

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa

Sanna Vienonen, Jari Rintala, Mirjam Orvomaa,
Erkki Santala ja Markku Maunula

LUONNON-
VARAT



Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa

**Sanna Vienonen, Jari Rintala, Mirjam Orvomaa,
Erkki Santala ja Markku Maunula**

Helsinki 2012

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



SUOMEN YMPÄRISTÖ 24 | 2012
Suomen ympäristökeskus
Vesikeskus

Taitto: Marja Vierimaa
Kansikuvat: Anne Petäjä-Ronkainen,
Jari Rintala ja Erkki Santala

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2012

ISBN 978-952-II-4045-7 (nid.)
ISBN 978-952-II-4046-4 (PDF)
ISSN 1238-7312 (pain.)
ISSN 1796-1637 (verkkok.)

ALKUSANAT

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumistarpeita vesihuoltolaitoksilla ja haja-asutuksen vesihuollossa sekä selvittää keinoja sopeutua ilmastonmuutokseen. Tutkimusaineisto koostui pääosin kotimaisista ja kansainvälisistä julkaisuista sekä ammattiartikkeleista. Lisäksi tehtiin haastattelukierros 22 vesihuoltolaitoksessa. Muiden keskeisten sidosryhmien näkemyksiä aiheesta kuultiin vuonna 2009 pidetyssä työpajassa. Lisäksi selvitettiin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksilta (ELY-keskuksilta) rantaimetyslaitosten määrä ja sijainnit.

Tutkimus tehtiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE), jossa hankkeen toteutuksesta ja raportin laadinnasta vastasi työryhmä jäseninään vanhempi tutkija Jari Rintala, tutkija Sanna Vienonen, hydrogeologi Mirjam Orvoma ja johtava asiantuntija Erkki Santala. Hankkeen toteutukseen osallistuivat lisäksi DI Lauri Etelämäki ja FM Tuulikki Suokko Suomen ympäristökeskuksesta sekä DI Leena Sänkiahho ja DI Laura Kuismin Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitokselta. Tutkimuksen suunnitteluun ja ohjaukseen osallistuivat Suomen ympäristökeskuksesta yksikönpäällikkö Markku Maunula ja johtava geologi Ritva Britschgi sekä Aalto-yliopistosta yliopisto-opettaja Pirjo Rantanen ja professori Riku Vahala. Tutkimuksen rahoitti maa- ja metsätalousministeriö, jossa hankkeen ohjauksesta vastasi vesihallintoneuvos Jaakko Sierla.

Tutkimuksen aikana tehtiin maa- ja metsätalousministeriölle väliraportti ”Ilmastonmuutokseen sopeutuminen vesihuollossa” sekä Aalto-yliopistoon Laura Kuisminin diplomityö ”Ilmastonmuutoksen vaikutukset viemäröintiin ja jätevesien käsittelyyn”. Diplomityön tuloksia hyödynnettiin yhdyskuntien viemäröintiä ja jäteveden käsittelyä koskevissa luvuissa. ”Globaalit ilmastonmuutoskkenaariot” -luvun tiedot perustuvat osin Leena Sänkiahon selvitykseen. ”Ilmastonmuutos Suomessa” -luvussa esitetyt tulokset pohjautuvat pääosin Suomen ympäristökeskuksen hydrologi Noora Veijalaisen ja johtava hydrologi Esko Kuusiston julkaisuun ”Suomen kyky sopeutua ilmastonmuutokseen: FINADAPT” sekä osin Laura Kuisminin diplomityöhön. Rantaimetyslaitoksia koskevat tiedot on kerännyt Tuulikki Suokko.

Hankkeen toteutuksessa on kuultu monia asiantuntijoita. Kiitokset kaikille haastatteluihin osallistuneille vesihuoltolaitoksille ja työpajaan osallistuneille tahoille. Julkaisun referoinnista kiitokset vesihallintoneuvos Jaakko Sierlalle ja neuvotteleva virkamies Minna Hanskille maa- ja metsätalousministeriöön sekä vesihuoltainsinööri Riina Liikaselle Vesilaitosyhdistykseen. Lisäksi kiitos Suomen ympäristökeskukseen suunnittelija Eeva Teräsvuorelle, suunnittelija Pauliina Niukkalalle ja toimistos sihteeri Oili Aholalle, jotka ovat avustaneet tutkimuksessa. Erityiskiitos Leena Sänkiaholle ja Laura Kuisminille.

SISÄLLYS

Alkusanat	3
I Johdanto	7
2 Vesihuolto	8
2.1 Vedenhankinta.....	8
2.1.1 Raakavesilähteet.....	8
2.1.2 Vesilaitokset.....	11
2.2 Veden käsittely.....	13
2.3 Vesijohtoverkostot.....	14
2.4 Viemäröinti ja jätevedenkäsittely.....	14
2.5 Suunnitelmat ja niiden merkitys.....	14
3 Ilmastonmuutos Suomessa	17
4 Tutkimusmenetelmät	19
5 Tutkimuksen tulokset	23
5.1 Ilmastonmuutosskenaariot ja pohjavesi.....	23
5.1.1 Globaalit ilmastonmuutosskenaariot.....	23
5.1.2 Suomen pohjavesivarastojen mallinnus.....	23
5.1.3 Pohjavesivarastojen vuodenaikaismuutokset.....	24
5.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset yhdyskuntien vedenhankintaan.....	26
5.2.1 Yleistä.....	26
5.2.2 Rankkasateet ja tulvat.....	27
5.2.3 Kuivuus.....	31
5.2.4 Lämpötilan muutos.....	34
5.2.5 Myrskyt ja ukkoset.....	35
5.2.6 Maankäytön muutosten vaikutukset vedenhankintaan.....	36
5.3 Ilmastonmuutoksen vaikutukset yhdyskuntien viemäröintiin ja jätevesien käsittelyyn.....	38
5.3.1 Yleistä.....	38
5.3.2 Rankkasateet ja tulvat.....	38
5.3.3 Kuivuus.....	39
5.3.4 Lämpötilan muutos.....	40
5.3.5 Myrskyt ja ukkoset.....	40
5.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset haja-asutuksen kiinteistökohtaiseen vesihuoltoon.....	40
5.4.1 Yleistä.....	40
5.4.2 Rankkasateet ja tulvat.....	41
5.4.3 Kuivuus.....	42
5.4.4 Lämpötilan muutos.....	42
5.4.5 Myrskyt ja ukkoset.....	42
5.5 Yhteenveto vaikutuksista.....	43
6 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	44
6.1 Yleistä.....	44
6.2 Vesihuoltolaitosten suunnitelmat ja tiedottaminen erityistilanteissa.....	45
6.3 Tietojärjestelmät ja mallinnukset.....	47

6.4 Rankkasateet ja tulvat	50
Yhdyskuntien vedenhankinta	50
Yhdyskuntien viemäröinti ja jätevesien käsittely	53
Haja-asutuksen kiinteistökohtainen vesihuolto.....	54
6.5 Kuivuus.....	54
Yhdyskuntien vedenhankinta	54
Yhdyskuntien viemäröinti ja jätevesien käsittely	56
Haja-asutuksen kiinteistökohtainen vesihuolto.....	56
6.6 Lämpötilan muutos	57
Yhdyskuntien vedenhankinta	57
Yhdyskuntien viemäröinti ja jätevesien käsittely	58
Haja-asutuksen kiinteistökohtainen vesihuolto.....	58
6.7 Myrskyt ja ukkoset.....	58
Yhdyskuntien vedenhankinta	58
Yhdyskuntien viemäröinti ja jätevesien käsittely	59
Haja-asutuksen kiinteistökohtainen vesihuolto.....	60
6.8 Maankäytön muutoksiin sopeutuminen vedenhankinnassa	60
6.9 Yhteenveto sopeutumiskeinoista	61
7 Vesihuollon tulevaisuus ja palvelujen kehittäminen	63
7.1 Vesihuoltolaitosten organisaatiomuutokset	63
7.2 Vedenkäytön muutokset.....	64
7.3 Kansalaisten odotukset	64
8 Yhteenveto ja johtopäätökset	66
Lähteet ja muuta kirjallisuutta	70
Liite 1, Vesilaitoskyselyyn osallistujat	73
Liite 2, Vesilaitoskyselylomake ilmastonmuutokseen sopeutumisesta.....	75
Liite 3, Asiantuntijatyöpajan osallistujat	78
Liite 4, Rantaimetytyslaitosselvityksen tulokset	79
Kuvailulehdet	84

1 Johdanto

Suomen vesivarat ovat asukasluvuun ja veden käyttöön nähden runsaat. Huomioitaessa vesivarojen määrä, vesihuollon kattavuus sekä veden käyttö kotitalouksissa, teollisuudessa ja maataloudessa, Suomi on yksi maailman rikkaimpia maita veden suhteen. Pohja- ja pintavesivarat ovat luontaisesti pääosin hyvälaatuisia. Vesihuolto on järjestetty kansainvälisesti verrattuna hyvin niin toiminnallisesti kuin ympäristöasiat ja vesihuoltoon liittyvät sosio-ekonomiset tekijät huomioiden. Julkisen sektorin ja erityisesti kuntien rooli on suuri, mikä näkyy muun muassa laajana vesihuoltoverkostona ja korkeatasoisena talousveden laatuna.

Vesihuoltoon kuuluu vedenhankinta ja -jakelu, viemärointi ja jätevesien käsittely. Vesihuoltolaitokset toimittavat talousvettä noin 5 miljoonalle suomalaiselle, jotka käyttävät vettä keskimäärin 130 litraa asukasta kohden vuorokaudessa. Vesihuoltolaitosten toimittamasta vedestä noin 65 % on pohjavettä ja tekopohjavettä. Loput 35 % on pintavettä, jota käytetään raakavetenä lähinnä suurimmissa kaupungeissa. Vesijohtoverkostoa on noin 100 000 km ja siihen on liittynyt yli 90 % väestöstä. Käytön jälkeen vedestä tulee jätevettä, joka johdetaan pääsääntöisesti viemärin kautta käsittelyyn jätevedenpuhdistamolle ja puhdistettuna takaisin vesistöön. Jätevesiverkostoa on noin 50 000 km ja sen piirissä on noin 85 % väestöstä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesihuoltoon voivat olla joko haitallisia tai myönteisiä, suoria tai välillisiä, ja vaikutusten suuruuden arviointiin liittyy monia epävarmuustekijöitä. Vähitellen tapahtuva pitkäaikainen muutos ei ole vesihuollon turvaamisessa kriittinen tekijä. Huomattavasti suurempi vaikutus on äärevien sääilmiöiden, kuten rankkasateiden, myrskyjen ja pitkien kuivuusjaksojen, yleistymisellä. Äärevät sääilmiöt aiheuttavat muun muassa sähkökatkoksia vesihuoltolaitoksilla, mikä voi vaikeuttaa veden käsittelyä ja jakelua. Lisäksi pintavedet voivat kulkeutua pohjavesimuodostumiin ja vedenottamoille vesistöjen pinnannousun ja tulvien seurauksena. Tulvat voivat aiheuttaa myös jäteveden pumppaamoiden

ylivuotoja, mikä aiheuttaa riskin vedenlaadulle etenkin pohjavesialueella. Vaikutusten suuruuteen vaikuttavat muun muassa vedenottamon sijainti sekä hyödynnettävän raakavesilähteen koko ja antoisuus.

