

Dnro V/1532/2024

8.3.2024

Talousvesisäännösten soveltamisohje

Osa II

Enimmäisarvojen perusteet



Valvira

Sosiaali- ja terveysalan
lupa- ja valvontavirasto

Sisällys

Enimmäisarvojen perusteet	4
1 Talousveden mikrobiologiset laatuvaatimukset	5
1.1 <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>).....	5
1.2 Suolistoperäiset enterokokit.....	6
2 Talousveden kemialliset laatuvaatimukset.....	7
2.1 Pääosin raakavedestä peräisin olevat muuttujat.....	8
2.1.1 Arseeni, As	8
2.1.2 Bentseeni.....	9
2.1.3 Boori, B.....	9
2.1.4 1,2-dikloorietaani	9
2.1.5 Elohopea, Hg.....	10
2.1.6 Fluoridi, F ⁻	10
2.1.7 Mikrokystiini-LR	11
2.1.8 Nitraatti, NO ₃ ⁻	12
2.1.9 PFAS	12
2.1.10 Seleen, Se	13
2.1.11 Syanidit, CN ⁻	13
2.1.12 Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni.....	13
2.1.13 Torjunta-aineet	14
2.1.14 Uraani, U	15
2.2 Desinfioinnin sivutuotteet.....	16
2.2.1 Bromaatti	16
2.2.2 Haloetikkahapot.....	17
2.2.3 Kloraaatti ja kloriitti	17
2.2.4 Trihalometaanit (THM).....	17
2.3 Pääosin vedenkäsittelykemikaaleista ja verkostomateriaaleista peräisin olevat muuttujat.....	18
2.3.1 pH-arvon laatuvaatimus.....	18
2.3.2 Akryyliamidi	19
2.3.3 Epikloorihydriini	19
2.3.4 Vinyylikloridi.....	20
2.3.5 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) mukaan lukien bentso(a)pyreeni	20
2.3.6 Bentso(a)pyreeni	21

2.4	Muuttujat, joihin rakennuksen vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi.....	21
2.4.1	Antimoni, Sb	21
2.4.2	Bisfenoli A.....	21
2.4.3	Kadmium, Cd.....	22
2.4.4	Kromi, Cr	22
2.4.5	Kupari, Cu.....	23
2.4.6	Lyijy, Pb.....	24
2.4.7	Nikkeli, Ni.....	24
2.4.8	Nitriitti, NO ₂ ⁻	25
3	Talousveden radioaktiivisuuden laatuvaatimukset.....	25
3.1	Radon, Rn-222	26
3.2	Tritium, H-3	27
3.3	Viitteellinen annos.....	28
3.3.1	Radium, lyijy ja polonium, Ra-226, Ra-228, Pb-210 ja Po-210	29
4	Talousveden laatuvaatimukset.....	30
4.1	Riskinarvioinnin perusteella tutkittavat mikrobiologiset muuttujat	30
4.1.1	<i>Clostridium perfringens</i> (<i>C. perfringens</i>)	30
4.2	Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat	31
4.2.1	pH-arvon laatuvaatimus	31
4.2.2	Kloridi, Cl	32
4.2.3	Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	32
4.2.4	Sähkönjohtavuus	33
4.3	Muut muuttujat, joihin vedenkäsittely voi vaikuttaa merkittävästi	33
4.3.1	Alumiini, Al.....	33
4.3.2	Ammonium, NH ₄ ⁺	34
4.3.3	Natrium, Na	34
4.4	Muuttujat, joihin rakennuksen vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi.....	35
4.4.1	Koliformiset bakteerit	35
4.4.2	Pesäkkeiden lukumäärä (pesäkeluku 22 °C).....	36
4.4.3	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	36
4.4.4	Haju ja maku.....	37
4.4.5	Väri	38

4.4.6	Sameus	38
4.4.7	Lämpötila	39
4.4.8	Hapettuvuus (COD _{Mn}).....	40
4.4.9	Mangaani, Mn.....	41
4.4.10	Rauta, Fe.....	42
5	Vedenkäyttäjille tiedottamista varten tutkittavat muuttujat	43
5.1	Kalium, K	43
5.2	Kalsium, Ca	43
5.3	Magnesium, Mg	44
5.4	Kovuus.....	45
6	Rakennusten vesilaitteistojen riskinarviointia koskevat muuttujat	46
6.1	Legionella	46
6.2	Lyijy	47
6.3	Lämpimän käyttöveden lämpötila	47
7	Omavalvonta.....	48
7.1	Omavalvonnassa erityisesti seurattavat muuttujat.....	49
7.1.1	Somaattiset kolifaagit	49
7.1.2	17-beeta-estradioli (CAS 50-28-2).....	50
7.1.3	Nonyylifenoli (CAS 84852-15-3)	51
7.2	Omavalvontaan soveltuvat muuttujat.....	52
7.2.1	Absorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet (AOX)	52
7.2.2	Aktiivisen kloorin kokonaismäärä, Cl ₂	52
7.2.3	Alkaliteetti	53
7.2.4	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	54
7.2.5	Hidaskasvuisten heterotrofisten bakteerien määrittäminen	54
7.2.6	Kloorifenolit.....	55
7.2.7	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , (<i>P. aeruginosa</i>).....	56
7.2.8	Saastelähteiden jäljitys ja taudinaiheuttaja-analytiikka	56
8	Veden syövyttävyyden arviointi.....	57
8.1	Kuparin korroosio.....	59

Enimmäisarvojen perusteet

Todennäköisin talousvedestä aiheutuva terveyshaitta syntyy silloin, kun ihmisen ja tasalämpöisten eläinten suolistoperäisiä mikrobeja (bakteerit, virukset, alkueläimet) pääsee talousveteen. Mahdollisia veden välityksellä leviäviä taudinaiheuttajia on olemassa useita kymmeniä. Koska kaikkien taudinaiheuttajien etsiminen talousvedestä ei ole mahdollista eikä järkevää, talousveden mikrobiologisten laatuvaatimusten täyttymisen valvonta perustuu suolistoperäistä saastumista osoittavien indikaattoribakteerien käyttöön. Indikaattoribakteerien esiintyminen vedessä on osoitus suolistoperäisestä saastumisesta, jolloin on olemassa riski myös taudinaiheuttajien esiintymiselle.

Suomessa kemiallisista aineista lipeä ja kaukolämpövesi ovat aiheuttaneet äkillisiä talousvesivälitteisiä epidemioita. Talousveden sisältämät kemialliset aineet eivät yleensä aiheuta nopeasti ilmeneviä laajamittaisia epidemioita vastaavalla tavalla kuin taudinaiheuttajamikrobit, mutta jatkuva, pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittoja. Eri aineiden päivittäinen kokonaissaanti koostuu juomaveden, ruuan ja hengitysilman mukana saatavasta kokonaismäärästä. Talousveden laatuvaatimukset on asetettu arvioidun päivittäisen kokonaissaannin perusteella siten, että päivittäinen kokonaissaanti ei ylitä terveydelle haitallista määrää pitkälläkään aikavälillä. Laskelmissa oletetaan, että ihminen juo tai saa ruuan mukana 2 l talousvettä elimistöönsä vuorokaudessa. Syöpävaarallisten aineiden osalta laatuvaatimukset perustuvat matemaattiseen riskitarkasteluun, joka on johdettu luotettavien eläinkokeiden aineistosta tai epidemiologisista tutkimuksista.

Ihmiselle turvallista talousveden laatua määriteltäessä lähtökohtana on, että talousveden käyttö tavanomaisina määrinä ei aiheuta haittaa terveydelle. Talousvedessä esiintyvien, ihmisille haitallisten aineiden, enimmäisarvot asetetaan tällä perusteella. Nämä pitoisuudet eivät kuitenkaan ole veden käsittelyn tavoitepitoisuuksia vaan talousvedessä näiden aineiden määrän tulisi olla niin vähäinen kuin on yleensä mahdollista. Talousvesiasetuksella on saatettu kansallisesti voimaan Euroopan unionin neuvoston direktiivi (EU 2020/2184) ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta eli juomavesidirektiivi ja Neuvoston direktiivi 2013/51/EURATOM. Näillä direktiiveillä säädetään talousvedessä esiintyvien aineiden enimmäisarvoista. Laatuvaatimusten ja -tavoitteiden enimmäisarvot on esitetty talousvesiasetuksen liitteessä I.

1 Talousveden mikrobiologiset laatuvaatimukset

1.1 *Escherichia coli* (*E. coli*)

E. coli -bakteeri kuuluu lämpökestoisten koliformisten bakteerien ryhmään. *E. coli* -bakteeri ilmentää tuoretta suolistoperäistä saastumista ja on peräisin lähes yksinomaan ihmisten tai tasalämpöisten eläinten ulosteesta. Laatuvaatimus edellyttää, että talousvedessä ei ole *E. coli* -bakteereita 100 ml:ssa.

E. coli -bakteeria käytetään laajalti vesiympäristöjen ja talousveden suolistoperäisen saastumisen osoittajana, vaikka se on useita taudinaiheuttajia, etenkin viruksia ja alkueläimiä herkempi ympäristöolosuhteiden aiheuttamalle stressille ja desinfioinnille. Talousvedessä *E. coli* -bakteeria on ainoastaan saastumistilanteissa, jolloin välittömät toimenpiteet ovat tarpeen esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä veden käyttäjiä uhkaavien terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat tilanteesta tiedottaminen, kehoitus veden keittämisestä, pikainen desinfioinnin käynnistäminen tai tehostaminen sekä verkoston puhdistaminen huuhtelun ja tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa esiintyä *E. coli* -bakteereja 250 ml:ssa. Pakattuja vesiä (lähdevesi ja talousvesi) valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Asetuksessa annetaan suositukset pakattujen vesien mikrobiologiselle laadulle markkinoinnin aikana. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

E. coli -bakteeria pidetään parhaana käytettävissä olevana suolistoperäisen saastumisen indikaattorimikrobina, eikä *E. coli* -bakteeri nykytietämyksen mukaan merkittävässä määrin lisäännä muissa ympäristöissä kuin suolistossa. Sen sijaan muut koliformiset bakteerit (esim. *Citrobacter*-, *Klebsiella*- tai *Enterobacter*-sukujen edustajat) saattavat lisääntyä ympäristössä, kuten esim. maaperässä, pintavesissä sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesissä. Tämän takia terveysriskien ilmentämiseksi *E. coli* -bakteerin tunnistus ja erotteleminen muista koliformisista bakteereista on tärkeää. Ajantasaisilla β -D-glukuronidaasireaktioon (MUG) perustuvilla standardimenetelmillä SFS-EN ISO 9308-1 ja SFS-EN ISO 9308-2 lajintunnistus voidaan tehdä nopeasti ja luotettavasti ilman lisävarmistustestejä. Sen sijaan menetelmää SFS 3016

käytettäessä on erikseen testattava ennen *E. coli* -bakteerituloksen varmistumista, tuottaako bakteeri tryptofaanista indolia 44,5 °C lämpötilassa.

