

Jonne Raatikainen

PITKIEN VESILINJOJEN VAIKUTUS JUOMAVEDEN LAATUUN

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Huhtikuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkelin University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 9.4.2010	
Tekijä(t) Jonne Raatikainen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Pitkien vesilinjojen vaikutus juomaveden laatuun		
Tiivistelmä <p>Juomaveden on oltava lakien ja asetusten mukaista, eikä siitä saa siis aiheutua haittaa käyttäjille. Suomessa talousveden laatua on seurattu 1960-luvulta lähtien. Nykyään yksi tärkeimmistä asetuksista on Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000, joka tuli voimaan toukokuussa 2000. Lainsäädännön mukaan vesilaitoksilla on suuri vastuu toimittamastaan talousvedestä, mutta myös viranomaisvalvonnan tulee olla tehokasta terveysviranomaisten toimesta.</p> <p>Vesilaitoksilta lähtevä talousvesi voi viipyä pitkäänkin vedenjakeluverkostoissa. Tämän seurauksena veden laatu voi muuttua huonompaan suuntaan.</p> <p>Talousveden laatua ei pääsääntöisesti seurata pitkien vesilinjojen päätealueilta. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Mikkelin Vesilaitoksen ja Hirvensalmen veden pitkien vesilinjojen vaikutusta juomaveden laatuun. Tuloksia vertailtiin lainsäädännön antamiin vaatimuksiin ja suosituksiin ja lähellä vesilaitosta oleviin näytteenottokohteisiin sekä vesilaitokselta lähtevään veteen.</p> <p>Tutkimustulosten perusteella voidaan päätellä, että Mikkelin Vesilaitoksen ja Hirvensalmen veden jakama vesijohtovesi täyttää sille annetut laatuvaatimukset ja -suositukset myös pitkien vesilinjojen alueilla. Kuitenkin sekä Mikkelin että Hirvensalmen verkostoissa oli havaittavissa mikrobeille käyttökelpoisia ravinteita.</p> <p>Tässä tutkimuksessa kaikki laatuvaatimusten raja-arvot täyttyivät, mutta muutamia poikkeavuuksia ja lähellä raja-arvoja olevia pitoisuuksia löytyi. Tutkimuksen perusteella voisinkin suositella, että tutkimuksessa ilmi tulleet poikkeavuudet esimerkiksi Vesihäisi-vesiosuuskunnan heterotrofisessa pesäkeluvussa huomioitaisiin ja kyseisen vesiosuuskunnan vettä tarkkailtaisiin jatkossa ainakin tältä osin. Myös muuttamassa näytteessä olleet sähkönjohtavuusarvot on syytä huomioida sekä Koivikon vesiosuuskunnan rautapitoisuus ja Mikkelin vesilaitoksen permanganaattipitoisuus, joka oli lähellä raja-arvoa.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Juomavesi, juomaveden laatu, talousvesi, vesilaitokset, vesijohtot, vesilinjat, vesijohtoverkot, E. coli, koliformiset bakteerit, heterotrofinen pesäkeluku, kokonaisfosfori, rauta, mangaani, Mikkelin Vesilaitos, Hirvensalmen Vesi.		
Sivumäärä 48s. + 6 liitesivua	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn201084767
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Martti Pouru	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin Seudun Ympäristöpalvelut	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 9.4.2010
Author(s) Jonne Raatikainen	Degree programme and option Environmental technology	
Name of the bachelor's thesis The effect of long pipelines on the quality of drinking water		
Abstract <p>Drinking water has to be compatible with laws and decrees and it can't cause any harm to users. In Finland the quality of drinking water has been monitored since 1960's. Nowadays one of the most important decrees is quality requirement and monitoring analysis of drinking water 461/2000 by the Ministry of social affairs and health. Law says that waterworks has great responsibility to the water that they deliver. Also public authority has to supervise efficiently the quality of drinking water.</p> <p>Delivered drinking water can stay in the pipelines for a long time. This can effect harmfully to the quality of drinking water.</p> <p>The quality of drinking water isn't usually monitored in the areas of long pipelines. This bachelor's thesis reports the effect of long pipelines on the quality of drinking water in the areas of Mikkeli Waterworks and Hirvensalmi Water. Results were compared to the law, the samples which were taken nearby waterworks and the water inside waterworks.</p> <p>By the results of this thesis can be concluded that delivered drinking water is compatible with laws and decrees also in the areas of long pipelines. Nevertheless there were some usable nutrients for microbes.</p> <p>All limit values were met under but some deviant and near limit values concentrations were found. Some deviants were in the Vesihiisi coop, Koivikko coop and Mikkeli waterworks water. Based on this thesis I could recommend observing those deviants in the future.</p>		
Subject headings, (keywords) Drinking water, tap water, the quality of drinking water, waterworks, water pipe, pipelines, E. coli, total coliform bacteria, heterotrophic colony, phosphorus, iron, manganese, Mikkeli Waterworks, Hirvensalmi Water.		
Pages 48 p. + app. 6 p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn201084767
Remarks, notes on appendices		
Tutor Martti Pouru	Bachelor's thesis assigned by Mikkelin Seudun Ympäristöpalvelut	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	2
3	LAINSÄÄDÄNTÖ	2
4	VEDEN LAATU SUOMESSA	3
4.1	Pinta- ja pohjavedet	3
4.2	Veden laadun merkitys	4
5	ANALYYSIT	5
5.1	Mikrobiologiset analyysit	5
5.1.1	Enterokokit.....	5
5.1.2	Escherichia coli.....	5
5.1.3	Koliformiset bakteerit	6
5.1.4	Heterotrofinen pesäkeluku	6
5.2	Fysikaalis-kemialliset analyysit	7
5.2.1	Permanganaattiluku (KMnO ₄ -luku).....	7
5.2.2	pH.....	7
5.2.3	Sähkönjohtavuus	8
5.2.4	Rauta	9
5.2.5	Liuennut happi	9
5.2.6	Lämpötila	9
5.2.7	Mangaani.....	10
5.2.8	Kovuus	11
5.2.9	Sameus	11
5.2.10	Ammonium	12
5.3	Ravinneanalyysit.....	12
5.3.1	Kokonaisfosfori.....	12
6	TUTKITTAVIEN AINEIDEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN.....	13
6.1	Biofilmit.....	13
6.2	Korroosio	14
7	MIKKELIN VESILAITOS	14
7.1	Historiaa.....	14

7.2	Puhtaan veden tuotanto.....	15
7.2.1	Tekopohjavesi.....	15
7.2.2	Tuotantoprosessi Mikkelissä.....	17
7.2.3	Jakeluverkosto.....	18
7.2.4	Varavedenotto.....	19
7.2.5	Talousveden laadunvalvonta.....	20
8	NÄYTTEENOTTO.....	21
9	NÄYTTEIDEN TUTKIMINEN.....	23
10	TULOKSET.....	23
10.1	Näytteenottokohteet.....	23
10.2	Mikrobiologisen laadun tulokset.....	24
10.2.1	Heterotrofinen pesäkeluku.....	24
10.3	Fysikaalis-kemiallisen laadun tulokset.....	25
10.3.1	Permanganaattiluku.....	25
10.3.2	pH.....	26
10.3.3	Sähkönjohtavuus.....	27
10.3.4	Rauta.....	27
10.3.5	Liuennut happi.....	28
10.3.6	Lämpötila.....	29
10.3.7	Mangaani.....	30
10.3.8	Kovuus.....	30
10.3.9	Sameus.....	31
10.3.10	Ammonium.....	32
10.4	Ravinneanalyyseiden tulokset.....	32
10.4.1	Kokonaisfosfori.....	32
11	TULOSTEN TARKASTLU.....	33
11.1	Mikrobiologinen laatu.....	33
11.1.1	Heterotrofinen pesäkeluku.....	33
11.2	Fysikaalis-kemiallinen laatu.....	34
11.2.1	Permanganaattiluku.....	34
11.2.2	pH.....	35
11.2.3	Sähkönjohtavuus.....	36
11.2.4	Rauta.....	37

11.2.5	Liuenut happi	37
11.2.6	Lämpötila	38
11.2.7	Mangaani.....	39
11.2.8	Kovuus	39
11.2.9	Sameus	40
11.2.10	Ammonium	41
11.3	Mikrobiologinen laatu	41
11.3.1	Kokonaisfosfori.....	41
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
13	POHDINTA	43
	LÄHTEET	46

LIITTEET:

Liite 1. Mikkeli-Anttola

Liite 2. Vesihäisi ja Tarsalanjärvi

Liite 3. Viinämäki

Liite 4. Hirvensalmi-Otava

Liite 5. Otava-Kotalahti

Liite 6. Ripatin ja Suontee

1 JOHDANTO

Juomavesi on ihmisen elinehto, tämän vuoksi sen laatua tulee seurata tarkasti. Juomaveden hyvä laatu vaikuttaakin ihmisten terveyteen huomattavasti. Kehittyneissä maissa hyvä juomavesi onkin lähes itsestään selvyyttä. Juomaveden laatuun vaikuttaa monet eri tekijät, kuten raakaveden laatu, veden käsittely vesilaitoksella sekä jakeluverkoston kunto.

Suomessa uusiutuvien makeiden vesien tilanne on erinomainen sillä täällä on näitä vesivaroja eniten maailmassa, yli 21 000 m³ asukasta kohti vuodessa (niukkuusraja 1700 m³/a). Suomessa vesijohtoverkoston piirissä on noin 4,6 miljoonaa asukasta eli noin 87 % väestöstä. Vuonna 2007 Suomessa oli noin 1500 vesihuoltopalvelua toimittavaa laitosta. Vesilaitokset pumppasivat vuonna 1998 noin 404 milj. m³ vettä jakeluverkostoihin, joita oli tuolloin yli 90 000 kilometriä.[19.]

Suomessa suurin osa juomavedestä täyttää kaikki laatuvaatimukset, mutta silti meilläkin on esiintynyt vesivälitteisiä epidemioita. Vuosien 1998 - 2006 aikana tiedetään olleen ainakin 56 vesiepidemiaa, joissa sairastui yhteensä 16 800 ihmistä. Pääasiassa epidemiat kohdistuivat pieniin, alle 500 käyttäjälle vettä tuottaviin pohjavedenotto-moihin. Mukana oli kuitenkin myös laajempia kunnallisten vesilaitosten jakamasta talousvedestä aiheutuneita epidemioita, joissa sairastuneita oli jopa tuhansia.[20.]

2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Mikkelin Seudun Ympäristöpalveluiden toiminta-alueella olevien pitkien vesilinjojen vaikutusta juomaveden laatuun. Kaikkia verkoston osia ei ole tarkoitus tutkia vaan tutkimus keskittyy Mikkelin Vesilaitoksen sekä Hirvensalmen Veden valmistaman talousveden jakeluverkostojen kaukaisempien alueiden vedenlaatuun.

Verkoston näytepisteistä otetaan talousvesinäytteet, joista tutkitaan mikrobiologista laatua, fysikaalis-kemiallista laatua sekä ravinteita. Tarkoituksena on tutkia täyttävätkö pitkien linjastojen vedet talousvesiasetuksen 461/2000 laatuvaatimukset ja -suositukset. Tutkimusalueen kauimmaisista tuloksista verrataan myös vesilaitoksilta otettaviin lähtevän veden näytteisiin sekä mm. Mikkelin keskustan alueelta otettaviin näytteisiin. Näin saadaan selville, muuttuuko veden laatu putkistoissa ja onko se vielä käyttökelpoista kauempanakin asutuskeskuksesta.

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

WHO eli Maailman terveysjärjestö antaa kansainvälisiä normeja ja suuntaviivoja veden laatuun ja ihmisten terveyteen liittyvissä asioissa. Näitä normeja käytetään maailmanlaajuisesti perustana kansallisten määräysten ja standardien luomisessa. Suomessa talousveden laatua on seurattu 1960-luvun lopulta lähtien. Terveystaloudenlain 763/1994 perusteella talousveden laadun valvonnasta vastaa kunnan terveydensuojeluviranomainen. Talousvettä koskevat yleiset määräykset laatii puolestaan Sosiaali- ja terveysministeriö.[21,23.]

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000 tuli voimaan toukokuussa 2000. Asetus perustuu ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta annettuun neuvoston direktiiviin 98/83/EY.[21.]

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa talousveden laadulle on asetettu direktiivin mukaiset sitovat terveysperusteiset laatuvaatimukset ja talousveden käyttökelpoisuuden perustuvat laatusuositukset. Jos talousveden laatu ei täytä sille asetettuja laatuvaatim-

timuksia, terveydensuojeluviranomaisen on ryhdyttävä talousveden toimittajan kanssa toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi. Mikäli mikrobiologiset laatuvaatimukset eivät täyty, täytyy aloittaa aina välittömät toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi.[21.]

Talousveden laatua ja valvontaa koskevat tiedot on julkaistava kansallisesti ja raportoitava kolmen vuoden välein Euroopan komissiolle. Raportointivelvoite koskee laitoksia, jotka toimittavat talousvettä yli 1000 m³ päivässä tai yli 5 000 käyttäjälle. Suomessa on tällaisia suuria talousvettä toimittavia laitoksia 160 - 170.[21.]

4 VEDEN LAATU SUOMESSA

4.1 Pinta- ja pohjavedet

Suomessa 61 % verkostovedestä valmistetaan pohjavedestä ja 39 % pintavedestä. Yleisesti ottaen Suomessa luonnonvesi, joko pintavesi tai pohjavesi, ei ole sellaisenaan yleiseen jakeluun sopivaa. Pintavedet ovat yleensä humuspitoisia, pehmeitä ja aggressiivisia eli syövyttäviä. Ne tarvitsevat kemiallisen käsittelyn orgaanisten aineiden vähentämiseksi ja syövyttävien ominaisuuksien poistamiseksi. Huonolaatuisesta raakavedestä ei voida saada moitteetonta johtovettä, koska käsittelymenetelmien mahdollisuudet ovat rajalliset. Vedenkäsittelyn lopputulos riippuu hyvin pitkälle siitä, kuinka paljon ollaan valmiita investoimaan esteettisten ja teknillisten vaatimusten täyttämiseksi. Sen sijaan terveydellisten vaatimusten täyttäminen ei milloinkaan saa olla harkinnanvaraista.[16,17,18.]

Pohjavedet ovat yleensä huomattavasti pintavesiä parempilaatuisia. Tavallisimmat haitat ovat veden aggressiivisuus sekä korkea rauta- tai mangaanipitoisuus. Rannikolla saattaa esiintyä myös haitallisen korkeita kloridipitoisuuksia.[16.]

Tavallisimpia käsittelyjä ovat pintavesien värin sekä orgaanisen aineksen poisto kemiallisen käsittelyn avulla. Pohjavesiä käsitellään yleensä pH:n säädöllä sekä raudan ja mangaanin poistolla. Tämän lisäksi vesiä yleensä desinfioidaan ja sen kovuutta sekä hajua ja makua kompensoidaan.[16.]

Kulutukseen tulevassa vedessä voi olla asumis- ja teollisuusjätevesistä sekä maa- ja metsätalouden käyttämistä kemikaaleista peräisin olevia jäämiä. Näitä jäämiä ei pystytä nykyisinkään vielä tavanomaisilla käsittelymenetelmillä poistamaan. Toistaiseksi ei olla varmoja näiden jäämien mahdollisista terveydellisistä haittavaikutuksista, joten raakaveden ottoon käytetään vielä mahdollisimman luonnontilaisia vesistöjä ja pohjavesiesiintymiä.[17.]

4.2 Veden laadun merkitys

Veden välityksellä leviävät sairaudet pääsevät leviämään eri tavalla, jos alueella on käytössä vesilaitos tai yksityiset kaivot. Kun käytetään yksittäisiä kaivoja, veden laadun valvonta on työlästä ja vaikeaa, mutta samalla mahdollisten epidemioiden leviäminen on hidasta. Vesilaitosveden laatua voidaan puolestaan valvoa tehokkaasti, mutta jos laatu pettää, niin hyvinkin suuret ihmismäärät voivat saada tartunnan samanaikaisesti.[16.]

Vesijohtoveden välityksellä voi levitä kolmeen eri pääryhmään kuuluvia mikrobien aiheuttamia sairauksia. Suoliston kautta leviäviä sairauksia ovat mm. kolera, lavantauti, punatauti, erilaiset ripulisairaudet ja salmonelloosit. Nämä ovat meillä ja muualla Euroopassa poikkeuksellisia, mutta vähemmän kehittyneissä ylikansoitetuissa maissa suhteellisen tavallisia.[16.]

Ihon ja limakalvojen kautta leviäviin sairauksiin kuuluvat eräät stafylokokki- ja streptokokkitulehdukset lähinnä silmien, nenän ja nielun limakalvoissa. Jotkut ihottumat leviävät myös veden välityksellä. Nämä sairaudet leviävät yleensä uimavedessä eikä niinkään vesijohtovedessä.[16.]

Satunnaisesti saattaa vesijohtovesi toimia myös eräiden alkueläinten ja niistä johtuvien sairauksien levittäjänä. Nämä saattavat olla peräisin puutteellisesta vedenkäsittelylaitoksesta tai saastuneesta jakelujärjestelmästä.[16.]