Suomessa on ollut 2000-luvulla useita myrskyistä, rankkasateista ja kuivuudesta johtuvia merkittäviä häiriötilanteita vesihuollossa. Tämän seurauksena vesihuoltolaitokset ovat varautuneet häiriötilanteisiin aiempaa paremmin erilaisilla suunnitelmilla ja käytännön toimilla. Vesihuoltoa on kehitetty sekä paikallisesti että alueellisesti. Kuntien välistä yhteistyötä on lisätty esimerkiksi veden toimittamisessa ja ostamisessa, varaveden hankinnan turvaamisessa sekä jätevesien johtamisessa ja käsittelyssä. Osa vesihuoltolaitoksista on alueellistunut kuntien yhdistämisen seurauksena, osa vapaaehtoisesti toiminnan parantamiseksi ja tehostamiseksi. Vesihuollon synergiaetuja on haettu myös yhdistämällä sähkö- ja vesihuoltolaitoksia, kuten esimerkiksi Lappeenrannassa ja Jyväskylässä. Vedenjakelu voidaan yleensä turvata erilaisissa ilmasto-olosuhteissa, mikäli vesihuoltolaitoksella on toimivat varavesijärjestelmät, vedenkäsittelylaitteet, varautumissuunnitelmat ja toimintaohjeet erityistilanteisiin. Lisäksi raakaveden hyvä määrä ja laatu voidaan turvata ohjaamalla vedenhankintaa vaarantavat toiminnot pohjavesialueiden ja vesistöjen valuma-alueiden ulkopuolelle sekä toisaalta varmistamalla pohjaveden riittävä muodostuminen.

Julkaisun pääpaino on kirjallisuusselvityksissä. Kirjallisuusselvitysten perusteella on laadittu yleiskuvaus vesihuollosta ja ilmastonmuutoksesta Suomessa. "Ilmastonmuutoksen vaikutukset yhdyskuntien vedenhankintaan" sekä "Ilmastonmuutokseen sopeutuminen" -luvuissa esitetyt tiedot perustuvat osin kirjallisuusselvityksiin sekä osin vesihuoltolaitosten henkilöstön ja muiden vesihuoltoammattilaisten näkemyksiin. Julkaisu on suunnattu ensisijassa vesihuollon ja maankäytön suunnittelusta sekä ylläpidosta vastaaville henkilöille vesihuoltolaitoksilla ja kunnissa.

2 Vesihuolto

2.1

Vedenhankinta

Vesihuoltolaitokset toimittavat kuluttajille pohjavettä, tekopohjavettä tai pintavettä. Raakavesilähteiden ominaisuudet vaikuttavat niiden hyödynnettävyyteen, vedenkäsittelyn tarpeeseen ja käsittelymenetelmiin sekä niiden altistumiseen ympäristössä tapahtuville muutoksille esimerkiksi ilmasto-olosuhteiden vaihtelun tai ihmistoiminnan johdosta.

Suomessa on paljon vesihuoltolaitoksia. Yli 50 kuluttajalle vettä toimittavia laitoksia on yhteensä 1 500, joista 160–170 laitosta toimittaa vettä yli 1 000 m³ päivässä tai vähintään 5 000 käyttäjälle täyttäen yhteensä yli neljän miljoonan asukkaan tarpeet. Valvontatutkimusten mukaan vesihuoltolaitosten toimittama vesi täyttää talousveden laadulle asetetut vaatimukset ja käyttökelpoisuudelle asetetut suositukset yli 99 prosenttisesti (Zacheus, O. 2010).

Vedenhankinnan turvaaminen on yksi yhteiskunnan perusedellytyksistä. Vesihuoltolaitoksen täytyy huolehtia siitä, että sen toimittama talousvesi täyttää lainsäädännön vaatimukset. Kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo talousveden laatua terveydensuojelulain perusteella. Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) vastaa talousvettä koskevista yleisistä määräyksistä. Ministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000 perustuu Euroopan neuvoston ns. juomavesidirektiiviin 98/83/EY. Terveys- ja hyvinvoinnin laitos (THL) vastaa juomavesidirektiivin mukaisten raportointivelvollisten laitosten talousveden valvontaa ja laatua koskevien yhteenvetojen raportoinnista Euroopan unionille.

2.1.1

Raakavesilähteet

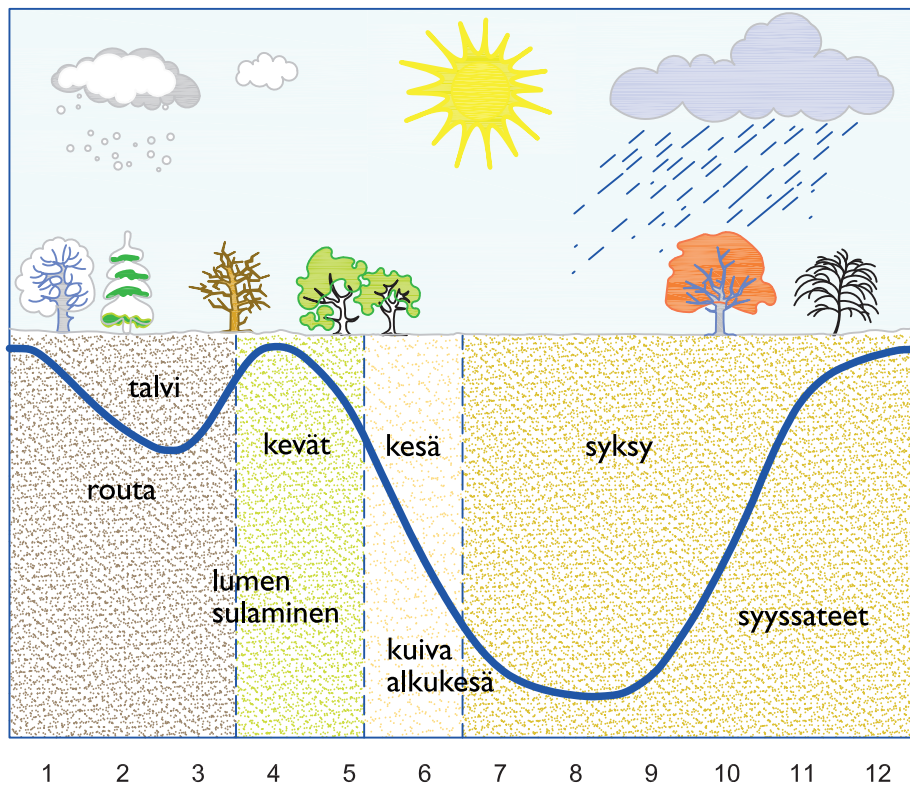
Pohjavesi ja tekopohjavesi

Vedenhankinnan kannalta käyttökelpoisimmat pohjavesivarat sijaitsevat lajittuneissa sora- ja hiekamuodostumissa, kuten harjuissa ja reunamuodostumissa. Näistä muodostumista pohjavettä on yleensä mahdollista saada vedenhankintakäyttöön suuria määriä. Pohjavettä esiintyy myös kallion ruhjeissa (nk. kalliopohjavesi), mutta sen merkitys Suomen vesihuollossa on vähäinen lukuun ottamatta haja-asutusalueiden vesihuoltoa. Pohjavesimuodostumat sijaitsevat eri puolilla Suomea eri olosuhteissa. Etenkin rannikkoalueella muodostumia on vähän, ne ovat pinta-alaltaan pieniä ja sijaitsevat osin laajojen savikerrosten alla.

Valtion ympäristöhallinto on kartoittanut ja luokitellut pohjavesialueet. Luokittelu perustuu pääosin alueen merkitykseen vedenhankinnassa. Vedenhankinnan kannalta tärkeitä pohjavesialueita (luokka I) on noin 2 220, vedenhankintaan soveltuvia (luokka II) 1 580 ja muita pohjavesialueita (luokka III) noin 2 280 (Pohjavesitietojärjestelmä POVET 12/11). Pohjavesialueilla on arvioitu muodostuvan pohjavettä yhteensä yli 5 milj. m³ päivässä. Vesihuoltolaitosten päivittäin toimittaman pohjaveden ja tekopohjaveden määrä on vain noin 0,7 milj. m³.

Pohjavesialueen pinta-ala on keskimäärin 1–2 km², pohjavedellä kyllästyneen maakerroksen paksuus 10 metriä ja pohjavedenpinta tavallisesti 2–4 metrin syvyydellä maanpinnasta. Harjuissa ja reunamuodostumissa pohjavesi voi olla paikoin yli 50 metrin syvyydessä. Pohjavesialueen antoisuus on suurimmillaan noin 20 000 m³ päivässä ja pinta-ala lähes 35 km². Pohjavesialueet ovat herkkiä likaantumaa, koska niiden vedenjohtavuus on suuri ja pohjavedenpinta usein lähellä maanpintaa.

Tekopohjavettä muodostetaan imeyttämällä pintavettä pohjavesimuodostumaan esimerkiksi allasimeytyksellä tai sadettamalla. Tavoitteena on lisätä pohjavesimuodostuman antoisuutta ja tuot-



Kuva 1. Pohjavedenpinnan korkeuden vuodenaikaisvaihtelu Etelä-Suomen pohjavesimuodostumissa. (Lähde: SYKE, piirros: Oili Ahola)

taa pohjaveden kaltaista vettä. Lisäksi vesistöstä voi rantaimettyä pintavettä pohjavesimuodostumaan joko luonnollisesti tai esimerkiksi vedenoton seurauksena, mikäli maaperä on pohjavesimuodostuman vesistöön rajoittuvalla osalla vettä hyvin läpäisevää hiekkaa ja soraa.