Jotkut *E. coli* -bakteerit voivat itsekkin toimia suolistoinfektioiden taudinaiheuttajina ja eri maissa on raportoitu enterohemorraagiseen *E. coli* -bakteeriin (EHEC O157:H7) liittyneitä talousvesivälitteisiä epidemioita.

Laatuvaatimus: 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö), pullotettavan ja säiliöihin pakattavan talousveden enimmäisarvo ja yksikkö on 0 pmy/250 ml.

1.2 Suolistoperäiset enterokokit

Suolistoperäiset enterokokit ovat osa *Streptococcus* sukua ja aiemmin niistä käytettiin nimityksiä fekaaliset streptokokit tai fekaaliset enterokokit. Vaikka sana enterokokki viittaa suolistoon, kuuluu tähän sukuun myös muissa ympäristöissä kuin suolistossa lisääntyviä lajeja. Määrittelyssä pyritään saamaan esiin ne lajit, jotka ovat pääosin suolistossa lisääntyviä ja muuttujan nimenä käytetään selvytyden vuoksi tarkennettua termiä ”suolistoperäiset enterokokit”.

Suolistoperäisiä enterokokkeja ei esiinny hyvälaatuisessa ja käyttäjilleen turvallisessa talousvedessä. Laatuvaatimuksesta poikkeavia määriä suolistoperäisiä enterokokkeja voidaan havaita talousveden saastumistilanteissa, jolloin välittömät toimenpiteet ovat tarpeen esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä veden käyttäjiä uhkaavien terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat tilanteesta tiedottaminen, kehoitus veden keittamisestä, pikainen desinfioinnin käynnistäminen tai tehostaminen sekä verkoston puhdistaminen huuhtelun ja tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa olla enterokokkeja 250 ml:ssa. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

Suolistoperäisten enterokokkien määrittelyä käytetään yleisesti veden suolistoperäisen saastumisen indikaattorina. Suolistoperäisiä enterokokkeja esiintyy ihmisten ja tasalämpöisten eläinten ulosteissa. Joitakin enterokokkiryhmän lajeja on tavattu myös maaperässä ja pintavesissä.

Talousvesiasetuksen mukaisessa SFS-EN ISO 7899-2 määritysmenetelmässä käytetään sappi-eskuliini-atsidivarmistustestiä suolistoperäisiin enterokokkeihin kuulumattomien bakteereiden erottelemiseksi. Suolistoperäisiä enterokokkilajeja, joita menetelmällä voidaan havaita ja laskea, ovat *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* ja *E. hirae*.

Enterokokit säilyvät vesiympäristöissä melko hyvin ja ne myös sietävät ympäristöolosuhteiden aiheuttamaa stressiä elinkykyisinä jonkun verran paremmin kuin toinen suolistoperäisen saastumisen indikaattoribakteeri *E. coli*. Ihmisen ulosteessa enterokokkeja on yleensä vähemmän kuin *E. coli* -bakteereja. Tiettävästi eläinten ulosteessa enterokokkeja on suhteessa *E. coli* -bakteereja enemmän. Suolistoperäisiä enterokokkeja esiintyy runsaasti jätevesissä sekä jätevesien tai ulosteiden saastuttamissa vesissä. Runsaat enterokokkilöydökset yhdessä *E. coli* -bakteerilöydösten kanssa viittaavat yleensä tuoreeseen, todennäköisesti jäteveden aiheuttamaan saastumiseen. Jos enterokokkeja on paljon enemmän kuin *E. coli* -bakteereja, voi kyseessä olla eläinperäinen tai jo aikaisemmin tapahtunut saastuminen.

Laatuvaatimus: 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö), pullotettavan ja säiliöihin pakattavan talousveden enimmäisarvo ja yksikkö on 0 pmy/250 ml.

2 Talousveden kemialliset laatuvaatimukset

Talousvesiasetuksen liitteessä I esitetyt kemialliset laatuvaatimukset noudattavat juomavesidirektiivissä esitettyjä laatuvaatimuksia. Terveydellisten haittojen ennaltaehkäisemiseksi viranomaisvalvontaan tai omavalvontaan voidaan lisätä riskinarvioinnin perusteella mitä tahansa tarpeellisia muuttujia

Juomavesidirektiivin kemiallisten aineiden terveysperusteisten enimmäispitoisuuksien lähtökohtana on käytetty Maailman terveysjärjestön (WHO) [enimmäissuosituksia juomavedelle](#). Syöpävaarallisten aineiden suhteen on sovellettu hyväksyttävän riskin tasoa 10^{-6} (yhden syöpätapauksen lisäys miljoonaa ihmistä kohti 70 vuoden aikana), kun yleensä WHO:n, enimmäispitoisuussuositukset perustuvat riskitasoon 10^{-5} . Desinfioinnin sivutuotteiden kohdalla on päädytty näiden riskitasojen väliltä oleviin enimmäispitoisuussuosituksiin, jotta ei vaarannettaisi desinfioinnin riittävyyttä. Myös joidenkin muiden kuin syöpävaarallisten aineiden enimmäisarvot ovat tiukemmat kuin WHO:n enimmäissuosituksipitoisuudet, koska veden osuudeksi suurimmasta hyväksyttävästä päiväsaannista on valittu pienempi määrä.

Allergisten oireiden esiintyminen on otettu huomioon WHO:n talousveden aiheuttamien terveydellisten haittojen arvioinnissa ensimmäisen kerran vuonna 1993. Silloin asetettiin nikkelille enimmäissuosituspitoisuus, joka perustuu nikkelin allergisoivaan ominaisuuteen.

Taulukko 1. Muuntotaulukko

Yksikkö	Muunnos
1 milligramma litrassa (mg/l)	= 0,001 g/l
1 mikrogramma litrassa (µg/l)	= 0,000001 g/l
1 nanogramma litrassa (ng/l)	= 0,000000001 g/l
1 pikogramma (pg)	= 0,000000000001 g/l
1m ³ /h	= 1000 l/h
1 l/h	= 16,7 ml/min
1 %	= 10 000 ppm (miljoonasosa)
ppm (massasta)	= 1 mg/kg

2.1 Pääosin raakavedestä peräisin olevat muuttujat

2.1.1 Arseeni, As

Arseenin pitoisuus talousvedessä on Suomessa yleensä selvästi alle 1 µg/l. Tosin tiettyjen geologisten alueiden porakaivovesissä on todettu jopa 100–2000 µg/l:n arseenipitoisuuksia. Riskialueista on olemassa tietoa muun muassa Geologian tutkimuskeskuksessa.

Monet arseeniyhdisteet ovat epäorgaanisia ja vesiliukoisia. Luonnosta peräisin olevan arseenin lisäksi arseenia voi joutua vesiin myös eräistä puunkyllästysaineista, jalostettaessa kuparia sulfidimalmeista sekä fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena. Arseenin poistamiseksi on viime vuosina kehitelty kiinteistökohtaisia vedenkäsittelylaitteita.

Arseeni on karsinogeeninen aine. Pitkäaikainen arseenialtistuminen lisää todennäköisyyttä sairastua virtsarakon syöpään. Arseeni aiheuttaa myös iho-, maksa- ja keuhkosityöpää. Arseeni vaikuttaa haitallisesti myös verisuonistoon, aiheuttaa pigmenttimuutoksia ihosta ja on perifeerisille hermoille neurotoksista.

Arseenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedelle on 10 µg/l.

2.1.2 Bentseeni

Bentseeni on karsinogeeni, jota käytetään teollisuudessa liuottimena ja raaka-aineena. Bentseeniä on myös polttoaineissa (benssiinissä). Bentseeni on erittäin haihtuva yhdiste, jota kulkeutuu muun muassa polttoaineen tankkauksessa hengityksen välityksellä ihmiskehoon. Maaperässä bentseeni hajoaa biologisesti ainoastaan aerobisissa olosuhteissa. Se osa bentseenistä, joka ei ehdi haihtumaan, kulkeutuu maaperässä nopeasti ja saattaa siten saastuttaa pohjaveden. Bentseeniä voi joutua veteen erilaisten polttoaine- ja kemikaalivuotojen seurauksena sekä jossain määrin myös ilmalaskeumana.

Bentseenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 1,0 µg/l.

2.1.3 Boori, B

Boori esiintyy mineraalikerrostumissa ja luonnonvesissä natrium- ja kalsiumboraattina. Booria käytetään eräissä pesuaineissa ja teollisuusprosesseissa, minkä seurauksena raakaveteen voi joutua booria teollisuuden ja kotitalouksien jätevesien mukana. Raakavesien booripitoisuuksista on vain vähän tietoa, mutta pitoisuudet useimmissa tutkimuksissa ovat olleet alle 0,03 mg/l.

Boori aiheuttaa suurina annoksina ja pitkäaikaisena altistumisena ruuansulatuskanavan häiriöitä. Ihminen saa normaalin ruokavalion mukana noin 1–5 mg booria päivässä.

Boorin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedelle on 1,5 mg/l.

2.1.4 1,2-dikloorietaani

1,2-dikloorietaania käytetään kemian teollisuudessa raaka-aineena muun muassa vinyylikloridin valmistuksessa sekä liuottavien ominaisuuksiensa vuoksi puhdistusaineena. 1,2-dikloorietaani on helposti haihtuva ja maahan

joutuessaan liukenee nopeasti pohjaveteen, jossa sen pitoisuus muuttuu hyvin hitaasti.

