistetaan työliuos (100 mg/l N) laimentamalla sitä vedellä. Nollanäytteeseen pipetoidaan 5 ml puhdasta vettä. Nollanäytettä käsitellään kuten muitakin näytteitä. [19; 20]

Vertailu-, nolla- ja sokeanäytteisiin haihdutusmaljoille lisätään 0,5 ml natriumatsidiliuosta ja 0,2 ml jäätikkää ja odotetaan 5 minuuttia, minkä jälkeen ne haihdutetaan kuivaksi vesihauteella. Lisätään 1 ml natriumsalisylaattiliuosta ja laitetaan lämpökaappiin yöksi. Häiritseviä aineosia sisältävä näyte vaatii myös sokeanäytteen. Sokeanäyte käsitellään kuten tavallinen näyte, mutta siihen ei lisätä natriumatsidia. Vertailuliuokset valmistetaan työliuoksesta pipetoimalla sitä 1, 3, 5, 10 ja 15 millilitraa haihdutusmaljoille. Haihdutusmaljoille laitetaan näytteet, nollanäyte ja sokeanäyte. [19; 20]

Haihdutusjäännös liuotetaan 1 ml:aan rikkihappoa varovasti maljaa liikuttelemalla. Seosta seisotetaan 10 minuuttia ja lisätään sitten 10 ml vettä ja 10 ml alkalista EDTA-liuosta. Näytteet siirretään 25 ml:n mittapulloihin ja laitetaan pullot 25-asteisiin vesihauteisiin 10 minuutiksi. Pullot täytetään vedellä merkkiviivaan asti haudutuksen jälkeen. Näytteiden absorbanssit mitataan 415 nm aallonpituudella. Tulokset saadaan laskettuakuvaajan avulla laimennukset huomioiden, kuten raudan ja mangaanin määrittäyksessä. [19; 20]

6.7 Alkaliteetti

Veden alkaliteetin määrittämisessä neutraloidaan hydroksidi-, vetykarbonaatti-, ja karbonaatti-ionit vahvalla hapolla. Neutraloinnissa muodostuu vettä, suoloja ja hiilidioksidia. Kaasumainen hiilidioksidi saadaan poistettua, kun liuosta lämmitetään lopuksi. Alkaliteetin määrittämiseen käytetään potentiometrista titrausta. Potentiometrisessä titrauksessa tarvitaan ioniselektiivinen elektrodi ja vertailuelektrodi. Vertailuelektrodin potentiaalin pitää pysyä vakiona, eikä se saa häiritä ioniselektiivisen elektrodin toimintaa. Yleensä potentiometrisissä titrauksissa vertailuelektrodina käytetään hopea-hopeavertailuelektrodiä. Yhdistelmäelektrodiä, missä vertailuelektrodi on rakennettu selektiivisen H^+ elektrodin kanssa saman kuoren sisälle, käytetään yleensä pH-mittauksissa. Kuvassa 2 on kuvattu potentiometrisen mittauksen pääperiaate. [19; 20]



Kuva 2. Potentiometrisen mittauksen periaate. (19)

Alkaliteetin määrittämiseen käytettävässä kokeessa pipetoidaan 50 ml näytettä ja titraataan se suolahappoliuoksella pH-arvoon 4,5. Titraus onnistuu, jos pH on aluksi yli 8,3. Alkaliteetin yksikkö on mol/l, ja se saadaan laskettua yhtälöllä 2:

$$X = c \cdot V_1/V \quad (2)$$

yhtälössä

X =näytteen alkaliteetti

c =suolahapon konsentraatio, mol/l

V =näytteen tilavuus, l

V_1 =suolahapon kulutus titrauksessa, l

Alkaliteetin mittauksessa on hyvä tarkan ja oikean tuloksen saamiseksi tehdä muutamia rinnakkaismittauksia tuloksen varmistamiseksi. [19]

6.8 Bakteerit

Talousvesistä koliformisten bakteerien ja *Escherichia coli* -bakteerin määrittämiseen käytetään kahta menetelmää. Menetelmissä periaatteena toimii kalvosuodatusmenetelmä ja erona ovat vain kasvualustat. Kasvualustoina toimii standardin SFS-EN ISO 9308-1:2001 mukaisessa kalvosuodatusmenetelmässä LTTC Tergitol -alusta ja standardin SFS 3016:2001 mukaisessa menetelmässä Les Endo -alusta. [21]

Molemmissa menetelmissä näytettä suodatetaan 100 ml elatusalustalle asetetulle kalvosuodattimelle. Koliformiset bakteerit ja *E. coli* määritetään samalta alustalta, jota inkuboidaan 36 ± 2 °C lämpötilassa 21 ± 3 h:n ajan. [21]

6.9 Väriluku ja sameus

Veden väriluku mittaa keltaisen ruskeaa väriä, joka on yleisesti peräisin humuksesta tai raudasta. Väriluvulla saadaan nopeasti selville veden laatu, mutta sillä ei ole minkäänlaista terveydellistä merkitystä. Jos väri on peräisin humuksesta, on vesi väriltään aina hanasta laskettaessa keltaista tai kellanruskeaa. Jos väri muuttuu kirkkaasta keltaruskeaksi, väri on todennäköisesti raudasta. Veden ollessa tumman väristä siinä on mangaania aiheuttamassa väriä. Vesi, joka muuttuu nopeasti sameasta kirkkaaksi, esimerkiksi hanasta lasiin laskettaessa, sisältää yleensä vain liuenneita kaasuja, kuten hiilidioksidia ja happea. [5; 19; 20]

Veden sameus on pääasiassa peräisin savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä, eikä siitä ole haittaa terveydelle. Sameutta voidaan luonnehtia veden vähentyneenä valonläpäisykykyinä, mikä aiheutuu veteen suspendioituneista hiukkasista. Veden sameuden määrittämiseen käytetään yleisimmin nefelometriä eli valonsironnan mittaamista, mikä perustuu veden optisiin ominaisuuksiin. Valonsironna riippuu veteen liuenneiden hiukkasten koosta, lukumäärästä, muodosta, väristä sekä taitekertoimesta. [5; 19; 20]

Sameus määritetään vertaamalla näytteen ja standardin samoissa olosuhteissa aiheuttaman valonsironnan voimakkuutta. Mittaus tapahtuu valmistamalla standardiliuokset, joiden sameudet tunnetaan. Eräät laitteet on valmistettu siten, että ne vertaavat näytettä kiinteään standardiin. Näytteen sameus on mitattava viimeistään 24 tunnin kulluttua näytteen otosta. Tulokset saadaan suoraan laitteelta tai vertailukäyrän avulla. Sameuden yksikkö on FTU (Formazin Turbidity Units). [5; 19; 20]

6.10 Kaliumpermanganaattiluku

Kemiallisen hapen kulutuksen määrittämisessä kaliumpermanganaattia lisätään näyteliuokseen, joka on tehty happamaksi rikkihapolla. Näytteet laitetaan kiehuvaan veteen 20 minuutiksi, jonka jälkeen ne jäädytetään huoneenlämpöiseksi kylmän veden avulla. Näytteisiin lisätään kaliumjodidiliuosta ja tärkkelysliuosta. Nollanäyte valmistetaan tislattua vedestä, ja siihen lisätään kaikki samat reagenssit kuin näytteisiin. Lopuksi näytteet titrataan natriumtiosulfaattiliuoksella samalla koko ajan sekoittaen. Titrauksen lopussa näytteiden väri katoaa. Kemiallinen hapen kulutus eli COD_{mn}-arvo saadaan kaavalla 3 ja sen yksikkö on mg/l:

$$\text{CODMn} = (V_2 - V_1) \cdot c_1 \cdot 800 \cdot f \quad (3)$$

yhtälössä

CODMn	= näytteen kemiallinen hapen kulutus, mg/l
V ₂	= nollanäytteeseen kulunut natriumtiosulfaatti, ml
V ₁	= näytteeseen kulunut natriumtiosulfaatti, ml
c ₁	= natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatio, mol/l

f = laimennuskertoin, laimennetun näytteen tilavuus jaettuna laimentamattoman näytteen tilavuudella

Titrauksia suoritetaan aina vähintään kolme rinnakkaista. Näin saadaan luotettavamat ja vähemmän virheitä sisältävät tulokset