Pohjaveden määrään vaikuttavat tekijät

Pohjavedenpinta noudattaa pääpiirteissään maanpinnan korkokuvaa. Se yhtyy maanpintaan lähteissä, soilla ja vesistöissä. Pohjaveden määrän ajallisiin ja alueellisiin vaihteluihin vaikuttavat sadannan sekä pohjaveden muodostumisen ja purkautumisen väliset vuorovaikutukset. Pohjavesimuodostumissa pohjavedenpinnan vuotuinen vaihtelu on yleensä alle metrin. Pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee lisäksi vuodenaikojen mukaan. Minimi- ja maksimikorkeudet ovat eri osissa Suomea eri ajankohtina (katso luku 5.1.3). Esimerkiksi Etelä-Suomen pohjavesimuodostumissa pohjavedenpinta on korkeimmillaan yleensä syksyllä ja keväällä, jolloin pohjavettä muodostuu eniten johtuen runsaista sateista tai lumen sulamisesta sekä keskimääräistä vähäisemmästä haihtumisesta (kuva 1). Sen sijaan loppukesästä pohjavedenpinnat ovat Etelä-Suomessa yleensä alimmillaan. Keski- ja Pohjois-Suomessa pohjavedenpinnat ovat alimmillaan talvella, koska sade tulee pääosin lumena ja routa estää veden imeytymisen maaperään.

Pohjavedenpinnan korkeuden lyhyen jakson vaihtelut aiheutuvat voimakkaista rankkasateista tai äkillisistä painovoiman, ilmanpaineen tai merenpinnan korkeuden muutoksista. Pinnankorkeuden muutoksiin vaikuttavat pidemmällä aikavälillä oleellisesti muun muassa pohjavesimuodostuman koko ja maaperän laatu. Myös pohjavedenpinnan etäisyydellä maanpinnasta on merkitystä; mitä syvemmällä pohjavedenpinta on, sitä vähäisempää ja hitaampaa on vaihtelu. Muita pohjavedenpinnan korkeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa lumen määrä ja vesiarvo, roudan syvyys ja sulaminen, ilman lämpötila sekä tuulisuus.

Pohjaveden laatuun vaikuttavat tekijät

Suomen luonnontilaisissa hiekka- ja soramuodostumissa pohjavesi on yleensä hyvälaatuista: hiekan hapanta, runsashappista ja vähän haitallisia aineita sisältävää. Sateiden ja kuivien jaksojen seurauksena pohjaveden laadussa esiintyy luontaista vaihtelua. Pohjaveden kemialliseen laatuun vaikuttavat muun muassa maa- ja kallioperän laatu, ilmasto-olosuhteet sekä ihmistoiminnot. Rannikkoalueen pienissä savi-, siltti- tai turvepeitteisissä pohjavesiesiintymissä pohjaveteen liuenneiden alkuaineiden, kuten raudan ja mangaanin, määrä on yleensä suurempi kuin sisämaassa. Erityisesti Pohjanmaan rannikkoalueella sijaitsevista vettä ympäristöstään keräävistä eli synkliinisisistä pohjavesimuodostumissa on korkeita pohjaveden rau-

ta- ja mangaanipitoisuuksia (Hatva 1989). Pohjavedessä esiintyvä rauta ei ole terveydelle haitallista, vaan siitä aiheutuva haitta on lähinnä tekninen ja esteettinen. Raudan ja mangaanin kohonneisiin pitoisuuksiin pohjavedessä vaikuttaa usein pohjaveden alhainen happipitoisuus ja pohjavesimuodostuman geologinen rakenne. Luonnontilaisissa pohjavesissä esiintyy paikoin myös kohonneita radon-, fluoridi- ja arseenipitoisuuksia.

Monet ihmistoiminnot, kuten vaarallisia kemikaaleja käyttävät tehtaat ja laitokset varastoineen, teiden suolaus, lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö maa- ja metsätaloudessa sekä hiekan- ja soranotto oheistoimintoineen, voivat vaikuttaa heikentävästi pohjaveden laatuun. Näiden ihmistoimintojen vaikutuksesta pohjavedessä voi esiintyä esimerkiksi kohonneita typpi- ja kloridipitoisuuksia tai orgaanisia liuottimia ja torjunta-aineita. Epäpuhtauksien kulkeutumiseen pohjaveteen ja leviämiseen pohjavesikerroksessa vaikuttavat muun muassa maaperän vedenläpäisevyys, veden virtausnopeus ja -suunta maaperässä sekä epäpuhtauden liukoisuusominaisuudet.

Tekopohjaveden laatu vastaa pääsääntöisesti luontaisen pohjaveden laatua. Tekopohjaveden imeytys sijoitetaan yleensä pohjavesialueille, joilla ei ole pohjaveden laatua uhkaavia toimintoja. Pohjavesialueilla, joilla tapahtuu pintaveden rantaimetymistä pohjavesimuodostumaan, ongelmia veden laadussa esiintyy useammin kuin tekopohjaveden imeytysalueilla. Rantaimetynyt vesi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi pohjavesimuodostuman rautapitoisuuksissa, liuenneen hapen ja orgaanisen hiilen pitoisuuksissa, lämpötilassa, redox-potentiaalissa, pH:ssa ja sähkönjohtavuudessa. Myös mikrobeja ja levämyrkyjä saattaa esiintyä. Varsinaisen pohjaveden, rantaimetynneen veden ja pintaveden laadut poikkeavat usein merkittävästi toisistaan. Myös laadun vuodenaikaisvaihtelut voivat olla suuria rantaimetymisvyöhykkeellä.

Pintavesi

Yhdyskuntien vedenhankinnassa pintavesilähteinä käytetään suuria järviä ja jokia. Jokivettä käytetään pääasiallisena raakavesilähteenä muutamalla laitoksella, mutta käyttö varavesilähteenä on yleisempää. Pintavettä käytetään lisäksi muun muassa teollisuuden ja voimalaitosten prosessi- ja jäähdytysvetenä sekä maatalouden kasteluvetenä. Merivettä tai merestä patoamalla erottujen altaiden vettä hyödynnetään teollisuus- ja energialaitosten jäähdytysvetenä, mutta yhdyskuntien talousvedenhankinnassa sitä käytetään vain muutamassa poikkeustapauksessa. Saaristossa käsiteltyä merivettä hyödynnetään talousvetenä yksittäisillä kiinteistöillä. Pintavesilähteet ovat alttiimpia veden

laadun riskitekijöille kuin pohjavesilähteet, koska pintavalunnan mukana kiintoaineet, ravinteet ja mikrobit pääsevät suoraan maanpinnalta veteen ilman maaperän suodattavaa vaikutusta.

Pintaveden määrään vaikuttavat tekijät

Alueellisesti tarkasteltuna järvien osuus on 5–35 % Suomen pinta-alasta, mutta ne ovat jakaantuneet epätasaisesti eri puolille maata. Yli hehtaarin kokoisten järvien tilavuus on arviolta 235 km³ ja vuotuinen tilavuuden vaihtelu noin 40 km³ muun muassa sadannasta, valunnasta, veden virtaamasta ja haihdunnasta johtuen (Suomen ympäristökeskus 2011a).

Vedenhankinnan kannalta pintavesien määrän vaihtelulla ei ole yhtä suurta merkitystä kuin pohjaveden määrän vaihtelulla. Merkittävä osa yhdyskuntien ja teollisuuden pintavedenotosta kohdistuu niin suuriin vesimuodostumiin, että vedenotomäärät eivät vaikuta merkittävästi vesistön virtaamiin, vedenkorkeuksiin tai ekologiseen tilaan. Esimerkiksi pääkaupunkiseutulaisten kuluttaman veden määrä on vain noin yksi prosentti Päijänteen luonnollisesta virtaamasta, joten vedenotto ei muuta luonnonolosuhteita Päijänteen rannoilla (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2011). Vedenotto erityisesti kasteluun saattaa kuitenkin joissain tapauksissa vaarantaa pienten vesistöjen tilan kuivuuskautena, jolloin virtaamat ovat pieniä (Mäenpää & Tolonen 2011).

Pintaveden laatuun vaikuttavat tekijät

Suomen järvet ja jokiuomat ovat keskimäärin matalia, joten ne ovat herkkiä ihmisen toiminnan aiheuttamille muutoksille ulkopuolisten ainevirtaamien johdosta. Ainevirtaamat voidaan jaotella kiintoainekseen, rehevöittäviin ravinteisiin, happea kuluttaviin, happamoittaviin ja myrkyllisiin aineisiin.

Ravinnekuormitusta aiheuttavat tyypillisesti maatalouden ja metsätalouden päästöt, turvetuotannon kuivatusvedet, yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedet, haja- ja loma-asutuksen jätevedet, kalankasvatus sekä erityyppisten alueiden hulevedet. Myös pintavalunta pilaantuneilta maa-alueilta vesistöihin heikentää pintavesien laatua. (Suomen ympäristökeskus 2011b) Lämpökuormitusta vesistöihin syntyy teollisuus- ja energialaitosten jäähdytysvesistä. Ilmaperäiset saasteet teollisuuden ja liikenteen päästöistä voivat happamoittaa vesistöjä. Ihmistoiminta voi vaikuttaa pintavesien laatua heikentävästi lisäksi muun muassa järvien säännöstelyn ja jokien patoamisen välityksellä. Etenkin rantavyöhykkeen kasvillisuus kärsii säännöstelyn aiheuttamasta vedenpinnan vaihtelusta ja eroosiosta. Ruovikoitumisen ja eroosion arvioidaan

laskevan ekologisen tilan erinomaisesta hyväksi useissa järvissä. (Mäenpää & Tolonen 2011; Suomen ympäristökeskus 2010)