1,2-dikloorietaania epäillään ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2B). 1,2-dikloorietaanille asetettu enimmäisarvo on 3,0 µg/l. Se vastaa riskitasoa 10^{-6} (yksi ylimääräinen syöpä miljoonan käyttäjän elinikäisessä altistumisessa).

2.1.5 Elohopea, Hg

Elohopea on erittäin myrkyllinen raskasmetalli. Luonnonvesissä elohopea on pääasiassa epäorgaanisessa muodossa. Mikrobit voivat muuttaa epäorgaanisen elohopean metyylielohopeaksi, joka rikastuu ravintoketjussa muun muassa kaloihin. Vesiin elohopea voi joutua teollisuuden ilma- ja jätevesipäästöistä, fossiilisten polttoaineiden käytöstä, kaivostoiminnasta ja kaatopaikoilta. Elohopeaa voi tulla myös esimerkiksi tulivuoritoiminnan vaikutuksesta ilman kautta tapahtuvan kaukolaskeuman seurauksena. Ilman kautta leviämisen vuoksi elohopeaa on saastumattomissa luonnonvesissäkin. Maaperän kosteus sekä otolliset hapetus/pelkistysolosuhteet vaikuttavat elohopean huuhtoutumiseen maaperästä. Sekä epäorgaaninen elohopea että orgaaninen metyylielohopea kulkeutuvat orgaaniseen hiileen kiinnittyneinä, joka voi kiihtyä muun muassa ojituksen, avohakkuun ja vedenpinnankorkeuden säännöstelyn seurauksena. Erityisen suuria huuhtoutumia on mitattu suovaltaisilta valuma-alueilta.

Veden epäorgaanisesta elohopeasta imeytyy elimistöön 15 % tai vähemmän. Epäorgaanisen elohopean haittavaikutukset kohdistuvat erityisesti munuaisiin.

Talous- ja pohjaveden elohopeapitoisuus on Suomessa keskimäärin sadasosa talousvesiasetuksessa säädetystä enimmäispitoisuudesta. Näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa.

Elohopean terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 1,0 µg/l.

2.1.6 Fluoridi, F⁻

Suomen pohja- ja pintavesissä esiintyy fluorideja yleensä niukasti lukuun ottamatta rapakivialueita (esim. Kymenlaakso), joilla pohjaveden fluoridipitoisuus voi olla useita milligrammoja litrassa. Kohonneita fluoridipitoisuuksia voi olla myös rapakivialueiden ulkopuolella porakaivovesissä.

Fluoridia pidetään ihmiselle välttämättömänä hivenaineena. Pienet pitoisuudet vähentävät hammaskariesta. Liiallinen fluoridin saanti aiheuttaa hammaskiilteen kehityshäiriön, hammasfluoroosin. Tämä on todettavissa, kun juomaveden fluoridipitoisuus hampaiden muodostumisaikana ylittää 1,5 mg/l. Erityisen tärkeätä on, että imeväisikäisten lasten ja odottavien äitien juomaveden fluoridipitoisuus on pienempi kuin 1,5 mg/l. Fluoridia saadaan myös ravinnosta ja hampaidenhoitotuotteista keskimäärin 0,5–1,2 mg päivässä. Aikuiset voivat turvallisesti saada fluoridia 7 mg päivässä ja 1–3-vuotiaat lapset 1,5 mg.

Runsas fluoridinsaanti aiheuttaa muutoksia myös hohkaluun rakenteessa lisäten luun murtumisherkkyttä (luu on liian kovaa). Liiallisen fluoridin saannin on todettu lisäävän lonkkamurtumien riskiä vanhalla iällä. Vettä, jonka fluoridipitoisuus on yli 2 mg/l, ei pidä käyttää pysyvästi juomavetenä eikä ruoanlaittoon.

Fluoridin poisto vedestä on teknisesti mahdollista, joskin suhteellisen kallista. Käytännössä usein paras keino vähentää fluoridin saantia talousvedestä on korvata osa vedestä vähän fluoridia sisältävällä vedellä. Myös kiinteistökohtaisia fluoridinpoistolaitteita on olemassa.

Edellä kuvattujen terveysvaikutusten vuoksi talousveden fluoridipitoisuuden terveysperusteinen enimmäisarvo on 1,5 mg/l.

2.1.7 Mikrokystiini-LR

Mikrokystiini on yleisnimi sinilevien eli syanobakteerien tuottamille maksamyrkyille, joita esiintyy järvissä. Itämeressä sinilevien massaesiintymiä aiheuttaa sinilevä, joka tuottaa mikrokystiinin kaltaista maksamyrkkyä nodulariinia. Rakenteeltaan myrkyt ovat yksirenkaisia peptidejä. Mikrokystiini-LR on yksi toksisimmista mikrokystiineistä. Se on ainoa mikrokystiini, jonka toksisuudesta on riittävästi tietoa enimmäisarvon asettamiseksi. Toksisuuden ensisijainen kohde on maksa.

Mikrokystiini-LR:n enimmäisarvo talousvedessä on 1,0 µg/l. Pitoisuutta on tarpeen tutkia silloin, kun raakavedessä on tai raakavesilähteeseen on kehittymässä sinilevien massaesiintymä. Massaesiintymä tarkoittaa silmin havaittavaa suurta määrää sinileviä. Joskus massaesiintymä voi olla vesikerroksessa, jolloin massaesiintymää ei välttämättä voi havaita pinnalta.

2.1.8 Nitraatti, NO₃⁻

Nitraattia voi joutua raakavesiin lannoitteista sekä typpeä sisältävien aineiden hajoamisen ja hapettumisen seurauksena. Suomessa raakavetenä käytetyn pinta- ja pohjaveden nitraattipitoisuus on yleensä alle 5 mg/l. Vain joillakin pienehköillä pohjavesilaitoksilla veden nitraattipitoisuus on 20–30 mg/l. Haja-asutusalueen yksittäisissä talousvesikaivoissa on todettu satunnaisesti 30–100 mg/l nitraattipitoisuuksia. Muualla Euroopassa suuremmat kuin 50 mg/l pitoisuudet ovat yleisiä.

Nitraatin aiheuttamat terveysriskit kohdistuvat imeväisikäisiin lapsiin, joilla nitraatista muodostuva nitriitti voi aiheuttaa häiriötä veren punasolujen happiaineenvaihduntaan, ns. methemoglobinemian. On myös epäilty, että ruuansulatuselimistössä muodostuva nitriitti voisi muodostaa N-nitroso-yhdisteitä, joiden otaksutaan aiheuttavan mahalaukun ja virtsarakon syöpää.

Nitraatin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 50 mg/l (NO₃-N 11,0 mg/l). Typpenä ilmoitetun nitraattipitoisuuden saa muutettua nitraattipitoisuudeksi kertoimella 4,427.

2.1.9 PFAS

PFAS eli poly- ja perfluoratut alkyylilyhdisteet ovat yhdisteitä, jotka OECD:n 2021 määritelmän mukaan sisältävät -CF₂- tai -CF₃ ryhmän (polyfluoratut) tai joissa kaikki hiiliketjuun kiinnittyvät vetyatomit on korvattu fluorilla (perfluoratut). PFAS-yhdisteitä käytetään monissa kuluttajatuotteissa, tuotantolaitteissa ja valmistusprosesseissa, koska ne vähentävät kitkaa, hylkivät vettä, likaa ja rasvaa sekä kestävät lämpöä ja aggressiivisia kemikaaleja.

PFAS-yhdisteet voivat päästä ympäristöön ja kulkeutua vesistöön, kun niitä sisältäviä tuotteita valmistetaan, varastoidaan, käytetään tai hävitetään. Osa PFAS-yhdisteistä ei juurikaan hajoa ympäristössä tai elimistössä, mutta osa hajoaa pysyviksi lopputuotteiksi. Tutkimuksissa on havaittu PFAS-yhdisteiden pitoisuuksia lentokenttien ja paloharjoittelualueiden pohja- ja pintavesissä. Lisäksi niitä on löydetty jätevesilietteestä ja kaatopaikkojen suotovesistä.

PFAS-yhdisteet saattavat aiheuttaa riskin ihmisen terveydelle ja kehitykselle. Niille altistumisen on mm. arvioitu olevan yhteydessä heikentyneeseen immuunivasteeseen.

Talousvedessä tyypillisimpien PFAS-aineiden (20 kpl perfluoroyhdisteitä) summapitoisuus ei saa olla suurempi kuin 0,10 µg/l. Talousvesiasetus edellyttää myös, että kaikkien PFAS-aineiden yhteispitoisuus ei saa olla suurempi kuin 0,50 µg/l. Koska PFAS-yhdisteiden lukumäärä on hyvin suuri, niiden yhteispitoisuuden määrittämiseen soveltuvan määrittämenetelmän kehittäminen on haastavaa.

2.1.10 Seleeni, Se

Suomen maaperässä esiintyy seleeniä poikkeuksellisen niukasti. Seleeniä pidetään ihmiselle välttämättömänä hivenaineena. Sekä seleenin puute että sen liikasaanti aiheuttavat terveyshaittaa. Suurilla, yli 1 mg:n päivittäisillä annoksilla, seleeni on maksatoksista ja vaikuttaa hiuksiin (hiusten lähtö) ja kynsiin.

Seleenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 20 µg/l.

2.1.11 Syanidit, CN⁻

Syanideja ei ole talousvedessä muuten kuin teollisuusjätevesien tai jätteiden aiheuttaman saastumisen yhteydessä. Veden klooraus yli 8,5 pH:ssa muuttaa syanidit vaarattomiksi syanaateiksi.

Syanidi on suurina annoksina akuutisti myrkyllinen aine. Se estää soluhengitystä aiheuttaen hapenpuutteen aivoissa ja siihen liittyviä oireita, ääritapauksessa kuoleman. Tasaisesti pieninä annoksina suun kautta saatuna syanidi ei ole yhtä toksista, koska se metaboloituu tehokkaasti maksassa. Syanidi on haistettavissa karvasmantelin hajuna vedestä, kun sitä on enemmän kuin 170 µg/l.

Syanidien terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 50 µg/l.