7 Talousveden puhdistusmenetelmät

7.1 Raudan ja mangaanin poisto

Rauta ja mangaani voidaan poistaa vedestä useammallakin menetelmällä. Mangaanin poistaminen on vaikeampaa, vaikka samat menetelmät ovatkin kyseessä. Mangaanin eaktiot ovat hitaampia kuin raudan, ja pH:n on oltava mielellään välillä 8,0-8,5. [14; 20]

Rauta esiintyy maaperässä joko pelkistyneenä tai hapettuneena. Yleensä veteen liuenneena rauta on pelkistyneessä muodossa. Hapettunut rauta on saostunut. Rauta voi esiintyä karbonaattina, hydroksidina tai niiden yhdisteenä. Rauta myös muodostaa komplekseja humuksen kanssa. [14; 20]

Mangaania esiintyy vedessä yleensä liukoisena Mn(II)-ionina, joka täytyy hapettaa mangaanidioksidiksi (MnO₂). Mangaanin hapettaminen on rautaa vaikeampaa eikä hapetukseen aina riitä vain ilmastus, vaan yleensä tarvitaan myös kemikaaleja kuten klooria, peroksidia, permanganaattia tai otsonia. [14; 20]

7.1.1 Ioninvaihto

Ioninvaihto perustuu ei-toivottujen ionien muuttamisen toivotuiksi ioneiksi. Ioninvaihto poistaa vedestä varaukselliset komponentit. Ioninvaihtoa käytetään mm. raudan ja mangaanin poistoon. Ioninvaihdossa sidotaan tietyt ioninmuotoiset yhdisteet yleensä orgaaniseen ioninvaihtohartsiin. Poistettavat ionit vaihtuvat haitattomampiin ioneihin ja näin ioninvaihtosuodattimilla saadaan poistettua rauta ja mangaani. Ionit vaihtuvat usein natriumiin tai kloridiin. Ioninvaihdossa raudan on oltava pelkistyneessä muodossa, koska hapettunut rauta tukkii ioninvaihtomassan. [14]

7.1.2 Saostus ja suodatus

Suodatuksen avulla poistettavat rauta ja mangaani hapetetaan ensin. Rauta hapettuu ilmastuksen avulla kahdenarvoisesta raudasta kolmenarvoiseksi, jolloin se saostuu rautahydroksidina. Näin saostunut rauta saadaan suodatettua. Ilmastuksessa veteen kuplitetaan ilmaa tai suihkutetaan vettä suuttimien kautta säiliöön. Hapettumisreaktion nopeus riippuu veden happamuudesta: mitä emäksisempi vesi on kyseessä, sitä nopeampi reaktio on. Mangaanin muuttuu hapettuessaan mangaanidioksidiksi. Mangaani vaatii yleensä hapettumiseensa kemikaalin, kuten kloorin, kaliumpermanganaatin tai vetyperoksidin. [18]

Rauta voi hapettua myös biologisesti, jolloin rautabakteerit hapettavat raudan hapellisissa olosuhteissa ja samalla rauta saostuu karbonaattina ja hydroksidina. Saostuminen voi tapahtua biologisessa hiekkasuodattimessa tai maaperässä. [19]

Laitteistoa valitessa on tiedettävä tarkasti raudan ja mangaanin pitoisuudet, olomuodot sekä muut käsiteltävän veden pitoisuudet. Kaikki käytettävä talousvesi on käsiteltävä, koska rauta ja mangaani aiheuttavat ongelmia lähes kaikissa veden käyttötilanteissa. [18; 19]

7.2 Radonin poisto

Radioaktiivisista haitoista yleisin on vedessä esiintyvä radon. Radon täytyy poistaa kaikista talousvesistä, koska vedenkäytön yhteydessä se vapautuu sisäilmaan ja näin lisää sisäilman radonpitoisuutta. Oikein asennetulla laitteistolla radonista saadaan poistettua 90 %. [17]

7.2.1 Ilmastus

Radon voidaan poistaa tehokkaasti ilmastamalla. Ilmastus sopii kaikenlaisille radonpitoisuuksille. Radonin poistoteho riippuu ilman ja veden suhteesta, ilmastimen tyypistä ja vesisyvyydestä. Poistoteho on sitä parempi, mitä isompi ilmamassa, pienemmät kuplat ja pisarat sekä syvempi vesitila on. Ilmastus tapahtuu erillisessä astiassa. Ilmastus

ei saa tapahtua kaivossa, koska tällöin radonia liukenee koko ajan takaisin veteen. Poistoilma on johdettava esimerkiksi katolle erillisen ilmastusputken kautta. [14]

Ilmastinlaitteet jaetaan kahteen luokkaan toimintatapansa perusteella: jatkuvasti tai jaksoittain toimivia. Jaksoittain toimivat soveltuvat paremmin yksittäistalouksille, mutta ne vaativat suuremman ilmastussäiliön. Jatkuvatoimisilla laitteilla veden kulutuksen on oltava tasaisempaa, joten pienempi säiliö on riittävä. Näin ollen jatkuvatoimiset laitteet sopivat hyvin suurempiin laitoksiin. [14]

Ilmastinlaitteet ovat varmatoimisia, mutta niiden pinnalle saattaa käytössä muodostua mikrobikasvustoa, joka on pestävä pois. Laite täytyy myös desinfioida esimerkiksi vetyperoksidiliuoksella. Ilmastinlaitteilla saadaan poistettua radonista jopa 99,9 %. [14]

Ongelmia ilmastuksessa aiheuttavat radonin neljä lyhytikäistä hajoamistuotetta, jotka jäävät ilmastettuun veteen vielä radonin poiston jälkeenkin. Veden nauttiminen heti ilmastuksen jälkeen voi aiheuttaa säteilyä. Säteilyannos on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin ennen ilmastusta juotavassa vedessä. Suositeltava viipymä veden ilmastuksen nauttimisen välillä vaihtelee raakaveden radonpitoisuuden mukaan. Viipymä voi vaihdella yhdestä tunnista neljään tuntiin. [14]

Ongelmia radonin poistoon aiheuttaa myös bakteerien kasvu ilmastimessa. Veden bakteeripitoisuus kasvaa, jos raakaveden bakteeripitoisuudessa tapahtuu muutoksia tai ilmastimessa käytettävä ilma ei ole puhdasta. Lämpötilalla on myös suuri vaikutus. Lämpötilan noustessa on oltava tarkkana bakteerien ja levän kasvussa. Laitteistoa ei saa asentaa liian lämpimään paikkaan, koska veden lämpötila nousee itsessäänkin ilmastuksen aikana. [14]

7.2.2 Aktiivihiili

Aktiivihiilen toiminta perustuu yleisesti orgaanisten molekyylien sitomiseen eli adsorptioon. Aktiivihiili toimii adsorbenttina eli se sitoo pinnalleen tiettyjä molekyylejä, joko kaasumaisesta tai nestemäisestä aineesta. Aktiivihiilellä on erittäin korkea huokoisuus mikä mahdollistaa hyvin pienten hiukkasten sitoutumisen rakenteisiin. [16]

Aktiivihieillä on myös kemiallisia ominaisuuksia, jotka aikaansaavat erilaisten molekyylien, kuten fosfaattien, orgaanisten happojen, proteiinien ja tiettyjen metallien imeytymisen aktiivihieeseen. Yhdeksi aktiivihieiden parhaaksi ominaisuudesta voidaan mainita sen kyky sitoa vedestä kellertävät orgaaniset hapot. [16]

Aktiivihieiltä on käytössä useita eri valmisteita, joista yleisimpiä ovat jauhe, rakeet, monoliitti, nanoputket, kuidut sekä pelletit. Kaikista aktiivihieivalmisteista yleisimmin käytetty on raemainen aktiivihie. [16]

Aktiivihieeseen imeytymisellä eli adsorptiolla tarkoitetaan sitä, kuinka hiukkaset jäävät aktiivihieiden huokosiin rakenteisiin. Aktiivihieiden valmistusmenetelmillä voidaan vaikuttaa sen ominaisuuksiin. Valmistuslämpötilalla ja valmistuskemikaaleilla voidaan vaikuttaa siihen, mitä aineita aktiivihieellä saadaan poistettua. Aktiivihieellä saadaan poistettua hyvin haju- ja makuhaittoja. [16]