Ainevirtoja vesistöihin on pystytty vähentämään merkittävästi viimeisten vuosikymmenten aikana, mutta maa- ja metsätalouden sekä haja-asutuksen jätevesien aiheuttaman kuormituksen hillitseminen on osoittautunut haastavaksi. Valtioneuvosto on hyväksynyt vuonna 2006 vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015, jolloin pintavesien hyvä tila tulee saavuttaa. Periaatepäätöksen tavoitteena on ohjata vesiensuojelun toimenpiteitä ja vesienhoidon suunnittelua siten, että muun muassa rehevöitymistä aiheuttavaa ravinnekuormitusta vähennetään, haitallisista aineista aiheutuvaa riskiä pienennetään entisestään, vesirakentamisen ja säännöstelyn haittoja vähennetään sekä vesiluonnon monimuotoisuuden suojelun ja vesien kunnostamistoimenpiteiden toteutus turvataan. (Suomen ympäristökeskus 2011b)

Pintavedet on luokiteltu sillä perusteella, kuinka suuri vaikutus ihmistoiminnalla on ollut pintavesien ekologiseen ja kemialliseen tilaan. Pohjois- ja Itä-Suomessa pintavesien tila on pääsääntöisesti parempi kuin Etelä-, Länsi- ja Lounais-Suomen rannikolla. (Mäenpää & Tolonen 2011)

Ravinnepestöjen aiheuttama rehevöityminen on yksi pääsyy vesistöjen, erityisesti jokien, heikolle ekologiselle tilalle. Ekologisen tilan luokittelu perustuu biologisten tekijöiden tarkasteluun eli eri eliöiden esiintymisen ja elinolosuhteiden arviointiin vesistössä. Suomen luokitelluista pintavesistä noin 60 % on erinomaisessa tai hyvässä ekologisessa tilassa (kuva 2), suurista järvistä noin 86 %. Ekologisesti tyydyttävään tilaan on luokiteltu suurista järvistämme maatalouden sekä yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien kuormituksen kohteena pitkään olleet järvet. Heikoimmassa tilassa olevat järvet ovat maatalousvaltaisilla alueilla. (Mäenpää & Tolonen 2011; Suomen ympäristökeskus 2010) Luokittelu on pintavesien hyödyntämisen kannalta suuntaa-antava eikä suoraan kuvaa vesistön käyttökelpoisuutta vedenhankinnassa. Luokittelu ei esimerkiksi ota huomioon mahdollista kuormituksen vähenemisen jälkeistä viivettä vedenlaadun parantumisessa, ajoittaisia levähaittoja tai vesialueiden umpeenkasvua. (Isomäki ym. 2007)

Kemiallisen tilan luokittelun perusteella pintavedet ovat pääosin hyvässä tilassa. Haitallisten ja vaarallisten aineiden pitoisuuksia vesistössä on tarkasteltu valtioneuvoston asetukseen 1022/2006 perustuvien ympäristölaatu normien perusteella ja todettu niiden pääsääntöisesti olevan alle laatu normirajojen. Tiedot useimpien aineiden esiintymisestä ovat kuitenkin puutteelliset. (Mäenpää & Tolonen 2011)

2.1.2

Vesilaitokset

Pohjavesilaitokset

Pohjavedellä on vesihuollossa suuri merkitys, sillä luonnontilainen pohjavesi on sekä kemiallisesti että fysikaalisesti tasalaatuista ja veden kemiallinen käsittelytarve vähäinen. Tekopohjaveden osuuden arvioidaan kuitenkin kasvavan tulevaisuudessa, sillä monien kaupunkien ympäristössä ei ole riittävästi luonnollista pohjavettä niiden vedenhankintatarpeisiin.

Pääosa pohjavedenottoista toimittaa melko vähäisiä määriä pohjavettä; ottamoista noin 1 000 on sellaisia, jotka toimittavat vettä alle 500 asukkaalle. 500–5 000 asukkaalle vettä toimittavia, yhteensä noin 550 000 asukasta palvelevia, vesihuoltolaitoksia on 230, joista lähes 30 on tekopohjavesilaitoksia (kuva 2).

Yhdyskuntien vedenhankinnan lisäksi haja- ja loma-asutuksen vesihuolto perustuu lähes kokonaan pohjaveteen. Oman kaivon varassa haja-asutusalueilla asuu yli puoli miljoonaa suomalaista, ja kaivoja on noin puoli miljoonaa mukaan luettuna loma-asutus. Kaivoista rengaskaivoja on noin 450 000 ja porakaivoja noin 150 000 kpl, joista yhteisvedenhankinnassa noin 200.

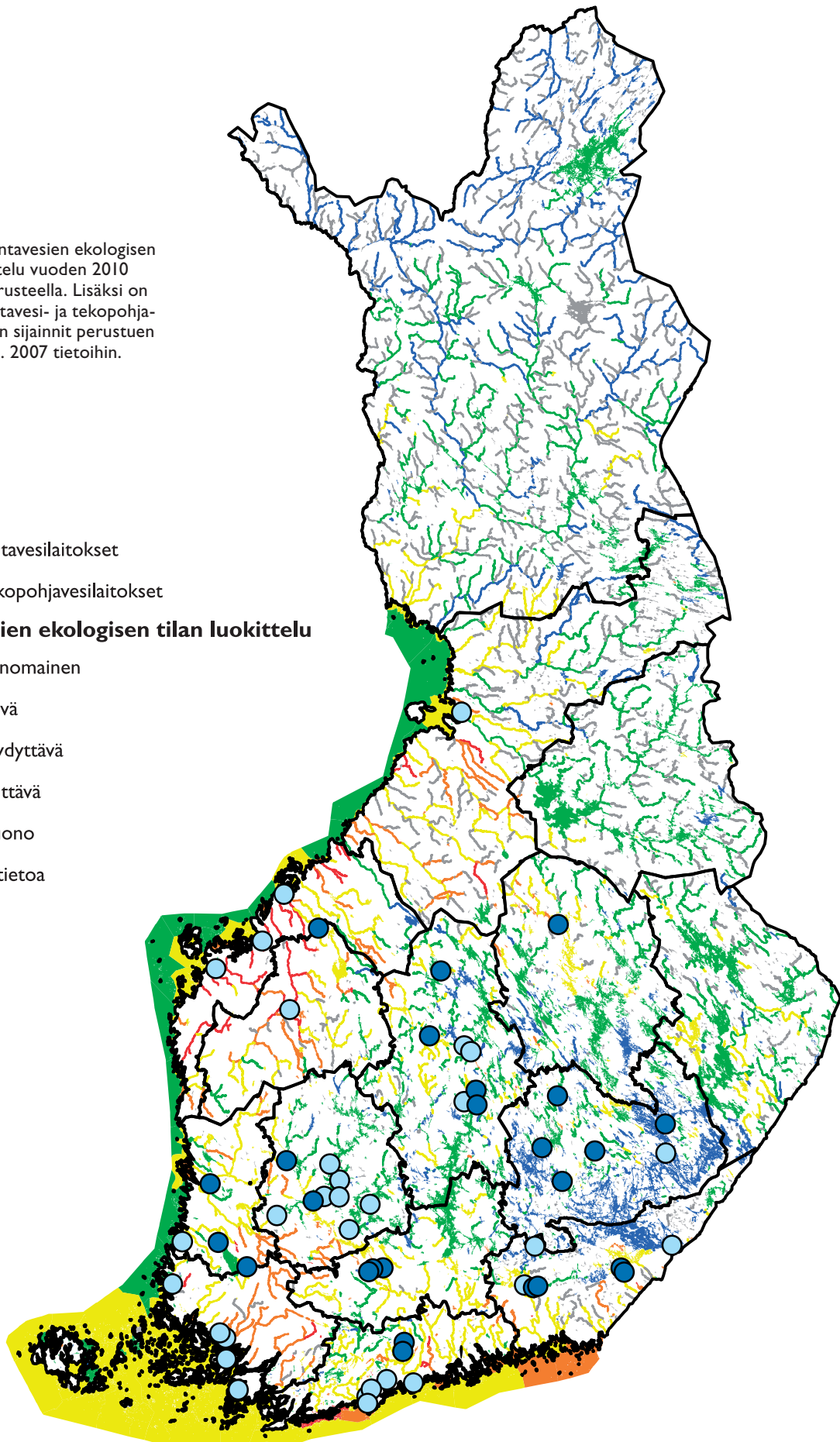
Pintavesilaitokset

Vedenhankinnassa hyödynnetään yleensä pohjavettä. Lähinnä niillä alueilla, joilla ei ole riittävästi pohjavesivarantoja, käytetään pintavettä. Pintavesilaitosten toimittamat vesimäärät ovat suuria ja laitokset sijaitsevat pääosin suurissa kaupungeissa tai rannikolla (kuva 2). Vaikka pintavesilaitoksilla tarvitaan raakaveden laadun vuoksi laajamittaisempaa vedenkäsittelyä kuin pohjavesilaitoksilla, laitosten hoito on ammattimaista, laadunvarmistus korkeatasoista ja veden laatuongelmat harvinaisia (Isomäki ym. 2007).

Mikäli pintaveden hankinta järvistä tai joista ei ole mahdollista tai veden johtaminen alueen ulkopuolelta ei tule kyseeseen esimerkiksi pitkän siirtolinjan vuoksi, on vaihtoehtona meriveden käsittely talousvedeksi. Merivettä hyödynnetään talousvetenä esimerkiksi Houtskarissa Varsinais-Suomessa sekä Föglössä Ahvenanmaalla, joissa molemmissa vettä käyttää arviolta alle 1 000 asukasta.

Talousvettä voidaan johtaa pitkiäkin matkoja, jos veden kuluttajia on paljon ja veden johtaminen on siten taloudellisesti kannattavaa. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulle (Helsinki, Vantaa, Espoo ja Kauniainen) noin miljoonalle ihmiselle talousvesi johdetaan Päijänteestä tunnelin välityksellä. Lisäksi tunnelista johdetaan pintavettä pääasiassa tekopohjaveden muodostamista varten pääkaupunki-

Kuva 2. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu vuoden 2010 tietojen perusteella. Lisäksi on esitetty pintavesi- ja tekopohjavesilaitosten sijainnit perustuen Isomäki ym. 2007 tietoihin.



© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/II ©SYKE



Kuva 3. Kalkkikivialkalointia vedenottamalla.

seudun naapurikuntien Hyvinkään, Järvenpään, Keravan, Kirkkonummen, Sipoon, Tuusulan sekä ajoittain Porvoon tarpeisiin (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2011).

2.2

Veden käsittely

Keskitetyn vedenjakelun piirissä talousveden valmistuksen vaatimasta vedenkäsittelystä vastaa vesihuoltolaitos. Laitos vastaa myös kaivojen ja vesijohtoverkoston ylläpidosta osana vedenhankintajärjestelmää sekä veden toimittamisesta veden käyttäjille. Kuntien terveysvalvonnan rooli on talousveden laadun säännöllisestä tarkkailusta huolehtiminen.