2.1.12 Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni

Tetrakloorieteeniä (perkloorieteeni) käytetään yleisesti kemiallisissa pesuloissa ja tekstiiliteollisuudessa. Tetrakloorieteeniä on käytetty myös metalliteollisuudessa rasvanpoistamiseen. Tetrakloorieteeni kulkeutuu maaperässä melko hyvin. Vedessä tetrakloorieteeni voi hajota biologisesti anaerobisissa olosuhteissa dikloorieteeniksi, vinyylikloridiksi ja eteeniksi. Suomessa on todettu muutamia tapauksia, joissa pohjavesi on saastunut tetrakloori- ja trikloorieteenillä. Saastuttajaksi on usein epäilty kemiallista pesulaa.

Tetrakloorieteeni vaurioittaa maksaa ja munuaisia ja isoina pitoisuuksina vaikuttaa keskushermoston toimintaan. Tetrakloorieteeni on luokiteltu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2A). Sen on todettu aiheuttaneen maksa- ja munuaiskasvaimia sekä leukemiaa koe-eläimissä.

Trikloorieteeniä (synonymi trikloorietyleeni) käytetään pääasiassa metalliteollisuudessa rasvanpoistoon. Trikloorieteeniä käytetään myös jonkin verran kemianteollisuuden raaka-aineena sekä kemiallisissa pesuloissa. Trikloorieteeni on tetrakloorieteeniä haihtuvampi ja kulkeutuu maaperässä tätä nopeammin. Vedessä se voi anaerobisissa olosuhteissa hajota muun muassa vinyylidikloridiksi. Pohjavedessä trikloorieteeni hajoaa hyvin hitaasti mikrobitoiminnan vaikutuksesta.

Trikloorieteenin elimistössä muodostamat metaboliitit ovat genotoksisia ja karsinogeenisia. Trikloorieteeni on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi (IARC 2A). Trikloorieteeni on aiheuttanut koe-eläimille munuais-, keuhko- ja kiveskasvaimia. Trikloorieteeni on koe-eläimille teratogeenista aiheuttaen epämuodostumia sydämessä. Epidemiologisissa tutkimuksissa tästä on viitteitä myös ihmiselle.

Jos talousvedessä on trikloorieteeniä, sitä voi päätyä elimistöön yhtä paljon hengittämällä ja ihon kautta kuin suun kautta saatuna.

Tetrakloorieteeni- ja trikloorieteenipitoisuuden summan terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 10 µg/l.

2.1.13 Torjunta-aineet

Torjunta-aineita esiintyy pintavesissä muun muassa pelloilta, puutarhoilta ja radanvarsilta huuhtoutuneina. Torjunta-aineita saattaa esiintyä pohjavesissä paitsi normaalin käytön myös väärän varastoinnin ja pakkausten hävittämisen johdosta. Suomen vesissä todetut torjunta-ainepitoisuudet ovat eräitä yksittäisiä kaivoja lukuun ottamatta olleet hyvin pieniä (ks. [Maa- ja metsätalouden kuormittamien pohjavesien MaaMet-seuranta -torjunta-aineet ja ravinteet 2007 2015](#), [Haitalliset aineet pintavesissä: Muutosehdotuksia vesiympäristölle vaarallisten aineiden asetukseen](#), [Torjunta-aineiden esiintyminen pohjavedessä](#)). Muualla Euroopassa torjunta-aineita esiintyy pohjavedessä varsin yleisesti.

Torjunta-aineet koostuvat hyvin laajasta joukosta aineita, joiden terveydelliset haittavaikutukset ovat hyvin erilaisia. Myös torjunta-aineiden

aineenvaihduntatuotteet saattavat olla terveydelle haitallisia. Aineenvaihduntatuotteella tarkoitetaan mikrobien metabolian seurauksena torjunta-aineesta muodostunutta ainetta. Tässä yhteydessä aineenvaihduntatuote kattaa myös abioottisten reaktioiden (fotolyysi, hydrolyysi) seurauksena syntyvät hajoamistuotteet. Enimmäisarvo torjunta-aineiden ja niiden aineenvaihduntatuotteiden kokonaismäärälle on 0,50 µg/l. Yksittäisen torjunta-aineen enimmäisarvo on 0,10 µg/l lukuun ottamatta aldrinia, dieldriinia, heptaklooria ja heptaklooriepoksidia, joiden enimmäisarvo on 0,030 µg/l. Nämä enimmäisarvot on asetettu geneeriseltä pohjalta, suojelemaan torjunta-aineilta yleisellä tasolla. Yksittäisten torjunta-aineiden toksisuus vaihtelee ja haitallinen pitoisuus sen mukaisesti. Torjunta-ainekohtaisia terveystasuja enimmäissuosituspitoisuuksia terveyshaitan arviointiin on muun muassa WHO:n juomaveden laatusuosituksissa ([Guidelines for drinking water quality](#)) ja niihin liittyvissä ainekohtaisissa taustadokumenteissa (Background documents), sekä Euroopan Komission ylläpitämässä kasvisuojeluaineiden tehoainetietokannassa ([EU Pesticides Database - Active substances \(europa.eu\)](#)). Viranomaisvalvonnalla pitää tutkia vähintään niitä torjunta-aineita, joita valvonnan kohteena olevan vedenjakelualueen vedessä todennäköisesti on.

Torjunta-aine dalaponi on kemiallisesti sama yhdiste kuin klooridesinfiointin sivutuotteena syntyvä 2,2-diklooripropaanihappo. Jos talousvedestä löydetään dalaponia torjunta-aineita tutkittaessa, on selvítettävä, onko kyseessä desinfiointin sivutuote vai raakaveden liuennut torjunta-aine. Klooridesinfiointin sivutuotteille ei sovelleta torjunta-aineiden enimmäisarvoa. USA:n EPA:n (United States Environmental Protection Agency) antama terveystasoinen enimmäisarvo dalaponille on 200 µg/l.

2.1.14 Uraani, U

Luonnon uraani on tavanomainen alkuaine kallioperässä ja sitä on erityisesti graniitissa. Uraanin pitoisuus kallioperässä kuitenkin vaihtelee alueittain ja pohjavedessä pitoisuudet voivat olla hyvinkin erilaisia (ks. [Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto, STUK](#)). Suomen maaperän pohjavesi on tyypillisesti pehmeää, sisältää runsaasti hiilidioksidia ja on usein myös hapanta. Kalliopohjavesi on tyypillisesti emäksistä bikarbonaattipitoista vettä. Molempien pohjavesityyppien ominaisuudet edistävät uraanin liukoisuutta veteen. Pohjaveden bikarbonaatit ovat todennäköisesti tärkein uraanin liukoisuutta edistävä tekijä. Uraania esiintyy erityisesti porakaivojen vesissä. Sitä voidaan poistaa vedestä anioninvaihtimella/hartsilla.

Luonnon uraani koostuu isotoopeista ^{238}U (99 %), ^{235}U (0.7 %) ja ^{234}U (0.005 %). Luonnon uraani on radioaktiivista, mutta sen haitallisuus talousvedessä terveyden kannalta perustuu sen kemialliseen toksisuuteen. Suurilla pitoisuuksilla uraani on haitallinen myös radioaktiivisena aineena.

Uraani on munuaistoksista. Uraani vaikuttaa munuaisten eritystoimintaan lisäten ionien (kalsium, fosfaatti) ja pienten proteiinien erittymistä virtsaan. Suurilla annoksilla uraani aiheuttaa pysyvän munuaisvaurion. Uraani kertyy luuhun ja vaikuttaa luun koostumukseen. Uraanialtistuksen on todettu olevan yhteydessä myös koholla olevaan verenpaineeseen.

Uraanin (kemiallinen) enimmäisarvo talousvedessä on 30 µg/l. Uraanin kemiallisena pitoisuutena 0,10 mSv/vuosi vastaa pitoisuutta noin 100 µg/l.

2.2 Desinfioinnin sivutuotteet

2.2.1 Bromaatti

Luonnontilaisissa vesissä ei esiinny bromaattia. Talousveteen sitä voi muodostua bromidipitoisia vesiä otsonoitaessa. Otsonoinnissa syntyvä bromaattimäärä riippuu useista tekijöistä kuten esimerkiksi veden bromidipitoisuudesta, orgaanisen aineksen määrästä, pH:sta ja otsoniannoksesta. Alhainen orgaanisen aineksen määrä ja korkea pH suosivat bromaatin muodostumista. Bromaatin muodostumisriski on otettava huomioon suunniteltaessa etenkin pohjavesien otsonointia, sillä pohjavesien luonnostaan alhainen orgaanisen aineksen määrä lisää muodostumisriskiä. UV-desinfioinnissa ei muodostu bromaattia.

Bromaattia voi muodostua hypokloriittia valmistettaessa, jos raaka-aineissa on bromidia ja olosuhteet, kuten pH, ovat optimaaliset bromaatin muodostumiselle.

Bromaattia epäillään karsinogeeniseksi. WHO:n mukaan riskitasoa 10^{-5} (yksi ylimääräinen syöpä sadantuhannen käyttäjän elinikäisessä altistumisessa) vastaava tilapäinen enimmäisarvo on 2,0 µg/l. Koska otsonoinnin hyödyt veden laadulle on katsottu kokonaisuutena suuremmiksi kuin bromaatin muodostumisesta aiheutuvat mahdolliset terveyshaitat, bromaatin terveysterveystekijäksi enimmäisarvoksi on kuitenkin asetettu 10 µg/l.

2.2.2 Haloetikkahapot

Haloetikkahappoja syntyy desinfioinnin sivutuotteena, kun humuspitoista vettä tai paljon muuta orgaanista ainetta sisältävää vettä desinfioidaan klooriyhdisteillä. Niiden muodostumista voidaan pienentää tehokkaimmin vähentämällä raakaveden orgaanisen aineksen määrää esikäsittelemällä vesi ennen desinfiointia.

Joidenkin haloetikkahappojen epäillään olevan karsinogeenisia ihmiselle eli ne voivat aiheuttaa syöpää.

Haloetikkahapot ja trihalometaanit antavat yhdessä hyvän kokonaiskuvan desinfioinnin sivutuotteiden terveysriskeistä. Niiden pitoisuuden talousvedessä tulisi olla niin pieni kuin mahdollista. Desinfiointia tarvitaan kuitenkin sen varmistamiseksi, että veden mikrobiologinen laatu ei vaarannu.