Aktiivihieilisuodatus soveltuu ainoastaan alle 5000 Bq/l radonpitoisuuksille. Aktiivihieilisuodatuksessa radonpitoinen vesi johdetaan aktiivihieilipatjan läpi ja radon pidättyy aktiivihieeseen. Aktiivihieeseen saavutetaan käyttöönoton jälkeen tasapainotila, jossa radon hajoaa yhtä nopeasti kuin pidättyy. Aktiivihieiden poistotehokkuuteen vaikuttaa eniten käytetty hieililaatu, mutta myös laitteiston koko ja paineellisuus ratkaisevat. Raakaveden radonpitoisuudella on myös suuri vaikutus. [14]

Suurimpana ongelmana aktiivihieilisuodatuksessa pidetään sitä, että aktiivihieilisuodatuksesta tulee säteilyn lähde. Ongelma on ratkaistava niin, että suodatin asennetaan tilaan, jossa ei oleskella, tai peittämällä suodatin lyijylevyllä. [14]

Suodatukseen vaikuttavat haitallisesti myös muut veden laatuominaisuudet. Aktiivihieilisuodatimessa on huomioitava myös mahdollinen uraanipitoisuus. Uraania sisältävä vesi on puhdistettava uraanista ennen aktiivihieilisuodatusta. Uraani heikentää aktiivihieiden radoninpoistotehokkuutta. [14]

7.3 Kovuuden poisto

Kovuutta voidaan säädellä vedenpehmentimien avulla. Vedenpehmentiminä käytetään kompleksointiaineita, jotka sitovat veden metalli-ioneja itseensä. Veden kovuus alenee eikä pesuaine muodosta enää kalkkisaippuaa metalli-ionien kanssa. Aiemmin vedenpehmentiminä käytettiin fosfaatteja, mutta myöhemmin niiden huomattiin aiheuttavan vesistöjen rehevöitymistä. [15]

Myös zeoliitteja käytetään vedenpehennyksessä. Zeoliitit ovat mineraaleja, joita esiintyy luonnossa vapaina. Niiden kemialliset luonteet vaihtelevat suuresti, ja näin ollen niiden ionien- ja molekyylien säilytysominaisuudet eroavat huomattavasti toisistaan. Käytössä olevat zeoliitit ovat nykyään muokattuja luonnon zeoliitteja tai valmistettu täysin synteettisesti oikeiden ominaisuuksien saavuttamiseksi. [15]

7.4 Typpiyhdisteiden poisto

Nitraatin ja nitriitin poistossa on syytä selvittää, mistä pitoisuuden nousu johtuu: onko kyse ulosteperäisestä vai lannoiteperäisestä saastumisesta. Ulosteperäisessä saastumisessa on poistettava saastumislähde, kunnostettava ja desinfioitava kaivo ja tämän jälkeen muutaman viikon kuluttua analysoitava vesi uudelleen. Lannoiteperäisessä saastumisessa pohjavesi on todennäköisesti saastunut laajemmalla alueella. [14]

Nitraatteja voidaan poistaa vedestä käänteisosmoosin ja ioninvaihdon avulla. Käänteisosmoosi on varmin menetelmä, ja sillä saadaan poistettua myös muita haitallisia aineita kuten torjunta-ainejäämiä. Osmoosi-ilmiössä suolainen ja suolaton liuos erotetaan toisistaan puoliläpäisevällä kalvolla. Suolaton liuos pyrkii laimentamaan suolaista liuosta siihen saakka, kunnes suolapitoisuus on sama kummallakin puolella. Vedenpuhdistuksessa ilmiö tapahtuu käänteisesti. Suolapitoiseen liuokseen kohdistetaan ulkopuolinen paine, jonka on oltava suurempi kuin luonnollinen osmoottinen paine. Paineen ja puoliläpäisevän kalvon avulla vesi saadaan puhdistettua. Ioninvaihtomassan avulla saadaan poistettua muitakin haitta-aineita kuten sulfaatteja. Ioninvaihtomassa täytyy elvyttää, kun sen kapasiteetti on käytetty loppuun. Laitteen valintaan vaikuttavat käsiteltävän veden määrä ja laatu. [6, 14]

7.5 Maun, värin, hajun ja taudinaiheuttajien poisto

Humuksen aiheuttaman hajun, maun ja värin poisto tapahtuu yleensä pienillä määrillä aktiivihiltä tai otsonoinnin avulla. Taudinaiheuttajat saadaan poistettu vedestä desinfiointin avulla. Desinfiointi tehdään kloorauksella, otsonoinnilla tai UV-desinfioinnilla. [14; 5]

7.5.1 Klooraus

Kloorauksessa lisätään kloorauskemikaalia veteen. Yleisin kloorauskemikaali vedenpuhdistuksessa on natriumhypokloriitti. Kloorin annostus saa olla enintään 5 mg/l, muuten vedessä esiintyy epämiellyttäviä sivumakuja. Jäännösklooripitoisuudeksi kloorauksen jälkeen on jätävä 0,05 mg/l, muuten kloorausteho ei ole kyllin suuri. [14]

Shokkiklooraus joudutaan suorittamaan, jos vedessä on todettu olevan indikaattoribakteereita. Shokkikloorauksessa kohde huuhdellaan ensin huolellisesti, minkä jälkeen lisätään vesi ja kloorauskemikaali (esim. natriumhypokloriitti) ja annetaan vaikuttaa 1-3 vuorokautta. Kloori huuhdellaan pois, minkä jälkeen otetaan vesinäyte ja tutkitaan se ennen veden käyttöönottoa. [14]

7.5.2 UV-desinfiointi

UV-desinfiointissa säteilytetään vettä ultravioletivalolla. Säteilyssä ultraviolettivalo tunkeutuu bakteerin tai viruksen soluseinän läpi. Tunkeutuminen aiheuttaa taudinaiheuttajan DNA:ssa jakaantumisinformaatiosekaannuksen. Taudinaiheuttaja ei kykene tämän jälkeen enää lisääntymään. Laitteen desinfiointiteho riippuu täysin verrannollisesti UV-valoannoksesta sekä vedenpaksuudesta. Vesikerroksen ollessa liian paksu desinfiointin teho heikkenee. Myös väri ja sameus häiritsevät puhdistusta. Paras desinfiointituloksena saadaan aallonpituusalueella 240-280 nm. Ultraviolettisäteilyn vaikutus eri eliöillä vaihtelee. Ultraviolettivalo ei tuo veteen haitallisia yhdisteitä eikä myöskään poista vedestä mitään. Oikein käytettynä UV-desinfiointi on erittäin tehokas. [14; 5]

7.5.3 Otsonointi

Otsoni (O_3) on väritön, myrkyllinen, pistävän hajuinen ja ärsyttävä kaasu. Otsonia esiintyy luontaisesti. Otsonin pääasiallinen tehtävä on desinfiointi sekä hajun ja maun parantaminen. Otsoni on erittäin voimakas hapetin, ja sen kanssa kilpailee vedenkäsittelyprosesseissa vain otsonin hajoamistuote, joka on otsoniakin reaktiivisempi. Veden epäorgaaniset ja orgaaniset yhdisteet, kuten humus, pelkistyneet rikkiyhdisteet ja metallit, ovat myös alltiina otsonin hapettavalle vaikutukselle. Otsoni on erittäin reaktiivinen kemikaali ja hajoaa nopeasti, minkä vuoksi veteen ei jää suojaavaa desinfiointiaineen pitoisuutta pitkäksi aikaa. Nykyisin isoissa laitoksissa käytetään otsonointia, joka on yleistynyt nyt myös kotitalouksissa. [10; 11; 12; 13]

Otsonin avulla voidaan luonnosta peräisin oleva vaikeasti biohajoava aines pilkkoa pienimolekyylisempään ja bakteerien hyväksikäytettävään muotoon. Otsonointia seuraa aktiivihiihaisuodatus, jossa hiilen pinnalle muodostuu biofilmi. Biofilmi poistaa vedestä otsonin pilkkomat yhdisteet. Usein otsonoinnin jälkeen lisätään vielä klooria, joka estää jälkikasvun ja uudelleenkontaminoitumisen. [10; 11; 12; 13]

8 Kohdejärvi

Laitteisto suunnitellaan mökille, jonka vesi tulee Iso-Vihtarinjärvestä. Järvi kuuluu Heinäveden kuntaan ja on pinta-alaltaan noin 660 hehtaaria. Järvestä on tutkittu vesi vuonna 2005, ja tutkimusten mukaan vesi on erinomaista. Järvivettä käytetään jo muutamassa mökissä myös juomavedeksi. Liitteessä 5 on taulukko, jossa on esitetty vesitutkimuksen tuloksia tarkemmin. [14]

Iso-Vihtarinjärven tutkimusalue oli 14,5 metrin syväne Vihtarinniemenestä itään. Syvänteen ollessa tutkimuskohteena tuloksissa ei voida huomioida rantavyöhykkeen mahdollista rehevöitymistä. Aiempien tutkimustietojen mukaan järvi on rehevöitymistasoltaan karu. Veden väri järvessä on hieman rusehtavaa, ja humuspitoisuudeltaan se on niukkapitoinen. [14]

Vedenotto paikasta oli tarkoitus ottaa vesinäyte ja tutkia sen laatu tämän insinööriyön tekemisen aikana. Vesinäytettä ei kuitenkaan saatu, joten lähtökohtana käytettiin aikaisempia tutkimustuloksia.