5 ANALYYSIT

5.1 Mikrobiologiset analyysit

5.1.1 Enterokokit

Suolistoperäiset enterokokit ovat ulosteperäisen saastumisen ilmentäjiä ja se ilmaisee riskiä sairastua vesivälitteiseen suolistoinfektioon. Suolistoperäisten enterokokkien esiintyminen vedessä voi olla merkki ulosteiden aiheuttamasta saastumisesta. Enterokokkeja esiintyy useasti sekä ihmisten, että vaihtolämpöisten eläinten ulosteissa. Enterokokkien sukuun kuuluu suolistoperäisiä ja myös muissa ympäristöissä lisääntyviä lajeja. Enterokokit säilyvät ympäristössä hyvin, joten saastuminen ei välttämättä ole tapahtunut lähellä näytteenottohetkeä, vaan on voinut tapahtua jo kauan aiemmin. Suolistoperäisiä enterokokkeja on kutsuttu aiemmin nimellä fekaaliset streptokokit, josta enterokokit on nyt erotettu omaksi alaryhmäksi. Suolistoperäisiä lajeja ovat *Enterococcus hirae*, *E. durans*, *E. faecium* sekä *E. faecalis*. Talousvettä toimittavien laitosten jakamassa vedessä laatuvaatimus on 0 pmy/100 ml, eli pesäkkeitä muodostavia yksiköitä ei saa olla yhtään.[1,3.]

5.1.2 Escherichia coli

Escherichia coli – bakteeria pidetään nykyään parhaana veden ulosteperäisen saastutuksen osoittajana. Talousveden laatuvaatimuksena on, että *E. coli* – bakteereita ei saa esiintyä 100 ml:ssa (0 pmy/100 ml). *E. coli*-bakteerilla tarkoitetaan bakteereja, jotka koliformisille bakteereille määriteltyjen ominaisuuksien lisäksi tuottavat laktoosista happoa ja kaasua 44,5 °C lämpötilassa sekä tryptofaanista indolia.[1.]

E. colia tavataan vesilaitoksen jakamassa vedessä vain poikkeustapauksissa. Tällöin on tehtävä välittömiä toimenpiteitä esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä veden käyttäjiä uhkaavien terveysvaarojen ehkäisemiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat kehoitus veden keittämisestä, pikainen desinfioinnin käynnistäminen tai tehostaminen sekä verkoston puhdistaminen huuhtelun tai shokkikloorauksen avulla.[1.]

5.1.3 Koliformiset bakteerit

Koliformisilla bakteereilla tarkoitetaan ryhmää fakulatiivisesti anaerobisia, gramnegatiivisia, oksidaasi-negatiivisia, itiöitä muodostamattomia sauvabakteereja, jotka käyttävät laktoosia tuottaen happoa ja kaasua 35 °C tai 37 °C lämpötilassa 48 tunnin kuluessa. Koloformisista bakteerisuvuista tutuimpia ovat *Enterobacter*, *Citrobacter* ja *Klebsiella*. Nämä koliformiset bakteerit voivat lisääntyä ympäristössä, kuten maaperässä, pintavesissä sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesissä.[1,4.]

Laatusuosituksena on 0 pmy/ 100 ml, eli hyvässä talousvedessä ei ole osoitettavissa koliformisia bakteereja 100 ml näytteessä. Jos vesilaitoksen jakamassa vedessä todetaan olevan koliformisia bakteereja, on syynä siihen vedenkäsittelyn puute, vedenotamolla tapahtunut saastuminen tai bakteerien lisääntyminen verkostossa.[1.]

Koliformisissa bakteereja tavaataan suurina pitoisuuksina ihmisten sekä talalämpöisten eläinten suolistossa, mutta ne saattavat olla peräisin myös esimerkiksi kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä. Tästä johtuen koliformisten bakteerien esiintymistä ei voida pitää aina varmana ulostesaastutuksen osoituksena, mutta kylläkin hyvänä veden yleisen likaantumisen ilmentäjänä, kuten pintavesien joutuessa pohjaveteen.[1.]

5.1.4 Heterotrofinen pesäkeluku

Heterotrofinen pesäkeluku kuvaa vedessä olevien elävien aerobisten, heterotrofisten bakteerien sekä myös hiivojen ja homeiden lukumäärää. Tällä tutkimuksella voidaankin tarkkailla desinfioinnin tehokkuutta sekä veden laadun muuttumista verkostossa. Menetelmällä ei kuitenkaan saada kaikkia vedessä olevia mikrobeja esille, vaan ainoastaan tietyllä yleisalustalla tietyissä viljelyolosuhteissa (22 °C) pesäkkeitä muodostavien mikrobien määrä. Kokonaismikrobimäärä on huomattavasti suurempi kuin tästä saatu tulos.[1,6.]

Kunkin vesilaitoksen jakamalla vedellä on oma normaali heterotrofinen pesäkeluvun tasonsa. Suurena pysyvistä pesäkeluvusta ei katsota olevan varsinaista terveyshaittaa, mutta suuri pesäkeluku voi häiritä muita indikaattorianalyysyjä. Pesäkeluvun suuruuteen vaikuttavat mm. raakaveden laatu, mikrobeille käyttökelpoisen orgaanisen aineen

määrä, vedenkäsittely, verkoston rakenne ja kunto sekä veden lämpötila ja viipymä. Lukumäärän muutoksen perusteella arvioidaan, milloin tilanne vedenkäsittelyssä tai verkostossa aiheuttaa toimenpiteitä. Heterotrofiselle pesäkeluvulle on annettu laatusuositus: Ei epätavallisia muutoksia. Kuitenkin pesäkkeiden lukumäärä verkostove-
dessä on standardin EN-SFS ISO 6222 mukaisesti määritettynä yleensä alle 100 pmy/ml (22 °C). Ja jos jossain verkoston osassa pesäkkeiden lukumäärä on toistuvasti korkea eli yli 100 pmy/ml, on tällöin tarpeen suorittaa verkoston huuhtelua ja mahdollisesti lisätä desinfiointiaineen määrää vedessä.[1,5,6.]

5.2 Fysikaalis-kemialliset analyysit

5.2.1 Permanganaattiluku (KMnO₄-luku)

Hapettavuus (COD_{Mn}) perustuu kaliumpermanganaatin kykyyn hapettaa orgaanista ainesta ja sillä mitataan talousveden orgaanisen aineksen määrää. Hapettavuus on toinen tapa ilmoittaa kaliumpermanganaatin kulutuksen tulos, sillä menetelmällisesti kyse on samasta analyysistä. Suomen vedenhankintakäytössä olevien pintavesien KMnO₄-luku on yleensä 20 – 50 mg/l ja saastumattomien pohjavesien vastaava luku on yleensä 1 – 5 mg/l, ellei maaperässä ole humusta joka nostaa sitä.[1.]

Veden humus ei ole sellaisenaan terveydelle haitallista, mutta se aiheuttaa veteen väriä ja mutamaista makua sekä keitettäessä saostumia. Välillisesti humus voi heikentää veden terveydellistä laatua kuluttamalla desinfiointikemikaalia hapettumiseensa ja näin se samalla heikentää desinfiointitehoa. Mitä suurempi KMnO₄-luku on, sitä tavallisempaa on pieneliöiden jälkikasvu vesijohtoverkossa. Korkea KMnO₄-luku käsiteltyssä pintavedessä ilmaisee myös puutteita vedenkäsittelymenetelmissä tai prosessin hoidossa. Kaliumpermanganaattiluvulle on asetettu laatusuosituksena raja-arvo 20 mg/l, mutta välillisten vaikutusten välttämiseksi tulee tavoitella arvoa < 8 mg/l.[1.]

5.2.2 pH

Suomessa luonnontilaisten pohjavesien ja pintavesien pH-arvo on yleensä lievästi hapan eli noin pH 6 – 7. Tämän vuoksi vedenjakelulaitteissa käytetyt materiaalit, kuten valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni sekä asbestisementti useimmiten syöpyvät, ellei

vettä ole alkaloitu. Kun pH on vedenjakelulaitteiden kannalta sopiva eli se on alueella 7,0 – 8,8 (riippuu veden kalsiumpitoisuudesta ja alkaliteetista), ei putkistomateriaalin syöpmisestä johtuvaa vedenlaadun heikkenemistä tapahdu. Korroosion kannalta pH-arvon olisi oltava mahdollisimman tasainen. Metallien liukeneminen putkista alkaa pH-arvon laskiessa alle 7,1.[1.]

Veden pH voi tilapäisesti nousta yli 9,0, jos esimerkiksi alkalointikemikaalia on annosteltu virheellisesti, laitteissa on tapahtunut toimintahäiriö tai putkisto sisältää sementtiä. Yksiselitteistä raja-arvoa ei voida antaa korkeasta pH:sta aiheutuville terveyshaitoille, koska haitat riippuvat veden alkaliteetista, veden käyttömäärästä ja -tavasta sekä käyttäjästä. Tyypillisiä oireita ovat mahavaivat, oksentelu ja ripuli. Hyvin alkalinen vesi (pH yli 10,5) voi aiheuttaa lisäksi suun ja nielun limakalvojen kirvelyä sekä peseydyttäessä se voi ärsyttää silmiä ja ihoa. pH:n ollessa näin korkea, veden laadun voi havaita olevan normaalista poikkeava veden vaahtoamisen ja oudon maun vuoksi.[1.]

Vesijohtoveden pH-arvon tulee olla laatusuosituksen mukaisesti alueella 6,5 – 9,5. Vesi ei saa olla kuitenkaan haitallisessa määrin syövyttävää eikä haitallisessa määrin kalkkisaostumia lisäävää (pH yli 9,5), joten käytännössä tulee pyrkiä arvoon 7,0 – 8,8. Jos pH-arvo on yli 10, on ryhdyttävä veden pH-arvoa alentaviin toimenpiteisiin.[1,7.]

5.2.3 Sähkönjohtavuus

Veden sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneiden mineraalisuolojen määrää. Sähkönjohtavuuden perusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä veden terveydellisistä vaikutuksista, koska sähkönjohtavuus kuvaa ainoastaan suolojen määrää. Suolaa voi veteen tulla mm. maantiesuolan tai meriveden vaikutuksesta. Talousveden sähkönjohtokyvyn laatusuositus on 2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Korroosio-ongelmien välttämiseksi on kuitenkin pyrittävä pienempään sähkönjohtavuuteen. Hyvän veden sähkönjohtavuus on yleensä välillä 100 – 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jos veden sähkönjohtavuus on alle 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, on se usein mautonta, mutta jos sähkönjohtavuus on yli 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, voi vesi maistua suolaiselta.[1,7.]

5.2.4 Rauta

Rautaa esiintyy yleisesti Suomessa pohjavesissä ja humukseen sekoittuneena pintavesissä. Sitä voi myös liueta vesijohtoveteen jakeluverkoston ja -laitteiden materiaalien (valurauta, galvanoitu teräs) korroosion vuoksi. Joissain olosuhteissa vesijohtolaitteisiin voi syntyä mikrobikasvusto, joka sitoo itseensä vedessä olevaa rautaa. Tällöin veden hyvin pienistäkin rautamääristä voi syntyä saostumia, jotka liikkeelle lähtiesään aiheuttavat veteen laatuvirheitä.[1.]

Rauta aiheuttaa talousveteen sekä teknisiä että esteettisiä haittoja. Rauta synnyttää ruostekerrostumia saniteetti- ja talousrakenteisiin, aiheuttaa pyykin ja astioiden värjäytymistä sekä aiheuttaa veteen ja ruokaan ruosteen maun. Keskimäärin jo 50 µg/l rautapitoisuus voi synnyttää löysiä saostumia.[1,7.]

Raudan laatusuosituksen raja-arvoksi on annettu 200 µg/l ja hyvässä vedessä rautaa on alle 100 µg/l. Raudan enimmäispitoisuus vesijohdosta saatavalle talousvedelle on annettu edellä kuvattujen teknisten ja esteettisten haittojen perusteella. Rauta ei aiheuta terveyshaittoja vielä sellaisina pitoisuuksina, jolloin veden nauttiminen on sen ulkonäön ja maun perusteella mahdollista. Vesilaitokselta lähtevä vesi tulee olla huomattavasti enimmäispitoisuutta pienempi, jotta rauta ei kertyisi verkostoon. Vesijohtoverkostoa säännöllisesti huuhtelemalla voidaan pienentää rautasaostumien kertymistä ja niiden haittoja.[1,7.]

5.2.5 Liuennut happi

Hyvän talousveden happiprosentti on 70 – 80 % ja happipitoisuus yli 8 mg/l. Happi on elinehto talousveden aerobisille mikrobeille. Hapettomassa vedessä rauta- ja mangaanipitoisuudet lisääntyvät ja nitraatti muuttuu ammoniakiksi. Hapeton vesi myös haisee ja maistuu epämiellyttävälle.[8.]

5.2.6 Lämpötila

Raakaveden lämpötila on Suomen pintavesissä kesäaikaan 16 – 23 °C ja talviaikaan 0 – 4 °C. Pohjavesissä puolestaan vuodenaikaiset lämpötilaerot ovat huomattavasti pie-

nemät, talvella lämpötila on 4 – 7 °C ja kesällä 5 – 8 °C. Talvisin pintaveden käsitte-lyprosessien vuoksi lämpötila nousee yleensä hieman. Veden lämpenemistä voi tapah- tua myös kesäisin, jos vedenjakeluputket on asennettu matalaan. Veden huomattavaa lämpenemistä esiintyy etenkin kiinteistön vesijohtoverkostossa.[1.]

Jos talousvesi pääsee jäähtymään talvisaikaan vesijohtoverkostossa, saattaa se aiheut- taa jäätymisongelmia erityisesti latvaviemäreiden tarkastuskaivojen läheisyydessä, auratuilla katu-, tie- ja piha-alueilla sekä kiinteistöissä. Kaukolämpöputkea käytettäes- sä vesijohdon jäätymisvaurioiden estoon, tulee veden haitallinen lämpeneminen es- tää.[1.]

Veden lämpötila vaikuttaa kaikkiin biologisiin toimintoihin. Lämpötilan noustessa mikrobien kasvu nopeutuu ja veden mikrobiologinen laatu heikkenee nopeammin. Lämmitetyssä vesijohtovedessä tulee lämpötilan olla jatkuvasti yli 55 °C *Legionellan* kasvun välttämiseksi. Veden lämpötila vaikuttaa myös veden nautittavuuteen. Korkea lämpötila aiheuttaa makuhaittoja aiheuttavien aineiden lisääntyvää haihtuvuutta. Ve- den lämmitessä myös kemialliset reaktiot nopeutuvat ja esimerkiksi kloori poistuu vedestä nopeammin. Lämpötilan nousu myös lisää kloorauksessa syntyvien haitallisten yhdisteiden määrää. Sekä sähkökemiallinen että mikrobiologinen korroosio lisääntyy putkistossa korkeassa lämpötilassa. Jo 10 – 15 °C muutos ja vaihtelu voi vaikuttaa haitallisesti veden korroosio-ominaisuuksiin.[1.]

Talousveden lämpötilan mittaus on tärkeää etenkin valvontatutkimuksiin kuuluvia vesinäytteitä otettaessa. Vesi tulee juoksuttaa vakiolämpötilaan ennen näytteenottoa, jotta saataisiin selville talousvettä toimittavan laitoksen veden laatu. Näytteenoton yhteydessä mitattu lämpötila on suositeltavaa raportoida myös laboratoriotulosteet- sa.[1.]

5.2.7 Mangaani

Pohjavesissä esiintyy usein mangaania korkeina pitoisuuksina, mutta toisinaan myös pintavesien pitoisuudet ovat kohonneet. Pohjavesissä mangaani esiintyy usein raudan kanssa. Mangaanin poisto vedenkäsittelyssä on rautaa hankalampaa, jonka vuoksi rau-

dan- ja mangaaninpoiston käsittävien vesilaitosten jakamassa vedessä on usein mangaanin aiheuttamia laatuvirheitä.[1.]

Mangaanin aiheuttamista terveyshaitoista ei ole yksiselitteistä näyttöä, mutta joidenkin tutkimusten mukaan mangaani saattaa aiheuttaa suurina annoksina neurotoksisia oireita. WHO on esittänyt mangaanille terveysperusteisen ohjearvon 0,5 mg/l. Suomessa on kuitenkin laatusuosituksena raja-arvoksi annettu 0,05 mg/l ja se perustuu teknisiin ja esteettisiin haittoihin. Näitä ovat mm. epämiellyttävä maku, kerrostumat saniteetti- ja talousrakenteisiin sekä pyykkien tahriintuminen. Pienetkin pitoisuudet (0,02 mg/l) voivat synnyttää kerrostumia vedenjakelulaitteisiin ja vesisäiliöihin kerääntyneet mangaanibakteerit edesauttavat harmaan saostuman synnyssä. Saostumat voivat esiintyä nokimaisina hiutaleina tai rasvamaaisina muodostumina ja ne tahraavat voimakkaasti. Saostumia tulee poistaa verkostosta huuhtelun avulla. Mangaanisaostumat kertyvät yleensä lähellä vedenottamoita oleviin päävesijohtoihin.[1,7.]

5.2.8 Kovuus

Veden kovuus aiheutuu pääasiassa liuenneesta kalsiumista ja magnesiumista. Kalkkisaostumien määrä lisääntyy putkistossa veden ollessa kovaa, tästä syystä pH:n on oltava sitä alempi mitä korkeampi talousveden kovuus on. Liian alhainen veden kokonaiskovuus puolestaan vaikuttaa putkistojen korroosioon. Veden kovuuden yksikkönä käytetään yleensä yksikköä mmol/l. Saksalaisen kovuusasteikon vastaavuus konsentraatioon perustuvaan kokonaiskovuuden yksikköön on $1 \text{ mmol/l} = 5,6 \text{ }^\circ\text{dH}$. [1.]