Talousvedestä tutkittavien viiden seurattavan haloetikkahapon summan enimmäisarvo on 60 µg/l.

2.2.3 Kloriitti ja kloriitti

Kloriitti ja kloriitti ovat desinfioinnin sivutuotteita, joita syntyy, kun vettä käsitellään klooridioksidilla veden desinfiointiksi tai veden hajun ja maun poistamiseksi. Klooridioksidi hajoaa nopeasti kloriitti-, kloriitti- ja kloridi-ioneiksi käsitellyssä vedessä. Suomessa klooridioksidin käyttö talousveden käsittelyssä on vähäistä. Kloriittia ja kloriittia voi muodostua myös desinfiointiin käytettävässä natriumhypokloriittiliuoksessa, jos sitä säilytetään pitkään ja korkeassa lämpötilassa.

Kloriitti voi estää kilpirauhasen jodin saantia, mikä voi johtaa esimerkiksi struumaan. Riittävä jodin saanti vähentää haittojen todennäköisyyttä. Suomessa ruokasuolan jodiointi varmistaa riittävän jodin saannin.

Talousveden kloriitin ja kloriitin enimmäisarvo on 0,25 mg/l. Molemmille sovelletaan kuitenkin arvoa 0,70 mg/l, jos talousveden desinfiointiin käytetään kloriittia synnyttävää desinfiointimenetelmää.

2.2.4 Trihalometaanit (THM)

Trihalometaaneja (kloroformi, bromidikloorimetaani, dibromidikloorimetaani, bromoformi) syntyy desinfioidessa humuspitoista talousvettä vapaalla kloorilla.

Myös muut kloorin käyttömuodot, kuten klooriamiini ja klooridioksidi aiheuttavat trihalometaanien muodostumista, joskin pienemmässä määrin kuin vapaa kloori. Yleisin klooratun veden trihalometaani on kloroformi. Desinfioinnissa syntyvään trihalometaanien määrään ja niiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttavat keskeisesti desinfioitavan veden orgaanisten aineiden ja bromin pitoisuus. Haitallisten yhdisteiden muodostumista voidaan tehokkaimmin pienentää vähentämällä veden orgaanisen aineksen pitoisuutta sopivalla esikäsittelyllä ennen desinfiointia.

Suuri trihalometaanipitoisuus indikoi myös muiden halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden olemassaoloa, eikä näiden yhdisteiden terveysvaikutuksia tunneta tarkkaan. Tästä syystä trihalometaanipitoisuuden tulisi talousvedessä olla niin pieni kuin käytännössä on mahdollista ilman, että veden mikrobiologinen laatu missään olosuhteissa vaarantuu.

Kloroformi on vedestä helposti haihtuvaa ja sille altistutaan talousvedestä myös hengitysilman kautta esimerkiksi suihkussa. Kloroformi läpäisee myös ihon kohtalaisen hyvin. Trihalometaaneista kloroformi ja bromidikloorimetaani on luokiteltu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2B). Kloroformi aiheuttaa koe-eläimissä maksa- ja munuaiskasvaimia, bromidikloorimetaani maksa- ja munuaiskasvaimia sekä kasvaimia suolistossa. Trihalometaaneja kokonaisuudessaan on epäilty yhdeksi ryhmäksi kemiallisia aineita, jotka lisäävät kloorattuun juomaveteen liittyvää kohonutta syöpäriskiä ihmiselle.

Trihalometaanien summan enimmäisarvo on 100 µg/l.

2.3 Pääosin vedenkäsittelykemikaaleista ja verkostomateriaaleista peräisin olevat muuttujat

2.3.1 pH-arvon laatuvaatimus

Jos talousveden pH on enemmän kuin 9,5, vedestä voi aiheutua sen emäksisyyden takia terveyshaittaa. Pienillä lapsilla pH:n muutokset aiheuttavat helpommin haittoja kuin aikuisilla, koska heidän mahahappojen määrä on vähäisempi ja nesteen kulutus painoon nähden suurempi kuin aikuisilla. Terveyshaitat ovat yleensä mahavaivoja, oksentelua ja ripulia. Hyvin emäksinen vesi (pH yli 10,5) voi lisäksi aiheuttaa suun ja nielun limakalvojen kirvelyä. Tällainen vesi voi myös ärsyttää peseydyttäessä silmiä ja ihoa. Silloin, kun veden pH-arvo on näin korkea, veden laadun poikkeaminen normaalista

havaitaan yleensä veden vaahtoamisena ja outona makuna. Väkevä lipeäliuos on syövyttävää ja aiheuttaa ihon ja limakalvojen palovammoja.

Veden pH-arvoa alentaviin toimenpiteisiin on ryhdyttävä välittömästi, jos veden pH on suurempi kuin laatuvaatimus 9,5.

2.3.2 Akryyliamidi

Akryyliamidi esiintyy epäpuhtautena muun muassa polyakryyliamidipohjaisissa flokkauksen apuaineissa (polymeereissä). Sitä voi joutua talousveteen myös muun muassa polyakryyliamidia sisältävistä injektointimassoista. Akryyliamidi liukenee hyvin veteen. Ympäristöön joutuessaan se on altis biologiselle hajoamiselle, eikä siten ole biokertyvä.

Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen (IARC) arvion mukaan akryyliamidi on mahdollisesti karsinogeeninen ihmisille.

Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,10 µg/l lasketaan polymeerin annostelumäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva akryyliamidimäärä. Jos akryyliamidipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n terveysperusteista enimmäispitoisuussuositusta, joka on akryyliamidille 0,50 µg/l.

2.3.3 Epikloorihydriini

Epikloorihydriiniä käytetään muun muassa epoksihartsien, elastomeerien ja glyseriinin valmistuksen raaka-aineena. Vedenjakelujärjestelmästä epikloorihydriiniä saattaa kulkeutua talousveteen erilaisista apukoagulanteista, epoksipinnoitteista ja ioninvaihtomassoista. Epikloorihydriinin puoliintumisaika ympäristössä on pH:sta riippuen muutaman päivän. Epikloorihydriinin esiintymistä talousvedessä hallitaan materiaalivalinnoilla.

Epikloorihydriini imeytyy elimistöön suun, ihon ja hengitysteiden kautta. Se on paikallisesti ärsyttävää. Epikloorihydriini on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi (IARC 2A).

Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,10 µg/l lasketaan arvioidun polymeerimäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva epikloorihydriinin määrä. Jos epikloorihydriinipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n

terveysperusteista enimmäispitoisuussuositusta, joka on epikloorihydriinille 0,40 µg/l.

2.3.4 Vinyylikloridi

Vinyylikloridia käytetään pääasiassa polyvinyylikloridin (PVC) valmistuksen raaka-aineena. Sitä käytetään jonkin verran myös muiden tuotteiden valmistuksessa. Maaperään joutuessaan se kulkeutuu nopeasti pohjaveteen. Pohjavedessä vinyylikloridi voi säilyä vuosia. Vinyylikloridia voi joutua pohjaveteen myös veden sisältämän trikloorieteenin tai tetrakloorieteenin hajoamisen sivutuotteena. Vinyylikloridi on helposti ilmaan haihtuvaa ja sille altistutaan merkittävästi hengitysteitse.

Vinyylikloridia esiintyy epäpuhtautena polyvinyylikloridissa. Asianmukaisesti testatut PVC-putket ovat kuitenkin turvallisia. Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,50 µg/l lasketaan polymeerin annostelumäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva vinyylikloridimäärä. Vinyylikloridipitoisuus on määritettävä talousvedestä, jos siinä on todettu tri- tai tetrakloorieteeniä. Jos vinyylikloridipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n terveysperusteista enimmäispitoisuussuositusta, joka on vinyylikloridille 0,30 µg/l.

Vinyylikloridi on luokiteltu ihmiselle karsinogeeniseksi aineeksi (IARC Group 1) ja se on genotoksinen karsinogeeni. Se aiheuttaa ihmiselle maksakasvaimia. Koe-eläimillä kasvaimia on havaittu myös monissa muissa elimissä.

Vinyylikloridin terveysperusteinen enimmäisarvo 0,50 µg/l on asetettu riskitasolla 10^{-5} (yksi ylimääräinen syöpä 100 000 käyttäjän elinikäisessä altistumisessa).

2.3.5 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) mukaan lukien bentso(a)pyreeni

Polysykliset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet koostuvat suuresta joukosta aromaattisia yhdisteitä. Niitä syntyy epätäydellisen palamisen sekä biologisen toiminnan seurauksena. Niitä on myös muun muassa kreosoottijälessä, jota käytetään puutavaran kyllästämiseen sekä vesijohtojen bitumipinnoitteissa. PAH-yhdisteet ovat usein sitoutuneet kiintoaineeseen, minkä vuoksi raakaveden käsittely suodattamalla alentaa veden PAH-yhdisteiden pitoisuutta.

Pääosa päivittäisestä PAH-annoksesta saadaan ruuan mukana ja ainoastaan noin 1 % päivittäisannoksesta tulee talousvedestä.

Erityisesti isomolekyyliset PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisia. PAH-yhdisteiden joukosta on valittu vertailuaineiksi bentso(b)fluoranteeni, bent-so(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni ja indeno-(1,2,3cd)-pyreeni, joiden yhteispitoisuus talousvedessä on oltava alle 0,10 µg/l.

PAH-yhdisteiden malliaineena terveysriskin arvioinnissa pidetään bentso(a)pyreeniä. Bentso(a)pyreenin enimmäisarvo talousvedessä on 0,010 µg/l. Bentso(a)pyreenin pitoisuus 0,07 µg/l juomavedessä vastaa syöpäriskitasoa 10^{-5} eli yksi ylimääräinen syöpä sadantuhannen käyttäjän elinikäisessä altistumisessa.

2.3.6 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreeniä on käsitelty [kappaleessa 2.3.5](#) polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen yhteydessä.

2.4 Muuttujat, joihin rakennuksen vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi

2.4.1 Antimoni, Sb

Antimonia esiintyy luonnonvesissä yleensä hyvin vähäisiä määriä. Talousveteen sitä saattaa joutua kiinteistöjen putkistojen juotosaineena käytetystä antimonitina seoksesta. Havaitut pitoisuudet talousvedessä ovat olleet yleensä alle 4 µg/l.