9 Vedenkäsittelylaitteistot

Laite on aina valittava tapauskohtaisesti: on huomioitava mm. puhdistettavan veden määrä ja kulutus. Laitteiston suunnitteluvaiheessa on hyvä kiinnittää huomiota siihen, kuinka paljon puhdistettua vettä tarvitaan tunnissa tai vuorokaudessa. Kulutuksen voidaan arvioida yleisesti olevan n. 150 l vettä/henkilö vuorokaudessa. Vedenkäsittelylaitteiston hankkijan on perehdyttävä huolellisesti laitteiston toimintaperiaatteisiin, huolto-toimenpiteisiin, käyttöikäen, takuuseen ja käyttökustannuksiin. Laitteiston koko on huomioitava, koska vapaa-ajan asunnoilla tilaa ei yleensä ole paljon. Mokeilla veden käyttö ei ole yleensä niin säännöllistä kuin omakotitalouksissa, joten myöskään perinteinen automaattisella vastavirtahuuhtelulla toimiva laitteisto ei ole hyvä vaihtoehto vapaa-ajan asuntoon. Automaattisessa vastavirtahuuhtelussa huuhteluvesi kuormittaisi turhaan jätevedenkäsittelyä. [9]

Vapaa-ajan asuntoihin on suunniteltu omat suodattimet vedenpuhdistukseen. Nämä ovat kooltaan pienempiä eivätkä välttämättä tarvitse toimiakseen sähköä, vastavirtahuuhtelua tai muuta huoltoa. Yleisin suodattimien huoltotoimenpide on suodatusmateriaalitäyteen vaihto. Veden käytön ollessa vähäisempää sopii käyttöön suodatinsarja, jolla saadaan suodatettua kaikki käyttövesi. Suodatinsarja vaatii kuitenkin käyttäjältään enemmän vaivaa. [9]

Vedenpuhdistuslaitteistoa suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota veden laatuun. Vedestä on teetettävä vesianalyysi, jossa määritetään vedenpuhdistusta haittaavat aineet. Vesianalyysin avulla oikean laitteiston valinta helpottuu, ja näin saadaan laitteisto suunniteltua myös oikeanlaiseen käyttötarkoitukseen. On huomioitava, että talousveden tullessa järvestä vettä ei oteta aivan pinnasta eikä pohjalta. Pinnassa on enemmän roskia ja muuta kiintoainetta ja pohjassa mutaa. [9]

9.1 Vaihtoehtolaitteisto 1

Kolmiosaisessa suodatuksessa järvivesisuodatin poistaa karkean lian, ioninvaihdolla poistetaan rauta, mangaani ja humus, ja lopuksi on vielä UV-sterilisointi varmentamassa bakteerien poiston. Laitteiston periaatekuva on esitetty liitteessä 4.

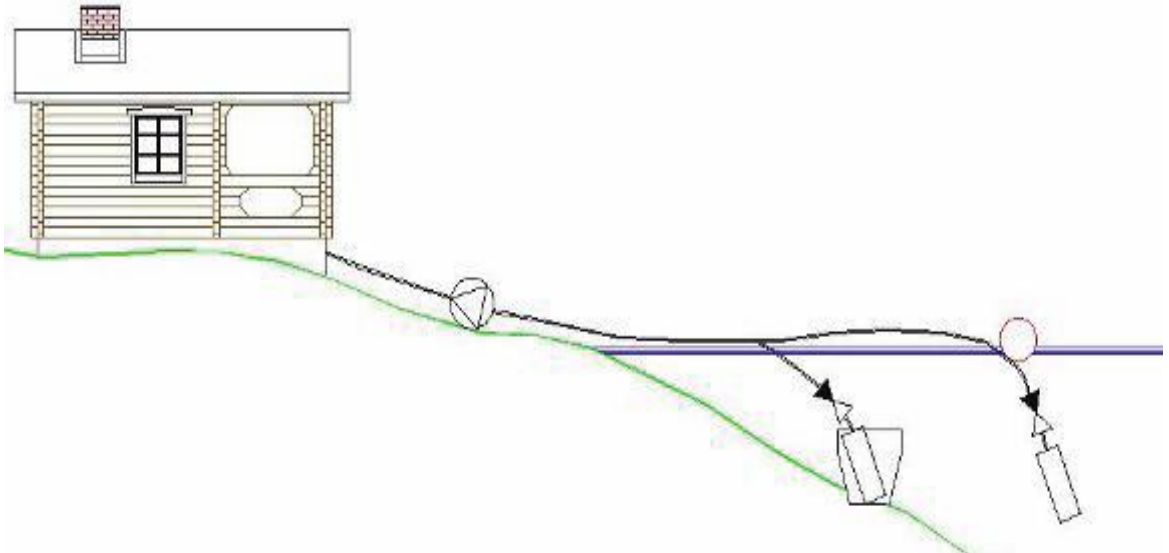
9.1.1 HOH-järvivesisuodatin

HOH-järvivesisuodatin asennetaan ensimmäiseksi poistamaan karkea lika vedestä. Karkea lika tukkisi jatkossa tiheämmän suodatuksen ja hajottaisi mahdollisesti myös pumpun. Suodattimen suodatuskyky on 60 mikronia ja suodatin on helppo puhdistaa esimerkiksi harjaamalla. Tarvittaessa voi vaihtaa vain verkkopatruunaosan, tällöin säästyy koko suodattimen uusimiselta. Taulukossa 3 on esitetty järvivesisuodattimen tärkeimmät luvut.

Taulukko 3. HOH-suodattimen teknisiä tietoja. (7)

Kapasiteetti	40 l/min
Erotuskyky	60 µm
Vahtopatruuna	Verkkopatruuna
Hinta (sis. pohjaventtiilin)	100 euroa

Suodatin kytketään pumpun ja imuputken päähän, ja suosituksena on, että takaiskuventtiili asetetaan heti suodattimen jälkeen. Suodatin ei saa koskettaa pohjamutia ja se kannattaa asentaa esimerkiksi ämpäriin tai roikkumaan alas poijusta. Kuvassa 3 ensimmäinen suodatin on kiinni poijussa ja toinen on asetettu roikkumaan ämpärissä. Likaisuus on tarkistettava aika ajoin ja tarvittaessa suoritettava puhdistus.



Kuva 3. Suodattimen asennus järveen, joko ämpärissä tai poijun avulla. (7)

Järvivedensuotimen ympärille olisi hyvä asentaa H-muotinen venttiiliryhmä. Tämän avulla pystytään ohittamaan veden kulku suodattimen kautta, jos esimerkiksi huolto- toimenpiteet niin vaativat.

9.1.2 Humus-automaattisuodatin JCAB-35-9

Humussuodatin on toiminnaltaan ioninvaihdin. Suodattimella saadaan samanaikaisesti poistettua vedestä rautaa, mangaania ja humusta, ja se toimii vedenpehmentimenä. Suodattimen massa sitoo itseensä kovuutta aiheuttavia aineosia, rautaa sekä mangaania. Suodatuksessa suodatinmassa kyllästyy vähitellen epäpuhtauksilla ja se saadaan aktiiviseksi suolalla elvyttämällä ja näin taas sitomaan itseensä epäpuhtauksia. Taulukossa 4 löytyvät humussuodattimelle määritetyt tekniset tiedot.

Taulukko 4. JCAB-35-9-humussuodattimen teknisiä tietoja. (7)

Kapasiteetti	34 l/min
Mitat	316 x 559 x 1127 mm
Hartsi	25
Suolamäärä	100 kg
Käyttöpaine	3 - 6 bar
Hinta	1300 euroa

Suodattimen ohjauskeskus toimii matalajännitteellä. Muutoksia ohjelmaan on helppo tehdä. Elvytys voidaan säädellä ohjauskeskuksella tapahtuvaksi 1-7 kertaa viikossa. Elvytys tapahtuu öisin, jolloin veden kulutus on pienintä. Sekä humussuodattimen että UV-sterilisaattorin sulkuhanat on hyvä asentaa kaksipuolisesti.