5.2.9 Sameus

Veden sameus johtuu yleensä joko savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä, eikä sameudella ole mitään terveydellisiä vaikutuksia. Jos vesi on kuitenkin maitomaisen vaaleata, saattaa sen mukana olla alumiinia, joka saattaa olla vaarallista munuaispotilaiden dialyysissä.[1,7.]

Monet raskasmetallit, pestisidit, orgaaniset klooriyhdisteet ja bakteerit adsorboituvat kiintoainepartikkeleihin. Veden sameus saattaa vaikuttaa veden desinfioinnin onnistumiseen etenkin silloin kun sameus johtuu veden sisältämistä hiukkasista. Alhainen

veden sameuspitoisuus vesilaitokselta lähtevässä vedessä ei takaa arvojen täyttymistä asiakkaiden luona, sillä sameusarvot voivat muuttua merkittävästi verkostossa. Yleisin sameuden aiheuttaja käyttäjien saamassa vedessä on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti veden seistessä esimerkiksi juomalasissa. Sameus alkaa hävitä ensiksi lasin pohjalta ja viimeiseksi veden pinnalta.[1.]

Veden sameus sisältyy laatusuositukseen ja veden sameuden edellytetään olevan käyttäjien hyväksymä. Jos sameudessa tapahtuu epätavallisia muutoksia, tulee selvittää mahdollisen terveyshaitan mahdollisuus. Pintavesilaitoksissa lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon 1 NTU.[1.]

5.2.10 Ammonium

Ammoniumia pääsee vesiin yleensä esimerkiksi lannoitteista sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesien mukana. Sitä esiintyy myös luontaisesti pohjavesialueilla. Klooriamiinidesinfiointia käytettäessä ammoniumia lisätään veteen kloorin sitomiseksi. Vesilaitokselta lähtevässä vedessä ammoniumia ei yleensä esiinny yli määrittämissä rajoissa.[1.]

Ammoniumsuolojen myrkyllisyys on erittäin vähäinen, ja vedestä niitä saadaan paljon vähemmän kuin esimerkiksi ravinnosta. Ammonium saattaa suurina pitoisuuksina aiheuttaa veteen pistävää hajua ja makua. Ammoniumin raja-arvoksi on talousvesiasetuksessa annettu 0,5 mg/l.[1.]

5.3 Ravinneanalyysit

5.3.1 Kokonaisfosfori

Fosfori esiintyy yleensä vesissä hyvin pieninä pitoisuuksina ja sitoutuneena monenlaisiksi yhdisteiksi. Kokonaisfosforilla tarkoitetaan veden sisältämän fosforin eri muotojen kokonaismäärää. Luonnonoloissa fosfori on peräisin fosforipitoisista kivilajeista, josta se rapautumisen seurauksena lähtee liikkeelle. Tämän lisäksi fosforia kulkeutuu runsaasti vesiin ihmisen toiminnan seurauksena.[9.]

Fosfori on tärkeä talousveden mikrobien ravinne. Suomessa kuitenkin talousveden mikrobikasvu on yleensä fosforirajoitteista, johtuen pintavesien puhdistusmenetelmistä. Fosforilla on myös vaikutusta putkistojen biofilmien kasvuun. Pohjavesistä valmistetussa vedessä fosforipitoisuus sekä mikrobien kasvukyky on yleensä korkeampi kuin järvi- tai jokivesistä valmistetussa, koska näissä käytetään tehokkaampaa kemiallista puhdistusta. Erään tutkimuksen mukaan otsonointi lisää mikrobeille käyttökelpoisen fosforin määrää vedessä. Myös kalkin lisääminen aiheutti saman. Sen sijaan UV-säteilytyksellä ei havaittu olevan vaikutusta veden käyttökelpoisen fosforin pitoisuuteen.[10.]

6 TUTKITTAVIEN AINEIDEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN

Kuten aiemmin tässä työssä on jo todettu, eri aineilla on erilainen vaikutus veteen ja sen laatuun. Aineet voivat vaikuttaa terveydellisen laadun heikkenemiseen tai aiheuttaa teknisiä ja esteettisiä haittoja.

6.1 Biofilmit

Biofilmit ovat monen osatekijän summia, jotka aiheuttavat päänvaivaa vesilaitoksille. Biofilmejä kertyy talousveden kanssa kosketuksissa oleville pinnoille verkostossa. Biofilmit sisältävät vettä, mikrobeja (bakteerit, sienet, alkueläimet) ja mikrobien ulos erittämiä polysakkarideja, jotka toimivat biofilmejä koossa pitävänä liimana.[22.]

Mikrobien kasvuun ja biofilmien muodostumiseen vaikuttavat ravinteet (mm. hiili, typpi, fosfori) ja olosuhteet (mm. pH, lämpötila, virtausominaisuudet ja putkiston materiaali). Biofilmien esiintyminen vesijohtoverkostossa vaikuttaa mm. terveydellisiin, esteettisiin sekä teknisiin asioihin. Biofilmit voivat aiheuttaa esimerkiksi korroosiota putkistossa, heikentää veden laatua (väri, haju, maku) ja ne voivat sisältää terveydelle haitallisia mikrobeja. Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa biofilmien muodostumiselle.[22.]

6.2 Korroosio

Korroosio vaikuttaa lähinnä metalli- sekä asbestisementtiputkiin. Muoviputket ovat syöpymättömiä ja siksi niitä suositaankin nykyisin vesijohtoverkostoissa. Suomen pohjavedet ovat yleensä pehmeitä ja happamia. Pintavesien saostus-pH on aina happaman puolella. Näin ollen korroosiota voidaan estää pH:ta nostamalla sekä alkaliteettia lisäämällä. Rautapitoisten pohjavesien käsittelyssä käytettävä ilmastus auttaa myös korroosion estämisessä.[16.]

Korroosio aiheuttaa mm. vedenjohtokyvyn vähenemistä. Metallisissa putkissa korroosio aiheuttaa myös liuenneen metallin pitoisuuden nousua, joka aiheuttaa esimerkiksi veden värjäytymistä. Etenkin kupariputkissa korroosio saattaa syövyttää reiän ja aiheuttaa vuodon.[16.]

7 MIKKELIN VESILAITOS

7.1 Historiaa

Ensimmäisen kerran Mikkelin kaupunginvaltuustossa keskusteltiin vesiasioista 9.8.1876, koska kaupungin kaivo oli saastunut. Asian korjaamiseksi aloitettiin syksyllä 1908 vesilaitoksen suunnittelu sekä pohjavesialueiden tutkimukset, jonka perusteella päätettiin alkaa hyödyntää Kalevankankaan pohjavettä. Varsinaiset vesilaitoksen rakennustyöt aloitettiin 23.2.1911, jolloin rakennettiin myös Naisvuoren vesitorni sekä runkolinja Naisvuorelle. Veden kulutus kasvoi kaupungissa toisen maailmansodan aikana ja tämän vuoksi vuonna 1943 rakennettiin Hanhikankaan laitoksen laajenusosa. Kaupunki kasvoi nopeasti ja vuonna 1950-luvun alussa rakennettiin uusi isompi 2000 m³:n vesitorni Kirjalan mäelle. Vuonna 1959 Pursialan vesilaitoksen rakennustyöt olivat valmiit ja se vastasi yksinään Mikkelin alueen veden saannista.[11.]

Hanhikankaan laitos jouduttiin kuitenkin ottamaan uudestaan käyttöön 1968 veden kulutuksen kasvaessa. 1970-luvun alussa Pursialan laitokseen päätettiin tehdä alavesisäiliö ja Kaihunharjulle rakennettiin imeytysallas tekopohjaveden tekemiseksi. Vuonna 1977 imeytysaltaita rakennettiin myös Moisison sorakuopan alueelle.[11.]

Vesilaitoksen toiminta-alue laajeni vuonna 1985, Mikkelin maalaiskunnan osaliitoksen seurauksena. Tällöin vesilaitoksen hallintaan tuli myös Hietalahden pohjavedenotamo. Vesilaitoksen automaatiota ja kaukokäyttöä parannettiin vuonna 1988 ja näin sekä vesi- että viemärilaitosten käyttö ja valvonta oli mahdollista siirtää Kenkäveroniemen keskusvalvomoon. Hanhikankaan laitoksen kemikalointia ja selkeytystä uudistettiin vuosina 1988 ja 1989. Hietalahden vesilaitoksen toimintaa puolestaan ajanmukaistettiin 1989 – 1991.[11.]

Pursialan laitoksen saneerausta alettiin suunnitella vuonna 2000. Tavoitteena on parantaa raakaveden sisäänottoa, automatisoida laitoksen käyttöä sekä uudistaa korkeapainepumppaus.[11.]

7.2 Puhtaan veden tuotanto

7.2.1 Tekopohjavesi

Tekopohjavesi on pohjavesiesiintymästä pohjavesikaivojen avulla otettavaa vettä, jonka määrää on lisätty pintaveden avulla. Tekopohjavettä muodostetaan imeyttämällä pintavettä maaperään esimerkiksi sadettamalla (kuva 1) tai allasimeytyksellä (kuva 2). Näin voidaan lisätä pohjavesiesiintymän antoisuutta ja tuottaa lähes luonnontilaisen pohjaveden kaltaista tasalaatuista vettä. Allasimeytyksessä vesi imeytetään altaiden kautta maaperään ja sadetusimeytyksessä vesi johdetaan putkistojen kautta muokkamattoon maastoon pohjakasvillisuuden päälle.[12,13.]



KUVA 1. Sadetusimeytys [12].



KUVA 2. Allasimeytys [13].

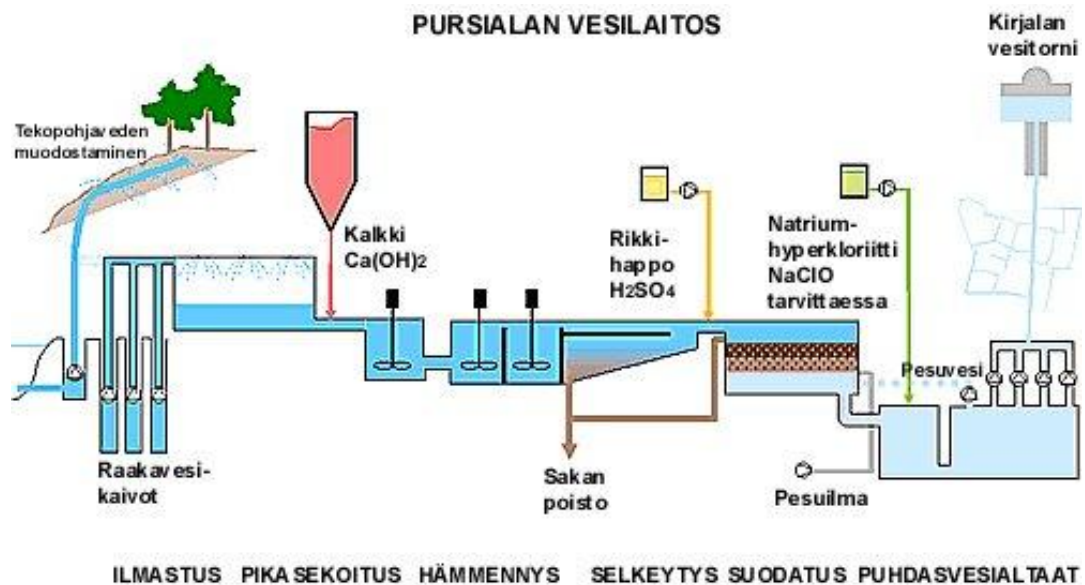
Tekopohjavesilaitokset ovat toimineet pääsääntöisesti hyvin. Joillakin laitoksilla on kuitenkin 20 – 40 vuoden imeytyksen jälkeen havaittu vedenläpäisevyyden heikkene- mistä. Tämä on johtunut imeytysaltaan pintaosiin muodostuneista rauta- ja man- gaanisaostumista. Imeytysaltaiden suodatinhiekkakerroksen vaihto säännöllisesti eh- käisee tukkeutumista.[13.]

7.2.2 Tuotantoprosessi Mikkelissä

Mikkelin Vesilaitoksen kolmesta pohjavedenottamosta (Pursiala, Hanhikangas, Hietalahti) toimitetaan talousvettä kulutukseen. Nämä laitokset toimivat myös pääsääntöisesti raudan ja mangaanin poistolaitoksina. Raakavesi hankitaan pohjavedestä sekä tekopohjavedestä. Pohjavesiesiintymät ovat toisistaan erillisiä ja ne sijaitsevat keski-kaupungin läpi kulkevassa harjujaksossa. Pohjaveden hankinta-alueisiin kohdistuu runsaasti likaantumiseriskejä niiden sijainnista johtuen. Suurimmat riskit sijoittuvat Pursialan pohjavesialueelle, jossa on runsaasti liikennettä, huoltoasemia, puhdistamontonta maaperää sekä vanhan teollisuuden täyttö- ja kaatopaikka alueita.[2,14.]

Pursialan osuus kokonaisvedentuotannosta on suurin, 70,5 %. Raakavettä Pursialassa käsitellään noin 2 400 000 m³ vuodessa. Tästä määrästä noin 730 000 m³ on tekopohjavettä. Päivittäinen tuotanto tällä laitoksella on noin 5 800 m³. Hanhikankaan laitoksen osuus on 24,8 % tuotannosta. Siellä käsitellään raakavettä noin 850 000 m³ vuodessa. Päivässä tuotetaan noin 2 000 m³ vettä. Hietalahden laitoksen osuus tuotannosta on 4,7 %. Raakavettä käsitellään vuosittain noin 140 000 m³. Päivittäinen tuotanto on noin 390 m³. Tulokset perustuvat vuoden 2005 tietoihin.[2.]

Vesilaitoksissa käytetään tarpeellista puhdistusprosessia talousveden laadun varmistamiseksi (kuva 3). Pohjavesi pumpataan siiviläputkikaivoista uppopumpuilla ilmastukseen, jossa vesi hapettuu ja siitä poistuu hiilidioksidia. Hapettuneeseen veteen lisätään kalkkia, jotta rauta ja mangaani saadaan saostumaan hämmennysaltaissa. Tämän jälkeen selkeytysaltaissa saostumat laskeutuvat pääosin altaiden pohjille. Sitten vesi menee ylivuotona hiekkasuodattimille, joissa loput saostumista poistetaan. Suodattimille menevän veden pH säädetään rikkihapolla sopivaksi (8,3 - 8,6). Pursialan ja Hanhikankaan laitoksilla käytetään käsittelyprosessina siis ilmastusta, alkalointikemikaalin syöttöä, saostusta ja selkeytystä, neutralointikemikaalin syöttöä ja suodatusta. Hietalahden vedenottamolla on käytössä vastaava prosessi painesäiliösuodatuksella, mutta ilman neutralointikemikaalia.[2,14.]



KUVA 3. Purssialan vesilaitoksen puhdistusprosessi [14].

7.2.3 Jakeluverkosto

Ominaisvedenkulutus vuonna 2006 oli noin 230 l/as/vrk, laskettuna verkostoon pumpatusta vesimäärästä ja kun arvioitu liittyneiden asukkaiden määrä kaupungissa on noin 43 000. Vesijohtoverkon pituus vuonna 2006 oli noin 322 000 metriä.[15.]

Mikkelin alueen vesijohtoverkosto muodostuu neljästä erillisestä jakelualueesta, joiden sisällä on erillisiä paineenkorotusalueita. Kaupunkialueen verkostoon kuuluu Kiiskinmäen ylavesisäiliö (tilavuus 2000 m³), Purssialan vesilaitoksen alavesisäiliö (tilavuus 2250 m³) sekä Hanhikankaan vesilaitoksen alavesisäiliö (tilavuus 450 m³). Tuukkalan alueen painepiiriin kuuluu Tuukkalan ylavesisäiliö (kuva 4), jonka tilavuus on 800 m³. Tuukkalan painepiiriin kuuluvat myös Kaituenmäki sekä Silvasti. Otavassa on ylavesisäiliö, jonka tilavuus on 600 m³. Anttolassa ylavesisäiliön tilavuus on 250 m³. Haukivuorella on myös oma alavesisäiliö. Pitkäjärven teollisuusvesipainepiirillä on puolestaan oma pintavesilaitos.[15.]



KUVA 4. Tuukkalan ylävesisäiliö [15].

Mikkelin taajamissa on kuluttajia yhteensä noin 43 000. Näistä 28 000 asuu kantakaupungin alueella. Rantakylä on toiseksi suurin alue, siellä kuluttajia on noin 4 500. Tuukkalassa kuluttajia on 3 000, Otavassa 2 500 ja Anttolassa 1 000. Haja-asutusalueilla on arviolta noin 3 000 kuluttajaa.[2.]

7.2.4 Varavedenotto

Pursialan vesilaitoksen tuotannon osuus on 70 % koko tuotetusta vedestä. Tämän vuoksi Mikkelin vedenhankintastrategiaan kuuluu tavoite varavedenoton lisäämiseksi. Mikkelin kokonaisvedentuotannon varavesiprosentti on alle 50 %. Häiriötilanteissa Hanhikankaan vesilaitoksen tuotanto voidaan korvata Pursialan vesilaitoksen avulla. Hietalahden vedenottamon painepiirissä voidaan automaation avulla käynnistää vedenjakelu kantakaupungista. Anttolassa voidaan ottaa käyttöön pintavesilaitos, mutta veden laatu ei ole heti talousvesinormien mukainen. Otavassa voidaan myös ottaa käyttöön pintavesilaitos, mutta sielläkään ei veden laatu ole heti normien mukaista.[2.]