Antimonin aiheuttamat terveysvaikutukset ovat epäselvät. Eläinkokeiden perusteella antimonin terveysperusteiseksi enimmäisarvoksi on asetettu 10 µg/l. Terveydelle haitallinen altistuminen talousveden kautta on epätodennäköistä.

2.4.2 Bisfenoli A

Bisfenoli A:ta käytetään polykarbonaatti- ja epoksihartsimuovien rakennusaineena ja sitä löytyy useista muovisista kulutustuotteista. Lisäksi sitä sisältäviä epoksihartsimuoveja käytetään mm. vesijohtojen pinnoitteena, jolloin sitä voi vapautua käytettävään veteen.

Bisfenoli A:lle altistutaan pääasiassa ravinnon kautta, mutta jonkin verran myös ihon kautta ja hengittämällä tai nielemällä pölyä. Bisfenoli A ei ole kuitenkaan merkittävä terveysriski, koska sille altistuminen on erilaisten rajoitusten ansiosta vähäistä. Yhdiste hajoaa ympäristössä nopeasti, eikä se kerry maaperään tai eliöihin.

Bisfenoli A on luokiteltu ihmisten lisääntymiselle haitalliseksi hormonitoimintaa häiritseväksi aineeksi.

Bisfenoli A:n terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 2,5 µg/l.

2.4.3 Kadmium, Cd

Luonnontilaisissa vesistöissä kadmiumpitoisuus on yleensä alle 1 µg/l. Suomessa vesijohtoveden kadmiumpitoisuus on keskimäärin alle 0,05 µg/l. Kadmiumia voi joutua vesiin yhdyskunta- ja teollisuusjätevesistä, laskeumasta, lannoitteista tai ohjeiden vastaisesti maanparannukseen käytettävästä jätevesilietteestä sekä metallisista vesikalusteista. Joillakin sinkkimalmialueilla on todettu kohonneita kadmiumpitoisuuksia pohjavesissä. Paikallisesti kohonneita pitoisuuksia on havaittu myös malminjalostusteollisuuden pölypäästöjen seurauksena. Joskus kadmiumin esiintyminen analyysituloksissa saattaa olla peräisin esim. näytteenottovälineiden väriaineista.

Kadmium on elimistöön kertyvä myrkyllinen raskasmetalli. Kadmium rikastuu iän myötä munuaisiin ja sen biologinen puoliintumisaika ihmisen elimistössä on pitkä, 10–35 vuotta. Pitkäaikaisaltistuksen vaikutukset kohdistuvat erityisesti munuaisiin, jossa kadmium vaikuttaa haitallisesti munuaisten eritystoimintaan. Pahimmillaan kadmium voi aiheuttaa pysyvän munuaisvaurion. Lisäksi se haurastuttaa luustoa.

Kadmium on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi hengitettynä (IARC 2A), mutta suun kautta saatuna sitä ei pidetä karsinogeenisena.

Kadmiumin terveysperusteinen enimmäisarvo on 5,0 µg/l.

2.4.4 Kromi, Cr

Luonnontilaisessa pohjavedessä kromia on erittäin vähän. Kromiyhdisteitä saattaa joutua vesiin muun muassa metalli-, nahka- ja lasiteollisuuden

jätevesistä. Vesijohtoveteen kromia voi liueta rakennusten vesikalusteisiin käytetyistä metalliseoksista tai joistakin vedenkäsittelykemikaaleista.

Kolmiarvoinen kromi on välttämätön ihmiselle. Kuusiarvoinen kromi on sen sijaan karsinogeeninen ja mutageeninen. Se on luokiteltu hengitettynä ihmiselle karsinogeeniseksi (IARC Group 1). Jos vesi desinfioidaan kemiallisesti (kloori, klooriamiini, klooridioksidi, otsoni), kaikki raakaveden kolmiarvoinen kromi hapettuu kuusiarvoiseksi kromiksi. UV-desinfiointi ei hapeta kolmiarvoista kromia. Kuusiarvoinen kromi muuttuu mahassa kolmiarvoiseksi ja kromia ei luokitella suun kautta saatuna karsinogeeniseksi. Muusta kuin työperäisestä kromialtistuksesta ei ole osoitettu aiheutuneen terveydellistä haittaa ihmiselle.

Kromin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 25 µg/l.

2.4.5 Kupari, Cu

Kupari on välttämätön hivenaine, jonka keskimääräinen saanti ravinnosta on arviolta 1–3 mg päivässä. Talousveden kupari on pääosin peräisin rakennuksen vedenjakelulaitteiden ja -kalusteiden tuotteista. Vesijohdossa seisoneessa vedessä voi olla kuparia muutamia milligrammoja litrassa, mutta pitoisuus vähenee nopeasti vettä juoksutettaessa. Siksi vesijohtovettä kannattaa juoksuttaa hetki ennen nautittavaksi tarkoitettun veden ottamista. Käyttövettä eli lämmintä vesijohtovettä ei pidä käyttää juomavetenä eikä ruuanlaittoon, sillä suuret kuparipitoisuudet ovat yleisiä käyttövedessä.

Kupari aiheuttaa veteen karvasta makua. Se muodostaa saniteettikalusteisiin vihertäviä tahroja ja kuparipitoisella vedellä pesu voi muuttaa hiukset vihertäviksi. Kupari lisää alumiinia ja sinkkiä sisältävien laitteiden ja kalusteiden korroosiota.

Hyvin kuparipitoinen vesi saattaa juotuna ärsyttää mahaa ja aiheuttaa äkillistä pahoinvointia. Oireita saattaa alkaa ilmetä, kun veden kuparipitoisuus ylittää 2 mg/l.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan rakennuksen vesilaitteiston veden kuparipitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2–5 sekuntia. Toimitetun talousveden kuparipitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juoksutetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Kuparin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 2,0 mg/l.

2.4.6 Lyijy, Pb

Lyijy on elimistöön kertyvä myrkyllinen raskasmetalli, joka voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia muun muassa hermostoon ja luustoon. Lyijy on erityisen haitallista lapsille, joille se aiheuttaa oppimis- ja käyttäytymishäiriöitä. Altistumistasosta riippuen se saattaa vaikuttaa haitallisesti myös älykkyyssosamäärään. Lasten osalta lyijylle ei tiedetä olevan haitatonta altistumistasoa. Haitallisuus lisääntyy veren lyijypitoisuuden kasvaessa. Yli 70 % ihmisen lyijyaltistuksesta tulee ruuasta. Suomalaisten keskimääräiseksi lyijyannokseksi on arvioitu 0,066 mg päivässä. Juomaveden osuuden kokonaissaannista on arvioitu olevan alle 10 %.

Vesilaitosten raakavesinä käytettyjen pintavesien lyijypitoisuuden on todettu olevan yleensä alle 0,5 µg/l ja pohjavesien alle 0,5–4 µg/l. Lyijyä saattaa joutua raakaveteen teollisuuden kuormituksen seurauksena. Useimmista Euroopan maista poiketen Suomessa talousveden lyijypitoisuudet ovat yleensä erittäin pieniä. Muutamissa kaivo- ja vesijohtovesissä on löytynyt 50 µg/l ylittäviä pitoisuuksia.

Talousveteen saattaa liueta lyijyä vedenjakelulaitteista ja rakennusten vesilaitteistojen tuotteista, jos niissä on käytetty lyijyä sisältäviä metalliseoksia. Rakennuksen vesilaitteistojen riskinarvioinnissa toimenpideraja on 10 µg/l.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan rakennuksen vesilaitteiston veden lyijypitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2–5 sekuntia. Toimitetun talousveden lyijypitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juoksutetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Lyijyn terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 5 µg/l.

2.4.7 Nikkeli, Ni

Nikkeliä on raakavedessä yleensä niukasti. Sitä voi kuitenkin olla pohja- ja porakaivovesissä enimmäisarvoa (20 µg/l) suurempina pitoisuuksina alueilla, joilla maaperässä on nikkelpitoisia mineraaleja. Nikkeliä saattaa joutua vesiin myös teollisuusjätevesien mukana tai sitä voi liueta nikkeliä sisältävistä rakennusten vesikalusteista.

Nikkeli on välttämätön hivenaine. Sen imeytyminen ruuansulatuskanavasta on vähäistä. Nikkeli ei ole suun kautta saatuna kovin haitallista. Nikkeli on erittäin

yleinen ihoallergiaoireiden aiheuttaja (napit, vyönsoljet, rihkamakorut), mutta talousvedessä esiintyvänä pitoisuuksina se ei aiheuta nikkelille herkistyneillekään allergiaa ihokosketuksesta. Hengitettyinä nikkelyyhdisteet on luokiteltu ihmisille karsinogeenisiksi (IARC Group 1), mutta suun kautta saatuna nikkeliä ei pidetä karsinogeenisena.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan rakennuksen vesilaitteiston veden nikkeli-pitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2–5 sekuntia. Toimitetun talousveden nikkeli-pitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juoksutetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Nikkelin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 20 µg/l.

2.4.8 Nitriitti, NO₂⁻

Nitriittiä muodostuu typpiyhdisteiden (mm. ammoniumin) epätäydellisen hapettumisen seurauksena. Sen esiintyminen talousvedessä on aina merkki bakteeritoiminnasta joko vedenottamossa tai vesijohdoissa. Vesilaitosten jakamassa vedessä nitriittiä todetaan harvoin. Desinfiointi klooriamiinilla lisää nitriitin esiintymisen mahdollisuutta. Nitriittiä voi muodostua myös nitraatin pelkistyessä verkostossa tapahtuvan biologisen toiminnan johdosta.

Nitriitin saanti vesijohtovedestä on hyvin pientä verrattuna saantiin elintarvikkeista. Nitriitin terveysvaikutukset on kuvattu nitraatin yhteydessä.

Nitriitin terveysperusteinen enimmäisarvo käyttäjän hanasta otettavalle talousvedelle on 0,50 mg/l (NO₂-N 0,15 mg/l). Laitokselta lähtevän talousveden nitriittipitoisuuden enimmäisarvo on 0,1 mg/l (NO₂-N 0,03 mg/l). Tyypensä ilmoitetun nitriittipitoisuuden saa muutettua nitriittipitoisuudeksi kertoimella 3,285.