Suurilla pohjavesilaitoksilla on yleensä hyvät vedenkäsittelylaitteet ja käsittely tehdään asianmukaisesti. Isoilla laitoksilla desinfiointi on yleinen vedenkäsittelymenetelmä veden hygieenisen laadun turvaamiseksi. Pohjavesilaitokset ovat kuitenkin pääosin pieniä, eikä niistä monella ole kiinnitetty riittävästi huomiota laitosten hoitoon

tai veden hygieenisen laadun varmistamiseen käsittelyjärjestelmin. Tosin viime vuosina vedenkäsittelymenetelmät pienillä laitoksilla ovat yleistyneet ja parantuneet, ja desinfioinnin käyttö lisääntynyt. Vedenkäsittelyllä ei kuitenkaan korvata vedenottamoiden kunnon tarkkailua; useat Suomessa tapahtuneet vesiperäiset epidemiat ovat osittain seurausta vedenottamoiden huonosta tilasta.

Pintavesilaitoksilla raakaveden laadun tarkkailu ja veden käsittely vaatii enemmän huomiota kuin pohjavesilaitoksilla. Pintavesilaitoksilla käytetään aina veden desinfiointia veden hygieenisen laadun varmistamiseksi. Hyvä desinfiointimenetelmä on veden UV-säteilytys, jonka käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Menetelmällä tuhotaan patogeeneja vedestä ilman kemikaaleja.

Talousveden hygieenisen laadun turvaamisen lisäksi raakaveden ominaisuuksia voidaan joutua säätämään, koska esimerkiksi kovuus, alkaliteetti, kloridipitoisuus ja pH voivat aiheuttaa korroosioita vedenjakelujärjestelmälle. Pohjaveden happamuuden ja siten korroosion vähentämiseksi vesi tyypillisesti alkaloidaan vedenottamoilla ennen verkostoon johtamista. Tällöin veden pH nousee ja kovuus kasvaa. Alkaloinnissa käytetään yleensä

emäksisiä alkalointikemikaaleja kalkkia tai lipeää, mutta se voidaan tehdä myös ilmastamalla. Lipeän käyttöä pyritään vähentämään, sillä se voi aiheuttaa terveyshaittoja muun muassa vahingoittamalla lasten ruokatorvia. Lisäksi automaattisissa vesipumpuissa voi esiintyä toimintahäiriöitä eivätkä ne ole täysin toimintavarmoja, minkä seurauksena lipeää voi päästä liikaa veteen. Toistaiseksi Suomessa ei ole ollut merkittäviä lipeästä aiheutuvia onnettomuuksia, mutta useita läheltä piti -tilanteita on ollut. Veden happamuuden vähentäminen kalkilla on turvallista, sillä kalsiumin puskurivaikutusten takia sitä ei voi annostella veteen liikaa.

2.3

Vesijohtoverkostot

Suomessa on vesijohtoverkoston noin 100 000 km, ja sen piirissä yli 90 % väestöstä. Verkosto on rakennettu pääosin 1970-luvulla. Vesijohdot tehtiin aiemmin valuraudasta tai teräksestä, nykyään pääosin muovista. Verkoston iästä, materiaalista ja kunnosta johtuen verkosto alkaa olla yleisesti saneerauksen tarpeessa, mihin viittaavat myös paikoin lisääntyneet putkirikkojen määrä ja vedenjakelukatkokset. Saneerauksella tarkoitetaan kaikkia kertaluontoisia peruskorjaus- ja parannustoimenpiteitä, joilla pyritään säilyttämään verkoston toimintakyky. Tämän lisäksi verkoston ylläpitämiseksi on tehtävä määräajoin tai tarpeen vaatiessa huoltotoimenpiteitä kuten putkistojen huuhteluita. Saneerausmäärää tulisi nostaa nykyisestä noin 400 kilometristä 1 000 kilometriin vuosittain (Finnish Consulting Group Planeko Oy 2008).

Vesijohtojen putkirikot aiheuttavat riskin vedenlaadun huonontumiselle vedenjakelun katkojen lisäksi. Riski mikrobien ja patogeenien pääsyyllä vedenjakeluverkostoon on suuri etenkin, jos jätevesiviemäri vuotaa samassa kaivannossa vesijohdon kanssa. Normaalisti sijoitettaessa johtoja samaan kaivantoon tulisi vesijohto sijoittaa jätevesiviemärin yläpuolelle, jotta putkirikon sattuessa jätevesi ei valu vesijohdon päälle. Myös maaperästä voi suodautua haitta-aineita huonokuntoiseen vesijohtoverkostoon.

2.4

Viemäröinti ja jätevedenkäsittely

Jätevesiverkoston Suomessa on noin 50 000 km, ja siihen on liittynyt noin 85 % väestöstä. Viemäröinti

järjestetään joko painovoimaisesti viettoviemäreillä tai paineviemäreillä sekä pumppaamoilla. Viemärit on rakennettu pääosin 1970-luvulla. Tällöin ne tehtiin betonista, nykyään pääosin muovista. Verkostosta osa on sekaviemäriä, jossa hule- ja jätevesi johdetaan yhdessä, osa vedet erottelevaa erillisviiemäriä. Taajamat on yli 90 prosenttisesti erillisviiemäröity, mutta varsinkin kaupunkien vanhoissa keskustoissa on edelleen sekaviiemäreitä.

Viiemäriverkoston korkea ikä ja vaihteleva kunto lisäävät vuotovesimääräiä ja putkirikkoja, ja kertovat siten saneeraustarpeesta. Saneerausmäärää tulisi nostaa nykyisestä noin 300 kilometristä 900 kilometriin vuosittain (Finnish Consulting Group Planeko Oy 2008). Viemäreiden vuototapauksissa riski vesijohtoverkoston veden laadulle on suuri varsinkin, jos vesijohto on sijoitettu samaan kaivantoon viemärin kanssa. Jäteveden vuotaminen on riski myös lähistöllä sijaitsevien kaivojen veden laadulle sekä vesi- ja maaekosysteemeille. Vuoto-vesien osuus viemäreiden jätevedestä on keskimäärin 30 %. Etenkin sekaviiemäreissä vuoto-vesien lisääntyminen yhdessä rankkasateiden ja tulvien kanssa voi johtaa mitoituskapasiteetin riittämättömyyteen, jolloin viemäreiden ylivuotoriski kasvaa. Sekaviiemäreitä pyritäänkin muuttamaan erillisviiemäreiksi saneerausten yhteydessä.

2.5

Suunnitelmat ja niiden merkitys

Suurilla vesihuoltolaitoksilla ja kunnilla on käytössä monia erilaisia suunnitelmia, joissa tarkastellaan vesihuollon erityistilanteita. Seuraavissa kappaleissa on esitetty vedenhankinnan riskeihin ja erityistilanteisiin liittyvät keskeiset suunnitelmat ja tarkasteltu, miten niissä on huomioitu ilmastomuutoksen aiheuttamat vaikutukset.

Vesihuollon alueelliset yleissuunnitelmat, kunnalliset kehittämissuunnitelmat ja valmiussuunnitelmat sekä pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat ja vesienhoitosuunnitelmat

Vuonna 2001 voimaan tullessa vesihuoltolaissa (119/2001) korostetaan kuntien vastuuta järjestää vesihuolto alueellaan. Kunnat velvoitetaan laatimaan kuntakohtaiset vesihuollon kehittämissuunnitelmat sekä osallistumaan vesihuollon alueelliseen yleissuunnitteluun yhteistyössä naapurikuntien kanssa. Viimeaikainen vesihuoltolaitosten liikelaitostaminen, yhtiöittäminen, laitosten



Kuva 4. Tulvat voivat kuormittaa sekaviemäreitä.

yhdistäminen ja palveluiden ulkoistaminen ovat lisänneet alueellisen suunnittelun tarvetta.

Vesihuollon alueelliset yleissuunnitelmat ohjaavat vesihuollon kehittymistä ja yhteistyötä. Lisäksi ne ovat pohjana vesihuollon tarkemmalle suunnittelulle, kuten kuntakohtaisille vesihuoltosuunnitelmille ja kriisinajan suunnitelmille. Viime aikoina laadituissa yleissuunnitelmissa on kiinnitetty erityistä huomiota vedenhankinnan varmuuteen, veden laatuun ja vesilaitosten toiminta-alueiden laajentamiseen sekä jätevesien osalta haja-asutuksen jätevesikuormituksen ja viemärien vuotovesimäärien pienentämiseen sekä jätevesilietteiden käsittelyyn ja sijoitukseen. Ilmastomuutokseen liittyviä asioita ei näissä suunnitelmissa ole toistaiseksi käsitelty.

Ensimmäiset kuntien *vesihuollon kehittämissuunnitelmat* valmistuivat vuonna 2004. Vesihuollon kehittämissuunnittelu pohjautuu kunkin kunnan omaan näkemykseen vesihuollon kokonaisuudesta. Kunnan näkökulmasta keskeisiä kysymyksiä voivat olla mm. yhdyskunnan vesihuoltopalveluiden laatu ja toimintavarmuus, verkoston kattavuus, varautuminen riskeihin ja erityistilanteisiin sekä yhteistyön kehittäminen laitosten ja kuntien välillä. Alueellisesta näkökulmasta tarkasteltuna

keskeisiä kysymyksiä voivat olla esimerkiksi alueen pohjavesiesiintymien ja muiden vesivarojen hyödynnettävyys myös tulevaisuudessa. Kehittämissuunnitelmien sisällöllisiä kehittämistarpeita on esitetty kattavasti ”Kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma – hyviä suunnittelukäytäntöjä” –oppaassa (Pirkanmaan ympäristökeskus & Hämeen ympäristökeskus 2008).

Kunnissa tulee olla ajankohtaiset *valmiussuunnitelmat*, joiden vesihuollon valmiussuunnittelusta vastaavat vesihuoltolaitokset. Näiden suunnitelmien ensisijaisena tarkoituksena on esittää keinot tunnistettujen riskien ehkäisemiseksi ja niiden vaikutusten minimoimiseksi. Valmiussuunnitelman perusteella vesihuollon toimivuus tulee turvata mahdollisimman hyvin kaikissa olosuhteissa. Valmiussuunnitelmissa ei tarkastella pelkästään kriisitilanteita, vaan myös normaalioloissa tapahtuvia vakavia toimintahäiriöitä ja vahinkotilanteita. Viime aikoina laadituissa suunnitelmissa on tarkasteltu yhä enemmän poikkeusolojen lisäksi normaaliolojen häiriötilanteita esimerkiksi myrskyjen ja tulvien vaikutuksesta.