9.1.3 UV-sterilisaattori Sterilight UV-S12Q

UV-sterilisaattorin avulla saadaan poistettua bakteereista ja viruksista 99,9 % eikä juomaveteen lisätä kemikaaleja. Suodatin on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, ja sille annetaan 5 vuoden takuu. Taulukosta 5 löytyvät UV-sterilisaattorin tekniset tiedot.

Taulukko 5. *UV-sterilisaattorin tekniset tiedot. (7)*

Kapasiteetti	42 l/min
Maks. käyttöpaine	8,62 bar
Veden lämpötila	2 - 40 °C
Mitat	940 x 89 x 89 mm
Paino	5,4 kg
Hinta	660 euroa

9.2 Vaihtoehtolaitteisto 2

9.2.1 HOH-järvivesisuodatin

Toisessa tutkimassani vaihtoehdossa myös ensimmäisenä suodattimena käytetään HOH-järvivesisuodinta. Kuvassa 4 on järvivesisuodatin.



Kuva 4. *HOH-järvivesisuodatin. (7)*

9.2.2 Whole House -käyttövesisuodatin

Whole House -käyttövesisuodin suodattaa sedimenttisuodatuksen avulla vedestä muun muassa hapettuneen ruosteen ja irtoaineita. Käyttövesisuodin suojelee pesukoneet, käyttövesivaraajat ja muut kodinlaitteet hiekalta, kuralta, savelta ja muilta kiintoaineilta. Taulukossa 6 on esitetty käyttövesisuodattimen teknisiä lukuja. [6]

Taulukko 6. *Käyttövesisuodattimen tekniset tiedot. (6)*

Käyttöpaine	1,4 - 7 bar
Lämpötila	4 - 40 °C
Kapasiteetti	24 l/min
Hinta	155 euroa

Käyttövesisuodattimen avulla vesi saadaan suodatettua niin puhtaaksi, että se kelpaa saunomiseen ja peseytymiseen. Ruoanlaitossa vettä ei vielä voi käyttää. Suodatin asetaan vesilinjaan ennen vesivaraajaa ja muita laitteita. [6]

9.2.3 Aktiivihillisuodatin JV-Purifier 2 tai aktiivihilli-käänteisosmoosilaitteisto Watts RO-5/Permo Source

Viimeiseksi suodattimeksi valitaan raakavesilähteen mukaan joko aktiivihilleen tai käänteisosmoosiin perustuva suodatusmenetelmä. Aktiivihilli ei riitä juomaveden puhdistukseen, jos järvi on matala ja seisova sekä ympärillä runsaasti maataloutta. Kuvassa 5 on Purifier laitteisto, johon kuuluu myös oma erillinen hana. [7]



Kuva 5. *Purifier suodatijärjestelmä. (6)*

JV-Purifier 2 -laitteistossa on kaksivaiheinen suodatus, jonka ensimmäinen vaihe poistaa sedimenttisuodattimen avulla hiekan, mudan ja ruosteen. Toisessa suodatusvaiheessa 5 mikronin aktiivihillisuodatin poistaa vedestä haitallista makua ja hajua. Aktiivihillisuodatuksessa saadaan poistettua myös virukset ja bakteerit lähes 99,99-prosenttisesti. Taulukossa 7 on esitetty suodattimen teknisiä tietoja. [32]

Taulukko 7. JV-Purifier 2:n tekniset tiedot (6)

Käyttöpaine	1,4 - 5,92 bar
Kapasiteetti	7500 l
Hinta	304 euroa
Mitat	320 x 290 x 120 mm

Laite sisältää oman hanan, viiden mikronin sedimenttisuotimen sekä aktiivihillisuodattimen. Laite toimii veden paineella. Varasuotimien hinnat ovat 20-30 euron välillä ja sedimenttisuotimet saadaan hieman edullisemmin. Suodattimien vaihtoväli on noin 6 kuukautta. Laite voidaan asentaa vaikka allaskaappiin. [32]

Laadukkaampaan juomaveden puhdistukseen on valmistettu käänteisosmoosilla toimiva laite. Käänteisosmoosissa vesi puristetaan tiheän osmoosikalvon läpi. Vain vesimolekyylit läpäisevät kalvon. Kalvon läpi suodattunut vesi on puhdasta vettä, permeaattia. Likainen, kalvon läpäisemätön vesi johdetaan viemäriin. Käänteisosmoosilaitteesta esimerkkinä toimii Watts RO-5 -laite, joka on esitetty Kuvassa 6. [5; 6]



Kuva 6. Watts RO-5 käänteisosmoosisuodatin. (6)

Watts-käänteisosmoosilaitte puhdistaa veden viisivaiheisesti. Ensimmäinen vaihe poistaa hiekan, mudan ja ruosteen. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa puhdistuvat aktiivihii-lisuodattimen avulla pahat hajut ja maut sekä bakteerit ja virukset. Kalvosuodatuksen avulla saadaan poistettua loput epäpuhtaudet, ja viimeisessä vaiheessa saadaan vii-meistelysuodatuksella parannettua veden kirkkautta ja lopullista makua. Taulukossa 8 on esitetty käänteisosmoosilaitteen teknisiä tietoja. [5]

Taulukko 8. *Watts-RO-5 käänteisosmoosilaitteiston tekniset tiedot. (6)*

Käyttöpaine	2,8 - 6 bar
Kapasiteetti	90 l/vrk
Hinta	650 euroa
Mitat	390 x 400 x 150

Watts -käänteisosmoosilaitteisto sisältää oman hanan, ja se toimii vedenpaineella. Vaihtosuodatinsarja maksaa 60 euroa ja sisältää 3 kappaletta suodattimia. Suodat-timien vaihtoväli on 6-24 kuukautta. [6]

9.3 Vaihtoehtolaitteisto 3

Pieni saaristopaketti on valmis kokonaisuus, ja se on alkujaan tarkoitettu meriveden puhdistukseen juomavedeksi. Kaikki laitteen puhdistusvaiheet tapahtuvat automaatti-esti itsestään. Laite perustuu toiminnaltaan käänteisosmoosiin. Menetelmä toimii ilman kemikaaleja ja on ympäristöystävällinen. Veden laatua valvoo jatkuvatoiminen auto-maattimittaus. Laitteen ollessa käyttämättä laite aktivoituu puhdistustilaan. Huollon tarve laitteessa on vähäinen. Esisuodatin puhdistetaan ja hienosuodatin vaihdetaan tarvittaessa. Kalvo puhdistetaan yleensä kerran vuodessa. Laite saadaan ympärivuoti-seen käyttöön lämpöeristekaapelilla ja asettamalla se tilaan, jossa lämpötila vähintään 5 °C. [4]

Laitteen asennuksessa letkut liitetään sisään tulevalle vedelle, ulosmenevälle vedelle ja puskuritankille. Laitteen ohjaustaulu on selkeä. Laite on valmistettu muovista ja ruos-tumattomasta teräksestä syöpymisen estämiseksi. Laitteiston hinta on 9300 euroa. [4]

Pieni saaristopaketti kokonaisuus sisältää

- Rolux-suolanpoistolaitteiston
- puskurisäiliön (300 l)
- mineraalisuodatin
- jakelupumppu
- esisuodatinyksikkö ja suodattimet
- letkut (12 m)
- merivesipumppu

Veteen lisätään mineraaliseos, jolla nostetaan pH-arvo 7:ään ja saadaan lisättyä veteen muun muassa kalkkia ja dolomiittia. Käänteisosmoosilla puhdistettu vesi pelkältään on terveydelle vaarallista ilman mineraaliseosta.

9.4 Vesipumppu ja putkisto

Koko laitteistolle voidaan valita vesipumpuksi joko elektroninen vesiautomaatti tai painesäiliöllinen vesiautomaatti. Elektronisessa vesiautomaatissa pumppu käynnistyy, kun vesipiste avataan, ja sammuu muutaman sekunnin kuluttua sen sulkemisesta. Pumppu sijoitetaan tilaan, missä se ei pääse talvellakaan jäätymään. Pumpusta johdetaan imuputki järveen. Imuputken päähän asennetaan imusuodin, esimerkiksi edellä mainittu HOH-järvivesisuodin, ja pohjaventtiili. Liitteessä 4 on kaaviokuvassa esitetty laitteiston asennusjärjestys.