7.2.5 Talousveden laadunvalvonta

Jos talousvettä toimitetaan vähintään 10 m³ tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin, on laitoksen valvontatutkimusohjelma toimitettava tiedoksi lääninhallitukselle sekä asianomaiselle ympäristökeskukselle. Valvontasuunnitelma on tarkastettava vähintään viiden vuoden välein ja silloin, kun olosuhteiden muuttumisen vuoksi sitä on pidettävä tarpeellisena.[1.]

Mikkelin Vesilaitoksen toimittaman talousveden laadun säännöllistä tarkkailua varten on laadittu laitos- ja jakelualuekohtainen valvontatutkimusohjelma. Valvontatutkimusohjelmassa on huomioitu laitoskohtaiset erityispiirteet sekä paikallisista olosuhteista johtuvat erityispiirteet. Valvontasuunnitelma perustuu 26.5.2000 annettuun sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000). Valvontasuunnitelmaa täydentää lisäksi Mikkelin Vesilaitoksen käyttötarkkailuohjelma.[2.]

Viranomaisvalvonnan hoitavat Mikkelin seudun ympäristöpalvelut. Vesilaitoksen käyttötarkkailua puolestaan suorittaa vesilaitoksen käyttöyksikkö omassa laboratorioissaan. Kaikki valvontasuunnitelmaan kuuluvat jaksottaisen valvonnan tutkimukset hankitaan toimintaan oikeutetulta ulkopuoliselta laboratoriolta.[2.]

Jatkuvan valvonnan tarkoituksena on säännöllisen tiedon hankinta talousveden aistinvaraisesta ja mikrobiologisesta laadusta sekä talousveden käsittelyn ja desinfioinnin tehokkuudesta. *Clostridium perfringensia* on seurattava jatkuvassa valvonnassa ainoastaan pintavesilaitoksilla ja tekopohjavesilaitoksilla. Jatkuvaan valvontaan tulee sisällyttää mahdolliset lisämääritykset, jos ne katsotaan aiheelliseksi.[1.]

Jaksottaisen seurannan avulla puolestaan terveydensuojeluviranomainen selvittää täytäkö talousvettä toimittavan laitoksen toimittama vesi talousvesiasetuksen laatuvaatimukset. Jaksottaiseen seurantaan tulee tarvittaessa sisällyttää mahdolliset paikallisten olosuhteiden pohjalta asetetut lisämääritykset.[1.]

8 NÄYTTEENOTTO

Kaikki näytteet otettiin päiväsaikaan kello 10 – 14.30 välisenä aikana. Tämä johtui siitä, että näytteet oli saatava laboratorioon aina kello 15.00 mennessä. Aamuisin vedenkulutus on yleensä runsasta, koska ihmiset ovat lähdössä töihin ja kouluun. Tämän vuoksi ottamamme vesi ei ole luultavasti seisonut pitkään putkistossa, ainakaan niissä kohteissa, joissa asukkaita on enemmän. Toisaalta putkistot ovat hyvin pitkiä osaan näytekohteisiin, joten vesi tuskin on suoraan vesilaitokselta sinä aamuna tullutta.

Näytteet otettiin yleensä näytteenottokohteen keittiön hanasta. Vettä valutettiin aina niin kauan, kunnes veden lämpötila ja happipitoisuus näytti tasaantuvan. Tämä tehtiin sen vuoksi, jotta voitiin eliminoida parhaiten kohteen omien vesijohtojen vaikutus tuloksiin. Vesi ei siis ollut kohteen putkistossa seisonutta, vaan verkostoveden laatu saatiin tutkittua paremmin linjastosta.

Näytteitä otettiin Mikkelin Vesilaitoksen verkoston lisäksi myös Hirvensalmen Veden jakeluverkoston alueelta. Hirvensalmen Vesi ottaa raakavetensä alueen pohjavesivaroista. Näytteet haettiin neljän päivän aikana. Näytteenottajina toimivat Jonne Raatikainen sekä terveystarkastaja Kalle Nieminen. Lähes jokaisesta näytepisteestä otettiin paikan päällä liuenneen hapen pitoisuus. Muut tutkimukset tehtiin Savolabissa.

Hirvensalmen Veden jakeluverkoston alueelta otettiin näytteitä viidestä eri pisteestä 13.1.2010. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevästä vedestä otettiin vertailunäyte. Muut näytteet otimme Hirvensalmen keskustassa sijaitsevalta SEO-huoltoasemalta, Ripatin vesiosuuskunnan päätepisteestä sekä Suonteen vesiosuuskunnan pisteestä Tuukkalan kyläkaupalta. Hirvensalmelta menee nykyisin uusi linja myös Otavaan asti. Otimme tästä linjasta näytteen Otavan opistolta sekä Kotalahden vesiosuuskunnan pisteestä Susiniemen leirikeskukselta.

Mikkelin Vesilaitoksen verkostosta näytteitä otettiin yksitoista. 12.1.2010 haimme näytteet keskustan alueelta Rokkalan K-Supermarketista, Kahvila Vaahterasta Savilahdenkadun päästä, Ristiinantien Shell Simpukasta sekä Savolabista. Tämän lisäksi näytteitä otimme Anttolanhovista Anttolasta sekä Järvi-Suomen Portilta Vanhan Otavantien varrelta. 19.1.2010 haimme näytteet Mikkelin Vesilaitoksen lähtevästä vedestä

sekä Viinamäen vesiosuuskunnan vedestä, eräästä Härkäniemen Tupien huvilasta. 20.1.2010 haimme näytteet Koivikon vesiosuuskunnan pisteestä K-Extra Myyryläisestä, Tarsalanjärven vesiosuuskunnasta, Vesihäisi-vesiosuuskunnasta Hirolan koululta sekä Vesihäisiosuuskunnan päätepiesteestä Veikantieltä. Mikkelin vesilaitoksen verkostovedet tulivat sekä Pursialan että Hanhikankaan vedenottamoilta. Vedet sekoittuvat putkistoissa eikä voida suoraan sanoa, miten paljon vettä tulee miltäkin laitokselta kyseisiin näytepisteisiin.

Vedenjakeluverkostoissa käytetään yleisesti joko 90 mm tai 110 mm halkaisijaltaan olevia PEH-putkia. Näissä putkissa vesi seisoo etäisyyksistä ja veden käyttömäärästä riippuen noin 2 – 10 päivää. Esimerkkinä Suonteen vesiosuuskunta, jossa putkien halkaisija on 110 mm, pituus noin 13 – 14 km ja kulutus noin 30 m³/d. Näin ollen sama vesi on enimmillään noin viikon verran putkistossa. Tarkat kartat löytyvät tämän työn liitteinä, mistä näkee putkistojen kulkureitit ja pituuden.

9 NÄYTTEIDEN TUTKIMINEN

Näytteenoton yhteydessä mitattiin veden lämpötila sekä veteen liuenneen hapen pitoisuus. Muut tutkimukset suoritettiin Mikkelin Savolabissa, johon näytevedet vietiin aina päivän päätteeksi. Liuennut happi mitattiin WTW:n Oxi 340-B/set on-line mittauslaitteella, joka on optinen, luminenssiin perustuva mittalaite. Näytteistä tehdyt määrittämissen menetelmät on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Määrittämissen menetelmät

	Määrittämissen menetelmä
Escherichia coli	SFS 3016/2001
Kolimuotoiset bakteerit	SFS 3016/2001
Heterotrofinen pesäkeluku (22 °C)	SFS-EN ISO 6222/1999
Ammonium	SFS 3032/76
Mangaani	ICP-menetelmä
Rauta	ICP-menetelmä
Permanganaattiluku	SFS 3036/81
Kokonaiskovuus	SFS 3003/87
Sameus	SFS-EN 27027/94 k
Sähkönjohtokyky	SFS-EN 27888/94
pH	SFS 3021/79
Väriluku	SFS-EN ISO 7887/95
Kokonaisfosfori	SFS 3026/86 k

10 TULOKSET

10.1 Näytteenottokohteet

Tuloksia esittämissä taulukoissa ei tilanpuutteen vuoksi käytetä kohteen nimiä vaan niille annettuja numeroita. Tässä taulukossa (taulukko 2) esitetään kohteet ja niitä vastaavat numerot. Tulosten havainnollistamiseksi Mikkelin Vesilaitoksen verkosto on taulukoissa väriltään sininen ja Hirvensalmen verkosto vihreä. Vesilaitosten lähtevä vesi on taulukoissa sävyltään muita tummempi.

TAULUKKO 2. Näytteenottokohteet ja vastaavat numerot

Vastaava numero	Näytepiste
1	Mikkelin Vesilaitos, lähtevä
2	Kahvila Vaahtera, Savilahdentie
3	K-Supermarket, Rokkala
4	Shell Simpukka, Ristiinantie
5	Savolab, Graani
6	Järvi-Suomen Portti, Tikkala
7	Anttolanhovi, Anttola
8	Viinamäen vesiosuuskunta, Härkäniemen tuvat
9	Koivikon vesiosuuskunta, K-Extra Myyryläinen
10	Tarsalanjärven vesiosuuskunta
11	Vesihäisi, Hiirolan koulu
12	Vesihäisi, Veikantie
13	Hirvensalmen vesilaitos, lähtevä
14	Hirvensalmi, SEO
15	Suonteen vesiosuuskunta, Tuukkalan kyläkauppa
16	Ripatin vesiosuuskunta
17	Otavan opisto
18	Kotalahden vesiosuuskunta, Susiniemen leirikeskus

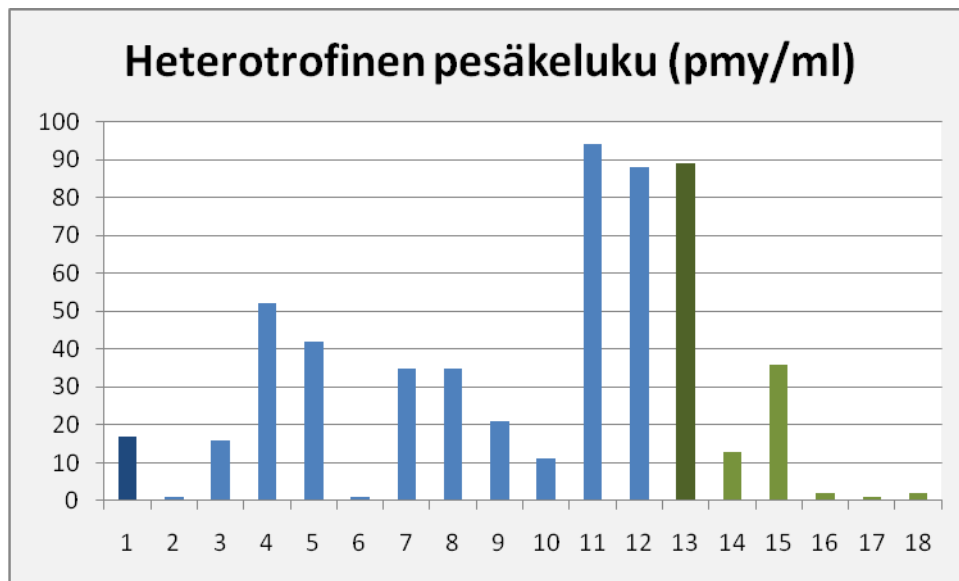
10.2 Mikrobiologisen laadun tulokset

Tässä tutkimuksessa ei todettu yhtään *E. colia* tai koloformista bakteeria.

10.2.1 Heterotrofinen pesäkeluku

Mikkelin verkostovesinäytteiden heterotrofinen pesäkeluku oli välillä 0 – 94 pmy/ml. Keskiarvo oli 34,4 pmy/ml. Mikkelin vesilaitoksen lähtevässä vedessä heterotrofinen pesäkeluku oli 17 pmy/ml. Kuvassa 5 on esitetty vesinäytteiden heterotrofinen pesäkelukumäärä (pmy/ml).

Hirvensalmen verkstovesinäytteiden pesäkeluku oli välillä 0 – 89 pmy/ml (kuva 5). Keskiarvo oli 23,8 pmy/ml. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevässä vedessä pesäkeluku oli näytteenottohetkellä 89 pmy/ml.



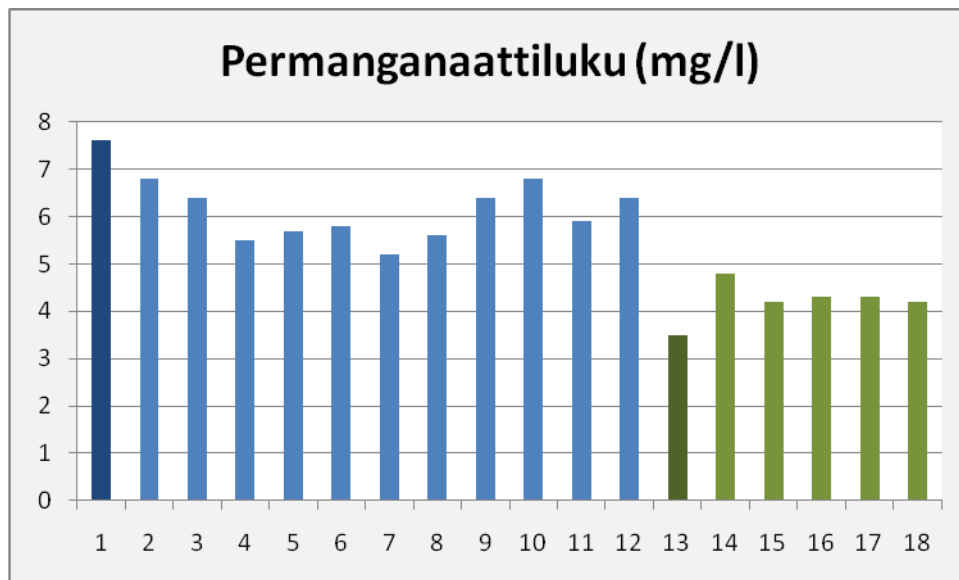
KUVA 5. Näytteiden heterotrofinen pesäkeluku (pmy/ml)

10.3 Fysikaalis-kemiallisen laadun tulokset

10.3.1 Permanganaattiluku

Mikkelin verkstovesinäytteiden permanganaattiluku oli välillä 5,2 – 7,6 mg/l (kuva 6). Keskiarvo oli 6,2 mg/l. Mikkelin vesilaitokselta lähtevän veden permanganaattiluku oli näytteenottohetkellä 7,6 mg/l.

Hirvensalmen verkoston näytevesien permanganaattiluku oli välillä 3,5 – 4,8 mg/l (kuva 6). Keskiarvo oli 4,2 mg/l. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden permanganaattiluku oli näytteenottohetkellä 3,5 mg/l.

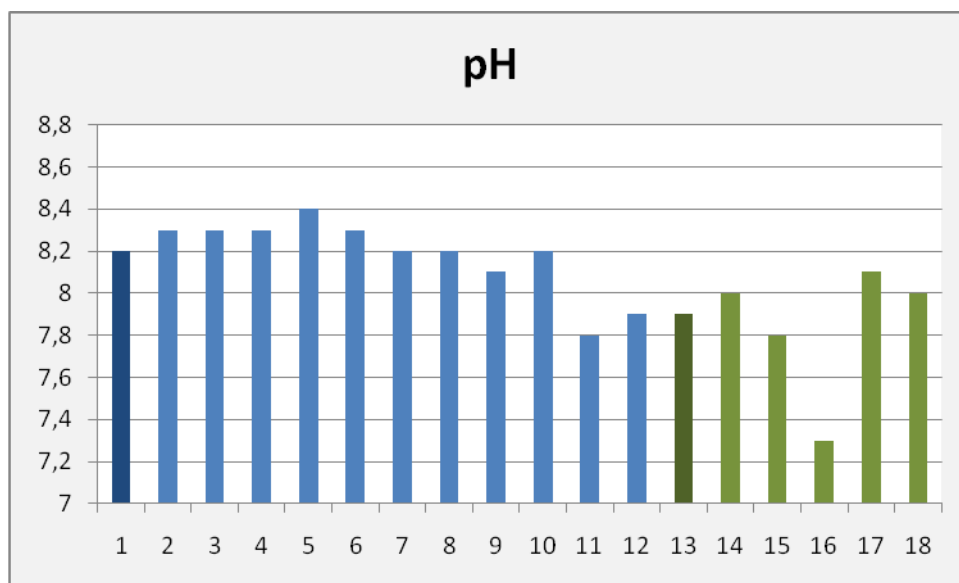


KUVA 6. Näytteiden permanganaattiluku (mg/l)

10.3.2 pH

Mikkelin verkoston näytteiden pH oli välillä 7,8 – 8,4 (kuva 7). Keskiarvo näytteiden pH:lle oli 8,2. Mikkelin vesilaitoksen lähtevän veden pH oli 8,2.

Hirvensalmen verkostosta otettujen näytteiden pH oli välillä 7,3 – 8,1. pH:n keskiarvo oli 7,9. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden pH oli näytteenottohetkellä 7,9.