Pohjavesialueiden suojelemissuunnitelmissa voidaan ottaa huomioon myös ilmastomuutoksen vaikutukset. Suunnitelmissa voidaan vaikuttaa

maankäyttöön välttämällä pohjaveden laatua tai määrää heikentävien toimintojen sijoittamista pohjavesialueelle. Vaikka pohjavesialueen suoje-
lusuunnitelmalla ei ole sitovia oikeusvaikutuksia, suojelunäkökohdat tulevat esille kuntien sekä alue-
hallintovirastojen päättäessä luvanhakemisproses-
sin yhteydessä erilaisten toimintojen sijoittumis-
mahdollisuuksista pohjavesialueille.

Ilmastomuutoksen vaikutukset ja niihin so-
peutuminen tulisi ottaa huomioon myös *vesienhoi-
tосуunnitelmien* ympäristötavoitteissa ja hoitotoi-
mien suunnittelussa. Vesienhoitosuunnitelmissa
voidaan käsitellä esimerkiksi ravinnepäästöjen ja
haitallisten aineiden vesistöihin huuhtoutumista
vähentäviä toimia. Vesienhoitosuunnitelmat tulee
sovittaa yhteen tulvariskien hallinnan kanssa, jotta
ilmastonmuutoksen vaikutusten hallinta on mah-
dollisimman laaja-alaista ja kestävää myös pitkällä
aikavälillä.

Vesihuoltolaitoskohtaiset turvallisuus- ja varautumissuunnitelmat sekä varmuusluokitukset

Vesihuoltolaitoskohtaista riskinarviointia tulisi
tehdä säännöllisesti ja se tulisi sisällyttää osaksi
laitoksen toimintaa. Laitosten riskinhallintamene-
telmissä ja turvallisuussuunnitelmissa voidaan tar-
kastella sopeutumiskeinoja ilmastomuutokseen.
Maailman terveysjärjestö WHO on laatinut ohjeet
vesihuoltolaitosten turvallisuussuunnitelmien (Water
Safety Plan WSP) tekemiseksi. Turvallisuussuunni-
telmat on tarkoitus tehdä laitoskohtaisesti lukuun
ottamatta pieniä vesilaitoksia, joille voidaan WSP:n
sijaan laatia yksinkertaisia tarkistuslistoja. WSP:n
systemaattista ja analyttistä lähestymistapaa voi-
daan hyödyntää myös vesihuoltolaitoksen varau-
tumissuunnitelmassa. (Vikman & Arosilta 2006).

Vesihuoltolaitoksilla tulisi olla normaaliolojen
häiriötilanteita sekä valmiuslaissa tarkoitettuja
poikkeusoloja varten *varautumissuunnitelma*, jossa
käsitellään riskien tunnistamista, haittojen ennal-
taehkäisyä ja haittavaikutusten minimointia sekä
toimintaa erityistilanteissa. Vaikka yleiset periaat-
teet soveltuvat kaikille vesihuoltolaitoksille, tulee
riskien tunnistamisessa ja varautumissuunnittelussa
huomioida kunkin laitoksen erityispiirteet. Vesi-
huoltolain tarkistamistyöryhmän mukaan vesi-
huoltolaitoksen tulisi laatia varautumissuunnitel-
ma yhteistyössä kunnan valvontaviranomaisten,
pelastusviranomaisten ja muiden samaan verkos-
toon liitettyjen vesihuoltolaitosten kanssa. Lisäksi
yhteistyötä tulee tehdä tarvittaessa kunnan tervey-
densuojeluviranomaisia ohjaavan aluehallintovi-
raston ja Valviran kanssa. (Vesihuoltolain tarkis-
tamistyöryhmä 2010) Varautumissuunnitteluväl-

voitteesta on tarkoitus säätää meneillään olevan
vesihuoltolain uudistamisen yhteydessä. Suurilla
vesihuoltolaitoksilla on jo nyt huomattavasti oh-
jeistuksia monipuolisemmin mietityt varautumis-
suunnitelmat, joita on kuitenkin voitu kutsua esi-
merkiksi valmiussuunnitelmiksi tai jotka voivat
olla osana laitoksen toiminta- tai laatu järjestelmää
(Vesihuollon erityistilannetyöryhmä 2005).

Vesihuoltolaitosten ilmastomuutokseen so-
peutumisessa voidaan käyttää hyväksi laitosten
varmuusluokitusta. Sen lähtökohtana on oletus, että
laitoksen merkittävin pohja- tai pintavedenotto
on poissa käytöstä esimerkiksi raakaveden pilaan-
tuminen tai pitkäaikaisen kuivuuden seurauksena.
Luokitusta määritettäessä huomioidaan, kuinka
paljon tällaisessa tilanteessa laitoksen muilta ve-
denottoilta tai toisilta vesihuoltolaitoksilta voi-
daan toimittaa talousvettä vuorokaudessa asukas-
ta kohti, kun otetaan huomioon oman verkoston ja
yhdysvesijohtojen kapasiteetti sekä veden toimi-
tussopimukset. Varmuusluokkia on kolme, joiden
lisäksi on 0-luokka eli laitokset, jotka ovat yhden
vedenottamon tai vesilähteen varassa (taulukko 1).
Laitoksen mahdollisuus jakaa talousveden laatu-
vaatimukset täyttämättä pesu- tai huuhteluvettä
pitkäkestoisessa erityistilanteessa yli 120 litraa asu-
kasta kohti vuorokaudessa voi parantaa laitoksen
varmuusluokkaa. (Vikman & Arosilta 2006)

Taulukko 1. Vesihuoltolaitosten varmuusluokat erityis-
tilanteessa laitoksen talousveden jakelumahdollisuuden
perusteella (Vikman & Arosilta 2006).

Varmuusluokka	Talousvettä käytettävissä (litraa/asukas/vuorokaudessa)
1	yli 120
2	50–120
3	5–50
0	0–5

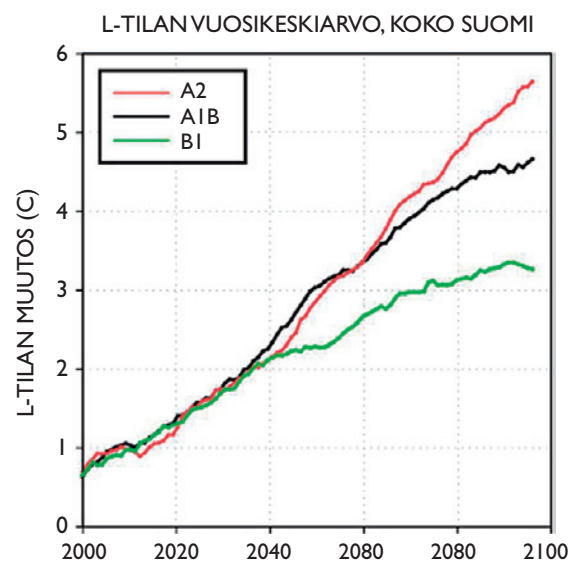
Tähän mennessä varmuusluokitusta ovat hyö-
dyntäneet lähinnä vain maa- ja metsätalousminis-
teriö, SYKE ja ELY-keskukset. Luokitus soveltuu
kuitenkin myös vesihuoltolaitosten ja kuntien vesi-
huollon suunnitteluun; sen perusteella voidaan ar-
vioida laitosten kykyä selviytyä häiriötilanteissa ja
vertailla laitosten toimintaedellytyksiä. Kunnat ja
vesihuoltolaitokset keräävät tarvittavat lähtötiedot
ja määrittävät varmuusluokat kunnan vesi-
huollon kehittämissuunnitelmaa päivitettäessä. ELY-
keskukset koordinoivat luokitusta, tarkastavat sen
sekä tarvittaessa täydentävät ja yhdenmukaistavat
luokitusta. Ne myös laativat alueelliset yhteenve-
dot maa- ja metsätalousministeriölle. (Vikman &
Arosilta 2006)

3 Ilmastonmuutos Suomessa

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on mallinnettu usealla eri tavalla. Esimerkiksi Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) käyttää arvioinneissaan 23 globaalia ilmastomallia ja Ilmatieteen laitoksen vetämässä ACCLIM-hankkeessa on käytetty 19 mallia. Ilmastomallien ja päästöskenaarioiden perusteella tehdyt arviot ilmaston muuttumisesta ulottuvat tämän vuosisadan loppuun. IPCC:n arvioinneissa kaikki skenaariot ovat yhtä todennäköisiä. Ilmatieteen laitos käyttää pääasiallisesti kolmea päästöskenaariota: toiseksi pessimistisintä A2-skenaariota, optimistisintä B1-skenaariota ja melko keskimääräistä A1B skenaariota (kuva 5). Eri ilmastoskenaariot poikkeavat merkittävästi toisistaan, mutta muutoksen suunta on kaikissa sama.

Suomessa ilmasto vaihtelee nykyisin mantereisesta merelliseen riippuen ilmapvirtausten suunnasta. Ilmasto-olosuhteet, kuten sadanta, haihdunta ja lämpötila, vaihtelevat merkittävästi maan eri osissa. Mikäli ilmastonmuutos tapahtuu voimakkaimmalla ennustetulla tavalla, niin Suomen ilmasto alkaa vuosisadan loppupuolella muistuttaa Keski-Euroopan ilmastoa. Tällöin koko Suomen peittävän boreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen eteläreuna siirtyy Pohjois-Lappiin.