Laitteen ollessa ympärivuotisessa käytössä imusuotimen sisään asennetaan pakkasvahvistus. Imuputki suojataan myös jään hankaukselta. Taulukossa 9 on esitetty esimerkiksi yhden pumpun teknisiä tietoja. Esimerkkipumpuksi työssä on valittu Jetinox inox 60-50. Jetinox-pumppu on suunniteltu erityisesti mökkikäyttöön. Alustava pumpun mitoitus on tehty liitteessä 1.

Taulukko 9. *Jetinox-pumpun tekniset tiedot. (7)*

Tuotto	2,8 - 6 bar
Nostokorkeus enintään	50 m
Imukorkeus enintään	8 m
Hinta	220 euroa

Ympärivuotisessa käytössä putkistot on tehtävä jäätymättömiksi. Jäätyminen voidaan estää lämpöeristekaapelin avulla. Lämpöeristekaapeli voi olla itsestään säätäytyvä tai säädettävä. Uponor valmistaa Supra Plus -putkea, joka on itsestäänsäätäytyvä. Supra

Plus säättää tehoa ympäristön lämpötilan mukaan. Suurin sallittu käyttöpainne on 1 MPa. Putki on helppo asentaa ja eikä sitä tarvitse kaivaa syvälle. Putken voi jättää jopa hangelle.[8]

Edullisempänä vaihtoehtona edelliselle vaihtoehdolle Uponor valmistaa myös Supra Standard -vesiputkea, joka on eristetty. Putket on valmistettu PE-muovista ja eriste umpisoluisesta PEX-solumuovista. Suojakuori on kokonaan HD-polyeteeniä. Molemmille putkille tulee hinnaksi noin 36 euroa/metri.[8]

10 Johtopäätökset

Järviveden puhdistus talousvedeksi ja jopa juomavedeksi onnistuu hyvin. Pääasia on, ettei järvivedessä ole sinileväesiintymiä. Kohteessa, johon vedenpuhdistusjärjestelmää suunniteltiin, puhdistus onnistuu hyvin. Vesi on kirkasta eikä sisällä levää, mutta humusta on jonkin verran.

Vedenpuhdistuslaitteiston valinnassa on oltava huolellinen. Käyttötarkoitus sekä puhdistettavan veden määrä on mietittävä tarkkaan. Suodatinta ei saa kuormittaa liikaa. Myös suodattimen huoltoväli sekä hankinta- ja huoltokustannukset on mietittävä huolellisesti.

Veden laatua on tarkkailtava säännöllisin väliajoin, yksittäistalouksille on suositeltu kolmen vuoden välein. Laatu täytyy myös tutkia, jos epäillään veden saastuneen. Talousvedelle on asetettu tarkat laatuvaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmien tulee olla suositusstandardien mukaiset.

Yleisimmät vapaa-ajanasuntojen talousveden puhdistusmenetelmät ovat käänteisosmoosimenetelmä, aktiivihillisuodatus sekä ioninvaihto. Verrattaessa puhdistuslaitteita toisiinsa huomataan, että aktiivihillisuodattimien vaihtoväli on huomattavasti lyhyempi kuin kalvosuodattimissa. Aktiivihillisuodattimessa vaihtoväli on 6 kuukautta, kun taas WATTS-käänteisosmoosilaitteessa suodattimien vaihtoväli on 6-24 kuukautta. Käänteisosmoosilaitte on kalliimpi hankinta, mutta on myös muistettava suodattimien vaihtotiheys. Kalvosuodattimen vaihtosuodatinsarja (3 kpl) on hinnaltaan 64 euroa ja näin suhteessa halvempi verrattuna aktiivihillisuodattimiin, jotka maksavat (2 kpl) 50 euroa. Veden bakteerit poistetaan joko kalvosuodatusmenetelmällä tai UV-sterilisoinnilla. [4]

11 Yhteenveto

Vedenpuhdistuslaitteiston tarkoitus on puhdistaa järvestä tuleva vesi kelvolliseksi juomavedeksi. Vesi saadaan puhdistettua eri menetelmillä yleensä useampaa suodatinta käyttäen. Veden laatu on tutkittava ennen laitteiston valintaa. Vedestä täytyy määrittää muun muassa rauta- ja mangaanipitoisuus, kovuus, bakteerit ja pH. On myös huomiotava, ettei vesi sisällä elohopeaa tai radioaktiivisia aineksia.

Huonolaatuinen vesi on usein sameaa ja ruskean väristä ja saattaa haista pahalle. Huumus aiheuttaa veteen hajua, makua ja väriä. Myös metallit tuovat veteen mm. raudan makua ja vaikuttavat väriin. Ollessaan huonolaatuista vesi aiheuttaa terveyshaittoja ja on epämiellyttävää käytössä.

Veden puhdistus voi tapahtua aktiivihillen, käänteisosmoosin tai ioninvaihdon avulla. Juomavesi on hyvä vielä desinfioida, mikä voi tapahtua ultraviolettisäteilyllä tai otsonoimalla. Aktiivihillen suodatinpatruunoiden vaihtoväli on noin 6 kuukautta eli se on lyhyempi kuin esimerkiksi käänteisosmoosilaitteistossa. Vaihtoehtoissa esitetty aktiivihillisuodatus riittää puhdistamaan juomaveden, jos järvi ei ole matala eikä mutainen. Näin ei tarvita enää ultraviolettisuodatinta, joka on hankintahinnaltaan melko kallis.

Lähteet

1. N.F.Gray. Drinking water quality- problems and solutions. Second edition, United Kingdom at the university press, Cabridge, 2008
2. Kemira. About drinking water. Kemira Kemwater, Helsingborg, Sweden, 2003
3. Vesihuolto I, Rakennusinsinöörien liitto 124-1. Vammalan kirjapaino Oy, 2003
4. Johnsell-vedenpuhdistuslaitteet. www.johnsell.fi. Luettu 29.3.2011
5. Watman-vedenkäsittelylaitteet. www.watman.fi. Luettu 20.3.2011
6. Watts-vedenkäsittely. www.watts.com. Luettu 29.3.2011
7. Sisäsuomen käyttövesitekniikka, kotisivu. www.vedenpuhdistus.com. Luettu 20.3.2011
8. Uponor, kotisivu. [Www.uponor.fi](http://www.uponor.fi). Luettu 20.3.2011
9. Akvafilter Oy, kotisivu. [Www.akvafilter.fi](http://www.akvafilter.fi). Luettu 20.2.2011
10. Puhdasta vettä ja ilmaa, Oy Candi AB, kotisivu. [Www.candi.fi](http://www.candi.fi) Luettu 20.3.2011
11. Tanja Nissinen: Otsonointi vaikuttaa veden laatuun. Kansanterveys Lehtiartikkeli.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/lehdet_2002/7_2002/otsonointi_vaikuttaa_talousveden_laatuun/ Luettu 20.2.2011
12. Otsonointi parantaa veden ominaisuuksia, Jyväskylän Energia-yhtiöiden asiakaslehti. Lehtiartikkeli.
<http://www.jenergialehti.fi/index2.php?id=12&type=4> Luettu 20.2.2011
13. Tuula Tuhkanen: Otsonointi ja siihen liittyvät käsittelytekniikat. Vesitalous, Lehtiartikkeli. 4/2007
<http://www.mvtt.fi/Vesitalous/arkisto/2007/042007/tuhkтуul.pdf> Luettu 20.2.2011
14. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivu. www.ymparisto.fi. Luettu 15.1.2011
15. Virtuaaliyliopisto, kotisivu.
http://virtuaaliyliopisto.jyu.fi/oppi/ako/Sanasto/document.2007-04-24.1027628888/document_view/#Ohimenevä_kovuus. Luettu 20.2.2011
16. Matti Pulkkinen: Aktiivihiihden aktivointi, regenerointi ja käyttö.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 20.2.2011
17. STUK, kotisivu.