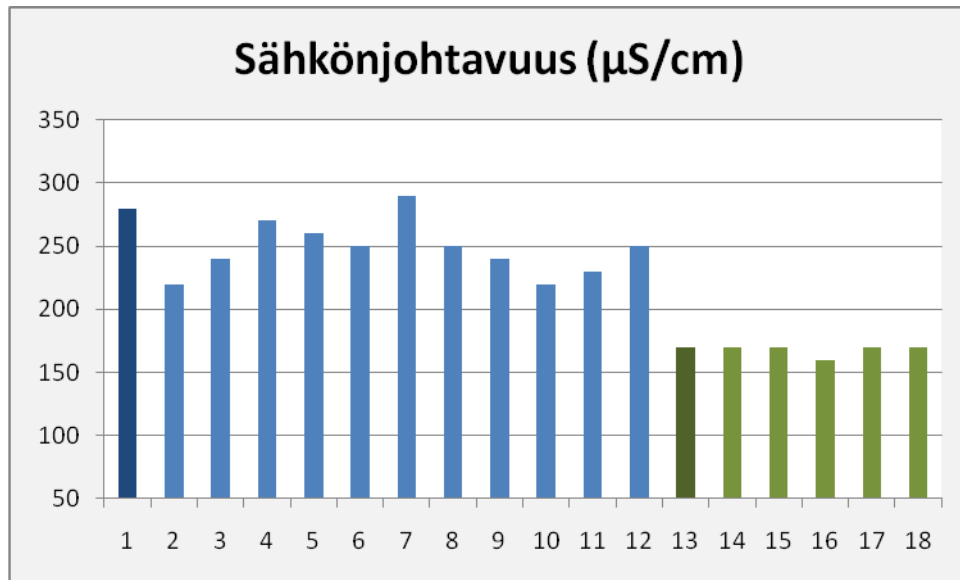


KUVA 7. Näytteiden pH-arvot

10.3.3 Sähkönjohtavuus

Mikkelin verkostosta otettujen näytteiden sähkönjohtavuus oli välillä 220 – 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kuva 8). Keskiarvo oli 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mikkelin vesilaitokselta lähtevän veden sähkönjohtavuus oli 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Hirvensalmen verkoston näytevesien sähkönjohtavuus oli välillä 160 – 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kuva 8). Keskiarvo oli 168 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden sähkönjohtavuus oli 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

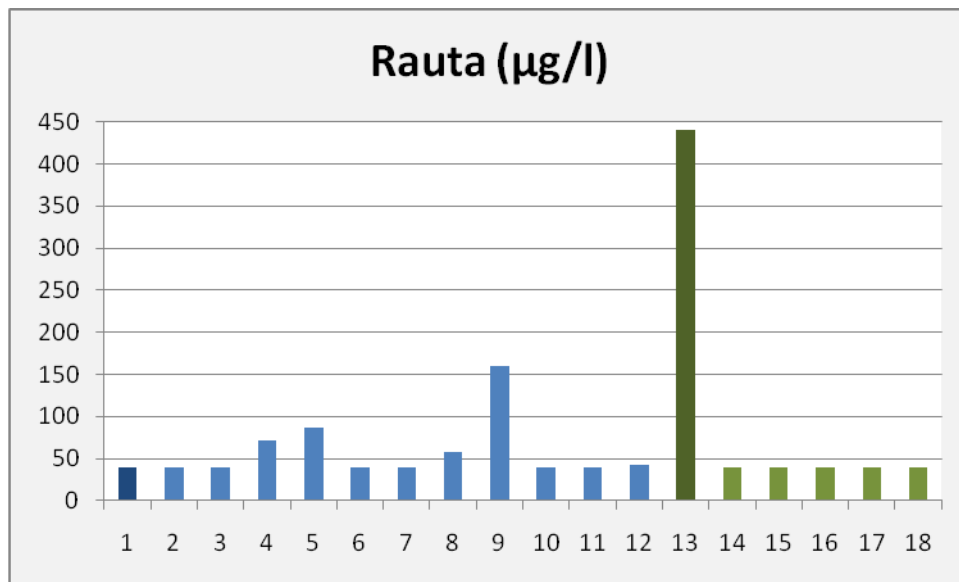


KUVA 8. Näytteiden sähkönjohtavuus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

10.3.4 Rauta

Mikkelin verkoston näytteiden rautapitoisuus oli välillä $<40 - 160 \mu\text{g}/\text{l}$ (kuva 9). Mikkelin vesilaitoksen lähtevän veden rautapitoisuus oli myös alle $40 \mu\text{g}/\text{l}$.

Hirvensalmen näytteiden rautapitoisuus oli $<40 - 440 \mu\text{g}/\text{l}$ (kuva 9). Hirvensalmen vesilaitoksen näyteveden rautapitoisuus oli $440 \mu\text{g}/\text{l}$.

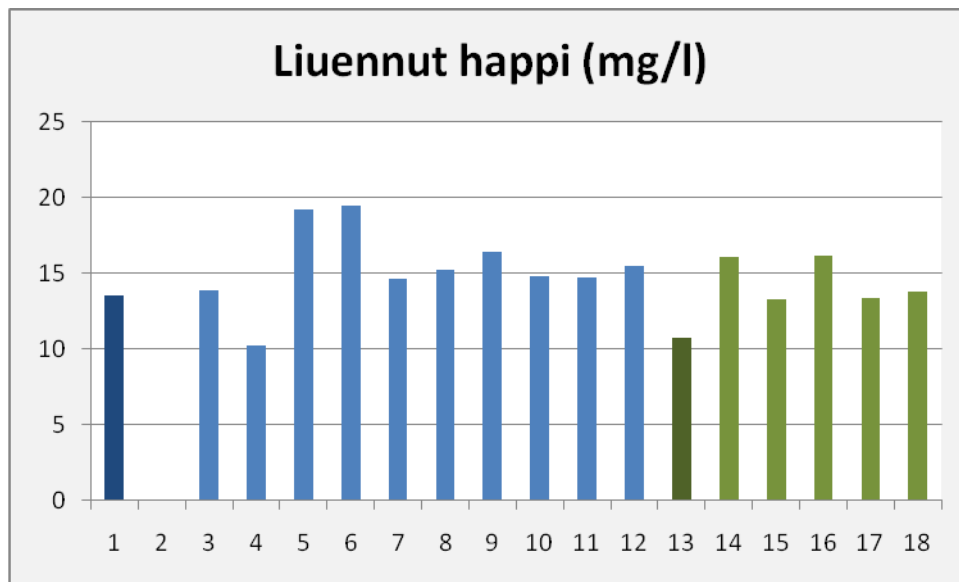


KUVA 9. Näytteiden rautapitoisuus (µg/l)

10.3.5 Liennut happi

Mikkelin Vesilaitoksen verkostossa liuenneen hapen pitoisuus oli välillä 10,2 – 19,5 mg/l (kuva 10). Vesilaitoksen lähtevästä vedestä otetussa näytteessä oli liennuttua happea 13,5 mg/l. Mikkelin verkoston näytteiden, mukaan luettuna vesilaitoksen lähtevä vesi, liuenneen hapen keskiarvo oli 15,2 mg/l.

Hirvensalmen vesijohtoverkostossa liuenneen hapen pitoisuus oli välillä 13,3 – 16,2 mg/l (kuva 10). Hirvensalmen vesilaitokselta lähtevässä vedessä liennuttua happea oli puolestaan 10,75 mg/l. Hirvensalmen verkoston näytteiden, mukaan luettuna vesilaitoksen lähtevä vesi, liuenneen hapen keskiarvo oli 13,9 mg/l.

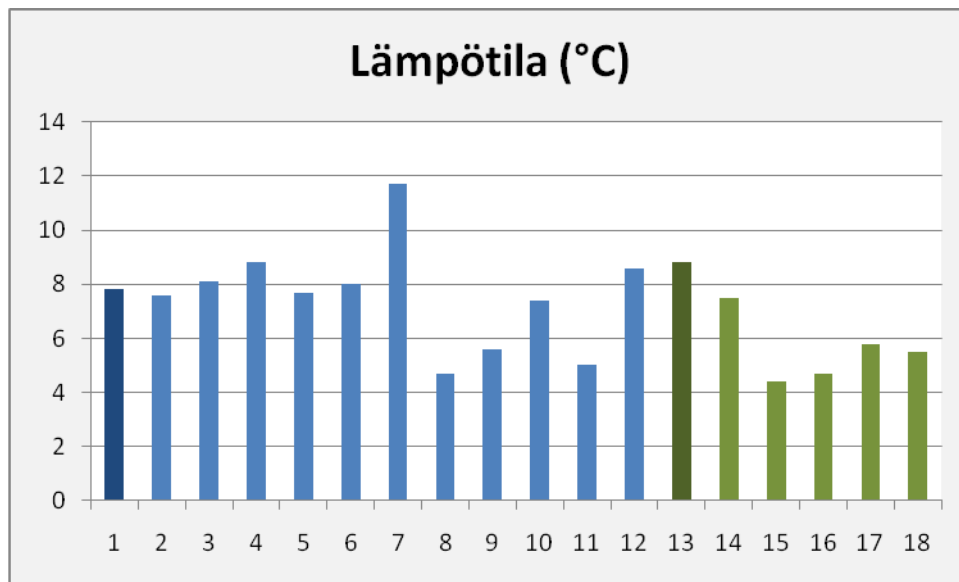


KUVA 10. Näytteiden liuenneen hapen pitoisuus (mg/l)

10.3.6 Lämpötila

Mikkelin Vesilaitoksen lähtevän veden lämpötila oli 7,8 °C. Muuten Mikkelin Vesilaitoksen verkoston alueella lämpötilat olivat välillä 4,7 - 11,7 °C (kuva 11). Ainoastaan Anttolasta otettu vesi oli selvästi vesilaitokselta lähtevää vettä lämpimämpää. Mikkelin verkoston ja vesilaitosveden keskiarvoinen lämpötila oli 7,6 °C.

Hirvensalmen vesilaitokselta lähtevä vesi oli 8,8 °C. Muut tähän verkostoon kuuluvat vedet olivat lämpötilaltaan 4,4 – 7,5 °C (kuva 11). Vesi siis kylmeni lähdettyään vesilaitokselta. Hirvensalmen vesiverkoston ja vesilaitoksen lähtevän veden keskiarvoinen lämpötila oli 6,1 °C.



KUVA 11. Näytevesien lämpötilat

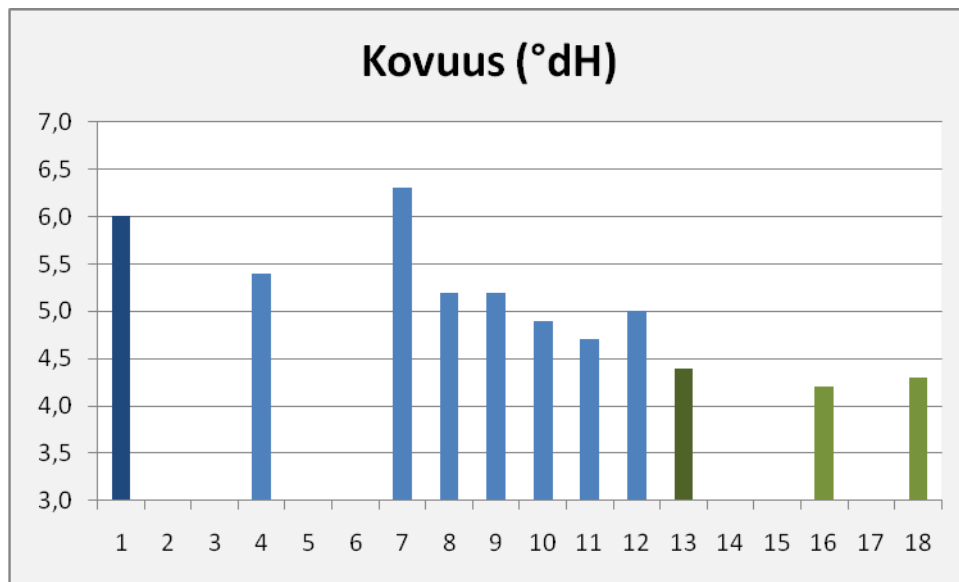
10.3.7 Mangaani

Mangaania ei todettu yhdessäkään näytteessä yli tutkittavan arvon 10 µg/l.

10.3.8 Kovuus

Mikkelin verkostosta otettujen näytteiden kovuus oli välillä 4,7 – 6,3 °dH (kuva 12). Näytteiden keskiarvoinen kovuus oli 5,3 °dH. Mikkelin vesilaitoksen lähtevän veden kovuus oli 6,0 °dH.

Hirvensalmen verkoston näytteiden kovuus oli välillä 4,2 – 4,4 °dH (kuva 12). Keskiarvo oli 4,3 °dH. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden kovuus oli näytteenottohetkellä 4,4 °dH.

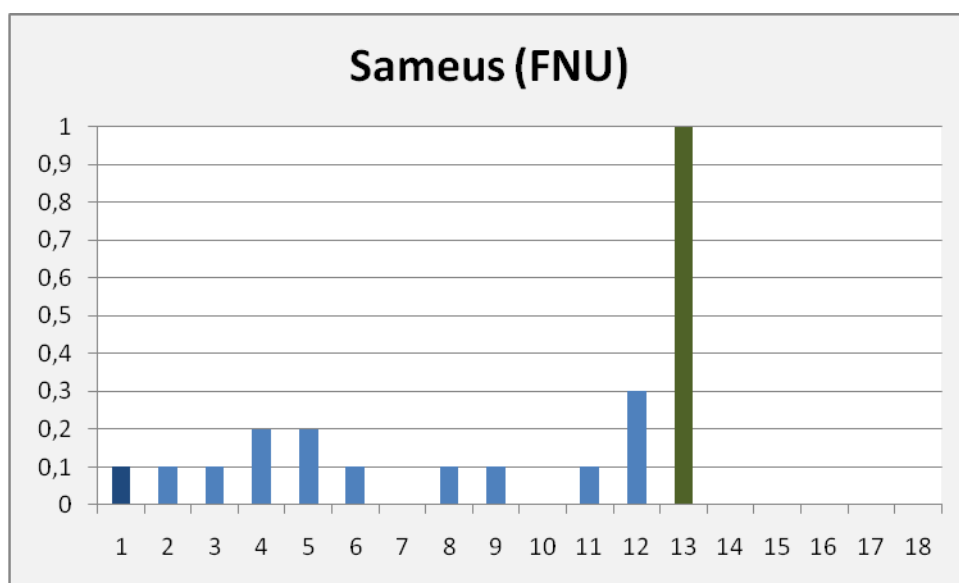


KUVA 12. Näytevesien kovuus (°dH)

10.3.9 Sameus

Mikkelin verkoston näytteiden sameus oli välillä <0,1 – 1,3 FNU (kuva 13). Keskiarvo oli näytteille 0,1 FNU. Mikkelin vesilaitokselta lähtevän veden sameus oli 0,1 FNU.

Hirvensalmen verkoston näytteiden sameus oli välillä <0,1 – 4,5 FNU (kuva 13). Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevässä vedessä sameus oli 4,5 FNU. Muut näytteet olivat alle 0,1 FNU.



KUVA 13. Näytteiden sameus (FNU)

10.3.10 Ammonium

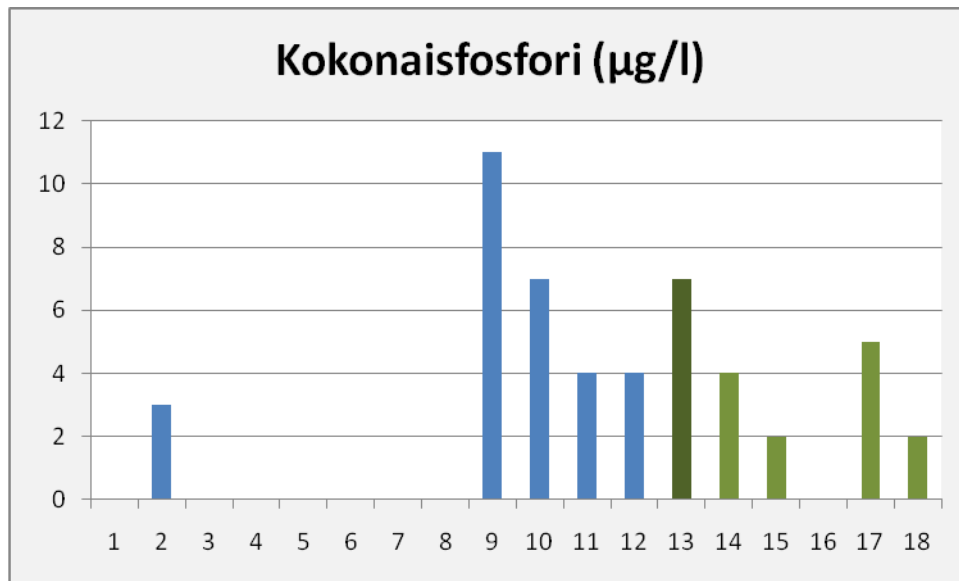
Ammoniumia ei todettu yhdessäkään näytteessä yli tutkittavan arvon 0,02 mg/l.

10.4 Ravinneanalyysien tulokset

10.4.1 Kokonaisfosfori

Mikkelin verkoston vesinäytteiden kokonaisfosforipitoisuus oli välillä $<2 - 11 \mu\text{g/l}$ (kuva 14). Keskiarvo oli $2,4 \mu\text{g/l}$. Mikkelin vesilaitokselta lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus oli alle $2 \mu\text{g/l}$.

Hirvensalmen verkoston vesinäytteiden kokonaisfosforipitoisuus oli välillä $<2 - 7 \mu\text{g/l}$ (kuva 14). Keskiarvo kokonaisfosforille oli $3,3 \mu\text{g/l}$. Hirvensalmen vesilaitokselta lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus oli $7 \mu\text{g/l}$.



KUVA 14. Näytteiden kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$)

11 TULOSTEN TARKASTLU

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan saatuja tuloksia talousvesiasetuksen 461/2000 laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin sekä vesilaitosten lähtevän veden laatuun. Lisäksi pitkien vesilinjojen tuloksia vertaillaan lähempänä vesilaitosta sijaitseviin tutkimuskohteisiin, joista otettiin myös näytteet.