Ilmastonmuutos vaikuttaa erityisesti ilman lämpötilaan ja sademäärään. Lämpötilojen arvioidaan nousevan Suomessa nopeammin kuin maapallolla keskimäärin. Tämä johtuu muun muassa lumi- ja jääpeitteen vähenemisen aiheuttamasta maanpinnan heijastuskykyyn eli albedoon liittyvästä palautemekanismista. (Veijalainen ym. 2012) Verrattuna vuosiin 1971–2000 Suomen keskilämpötilan arvioidaan olevan tällä vuosisadalla 1,2–1,8 °C korkeampi vuonna 2020 ja 2,3–3,7 °C korkeampi vuonna 2050 nousten lopulta 3,1–6,2 °C korkeammaksi vuoteen 2080 mennessä (Carter ym. 2007). Lämpötilat kohoavat etenkin talvella, jolloin lämpötila voi nousta 3–8 °C nykyisestä. Kesäisin lämpötilan keskimääräinen nousu tulee olemaan muutamia asteita. Lämpötilan nousu lisää todennäköisesti vesien rehevöitymistä ja muuttaa elinolosuhteita vesistöissä. Vanhat elinympäristöt siirtyvät pohjoi-



Kuva 5. Lämpötilan vuosikeskiarvon muutokset Suomessa vuosina 2000–2100 (Lähde: Ilmatieteen laitos).

semmaksi nykyisten muuttuessa ja mahdollisesti heiketessä.

Ilmastomallien mukaan ilmaston lämpeneminen voimistaa kosteita ilmapvirtauksia keskileveysasteilta pohjoiseen, mikä lisää sateiden määrää Suomessa keskimääräistä enemmän. Rankkasateet tulevat voimistumaan sekä kesä- että talvikuukausina. Talven sademäärien arvioidaan lisääntyvän 20–40 % nykyisestä; kesäisin määrät kasvavat huomattavasti vähemmän ja saattavat osassa maata jopa laskea. Kesäisten sateettomien kausien arvioidaan lisääntyvän. Myrskyjen ei arvioida merkittävästi voimistuvan Suomessa, mutta paikallisiin myrskyihin ja myrskyreitteihin tulee todennäköisesti muutoksia. Ruotsalaisen Rossby-Centre:n RCAO-yhdistelmämallin mukaan maksimaaliset talvituulennopeudet kasvavat Etelä- ja Kaakkois-Suomessa keskimäärin 2,5–5 %. Perämerelle ennustetaan vielä suurempaa tuulennopeuksien kasvua. Pohjoisimmassa Lapissa suurimmat talvituulennopeudet sen sijaan voivat laskea 2,5–10 %.

Taulukko 2. Ilmastomuutoksen keskeiset vaikutukset Suomessa.

Lämpötila	• hellejaksot kesällä yleistyvät ja maksimilämpötilat kasvavat • talven keskilämpötila nousee → kovat pakkasjaksot harvinaistuvat
Sademäärä	• rankkasateet voimistuvat ja yleistyvät erityisesti talvella Etelä- ja Keski-Suomessa → talvitulvat yleistyvät • lumisateet pysyvät samana tai lisääntyvät Pohjois-Suomessa → kevättulvat ovat yleisiä jatkossakin
Lumipeite ja routa	• lumen määrä vähenee Etelä- ja Keski-Suomessa • vuoden keskilämpötilan kohotessa lumipeiteaika vähenee → routa voi ulottua syvemmälle maaperässä → toisaalta maa on roudassa aiempaa lyhyemmän ajan → lumen vesi-arvo pienenee → kevättulvat pienenevät
Tuulennopeus	• muutoksia paikallisiin myrskyihin ja myrskyreitteihin • myrskyt eivät merkittävästi voimistu • tuulennopeudet kasvavat talvisin Etelä- ja Kaakkois-Suomessa sekä Perämerellä

Suomen sisävesissä virtaamien, valunnan ja vedenkorkeuksien vuodenaikainen jakauma muuttuu merkittävästi Pohjois-Suomea lukuun ottamatta, ja tulvien suuruus ja ajankohta muuttuvat ilmastomuutoksen seurauksena. Kesällä ja alkusyksyllä vedenkorkeudet alenevat useissa järvissä etenkin runsasjärvisillä alueilla lämpimämmän ilmaston ja suuremman haihdunnan vaikutuksesta. Entistä sateisempi syksy ja lauhempi talvi taas lisäävät virtaamia loppusyksyllä ja talvella etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa. Suurimmat tulvat Etelä- ja Keski-Suomessa aiheutunevat kesän ja syksyn rankkasateista. Lumen määrä vähenee Etelä- ja Keski-Suomessa, eikä lumipeite ei ole enää jokatalvinen ilmiö vuoteen 2050 mennessä, vaan sateet tulevat yhä useammin vetenä. Lumipeite vähentää

routaan muodostumista, joten vähälumisina kylminä talvina routa voi ulottua syvälle. Keskimääräisen routasyvyyden oletetaan kuitenkin vähenevän koko maassa ilmaston lämmitessä (Venäläinen ym. 2000). Vesisateet yhdessä lämpötilan kohoamisen kanssa sulattavat mahdollisesti kertynyttä lumipeitettä jo talvella ja kasvattavat virtaamia lisäten talvitulvia Etelä- ja Keski-Suomessa. Suurten järvien kuten Saimaan tulvat ajoittuvat jatkossa todennäköisesti talveen. Myös Pohjois-Suomessa talvisateet lisääntyvät, mutta tulevat yleisimmin lumena. Etelä- ja Keski-Suomessa lumen sulaminen jo talvella pienentää virtaamia ja tulvia keväisin, mutta Pohjois-Suomessa kevättulvat ovat yleisiä jatkossakin.

4 Tutkimusmenetelmät

Yleistä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kirjallisuuden, vesilaitoskyselyjen ja työpajan perusteella, miten ilmastonmuutos vaikuttaa vesihuoltoon ja miten näihin vaikutuksiin voidaan sopeutua. Kirjallisuuden perusteella tarkasteltiin lisäksi, miten eri ilmastoskenaarioissa ja -malleissa on arvioitu raakavesivarastojen määrässä ja laadussa tapahtuvia muutoksia. Kirjallisuuden perusteella selvitettiin myös, minkälaisia maankäytön muutoksista johtuvia välillisiä vaikutuksia ilmastonmuutos aiheuttaa raakavesivarastoille.

Tässä tutkimuksessa ilmastonmuutoksen vaikutukset hulevesien muodostumiseen ja käsittelyyn on rajattu pääosin tarkastelun ulkopuolelle, sillä Kuntaliiton johdolla on laadittu hulevesiopas, jossa näitä asioita tarkastellaan yksityiskohtaisesti.

Kirjallisuusselvitys

Globaaleja ilmastonmuutosskenaarioita ja pohjavesimallinnusta koskevia kirjallisuushakuja tehtiin vuosina 2007–2009 kansallisista ja kansainvälisistä artikkelitietokannoista. Ilmastonmuutoksen vaikutuksista pohja- ja pintavesiin löytyi kymmeniä tutkimuksia. Kirjallisuusselvityksessä keskityttiin tutkimuksiin, joissa tarkastellaan erilaisia arviointimenetelmiä ilmastonmuutoksen vaikutuksista pohjavesialueilla ja jotka on tehty Suomen ilmasto- ja hydrogeologisia olosuhteita vastaavilla alueilla kuten Pohjois-Amerikassa (esimerkiksi Toews & Allen 2009; Jyrkama & Sykes 2007) ja pohjoismaissa (esimerkiksi van Roosmalen ym. 2007). Vuoden 2009 jälkeen aiheesta on julkaistu monia uusia artikkeleita ja raportteja, joita tässä tutkimuksessa ei käsitellä.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesihuoltoon ja erityisesti vedenhankintaan Suomessa on aiemmin käsitelty muun muassa SYKE:n ja silloisten alueellisten ympäristökeskusten tekemässä vesilaitoskyselyssä,

jossa selvitettiin vuosien 2002–2003 kuivien kausien vaikutuksia vesilaitoksilla (Arosilta & Liponkoski 2004). Kyselyn tulokset antavat hyvän yleiskuvan sellaisista kuivuuden vaikutuksista, joita ilmastonmuutos tulee todennäköisesti voimistamaan. Kyselyn tuloksia on esitetty luvuissa 5.2.3, 5.4.3 ja 6.5. Pienten pohjavesilaitosten sopeutumista erityistilanteisiin on tarkasteltu kattavasti julkaisussa ”Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta” (Isomäki ym. 2006).

Ilmastonmuutoksen vaikutuksista maankäyttöön ja maankäytön muutoksiin löytyy monia julkaisuja. Kirjallisuusselvityksessä näistä otettiin mukaan lähinnä ne, jotka katsottiin pohjaveden tai pintaveden hankinnan turvaamisen kannalta keskeisiksi, kuten muutokset maataloudessa ja liikenteessä sekä teiden kunnossapidossa.

Viemärintiä ja puhdistamoita koskeva osuus perustuu pääosin Laura Kuisminin diplomityössä (Kuismin 2010) tehtyyn kirjallisuusselvitykseen. Muutamilta vesihuoltolaitoksilta kerättiin käytännön tietoa pääasiassa lämpötilan vaikutuksesta jäteveden käsittelyprosessiin. Espoon Suomenojan jätevedenpuhdistamolta oli käytössä 10 vuoden aikasarja lämpötiloista. Lisäksi laitoksesta riippuen Riihimäen, Tampereen Viinikanlahden, Lohjan, Porvoon Hermanninsaaren, Vaasan Pätin ja Kokkolan jätevedenpuhdistamoilta saatiin vuorokausitason tilastoja virtaama-, lämpötila- ja ammoniumtyppipitoisuudesta vuosilta 2004–2009. Edellä mainittujen tietojen sekä SYKE:ssä aiemmin tehdyn ”Viemärit 2020” -projektin aineiston perusteella arvioitiin, miten virtaamien vaihtelu viemäriverkostoissa muuttuu nykyisten ilmastonmuutosskenaarioiden perusteella sekä millaisia vaikutuksia siitä on ennustettavissa erityisesti jätevedenpuhdistusprosessin typenpoistoon tämän vuosisadan aikana.

Vesilaitoskysely

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia vedenhankintaan ja sopeutumista muutoksiin selvitettiin haastattelulla vesihuoltolaitosten edustajia. Haastatteluihin osallistui edustajia 22 vesihuoltolaitokselta (liite 1). Kyselyssä keskityttiin pääasiassa raakaveden ottoon, käsittelyyn ja toimitukseen, minkä vuoksi kyselystä käytetään tässä julkaisussa termiä vesilaitoskysely. Haastattelut tehtiin pääosin vesilaitoskohtaisissa palavereissa ja osin puhelimitse. Vesilaitoksille toimitettiin etukäteen kyselylomake ilmastonmuutokseen sopeutumisesta vesihuollossa (liite 2), jonka pohjalta haastattelut käytiin. Lomakkeen kysymykset olivat keskustelua ohjaavia, eikä niitä käsitelty systemaattisesti kaikissa palavereissa. Vesilaitoskyselyn tuloksia käsittelevissä kuvissa kohta ”En osaa sanoa” käsittää myös ne vastaukset, joissa ei käsitelty asianomaista kohtaa. Haastattelut olivat melko vapaamuotoisia ja kestivät tunnin kahteen.