3 Talousveden radioaktiivisuuden laatuvaatimukset

STUK toimii talousveden radioaktiivisuuden valvonnassa asiantuntijatahona, joka neuvoo kunnan terveydensuojeluviranomaista tarvittaessa (859/2018, 15 §).

Aktiivisuudella tarkoitetaan ydinmuutosten (esim. radioaktiivinen hajoaminen) lukumäärää aikayksikössä ja sen yksikkö on becquerel (Bq). Yksi Bq vastaa yhtä ydinmuutosta sekunnissa. Talousveden osalta aktiivisuus ilmoitetaan yleensä aktiivisuuspitoisuutena, mikä tarkoittaa ydinmuutosten lukumäärää tietyssä vesitilavuudessa (esimerkiksi Bq/l).

Säteilylle altistumista kuvataan efektiivisellä annoksella. Efektiivinen annos kuvaa koko kehon keskimääräistä altistumista säteilylle. Se on laskennallinen suure, jossa otetaan huomioon säteilystä kudokseen absorboitunut energiamäärä, säteilylaji ja eri kudosten tai elimien erilainen herkkyys säteilylle. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert (Sv). Säteilyn annosvaste on nykykäsityksen mukaan lineaarinen, ilman kynnysarvoa. Eli haitatonta pitoisuutta ei ole vaan annoksen kasvaessa syöpäriski kasvaa lineaarisesti.

Talousveden radioaktiivisten aineiden aiheuttama efektiivinen annos riippuu aineiden aktiivisuuspitoisuudesta, nautitun veden määrästä ja kyseisten nuklidien kyvystä aiheuttaa säteilyannosta. Annosten perusteella voidaan arvioida, että juomaveden radioaktiivisista aineista aiheutuu arviolta noin kymmenkunta kuolemaan johtavaa syöpätapausta vuodessa. Näistä valtaosa aiheutuu juomaveden radonista ja vain pieni osa muista radioaktiivisista aineista. Veden radon altistaa säteilylle paitsi nieltynä mutta etenkin hengitysilman kautta radonin vapautuessa vedestä hengitysilmaan. Muut talousveden radioaktiiviset aineet voivat aiheuttaa säteilyannoksen ainoastaan ruoan ja juoman mukana nautittuna, sillä ainoastaan radon on kaasu.

3.1 Radon, Rn-222

Talousvedessä olevat luonnon radioaktiiviset aineet ovat peräisin maa- ja kallioperän radioaktiivisista aineista, jotka liukenevat maankuoren mineraaleista pinta- ja pohjaveteen. Koska pohjavesi on paljon pitempään kosketuksissa maa- ja kallioperän kanssa kuin pintavesi, pohjaveden mineraali- ja siten myös radionuklidipitoisuudet ovat huomattavasti suurempia. Kallioperän pohjavedessä pitoisuudet ovat vielä paljon suurempia kuin maaperän pohjavedessä.

Mittaustulosten perusteella suomalainen [talousvesi on radioaktiivisuuden suhteen hyvälaatuista](#) ja [talousveden radioaktiivisuus](#) poikkeaa laatuvaatimuksesta hyvin harvoin. Talousvedessä eniten säteilyaltistusta aiheuttaa radon. Veden mukana nieltä radon aiheuttaa pienessä määrin säteilyannosta ruuansulatuselimistölle. Merkittävin säteilyaltistus kohdistuu

kuitenkin keuhkoille, koska radonia vapautuu ilmaan vettä käytettäessä (esim. suihku, asianpesu, ruuanlaitto).

Radonin laatutavoite on 300 becquereliä litrassa (Bq/l) ja laatuvaatimus 1000 Bq/l. Radonin aktiivisuuspitoisuutta ei tarvitse mitata, jos talousvedeksi valmistettava vesi on peräisin yksinomaan pintavesimuodostumasta. Radonin aktiivisuuspitoisuus suositellaan tutkimaan talousvettä toimittavalta laitokselta lähtevästä vedestä otetusta näytteestä, sillä jakeluverkon kauimmaisista osista otetun näytteen perusteella ei välttämättä saada oikeaa kuvaa radonin aktiivisuuspitoisuudesta jakeluverkon alkupäässä. Radonin puoliintumisaika on 3,8 vuorokautta.

Tapauksissa, joissa talousveden radonpitoisuus on laatutavoitetta (alle 300 Bq/l) suurempi, mutta laatuvaatimuksen enimmäisarvoa (1 000 Bq/l) pienempi, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on harkittava korjaavien toimenpiteiden tarpeellisuutta riskinarvioinnin perusteella sen selvittämiseksi, aiheutuuko tilanteesta terveyshaittoja.

Talousvesiasetuksessa radonpitoisuuden laatuvaatimuksen enimmäisarvo on 1000 becquereliä litrassa (Bq/l). Korjaavat toimet ovat säteilyturvallisuuksyistä välttämättömiä aina ilman lisäarviointeja veden käyttötavasta riippumatta, jos aktiivisuuspitoisuus on suurempi kuin laatuvaatimus. Korjaavia toimenpiteitä radonpitoisuuden vähentämiseksi voivat olla esimerkiksi veden ilmastus tai aktiivihillisuodatus.

Yksityisessä käytössä olevien kaivojen talousveden radonin enimmäispitoisuus on 1000 Bq/l, joka on säädetty pienessä talousvesiasetuksessa (401/2001).

3.2 Tritium, H-3

Tritium on vedyn isotooppi, jonka ydin sisältää protonin lisäksi kaksi neutronia. Tritiumista käytetään merkintää H-3. Tritiumia syntyy jatkuvasti ylemmässä ilmakehässä kosmisen säteilyn tuottamana. Mahdollisia päästölähteitä ovat muun muassa ydinvoimalat ja lääketieteellisessä tutkimuksessa tai teollisuudessa merkkiaineena käytetyn tritiumin käsittely. Luonnossa esiintyy myös vähäisiä määriä 1960-luvulle asti jatkuneista ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista peräisin olevaa tritiumia.

Tritiumin enimmäisarvo 100 Bq/l on asetettu ympäristönsuojelullisin päämäärin, eikä se ole terveysperusteinen enimmäisarvo. Enimmäisarvon tavoitteena on tritiumpitoisuuden rajoittaminen vesistöissä, joihin lasketaan ydinvoima- ja

muiden laitosten päästöjä. Tritium on veden ainesosa (korvaa vesimolekyylissä vetyatomin H-1), eikä sitä kyetä poistamaan vedenkäsittelyprosesseissa. Talousveden kautta tritiumille voi altistua vain suun kautta. Terveysvaikutuksiltaan tritium on radioaktiivisista aineista yksi vähiten haitallisimmista aineista.

Tritiumia ei tarvitse tutkia talousveden säännöllisessä valvonnassa, sillä STUK määrittää säännöllisesti valtakunnallisessa ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa viiden suomalaisen talousvettä toimittavan laitoksen vedestä tritiumaktiivisuutta. Lisäksi tritiumia on määritetty myös muissa STUKin tekemissä tutkimuksissa. Tulosten perusteella tiedetään, että tritiumaktiivisuus on talousvettä toimittavilla laitoksilla selvästi pienempi kuin tritiumille asetettu enimmäisarvo.

3.3 Viitteellinen annos

Viitteellisellä annoksella tarkoitetaan talousvedestä aiheutuvan efektiivisen annoksen kertymää yhden vuoden aikana saadulle määrälle kaikkia talousvedessä havaittuja sekä luonnollisia että keinotekoisia radionuklideja, lukuun ottamatta tritiumia, kalium-40:tä, radonia ja radonin lyhytikäisiä hajoamistuotteita. Viitteellisen annoksen enimmäisarvo on 0,10 mSv/vuosi.

Viitteellisen annoksen tasoa voidaan arvioida näytteen alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuuden tai yksittäisten radioaktiivisten aineiden (radionuklidien) aktiivisuuspitoisuuksien perusteella. Jos alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on pienempi kuin 0,1 Bq/l, eikä radonin aktiivisuuspitoisuus ylitä laatutavoitetta 300 Bq/l, voidaan päätellä, että viitteellinen annos ei ylitä tasoa 0,10 mSv/vuosi. Tällöin ei tarvitse määrittää yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksia.

Jos radonin aktiivisuuspitoisuus on enemmän kuin 300 Bq/l ja alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on pienempi kuin 0,1 Bq/l, radonin aktiivisuuspitoisuuden pienentäminen riittää korjaavaksi toimenpiteeksi varmistamaan, että viitteellinen annos ei ylitä tasoa 0,10 mSv/vuosi.

Jos alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on suurempi kuin 0,1 Bq/l, määritetään yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet näytteessä viitteellisen annoksen arvioimiseksi. Määrittäminen voi perustua STUKin tekemän alfaspektrin tulkintaan tai yksittäisten radionuklidien analysointiin. STUK arvioi spektrin perusteella, mitä radioaktiivisia aineita vedestä pitää mitata. Vesinäytteestä määritettäviä alfa-aktiivisia aineita voivat olla radium-226,

uraani-234, uraani-238 ja polonium-210 sekä beeta-aktiivisia radium-228 ja lyijy-210. Tarvittaessa voidaan edellyttää mitattavan myös muita radioaktiivisia aineita.

Viitteellisen annoksen enimmäisarvo on 0,10 mSv/vuosi. Tästä laskettuna enimmäisarvo uraani-238:lle on 3,0 Bq/l ja uraani-234:lle 2,8 Bq/l. Uraanin isotoopit U-238 ja U-234 esiintyvät kuitenkin vedessä aina samanaikaisesti. Enimmäispitoisuudet ovat edellä esitettyjä pitoisuuksia pienempiä, jos vedessä on muita radioaktiivisia aineita.

Tällä hetkellä Suomessa ei ole STUKin lisäksi muita akkreditoituja laboratorioita, jotka pystyvät määrittämään alfa-aktiivisuuden ja yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet viitteellisen annoksen arvioimiseksi.