11.1 Mikrobiologinen laatu

Escherichia colin sekä koliformisten bakteerien osalta mikrobiologinen laatu vaikuttaa hyvältä, sillä näytteistä ei todettu yhtään kappaletta kyseisiä bakteereja. Näin ollen pitkät vesilinjat eivät vaikuta ainakaan näiden bakteerien esiintymiseen ja kasvuun otettujen näytteiden perusteella.

11.1.1 Heterotrofinen pesäkeluku

Talousvesiasetuksessa heterotrofiselle pesäkeluvulle on annettu laatusuositus, jonka mukaan pesäkeluvussa ei saisi tapahtua epätavallisia muutoksia. Verkostovedessä on kuitenkin standardin SFS-EN ISO 6222 mukaan määritettynä yleensä alle 100 pmy/ml.

Yhdessäkään Mikkelin vesilaitoksen verkoston näytepisteessä ei tämä arvo noussut yli 100 pmy/ml. Vesilaitokselta lähtevän veden heterotrofinen pesäkeluku oli 17 pmy/ml ja pesäkeluku kasvoi maksimissaan arvoon 94 pmy/ml ja toiseksi suurin arvo oli 88 pmy/ml. Nämä arvot ovat kuitenkin jo lähellä yleistä 100 pmy/ml arvoa. Molemmat korkeat arvot olivat Vesihäisi-osauskunnan verkosta otetuissa näytteissä. Nämä arvot saattavat johtua siitä, että verkosto on vielä uusi ja sitä ollaan edelleen rakentamassa.

Neljässä näytteessä heterotrofinen pesäkeluku oli pienempi kuin lähtevässä vedessä. Kaksi näistä oli Mikkelin keskustan tuntumassa ja kaksi oli kauempana keskustasta, Tarsalanjärven vesiosuuskunnan sekä Järvi-Suomen Portin vesinäytteissä. Muissa näytteissä pesäkeluku oli kasvanut jonkin verran, mutta mitään hälyttävää ei ole havaittavissa.

Myöskään yhdessäkään Hirvensalmen vesilaitoksen verkoston näytevedessä ei heterotrofinen pesäkeluku ollut yli 100 pmy/ml. Tosin Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevässä vedessä oli näytteenottohetkellä melko korkea pesäkeluku, 89 pmy/ml. Tämä korkea pesäkeluku on luultavasti johtunut siitä, että vähän ennen näytteenottoa vesilaitoksella oli päässyt tapahtumaan jäätymistä, joten heterotrofinen pesäkeluku oli päässyt kasvamaan jonkin verran. Tämäkään ei kuitenkaan ylittänyt tuota yleistä 100 pmy/ml arvoa, joten suurempaa aiheutta huoleen ei ole.

Muissa Hirvensalmen näytteissä ei ollut lähellekään vesilaitokselta lähtevän veden kaltaisia lukemia heterotrofisessa pesäkeluvussa. Kaikki näytteet jäivät selvästi alle 100 pmy/ml arvon ja kolmessa näytteessä pesäkeluku oli lähellä nollaa. Nämä näytteet oli otettu Otavan opistolta, Kotalahden vesiosuuskunnasta Susiniemen leirikeskukselta sekä Ripatin vesiosuuskunnasta.

Tulosten perusteella ei ole havaittavissa, että pitkät vesilinjat vaikuttaisivat suoranaisesti heterotrofisen pesäkeluvun kasvuun. Osassa näytteistä pesäkeluku oli hieman kasvanut, mutta osassa taas se oli pienempi kuin vesilaitoksen lähtevässä vedessä. Yhdessäkään näytteessä ei ollut huomauttamista siitä, että arvot olisivat nousseet yli 100 pmy/ml.

11.2 Fysikaalis-kemiallinen laatu

11.2.1 Permanganaattiluku

Kaliumpermanganaattiluvulle on asetettu talousvesiasetuksessa laatusuosituksena raja-arvo 20 mg/l, mutta välillisten vaikutusten välttämiseksi tulee tavoitella arvoa < 8 mg/l.

Mikkelin vesilaitoksen verkoston näytteet jäivät kaikki alle permanganaatin raja-arvon 8 mg/l. Vesilaitoksen lähtevän veden permanganaattiarvo oli 7,6 mg/l. Kaikissa näytteissä permanganaattipitoisuus oli alle tuon vesilaitokselta lähtevän veden permanganaattipitoisuuden. Pienin permanganaattipitoisuus oli Anttolassa Anttolanhovista otetusta näytteessä, siinä pitoisuus oli 5,2 mg/l. Muissa näytteissä oli tätä jonkin verran enemmän permanganaattia, Tarsalanjärven vesiosuuskunnassa ja Savilahdentien Kah-

vila Vaahterassa pitoisuus oli 6,8 mg/l. Muut arvot sijoittuivat näiden väliin melko tasaisesti.

Myös Hirvensalmen verkoston näytteet jäivät selvästi alle raja-arvon. Vesilaitokselta lähtevässä vedessä oli pienin permanganaattiluku, 3,5 mg/l. Muiden näytteiden permanganaattiluku oli tasaisesti hieman yli 4 mg/l. Lähinnä vesilaitosta olevan SEO:n näytteessä permanganaattiluku oli korkein, 4,8 mg/l.

Hirvensalmen verkostossa permanganaattiluku oli tasaisesti hieman vesilaitoksen permanganaattilukua korkeampi, mutta jäi kuitenkin selvästi alle raja-arvon. Mikkelin verkostossa puolestaan permanganaattiluku oli vesilaitosvettä alhaisempi jokaisessa näytteessä. Mikkeliissä sekä lähellä että kauempana vesilaitosta olevien näytteiden permanganaattiluvussa ei ole suuria eroavuuksia. Hirvensalmella lähempänä laitosta otetussa näytteessä permanganaattiluku oli hieman kauempia näytteitä korkeampi. Pitkillä vesilinjoilla ei näytä näiden tulosten valossa olevan merkitystä permanganaattipitoisuuksiin, eivätkä pitoisuudet nouse missään näytepisteessä yli raja-arvon tai edes lähelle sitä.

11.2.2 pH

Vesijohtoveden pH-arvon tulee olla laatusuosituksen mukaisesti alueella 6,5 – 9,5. Vesi ei saa olla kuitenkaan haitallisessa määrin syövyttävää eikä haitallisessa määrin kalkkisaostumia lisäävää (pH yli 9,5), joten käytännössä tulee pyrkiä arvoon 7,0 – 8,8.

Mikkelin verkostossa kaikkien näytteiden pH oli laatusuositusten mukainen ja ne täyttivät myös hyvän vesijohtoveden arvot eli olivat välillä 7,0 – 8,8. Vesilaitokselta lähtevän veden pH oli 8,2 ja muiden näytteiden pH oli tasaisesti välillä 8,1 – 8,4, lukuun ottamatta Vesihisi-vesiosuusukunnan näytteitä, joissa pH oli 7,8 – 7,9. Savolabista otettu näyte oli hieman muita emäksisempää ja siellä näytteen pH oli 8,4.

Myös Hirvensalmen verkoston näytteet olivat hyvän raja-arvon sisällä. Vesilaitoksen vesi oli pH:ltaan 7,9. Muut näytteet olivat melko tasaisesti vesilaitoksen pH:n mukaisia, lukuun ottamatta Ripatin osuuskunnan näytepisteestä otettua vettä. Siellä vesi oli

jonkin verran happamampaa kuin muualla, pH oli 7,3. Tämäkin arvo on silti raja-arvojen sisäpuolella.

Muutamassa näytepisteessä on havaittavissa pH:n laskua verrattaessa vesilaitokselta lähtevään veteen. Ei ole kuitenkaan havaittavissa, että kaikissa pitkissä linjoissa tapahtuisi pH:n laskua sillä joillain linjoilla pH myös nousi hieman.

11.2.3 Sähkönjohtavuus

Talousveden sähkönjohtokyvyn laatusuositus on talousvesiasetuksen mukaan 2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Korroosio-ongelmien välttämiseksi on kuitenkin pyrittävä pienempään sähkönjohtavuuteen. Hyvän veden sähkönjohtavuus on yleensä välillä 100 – 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mikkelin verkoston näytteissä oli suhteellisen korkea sähkönjohtavuus. Vesilaitokselta lähtevän veden sähkönjohtavuus oli 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vain Anttolan Anttolanhovista otetussa näytteessä oli tätä hieman korkeampi sähkönjohtavuus, 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Muissa näytteissä sähkönjohtavuus oli melko tasaisesti alle vesilaitosveden arvon. Mikkelin verkostovesinäytteistä kahdeksan alitti tai oli hyvän veden raja-arvon rajalla, mutta kolme näytevettä ja vesilaitoksen lähtevä vesi ylitti sen. Ylittäneet näytteet olivat Savolabin näyte (260 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Ristiinantien Shell Simpukka (270 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sekä Anttolanhovin näyte (290 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Nämäkin näytteet siis alittavat kuitenkin talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen selvästi.

Hirvensalmen verkostosta otettujen näytteiden sähkönjohtavuus on hyvän veden raja-arvon sisällä. Vesilaitokselta lähtevä veden sähkönjohtavuus oli 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Muissa näytteissä sähkönjohtavuus oli sama vesilaitoksen veden kanssa yhtä lukuun ottamatta. Ripatin vesiosuuskunnan näytteessä sähkönjohtavuus oli hieman alempi, 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mikkelin verkostossa sähkönjohtavuus laski vesilaitoksen arvoon verrattuna yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Mikkelissä hyvän raja-arvon ylittäneistä kaksi oli keskustan alueella ja yksi kauempana Anttolassa, jonka sähkönjohtavuus oli korkeampi kuin vesilaitoksen lähtevän veden. Hirvensalmella sähkönjohtavuus ei juurikaan muuttunut verkostossa. Sekä lähellä vesilaitosta että kauempana sähkönjohtavuus pysyi lähes samana. Pitkillä vesilinjoilla ei tulosten perusteella ole vaikutusta veden sähkön-

johtavuuteen, vaikka yksittäinen poikkeustapaus löytyikin (Anttola). Mikkeliissä sähkönjohtavuus oli kokonaisuutena korkea ja se pikemminkin laski vesilaitokseen näiden verkostossa.

11.2.4 Rauta

Raudan laatusuosituksen raja-arvoksi on annettu 200 µg/l ja hyvässä vedessä rautaa on alle 100 µg/l. Keskimäärin jo 50 µg/l rautapitoisuus voi synnyttää löysiä saostumia.

Mikkelin verkostossa kaikkien näytteiden rautapitoisuus jäi alle laatusuosituksen raja-arvon. Koivikon vesiosuuskunnan näytteen rautapitoisuus oli 160 µg/l, joten se ei täytä hyvän talousveden raja-arvoa. Vesilaitoksen lähtevässä vedessä rautaa oli alle 40 µg/l, kuten myös suurimmassa osassa näytteitä. Savolabin, Ristiinantien Shellin sekä Viinamäen vesiosuuskunnan näytteissä oli rautapitoisuus hieman koholla, mutta jäivät kuitenkin alle hyvän raja-arvon.

Hirvensalmen verkoston näytteissä ei todettu rautaa yli 40 µg/l yhdessäkään näytteessä. Hirvensalmen vesilaitoksen näytteessä rautaa oli reilusti yli laatusuosituksen, 440 µg/l. Tämä johtui luultavasti aikaisemminkin jo mainitusta jäätymisestä, joka nosti raudan pitoisuutta ilmeisen tilapäisesti.

Mikkeliissä neljässä näytteessä oli havaittavissa rautaa, näistä kaksi oli keskustan alueella ja kaksi kauempana keskustasta ja vesilaitokselta. Koivikon vesiosuuskunnan näytteen korkea rautapitoisuus saattoi johtua putkitöistä, joita siellä suunnalla oli käynnissä. Muissa näytteissä rautapitoisuus oli melko pieni. Koivikonkin näyte alittaa silti laatusuosituksen raja-arvon. Hirvensalmella ei rautaa todettu lainkaan. Pitkät vesilinjat eivät aiheuta ainakaan yleisesti näiden tulosten perusteella rautapitoisuuden nousua.

11.2.5 Liennut happi

Hyvässä talousvedessä veden happipitoisuuden tulee olla yli 8 mg/l. Mikkelin Vesilaitoksen verkoston näytteissä oli happipitoisuus yli hyvän raja-arvon. Ainoastaan Ristiinantien Shell Simpukan vesinäytteessä oli selvästi vesilaitoksen lähtevän veden ar-

von alittava happipitoisuus (10,2 mg/l). Tämäkin täyttää silti hyvän talousveden raja-arvon. Savolabin sekä Järvi-Suomen Portin näytteissä oli huomattavasti enemmän liuenutta happea kuin vesilaitoksen lähtevässä vedessä. Molemmissa happipitoisuus oli yli 19 mg/l. Järvi-Suomen Portin näytteisiin voi vaikuttaa vesisäiliö, johon mahtuu vettä muutaman päivän tarpeisiin. Muiden näytteiden happipitoisuudet ovat lähellä toisiaan ja suurimmaksi osaksi ylittävät hieman vesilaitokselta lähtevän veden happipitoisuusarvon.

Myös kaikki Hirvensalmen verkoston vesinäytteet täyttivät hyvän talousveden raja-arvon liuenneen hapen osalta. Vesilaitoksen lähtevässä vedessä oli selvästi pienempi happipitoisuus kuin muissa alueen näytteissä, mutta silti ylittää hyvälle talousvedelle annetun raja-arvon. Mikkelin verkostossa oli keskimäärin enemmän liuenutta happea kuin Hirvensalmen verkostossa, mutta molempien verkostojen happipitoisuus ylittää selvästi hyvän talousveden raja-arvon.

Liuenneen hapen pitoisuus näyttää nousevan verkostoissa lähtiessään vesilaitokselta. Ainoastaan yhdessä näytteessä veden liuenneen hapen pitoisuus laski verrattuna vesilaitokselta lähtevään veteen, tämä vesi oli Mikkelin kaupungin alueelta eikä siis pitkän vesilinjan päässä. Pitkät verkostot eivät siis ainakaan huononna veden laatua liuenneen hapen osalta.

11.2.6 Lämpötila

Koska näytteet otettiin talviaikaan ja pakkastakin oli suhteellisen reilusti, oli oletettavissa, että näytteiden lämpötilat eivät kohoaisi kovin korkealle. Mikkelin Vesilaitoksen verkostosta otetuissa näytteissä ainoastaan Anttolasta otetusta näytteestä on havaittavissa selvää lämpötilan kohoamista. Siellä vesi oli lämmennyt noin neljä astetta Mikkelin vesilaitokselta lähtiessään. Kolmessa pisteessä vesi oli selvästi viileämpää kuin lähtiessään vesilaitokselta, jossa se oli 7,8 °C. Viinämäen vesiosuuskunnassa lämpötila oli 4,7 °C, Koivikon vesiosuuskunnassa 5,6 °C ja Vesihiden vesiosuuskunnassa, Hiirolan koululla 5,0 °C.

Muissa näytepisteissä ei ole havaittavissa suurta muutosta. Keskustan alueelta otetut näytteiden lämpötilat olivat lähellä vesilaitoksen lähtevän veden lämpötilaa, mutta

kauemmaksi mentäessä lämpötilassa tapahtuu enemmän muutosta joko kylmään tai lämpimään suuntaan. Mikkelin verkoston keskiarvoinen lämpötila oli hiukan lähtevää vettä kylmempi eli pääasiassa veden lämpötila putoaa hieman verkostossa.

Hirvensalmella veden lämpötila oli kaikissa näytepisteissä alempi kuin vesilaitoksen lähtevä vesi. Suonteen vesiosuuskunnassa vesi oli kaksi kertaa laitoksen lähtevää vettä viileämpää. Ripatin vesiosuuskunnan vesi, kuten myös Otavasta otettu vesi sekä Kotalahden vesiosuuskunnan vesi, olivat myös viilentyneet huomattavasti. Lähimpänä vesilaitosta olevalta Hirvensalmen SEO:lta haettu vesinäyte oli viilentynyt vähiten, reilun asteen verran. Hirvensalmen näytteiden keskiarvoinen lämpötila oli lähes kolme astetta vesilaitokselta lähtevää vettä viileämpää eli veden lämpötila putoaa verkostossa melko paljon.

Ainakaan talviaikaan ei ole havaittavissa pitkistä vesilinjoista johtuvaa lämmönnousua, lukuun ottamatta Anttolan vesilinjaa. Muilla linjoilla on pikemminkin havaittavissa lämpötilan pysymistä tasaisena tai jopa selvää kylmenemistä.

11.2.7 Mangaani

WHO on esittänyt mangaanille terveysperusteisen ohjearvon 0,5 mg/l. Suomessa on kuitenkin laatusuosituksena raja-arvoksi annettu 0,05 mg/l ja se perustuu teknisiin ja esteettisiin haittoihin.

Yhdestäkään Mikkelin tai Hirvensalmen näytteestä ei todettu mangaania yli 10 µg/l. Kaikkien näytteiden mangaanipitoisuus oli siis alle laatusuosituksen raja-arvon.

11.2.8 Kovuus

Veden kovuudelle ei ole talousvesiasetuksessa annettu mitään raja-arvoa, mutta liian alhainen veden kokonaiskovuus vaikuttaa putkistojen korroosioon.

Kaikista näytteistä ei tutkittu veden kovuutta. Mikkelin vesilaitoksen lähtevän veden kovuus oli 6,0 °dH. Vain Anttolanhovin näyte oli tätä kovempaa, 6,3 °dH. Muut näyt-

teet olivat jonkin verran näitä pehmeämpiä. Pehmein vesi oli Vesihiisi-vesiosuuskunnan näytteissä, joissa kovuus oli 4,7 ja 5,0 °dH.