Haastattelut kohdistuivat ensisijassa vesilaitoksille, joilla oli käytössä pohjavedenottoa luonnollisissa harju- tai reunamuodostumissa. Lisäksi mukana oli laitoksia, jotka ottivat tekopohjavettä, rantaimetyntä vettä tai kalliopohjavettä. Mikäli käytössä oli pintavedenottoa, kerättiin tietoa myös niistä rajallisissa määrin. Haastattelut katsoivat siten kaikki eri yhteisvedenhankintajärjestelmät Suomessa.

Mukana olleiden laitosten koko vaihteli merkittävästi. Osa oli pieniä kunnallisia pohjavedenottoa, osa keskisuuria tai suuria kunnallisia vesiliikelaitoksia, ja osa kuntien omistamia osakeyhtiöitä tai alueellisia vesilaitoksia, jotka toimittivat vettä usean kunnan alueelle. Lisäksi mukana oli energiayhtiö, johon vesihuoltolaitos oli yhdistetty. Suuressa osassa haastatteluun osallistuneiden vesilaitosten toiminta-alueista oli tapahtunut viime vuosina kuntaliitoksia tai niitä oli tapahtumassa lähivuosina, mikä vaikutti merkittävästi myös laitosten toimintaan ja organisointiin. Osuuskuntamuotoisia vesilaitoksia ei haastattelututkimuksessa ollut mukana.

Vesilaitokset sijaitsivat eri puolilla Suomea (kuva 6). Eniten haastatteluja tehtiin Etelä- ja Länsi-Suomessa, missä aikaisempien selvitysten perusteella ilmasto-olosuhteet ja maankäyttö aiheuttavat suurimmat riskit pohjaveden määrälle ja laadulle. Haastattelukohteiksi valittiin ELY-keskuksilta saatujen tietojen perusteella myös vedenottoa, joilla on ollut ongelmia joko kuivuuden tai tulvien kanssa sekä ottamaita, jotka ovat maantieteellisesti edustavia. Tulokset eivät vastaa siten sattumalta valittujen vedenottamoiden keskimääräistä tilan-

netta, vaan niissä korostuvat ottamot, joilla on ollut ongelmia vedenhankinnassa.

Vesilaitoskyselyn tulokset on esitetty lyhyinä teksteinä ja kuvina luvuissa 5.2 ja 6. Tulokset pohjautuvat rajalliseen aineistoon ja antavat yleiskuvan siitä, miten laitoksilla on sopeuduttu ilmastonmuutokseen sekä siitä mitkä ilmastonmuutoksen vaikutukset nähdään merkittävimmiksi. Usealla vesilaitoksella oli käytössä monia vedenottokaivoja, ja jos ongelmia oli ollut yhdessäkin kaivossa tai niitä arvioidaan tulevan yhteenkin kaivoon, tämä vaikutti koko kyselyn tuloksia heikentävästi.

Rantaimetyslaitos selvitys

Rantaimetyslaitosten määrästä ja sijainnista ei ole ollut aiemmin tarkkaa tietoa. Koska ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioidaan kohdistuvan erityisesti rantaimetyslaitoksille, niin ne kartoitettiin tämän hankkeen yhteydessä vuonna 2009. Lähtötietoina käytettiin POVET -pohjavesitietojärjestelmää sekä ”Rantaimetyt tekopohjaveden muodostumismenetelmänä” -selvitystä (Kivimäki 1995). Näistä saadut rantaimetyslaitosten tiedot toimitettiin ELY-keskuksiin tarkistettavaksi. Tässä raportissa tekopohjavesilaitoksia koskevat vaikutukset ja toimenpiteet käsittävät myös rantaimetyslaitokset.

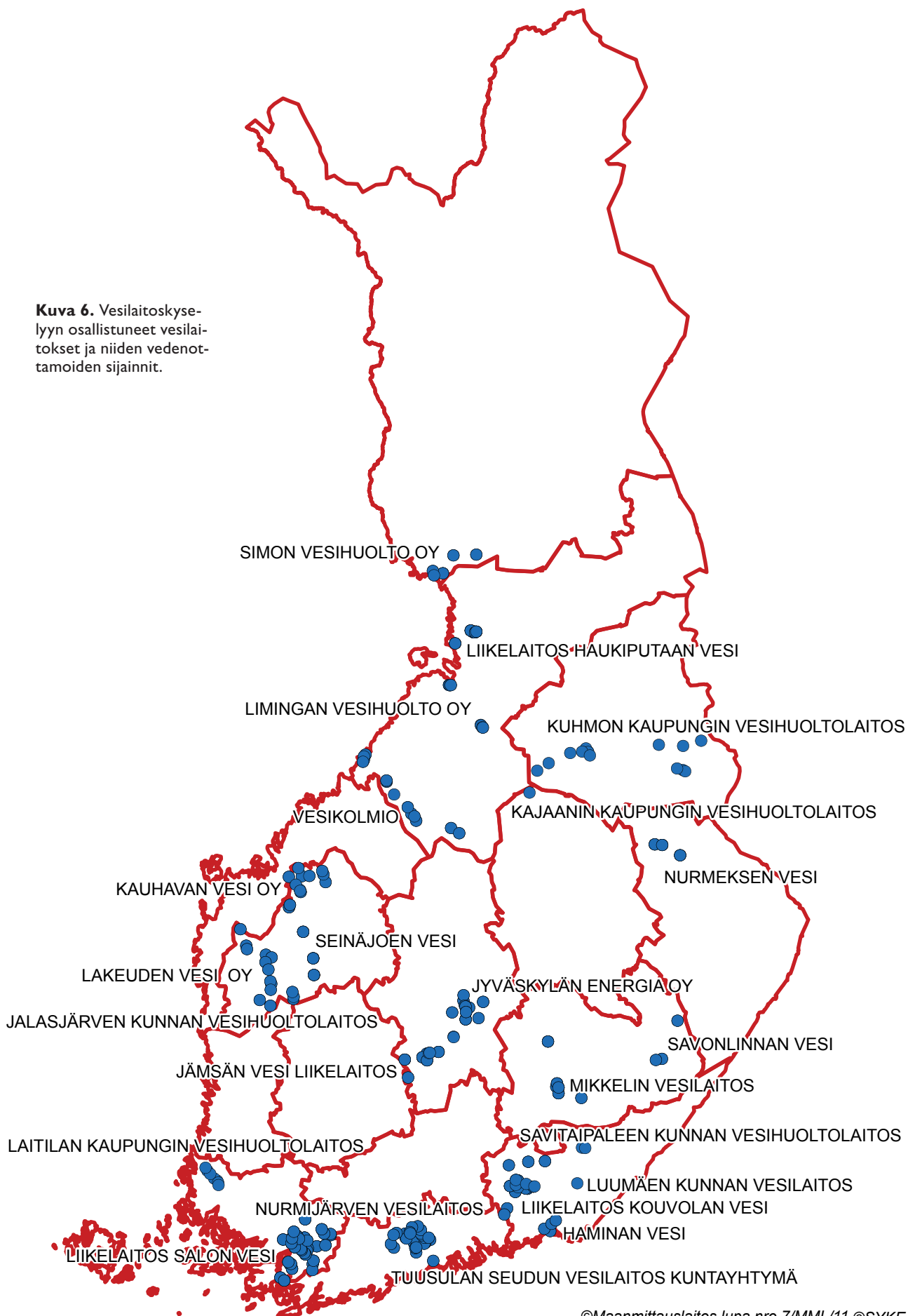
Työpaja

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesihuoltoon ja sopeutumistoimenpiteitä käsiteltiin myös vesihuoltoalan asiantuntijoille suunnatussa työpajassa SYKEssä vuonna 2009. Työpajaan osallistui edustajia muun muassa Aalto-yliopistosta, maa- ja metsätalousministeriöstä, ympäristöministeriöstä, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirastosta (Valvira), Uudenmaan ELY-keskuksesta, Suomen Vesilaitosyhdistys ry:stä (VVY), Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksesta (THL), Suomen Kuntaliitosta sekä vesihuoltolaitoksista ja konsulttitoimistoista (liite 3). Työpajan tulokset on sisällytetty lukuihin 5 ja 6. Työpajassa käsiteltiin seuraavia teemoja:

Pohjavesivaroihin liittyvien riskien tunnistaminen

- Maankäytön eri muotojen vaikutukset ilmastonmuutoksen vaikutuksiin
- Luonnonoloista johtuvat riskit pohjavesimuodostumien ja vedenottamoiden sijainnille
- Vaikutukset tekopohjaveden muodostamiseen

Kuva 6. Vesilaitoskyselyyn osallistuneet vesilaitokset ja niiden vedenotamoiden sijainnit.



©Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11 ©SYKE

Vedenhankinnan järjestäminen ja sopeutuminen muutoksiin erityyppisillä vesihuoltolaitoksilla

- Raakaveden laadun ja määrän muutokset erikokoisilla pohja- ja pintavesilaitoksilla sekä sopeutumistoimet näihin
- Sopeutumistoimet laitoksen maantieteellisen sijainnin mukaan

Vaikutukset viemäröintiin ja jätevesien käsittelyyn

- Mitä kokemuksia on havaittu viemäriverkostoissa poikkeuksellisissa sää- ja vesiolioissa, ja onko trendejä havaittavissa?
- Mitä kokemuksia on havaittu jätevedenpuhdistamoilla poikkeuksellisissa sää- ja vesiolioissa ja onko havaittavissa trendejä?
- Mitä olemassa olevia suunnitelmia ilmastomuutokseen sopeutumiseksi laitoksilla on nykyisin?

Vesihuollon tulevaisuuden t&k-toiminta ja palvelujen kehittäminen

- Kansalaisten odotukset ilmaston muuttuessa
- Ohjauskeinojen kehittäminen (lainsäädäntö, julkinen tuki, valvonta)
- Vesihuoltolaitosten toiminnan kehittäminen (yksikkörakenne, talous, henkilöstö)