- https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 20.1.2011
18. Vaasan kaupunki, kotisivu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 20.2.2011
19. Opetushallitus, kotisivu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 23.2.2011
20. Elina Salminen: Kaivovesinäytteiden laatu ja analysointi. Insinööriyö, Satakunnan Ammattikorkeakoulu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 24.2.2011
21. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus.
<http://www.sttv.fi/ylo/YTYTalousvesiAsetus%20461%20s.htm>. Luettu 23.2.2011
22. Helsingin yliopiston tietotekniikkaosaston kotisivuja.
<http://www.sttv.fi/ylo/YTYTalousvesiAsetus%20461%20s.htm>. Luettu 19.2.2011
23. Insinööritoimisto Alveus ky, kotisivu. <http://www.alveus.fi/nitraatti.htm>. Luettu 15.2.2011
24. Keuruun kaupunki, kotisivu. [Www.keuruu.fi](http://www.keuruu.fi). Luettu 13.2.2011
25. Nordalk, kotisivu. <http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=717>. Luettu 13.2.2011
26. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, kotisivu.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/. Luettu 13.2.2011
27. Hakola, kotisivu. <http://www.sci.fi/~ehakola/vesi/helsinki/2vedenpu.htm>. Luettu 13.2.2011
28. Akva Filter Oy, kotisivu. <http://www.akvafilter.fi/vesitietoa.htm> Luettu 13.2.2011
29. Adlux Oy, kotisivu. <http://www.akvafilter.fi/vesitietoa.htm>. Luettu 13.2.2011
30. Kaustisen kunta, kotisivu.
http://www.kaustinen.fi/Pohjavesialueet/Liite_2_Talouveden_laatuvaatimukset.pdf. Luettu 13.2.2011

31. FINLEX terveydensuojelulaki (763/1994) 21 §, kotisivu.
http://www.kaustinen.fi/Pohjavesialueet/Liite_2_Talousveden_laatuvaatimukset.pdf. Luettu 13.2.2011
32. Jalovesi, kotisivu. [Www.jalovesi.fi](http://www.jalovesi.fi). Luettu 13.3.2011
33. Kiuruveden lukion verkkolehdet.
http://www.peda.net/verkkolehti/kiuruvesi/lukio/heisenberg?m=content&a_id=4 Luettu 13.3.2011
34. Pellettipojat, kotisivu. <http://www.pellettipojat.fi/wwwpelletti.nsf/pages/etusivu>.
Luettu 13.3.2011

Liite 1: Pumpun mitoituslaskut

Virtausnopeus putkistossa voidaan laskea:

Pumpun tilavuusvirta, $q_v = 60 \text{ l/min} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$

Putken poikkipintalan säde, $r = 0,016 \text{ m}$ (halkaisija 32 mm)

$$v = \frac{q_v}{A} = \frac{0,001}{\pi \cdot 0,016^2} = 1,243 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Reynoldsin-luku (Re), putkivirtauksessa:

putken sisähalkaisija, $d = 0,032 \text{ m}$

virtausnopeus, $v = 1,243 \text{ m/s}$

veden tiheys, (20 °C): 1000 kg/m^3

veden viskositeetti, $\eta: 0,001$

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta} = \frac{1000 \cdot 1,243 \cdot 0,032}{0,001} = 39626$$

Putkivirtauksen vastuskerroin λ saadaan putken karheuden ja halkaisijan avulla Moodyn diagrammista, joka on Virtaustekniikka ja taseet luentomateriaalissa.

Oletettu putken karheus $k: 0,1 \text{ mm}$

Putken halkaisija, $d: 32 \text{ mm}$

$\lambda = 0,0325$

Kokonaispainehäviö imupuolelle saadaan selville alla olevan kaavan avulla:

$$\Delta p_{\text{häv}} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \zeta \frac{\rho v^2}{2} = 0,0325 \cdot \frac{37}{0,032} \cdot \frac{1000 \cdot 1,243^2}{2} + 2,1 \cdot \frac{1000 \cdot 1,243^2}{2} = 30388,6 \text{ Pa}$$

Takaiskuventtiin kertavastus järvisuodattimen päässä, $\zeta=2,1$

Putken pituus $L= 37 \text{ m}$

Paineen laskemiseen imupuolella ja painepuolella käytetään Bernoulin yhtälöä. Liitteet 2 ja 3 selventävät korkeuseroja.

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 1,243 \text{ m/s}$$

$$h_i = 0 \text{ m}$$

$$h_1 = 6 \text{ m}$$

Alkunopeuden (v_i) ja alkukorkeuden (h_i) ollessa 0 saadaan imupuolen paineeksi p_1 :

$$p_1 = p_i + \rho g h_i + 0,5 \rho v_i^2 - \rho g h_1 - 0,5 \rho v_1^2 - \Delta p_{\text{häv}} = 101300 + 0 + 0 - 996,24 \cdot 6 \cdot 9,81 - 0,5 \cdot 996,24 \cdot 1,243^2 = 11503,88 \text{ Pa}$$

Painepuolen painehäviöksi on oletettu 200 kPa, mikä sisältää sekä putken painehäviön että vedenkäsittelylaitteistojen painehäviön.

$$p_2 = p_p + \rho g h_p + 0,5 \rho v_2^2 - \rho g h_2 - 0,5 \rho v_p^2 + \Delta p_{\text{häv}} = (101300 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 + 0 - 0 - 0,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 3) + 200000 = 329957,5 \text{ Pa}$$

Pumpun tuottama paine-ero Δp voidaan laskea:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 329957,5 - 11503,88 = 318453,6 \text{ (Pa)}$$

Pumpun nostokorkeudeksi H saadaan:

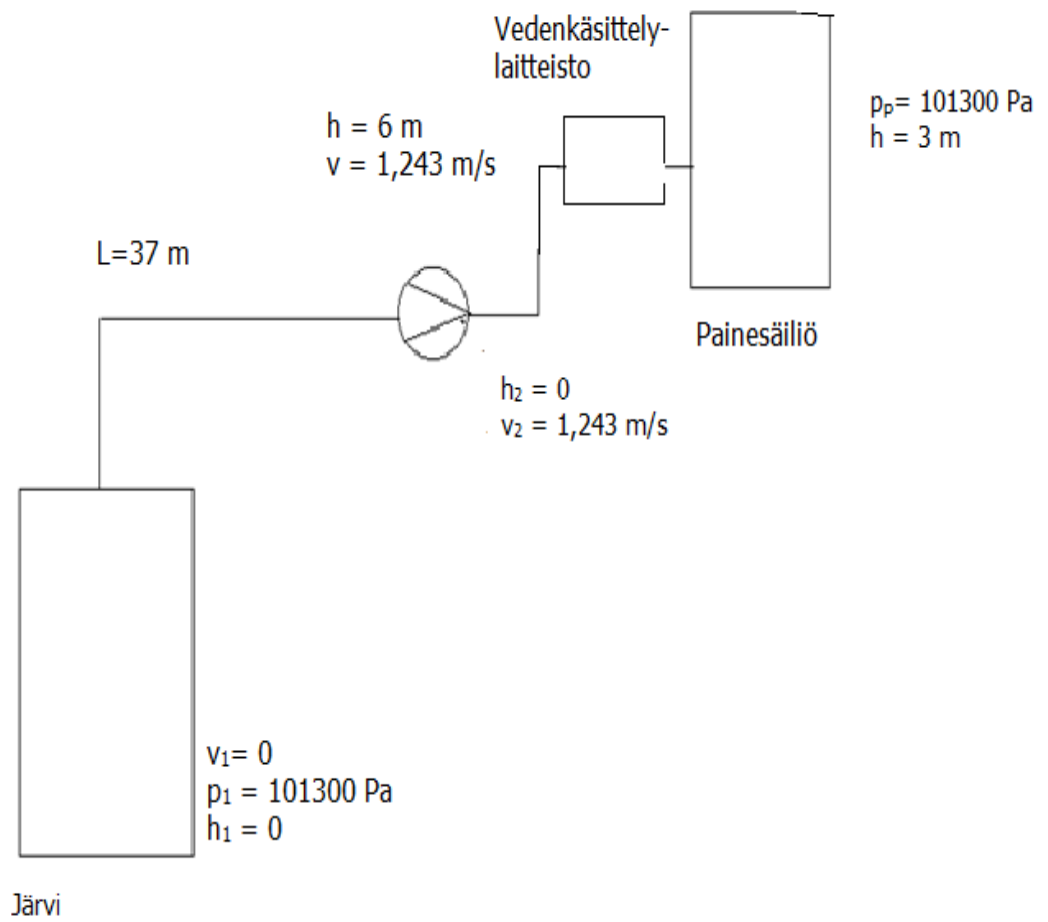
$$H = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{318453,6}{1000 \cdot 9,81} = 32,5 \text{ (m)}$$

NPSH-arvo saadaan lasketuksi:

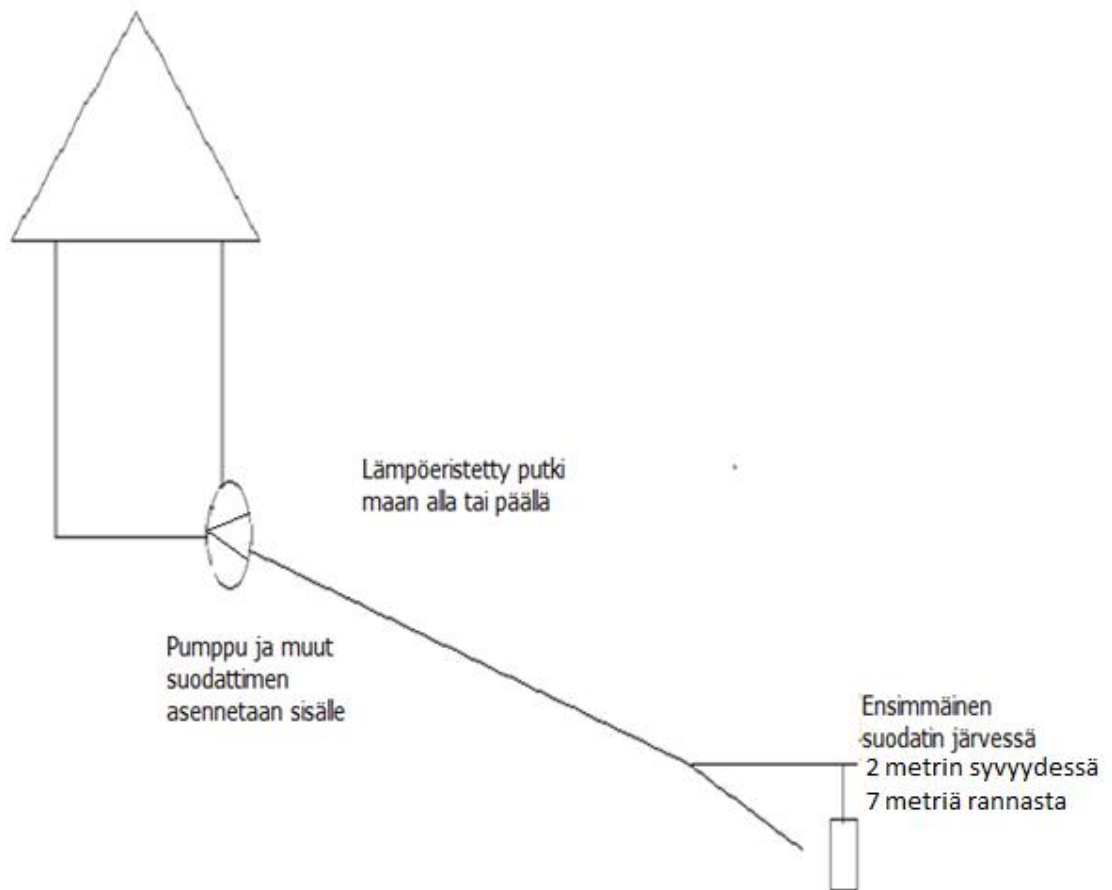
$$NPSH = \frac{p_1 - p_{vap}}{\rho g} = \frac{11503,88 - 3600}{1000 \cdot 9,81} = 0,81 \text{ (m)}$$

NPSH-arvon on oltava suurempi kuin pumppuvalmistajan ilmoittama, jotta estetään pumpun kavitoiminen. Jetinox-pumpun kaltaiselle pumpulle ei löytynyt jälleenmyyjiltä NPSH-arvoa, mutta NPSH-arvo riittää kyseiseen tarkoitukseen.

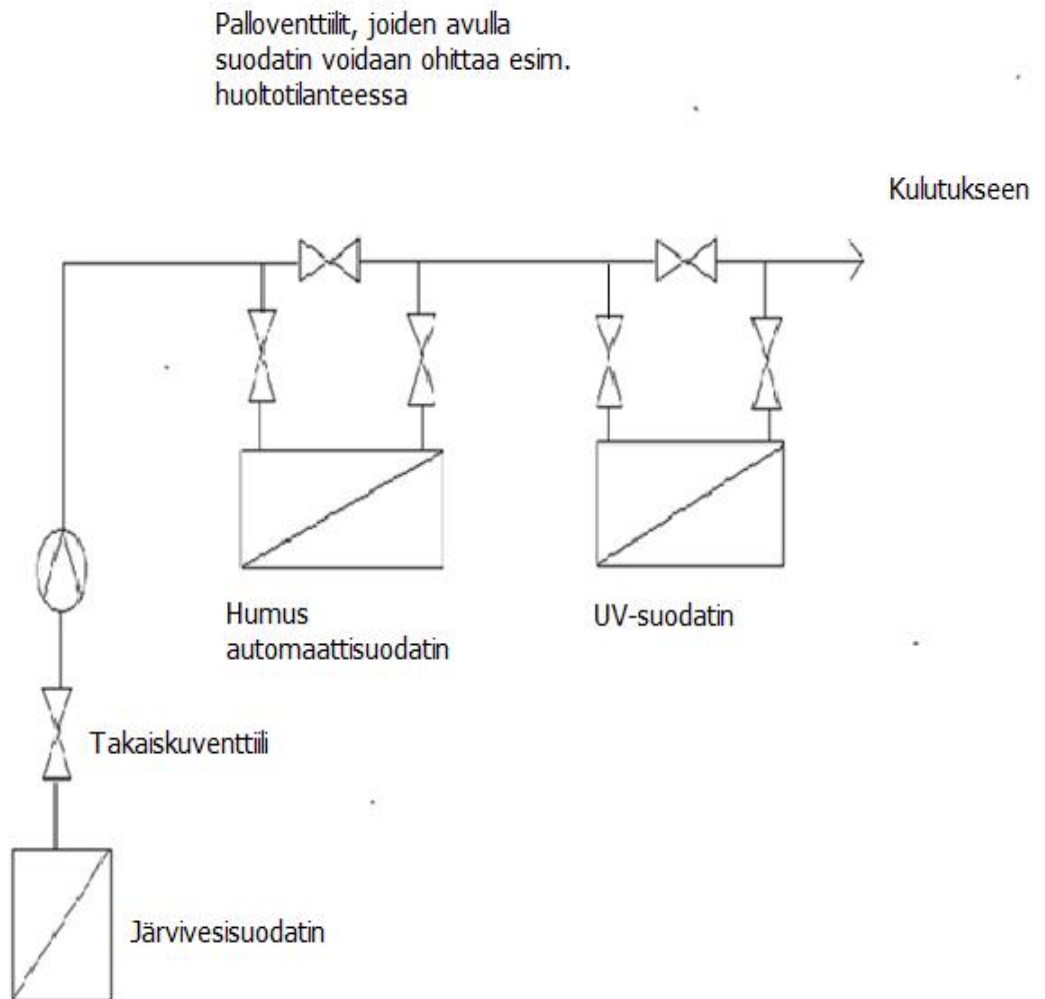
Liite 2: Kaaviokuva pumpun mitoitukseen



Liite 3: Mökin ja järven etäisyydet



Liite 4: Suodattimet ja pumppu kaaviokuvana



Liite 5: Vihtarinjärven tutkimustuloksia

Vedenlaatutekijät	Pitoisuudet vesipatsaassa **	Osalaatuluokitus
näkösyvyys	vaihtelu 3,3-4,2 m	erinomainen
Happi kyllästysasteena	pinta: vaihtelu 83-102 kyll.% pohja: vaihtelu 65-86 kyll.%	erinomainen
Väriluku	pinta ja pohja: vaihtelu 20-30 Pt mg/l	erinomainen
Sameus	pinta: vaihtelu 0,1-0,5 NTU pohja: vaihtelu 0,2-0,4 NTU	erinomainen
*Klorofylli eli lehtivihreä	vaihtelu 1,8-3,8 µg/l	erinomainen
*Kokonaisfosfori	pinta: vaihtelu 5-9 µg/l pohja: vaihtelu 6-11 µg/l	erinomainen

Taulukossa ovat sekä talvi- että kesäaikaiset tulokset tutkimusjaksolta 2004-05.

* Vedenlaatutekijät ilmentävät veden rehevyyttä.

** Näytteenotto on tapahtunut syvänteen vesipatsaassa 1 m pinnasta ja 1 m pohjasta.