Hirvensalmen vesinäytteiden kovuus oli tasaisempi kuin Mikkelissä. Kovin vesi oli vesilaitoksen lähtevä vesi, jossa kovuus oli 4,4 °dH. Kaksi muuta näytettä, Ripatin ja Kotalahden vesiosuuskunnat, olivat vain hiukan vesilaitosvettä pehmeämpiä. Kovuus näissä oli 4,2 °dH ja 4,3 °dH.

Kovuus laskee pääsääntöisesti putkistoissa vesilaitokselta lähtiessä. Hirvensalmella kovuus pieneni vain vähän, mutta Mikkelissä pääsääntöisesti enemmän. Keskiarvona Mikkelissä kovuus laskee noin 1 °dH. Koska raja-arvoja kovuudelle ei ole, on vaikea arvioida milloin vedellä on liian alhainen kokonaiskovuus.

11.2.9 Sameus

Veden sameus sisältyy laatusuositukseen ja veden sameuden edellytetään olevan käyttäjien hyväksymä. Jos sameudessa tapahtuu epätavallisia muutoksia, tulee selvittää mahdollisen terveyshaitan mahdollisuus. Pintavesilaitoksissa lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon 1 NTU. Pohjavesilaitosten lähtevälle vedelle ei ole annettu erillistä raja-arvoa, mihin tulisi pyrkiä.

Mikkelin vesilaitokselta lähtevän veden sameus oli näytteenottohetkellä 0,1 FNU. Korkein sameus oli Vesihiisi-vesiosuuskunnan päätepiesteessä, jossa se oli 0,3 FNU. Myös Savolabin ja Ristiinantien Shellin näytteiden sameus oli hiukan vesilaitoksen näytettä korkeampi. Näissä näytteissä sameus oli 0,2 FNU.

Kaikissa Hirvensalmen näytteissä sameus oli alle 0,1 FNU. Hirvensalmen lähtevän veden sameus oli korkea näytteenottohetkellä. Sameus oli tuolloin 4,5 FNU, mutta tässäkin tapauksessa tulee muistaa laitoksella tapahtunut jäätyminen ja sameusarvot olivat luultavimmin tämän vuoksi väliaikaisesti koholla.

11.2.10 Ammonium

Ammoniumin raja-arvoksi on talousvesiasetuksessa annettu 0,5 mg/l. Ammonium saattaa suurina pitoisuuksina aiheuttaa veteen pistävää hajua ja makua. Yhdessäkään Mikkelin tai Hirvensalmen näytteessä ei todettu mangaania yli 0,02 mg/l. Kaikkien näytteiden ammoniumpitoisuus jää siis alle talousvesiasetuksen raja-arvon.

11.3 Mikrobiologinen laatu

11.3.1 Kokonaisfosfori

Fosforilla on vaikutusta putkistojen biofilmien kasvuun. Pohjavesistä valmistetussa vedessä fosforipitoisuus sekä mikrobien kasvukyky on yleensä korkeampi kuin järvi- tai jokivesistä valmistetussa. Kokonaisfosforille ei ole annettu talousvesiasetuksessa raja-arvoa.

Mikkelin vesilaitoksen lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus oli alle 2 µg/l. Viidesnäytteenä näytteessä kokonaisfosforipitoisuus oli kasvanut vesilaitosveteen nähden. Suurin kokonaisfosforipitoisuus oli Koivikon vesiosuuskunnan näytteessä, pitoisuus oli 11 µg/l. Savilahdenkadun Kahvila Vaahterassa pitoisuus oli 3 µg/l, Vesihäisi-vesiosuuskunnan näytteissä pitoisuudet olivat 4 µg/l ja Tarsalanjärven vesiosuuskunnassa 7 µg/l. Muissa näytteissä ei kokonaisfosforia todettu olevan yli 2 µg/l.

Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus oli 7 µg/l. Muiden näytteiden kokonaisfosforipitoisuus oli tämän alle. Otavan opiston näytteessä pitoisuus oli toiseksi korkein, 5 µg/l. Hirvensalmen SEO:n kokonaisfosforipitoisuus oli 4 µg/l ja Kotalahden sekä Suonteen vesiosuuskuntien näytteissä pitoisuus oli 2 µg/l. Ripatin vesiosuuskunnan näytteessä kokonaisfosforipitoisuus oli alle 2 µg/l.

Mikkelin verkostossa kokonaisfosforipitoisuus nousi viidessä näytteenotto paikassa, näistä yksi oli keskustan tuntumassa. Mikkelin verkostossa kokonaisfosforipitoisuus näyttäisi siis kasvavan osassa pitkistä vesilinjoista, mutta ei kuitenkaan kaikissa. Hirvensalmella puolestaan kokonaisfosforipitoisuus laski kaikissa näytteissä verrattuna vesilaitoksen lähtevään veteen.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Mikkelin sekä Hirvensalmen vesilaitosten alueilta vaikuttavatko pitkät vesilinjat juomaveden laatuun. Pitkistä vesilinjastoista tutkittiin mikrobiologista ja fysikaalis-kemiallista laatua sekä ravinteita. Tarkoituksena oli tutkia täyttävätkö pitkien linjastojen vedet talousvesiasetuksen 461/2000 laatuvaatimukset ja -suositukset. Lisäksi näytteitä verrattiin vesilaitoksilta lähtevän veden laatuun sekä lähellä vesilaitoksia oleviin näytekohteisiin.

Tutkimuksessa otettiin 18 vesinäytettä, joista kaksi otettiin vesilaitosten lähtevästä vedestä. Mikkelin verkostosta otettiin vesilaitoksen lähtevän veden lisäksi 11 näytettä ja Hirvensalmen verkostosta vesilaitokselta lähtevän veden lisäksi viisi näytettä. Mikkelin näytteistä neljä oli lähempänä vesilaitosta ja loput pitkiä vesilinjoja. Hirvensalmella yksi näyte oli lähempänä vesilaitosta.

Näytteistä analysoitiin mikrobiologisen laadun osalta *Escherichia coli*, koliformiset bakteerit sekä heterotrofinen pesäkeluku. Fysikaalis-kemiallisen laadun osalta tutkittiin permanganaattiluku, pH, sähkönjohtavuus, rauta, liuennut happi, lämpötila, mangaani, kovuus, sameus sekä ammonium. Mikrobeille käyttökelpoisia ravinteita tutkittiin näytteistä kokonaisfosforin osalta.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Mikkelin sekä Hirvensalmen vesilaitosten pitkien vesilinjojen vedenlaatu täyttää talousvesiasetuksen 461/2000 mukaiset laatuvaatimukset ja -suositukset mikrobiologisen sekä fysikaalis-kemiallisen laadun osalta. Raja-arvojen ylityksiä tapahtui ainoastaan Hirvensalmen lähtevässä vedessä, mutta tämä johtui vesilaitoksella tapahtuneesta jäätymisestä. Vesilaitoksen vedessä sameus sekä rautapitoisuus olivat epätavallisen korkeita ja heterotrofinen pesäkelukukin oli melko korkea, mutta ei ylittänyt raja-arvoa. Näitä tuloksia ei voinut verrata Hirvensalmelta otettuihin muihin näytteisiin.

Escherichia colia ja koliformisia bakteereita ei tutkimuksessa löydetty lainkaan, joten mikrobiologinen laatu oli niiden osalta moitteetonta kaikissa näytevesissä. Heterotrofinen pesäkeluku oli yhdessä linjastossa noussut vesilaitokselta lähtevään veteen verrattuna huomattavasti, mutta kaikki näytteet jäivät kuitenkin alle raja-arvon. Mikkelin

vesilaitoksen verkoston monessa muussakin näytteissä oli havaittavissa pientä heterotrofisen pesäkeluvun kasvua, mutta osassa näytteistä se kuitenkin laski. Hirvensalmella pesäkeluvut eivät näytteissä olleet kovinkaan korkeita.

Fysikaalis-kemiallisessa laadussa ei ollut myöskään laatuvaatimusten ja -suositusten raja-arvoja ylittäviä tuloksia pitkissä vesilinjoissa. Sähkönjohtavuus oli Mikkelin verkostossa koholla kolmessa kohteessa sekä vesilaitoksen lähtevässä vedessä. Nämä ylittivät hyvän talousveden raja-arvon, mutta olivat kuitenkin selvästi alle laatusuosituksen raja-arvon. Koivikon vesiosuuskunnassa rauta ylitti hyvän raja-arvon, mutta se jäi kuitenkin alle laatusuosituksen raja-arvon. Lämpötilan osalta vain Anttolanhovista otettu näyte oli kohonnut reilusti Mikkelin vesilaitoksen lähtevään veteen verrattuna. Muissa näytteissä ei ollut havaittavissa selvää lämpötilan nousua.

Kokonaisfosforia löytyi monesta Mikkelin sekä Hirvensalmen näytteestä. Mikkelin näytteistä viidessä oli kokonaisfosforia ja Hirvensalmella neljässä. Hirvensalmella kokonaisfosfori väheni vesilaitokseen nähden kaikissa näytteissä. Mikkelin vesilaitoksen lähtevästä vedestä ei kokonaisfosforia todettu. Kokonaisfosforille ei ole annettu mitään raja-arvoja, joita talousvesi ei saisi ylittää. Kokonaisfosfori toimii kuitenkin ravinteena verkostossa ja auttaa bakteerien kasvussa.

13 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin pitkien vesilinjojen vedenlaatua ja näytteitä otettiin työtä varten yhteensä 18. Normaali jatkuva viranomaisvalvonta ei kata kaikkia kaukaisempia kohteita ja näytteetkin otetaan yleensä esimerkiksi päiväkodeista tai kouluilta, koska näissä kohteissa on paljon veden käyttäjiä. Nyt olikin tarkoitus ottaa näytteitä myös sellaisista kohteista, jotka eivät kuulu normaaliin viranomaisvalvontaan.

Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että pitkätkään vesilinjat eivät aiheuta veden laatuun merkittävää haittaa. Heterotrofisen pesäkeluku osoittaa, että linjastoissa on jonkin verran mikrobeja. Myös kokonaisfosforia todettiin olevan joissain linjastoissa. Näin ollen voidaan olettaa, että mikrobimäärät voivat kasvaa putkistoissa, koska ne saavat ravinteita. Heterotrofisen pesäkeluku ei missään näytteessä ylittänyt yleisesti

määritettyä 100 pmy/ml raja-arvoa, vaikkakin kahdessa näytteessä pesäkeluku oli lähellä tätä.

Fysikaalis-kemiallisessa laadussa ei ollut huomautettavaa, lukuun ottamatta Mikkelin kolmea näytettä, joissa sähkönjohtavuus oli kohonnut yli hyvän raja-arvon. Yhdessä Mikkelin näytteessä oli rautapitoisuus kohonnut yli hyvän raja-arvon. Kaikki arvot jäivät kuitenkin alle laatuvaatimusten ja –suositusten. Tältäkin osalta ei siis ole osoitettavissa pitkien linjojen olevan kovinkaan isossa roolissa veden laatua tarkasteltaessa.

Tämän tutkimuksen perusteella voisin todeta, että pitkät vesilinjat eivät aiheuta ongelmia Mikkelin tai Hirvensalmen verkostoissa. Osassa linjoista oli havaittavissa eroavaisuuksia vesilaitosten lähtevään veteen, mutta mitään dramaattista ei ollut havaittavissa. Osassa linjoista vedenlaatu oli jopa parempi joiltain osin kuin vesilaitoksen lähtevä vesi. Voisin kuitenkin suositella, että tutkimuksessa ilmi tulleet poikkeavuudet esimerkiksi Vesihäisi-vesiosuuskunnan heterotrofisessa pesäkeluvussa huomioitaisiin ja kyseisen vesiosuuskunnan vettä tarkkailtaisiin jatkossa ainakin tältä osin. Myös muutamassa näytteessä olleet sähkönjohtavuusarvot on syytä huomioida sekä Koivikon vesiosuuskunnan rautapitoisuus ja Mikkelin vesilaitoksen permanganaattipitoisuus, joka oli lähellä tavoiteltua raja-arvoa. Suositteisin myös, että tulevaisuudessa pitkien linjastojen vedenlaatu tutkittaisiin tietyin väliajoin, jotta näidenkin alueiden vedenlaadusta voitaisiin olla varmoja.

Kaikille tässä opinnäytetyössä tehdyille tutkimuksille ei ole annettu minkäänlaisia laatuvaatimuksia tai laatusuosituksia. Näiden tutkimusten osalta näytteitä voitiin verrata vain vesilaitoksen lähtevään veteen ja toisiinsa. Muita näytteitä voitiin verrata myös talousvesiasetuksen raja-arvoihin.

Näytteet haettiin neljän päivän aikana, koska pitkien välimatkojen vuoksi näytteiden haussa vierähti melko kauan. Muuten näytteiden otossa ei ollut ongelmia ja kaikki näytteet saatiin vaivatta pulloitettuun sekä vietyä laboratorioon tutkittavaksi. Hirvensalmen vesilaitoksen lähtevän veden näyte oli ainut, joka aiheutti harmaita hiuksia. Vesilaitoksella oli tapahtunut jonkin sortin jäätyminen juuri ennen kuin haimme sieltä ve-

sinäytteen. Tämä aiheutti sen, että osaa tuloksista ei voitu käyttää vertailtaessa Hirvensalmen näytteiden tuloksia.

Ennen näytteenottoa oli oletettavissa, että pitkät vesilinjat voivat aiheuttaa mahdollisia raja-arvojen ylityksiä tai ainakin selvää muutosta vesilaitokselta lähtevään veteen nähden. Tulokset kuitenkin osoittavat, että yhtään laatuvaatimusta tai suositusta ei ylittynyt. Myöskään suuria muutoksia vesilaitosveteen nähden ei juuri tapahtunut, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Sekä Mikkelin Vesilaitos että Hirvensalmen Vesi ovat siis onnistuneet toimittamaan kuluttajille sellaista talousvettä, joka täyttää talousvesiasetuksen laatuvaatimukset ja – suositukset myös pitkien vesilinjojen alueilla.

LÄHTEET

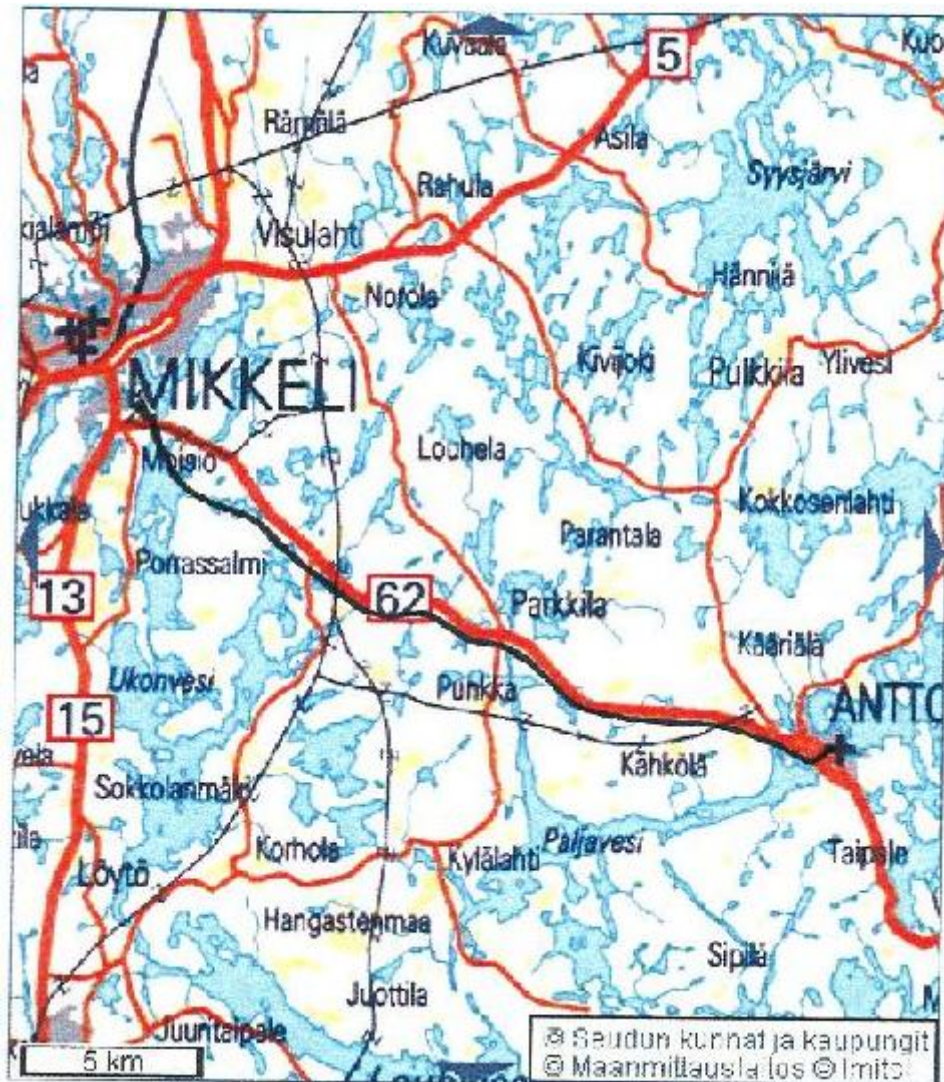
1. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2000. Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Helsinki: Copy-Set.
2. Mikkelin Vesilaitos 2007. Talousveden laadun valvontatutkimusohjelma.
3. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2005. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/mikrobiologiset_muuttujat_valvontatutkimuksissa/suolistoperaiset_enterokokit/. Päivitetty 13.7.2005. Luettu 5.1.2010.
4. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2005. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/mikrobiologiset_muuttujat_valvontatutkimuksissa/koliformiset_bakteerit_ja_escherichia_coli/. Päivitetty 13.7.2005. Luettu 5.1.2010.
5. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2005. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/mikrobiologiset_muuttujat_valvontatutkimuksissa/pesakkeiden_lukumaara/. Päivitetty 13.7.2005. Luettu 5.1.2010.
6. Valtion ympäristöhallinto 2006. WWW-dokumentti.
<http://www.miljo.fi/default.asp?contentid=193408&lan=fi>. Päivitetty 18.7.2006. Luettu 5.1.2010,
7. Valtion ympäristöhallinto 2009. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166571&lan=FI#14>. Päivitetty 25.3.2009. Luettu 5.1.2010.
8. Valtion ympäristöhallinto 2006. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparistokeskus.fi/default.asp?contentid=193216&lan=fi>. Päivitetty 14.7.2006. Luettu 5.1.2010.
9. Valtion ympäristöhallinto 2005. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparistokeskus.fi/default.asp?node=12876&lan=fi>. Päivitetty 14.1.2005. Luettu 7.1.2010.
10. Lehtola, Markku 2002. Microbially available phosphorus in drinking water. Väitöskirjan tiivistelmä. WWW-dokumentti.
<http://www.uku.fi/vaitokset/2002/ISBN951-740-306-2mlehtola.htm>. Päivitetty 11.10.2002. Luettu 7.1.2010.

11. Mikkelin kaupunki. WWW-dokumentti.
http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/02_palvelut/03_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/22_vesilaitos/10_historia. Ei päivitystietoja. Luettu 7.1.2010.
12. Valtion ympäristöhallinto 2009. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=97425>. Päivitetty 2.7.2009. Luettu 8.1.2010.
13. Valtion ympäristöhallinto 2009. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=86421&lan=fi>. Päivitetty 2.7.2009. Luettu 8.1.2010.
14. Mikkelin kaupunki. WWW-dokumentti.
http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/02_palvelut/03_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/22_vesilaitos/06_puhtaan_veden_tuotanto. Ei päivitystietoja. Luettu 8.1.2010.
15. Mikkelin kaupunki. WWW-dokumentti.
http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/02_palvelut/03_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/22_vesilaitos/07_verkosto. Ei päivitystietoja. Luettu 8.1.2010.
16. Peltokangas, J., Heinänen, J. & Viitasaari, M. 1995. Vesihuoltotekniikan yksikköoperaatiot ja yksikköprosessit osa 1: Veden hankinta. Tampereen teknillinen korkeakoulu.
17. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 2003. Vesihuolto 1. Helsinki: Vammalan Kirjapaino Oy.
18. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2008. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi. Päivitetty 30.6.2008. Luettu 18.1.2010.
19. Vesi- ja energiaverkostojen hallinnan kehittäminen 2008. Loppuraportti. PDF-dokumentti. <http://civil.tkk.fi/fi/julkaisut/vesikko.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 18.1.2010.
20. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2009. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/vesiepidemiat/. Päivitetty 17.2.2009. Luettu 18.1.2010.
21. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2009. WWW-dokumentti.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/lainsaadanto/. Päivitetty 18.2.2009. Luettu 18.1.2010.

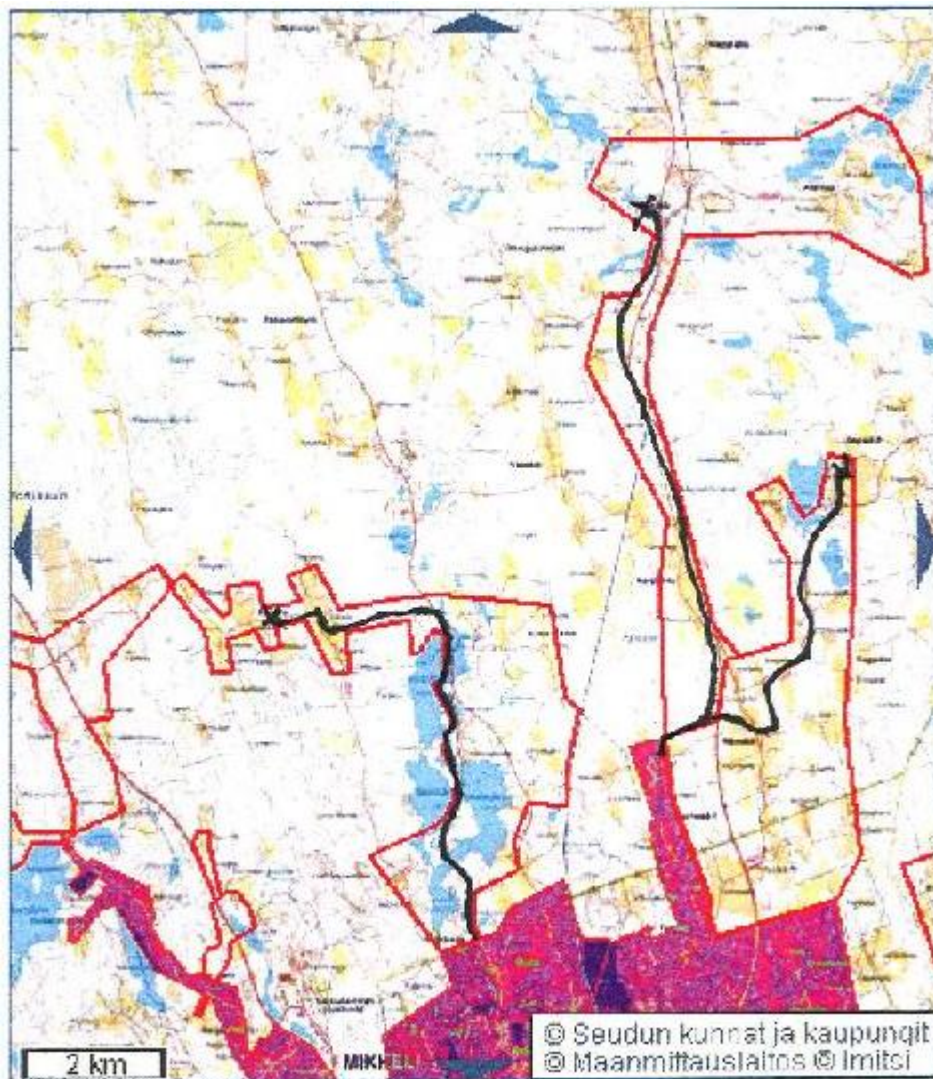
22. Keinänen-Toivola, Minna M., Ahonen, Merja H., Kaunisto, Tuija 2007. Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006. Turku: Karhukopio.
23. WHO 2010. WWW-dokumentti.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/index.html. Ei päivitystietoja. Luettu 31.3.2010.

LIITE 1.

Mikkeli-Anttola

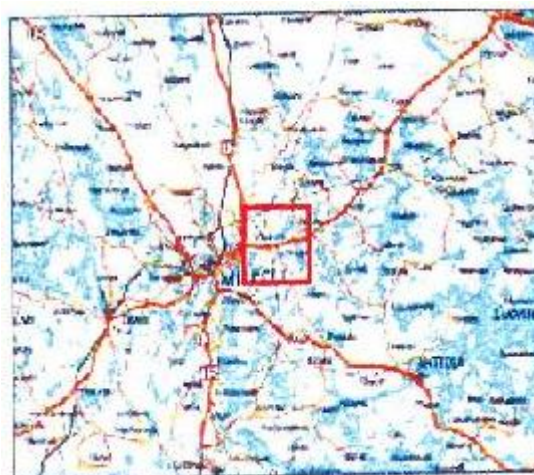
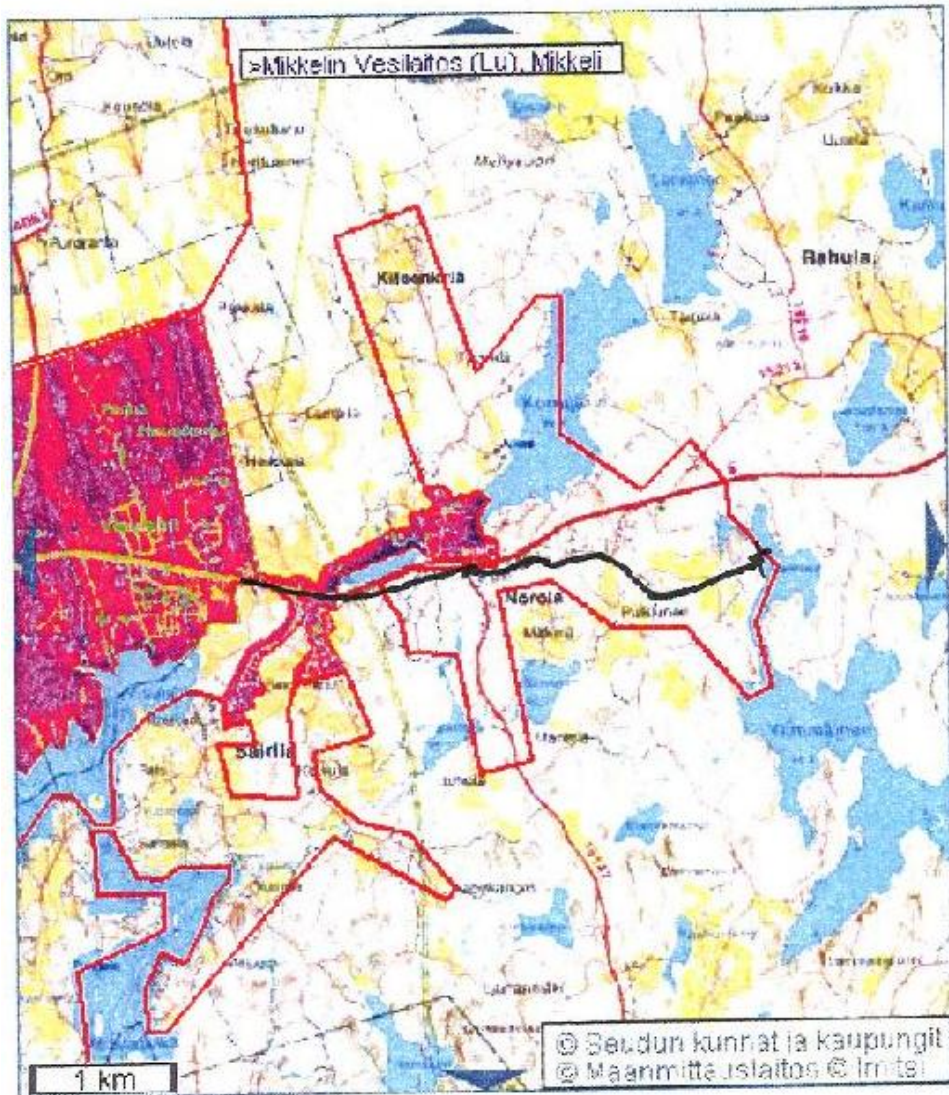


LIITE 2.
Vesihäisi ja Tarsalan-
järvi



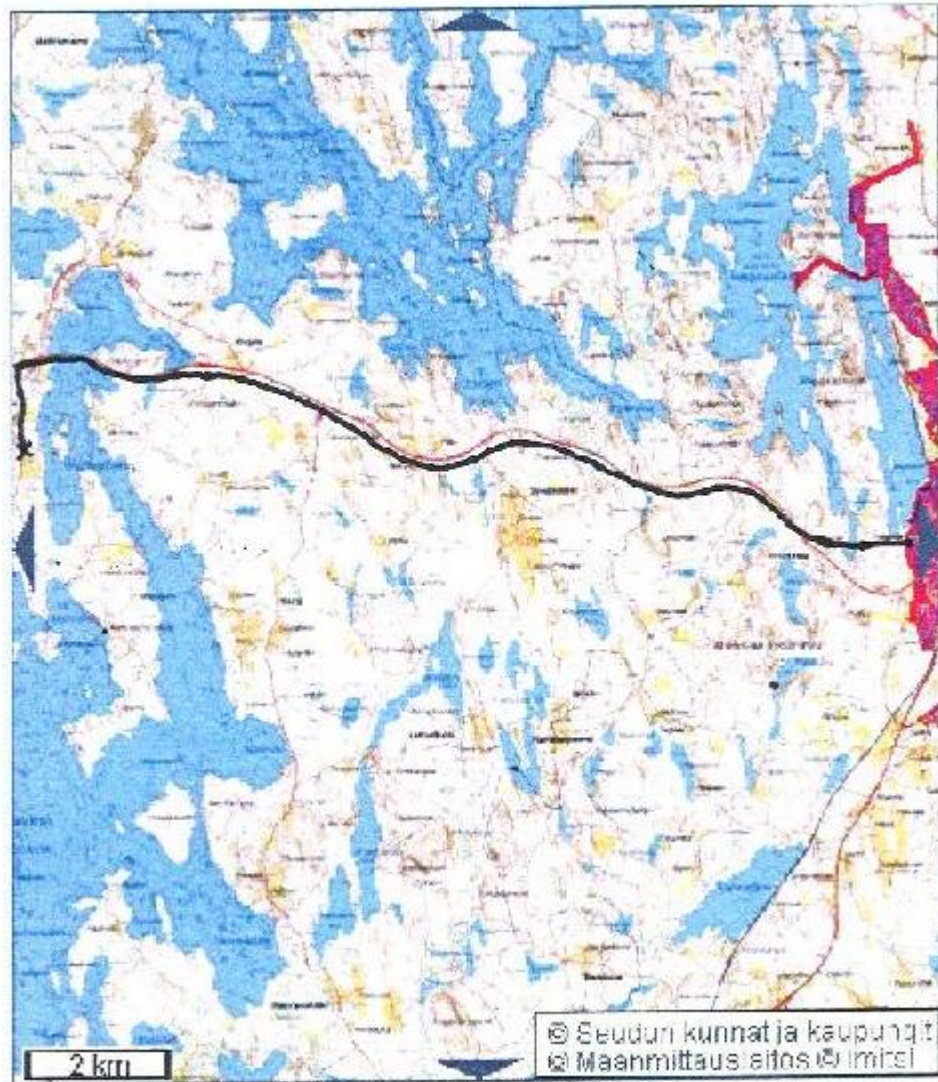
LIITE 3.

Viinamäki

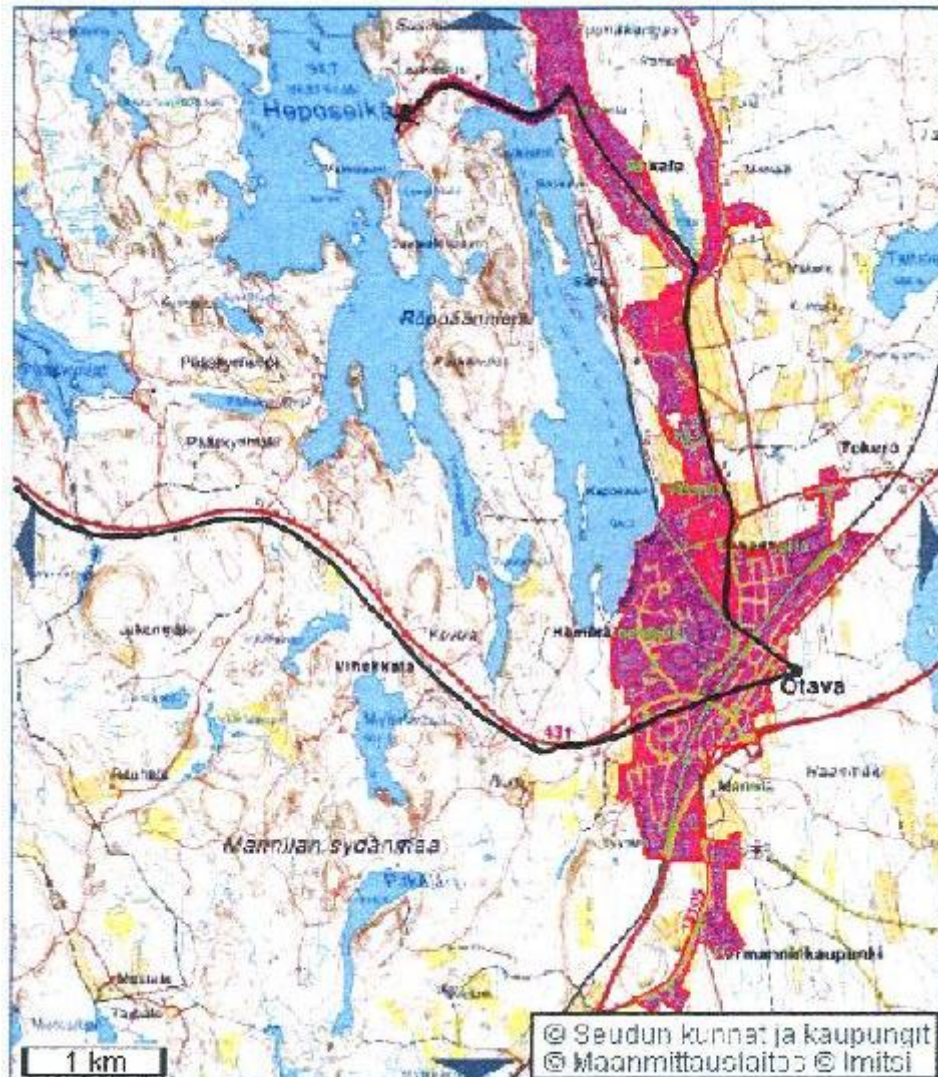


LIITE 4.

Hirvensalmi-Otava



LIITE 5.
Otava-Kotalahti



LIITE 6.**Ripatti ja Suontee**