3.3.1 Radium, lyijy ja polonium, Ra-226, Ra-228, Pb-210 ja Po-210

Radium on merkittävä alkuaine sen radiotoksisuuden vuoksi. Se on kemiallisilta ominaisuuksiltaan kalsiumia muistuttava, joten sitä kertyy ihmisessä luuhun.

Uraanisarjasta peräisin oleva Ra-226 on pitkäikäinen. Sen puoliintumisaika on 1600 vuotta. Toriumsarjasta peräisin olevan Ra-228:n puoliintumisaika on 5,8 vuotta. Matalasuolaisissa vesissä radium esiintyy liukoisena Ra^{2+} -kationina. Suolaisissa vesissä radium muodostaa heikkoja komplekseja kloridin, sulfaatin ja karbonaattien kanssa. Korkeita radiumin aktiivisuuspitoisuuksia on löydetty pääsääntöisesti suolaisista pohjavesistä. Suomen pohjavesien radiumin aktiivisuuspitoisuuksien ei ole havaittu olevan yhteydessä uraanipitoisuuksien kanssa.

Radonin hajoamistuotteet, Pb-210 ja Po-210, ovat radonin jälkeen merkittävimmät säteilyaltistuksen lähteet juomavedessä. Veden kemialliset ominaisuudet vaikuttavat lyijyn ja poloniumin esiintymiseen pohjavedessä. Ne voivat esiintyä ioneina, molekyyleinä, kompleksoituneena ja erilaisiin partikkeleihin sitoutuneena pohjavesissä. Polonium jakautuu verrattain tasaisesti koko kehoon ihmisessä. Korkeimmat poloniumin aktiivisuuspitoisuudet on löydetty luustosta. Poloniumin määrä luussa on seurausta sen emonuklidin, Pb-210, kertymisestä luuhun ja sen hajoamisesta edelleen poloniumiksi. Polonium kertyy pääsääntöisesti pehmytkudoksista maksaan ja munuaisiin.

Enimmäisarvo radium-226:lle on 0,5 Bq/l, radium-228:lle 0,2 Bq/l, lyijy-210:lle 0,2 Bq/l ja polonium-210:lle 0,1 Bq/l, jos radioaktiiviset aineet ovat vedessä yksinään. Enimmäispitoisuus edellä esitettyä pienempi, jos vedessä on muita radioaktiivisia aineita.

4 Talousveden laatutavoitteet

4.1 Riskinarvioinnin perusteella tutkittavat mikrobiologiset muuttujat

4.1.1 *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*)

C. perfringens -bakteerin esiintymistä vedessä pidetään merkinä suolistoperäisestä saastumisesta, sillä sitä on ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistossa ja ulosteissa yleisesti, vaikkakin pienempinä lukumäärinä kuin *E. coli* -bakteeria ja suolistoperäisiä enterokokkeja. *C. perfringens* on anaerobinen bakteeri, joka kestromuodossaan esiintyy itiöinä. Bakteerin itiöt ovat kooltaan melko pieniä, kestävät hyvin desinfiointia ja saattavat säilyä pitkiäkin aikoja vedessä. Itiöt voivat säilyä vedessä ja maaperässä jopa huomattavasti kauemmin kuin osa varsinaisista taudinaiheuttajista.

C. perfringens -bakteeria on tutkittava jaksottaisen seurannan viranomaisvalvonnassa silloin, kun talousveden lähteenä käytettävä raakavesi on pintavettä tai pintavesi voi vaikuttaa pohjaveden laatuun. Pintavesi voi vaikuttaa veden laatuun pohjavedenottoilla silloin, kun pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa tai kaivon rakenteet ovat puutteellisia. Suomessa ei esiinny lainkaan täysin pintavesivaikutuksesta vapaita syviä pohjavesimuodostumia. Myös tekopohjaveden tuotannossa, mukaan lukien tarkoituksellinen tai tahaton rantameytyminen, pintavesivaikutus on ilmeinen. Talousvesiasetuksen mukaan *C. perfringens* -bakteeria tai sen itiöitä ei saa esiintyä 100 ml:n näytteessä. Aiemmin määrityksen tavoitteena pidettiin talousveden puhdistus- ja desinfiointikäsitelyjen riittävän tehokkuuden varmistamista. Tämän vuoksi *C. perfringens* määrityksiä on voitu tehdä vaatimusten täyttymiskohdan sijasta vedenkäsittelylaitokselta lähtevästä vedestä tai vedenjakeluverkostosta. On kuitenkin tarpeen ottaa huomioon, että *Clostridium perfringens*, mukaan lukien itiöt, on yksi käytettävissä olevista suolistoperäistä saastumista kuvaavista mikrobiologisista muuttujista. Vedenkäsittelyprosessin läpäisemisen ohella suolistoperäinen saastuminen voi tapahtua veden jakeluverkossa. Jakeluverkon puhtautta selvittäessä erilaisia ympäristöolosuhteita ja klooridesinfiointia

kestävien *C. perfringens* -itiöiden tutkiminen on suositeltavaa *E. coli* -bakteerin ja suolistoperäisten enterokokkien tutkimisen ohella.

C. perfringens -bakteerin esiintyminen talousvedessä aiheuttaa välittömästi lisäselvityksen esiintymisen syyn selvittämiseksi ja poistamiseksi esimerkiksi verkostoa huuhtelemalla ja/tai desinfioimalla, tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla. Vedenkäsittelyprosessien tehostamista on harkittava, jos talousvedessä havaitaan *C. perfringens* -bakteeria.

Laatutavoite: 0 pmy/100 ml (mukaan lukien itiöt), (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö)

4.2 Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat

4.2.1 pH-arvon laatutavoite

Luonnontilaisten pohja- ja pintavesien pH on Suomessa yleensä lievästi hapan (pH 6–7). Tästä johtuu, että vedenjakelulaitteissa käytetyt materiaalit kuten esimerkiksi valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti useimmiten syöpyvät, jos vettä ei alkaloida. Metalleja voi liueta putkista pH:n ollessa noin 7 tai sen alapuolella. Materiaalin syöpymisestä johtuvaa vedenlaadun heikkenemistä ei tapahdu silloin, kun veden pH on vedenjakelulaitteiden kannalta sopiva eli 7,0–8,8. Korroosion ehkäisemisen kannalta pH -arvon olisi oltava mahdollisimman tasainen.

Alkalointikemikaalin virheellisen annostuksen, laitteiden toimintahäiriöiden tai sementtiä sisältävien putkimateriaalien seurauksena voi veden pH-arvo nousta tilapäisesti suuremmaksi kuin 9,0. Yksiselitteistä enimmäisarvoa sille, milloin veden korkeasta pH-arvosta voi aiheutua terveyshaittoja, ei voi antaa. Talousvesiasetuksessa on asetettu pH -arvolle laatuvaatimus 9,5, jota emäksisemmälle vedelle on annettava käyttökielto. Mahdolliset terveyshaitat riippuvat veden alkaliteetista, emäksisyyden aiheuttavasta kemikaalista ja sen pitoisuudesta, veden käyttömäärästä ja -tavasta sekä käyttäjästä.

Vesijohtoveden pH-arvon pitää olla laatutavoitteen mukaan 6,5–9,5. Vesi ei kuitenkaan saa olla haitallisessa määrin syövyttävää eikä haitallisessa määrin saostumia lisäävää, joten käytännössä vesilaitoksen on pyrittävä pH-arvoon 7,0–8,8.

4.2.2 Kloridi, Cl

Klorideja on makeissa pintavesissä yleensä alle 10 mg/l, ellei niissä ole kloridipitoisten jätevesien tai maantiesuolauksen vaikutusta. Pohjavesissä klorideja esiintyy vanhoilla merenpohja-alueilla tai jätevesien ja tiesuolauksen vaikutuksen seurauksena, jolloin pitoisuudet voivat olla kymmeniä tai satoja milligrammoja litrassa.

Kloridien päivittäisen saannin ravinnosta arvioidaan olevan 6 000–12 000 mg riippuen ruokasuolan käyttömäärästä. Juomavedestä saatava määrä on yleensä alle 100 mg. Klorideilla ei tiedetä olevan haitallisia terveysvaikutuksia, mutta ne aiheuttavat makua veteen 200–300 mg/l pitoisuuksina. Kloridi lisää veden korroosiovaikutusta, jos pitoisuus on kymmeniä milligrammoja litrassa.

Kloridin laatutavoite talousvedelle on alle 250 mg/l, mikä perustuu arvioituun makukynnykseen. Korroosio-ongelmien välttämiseksi on kuitenkin pyrittävä selvästi pienempään kloridipitoisuuteen. Kloridipitoisuuden tulisi olla vähemmän kuin 25 mg/l, elleivät veden muut ominaisuudet vähennä kloridin haitallista vaikutusta.

4.2.3 Sulfaatti, SO₄²⁻

Rannikkoseutuja lukuun ottamatta Suomen vesien sulfaattipitoisuus on yleensä alhainen. Pintavedenkäsittelyssä käytetty alumiini- ja ferrisulfaatti lisää veden sulfaattipitoisuutta usein 20–50 milligrammalla litrassa. Alumiinisulfaatissa on noin 50 % sulfaattia ja ferrisulfaatissa noin 30 %.

Sulfaattien saantiarvioita ravinnosta on hyvin niukasti. Saanti talousvedestä vaihtelee suuresti. Jos käytetään runsaasti mineraalisuoloja sisältäviä pullotettuja vesiä, sulfaattien saanti voi olla satoja milligrammoja päivässä. Sulfaateilla on suurina annoksina (yli 500 mg/l juomavedessä) ulostava (laksatiivinen) vaikutus. Yli 1000 mg/l pitoisuudella laksatiivinen vaikutus tulee lähes jokaiselle.

Sulfaatin laatutavoite talousvedelle on alle 250 mg/l. Suuret sulfaattipitoisuudet vedessä lisäävät korroosiota. Korroosio-ongelmien välttämiseksi olisikin pyrittävä pienempään sulfaattipitoisuuteen kuten esimerkiksi alle 150 mg/l. Hyväksi toimintatavaksi kiinteistöjen kuparisten vesijohtojen syöpymisen ehkäisemiseen suositellaan veden sulfaattipitoisuudeksi vähemmän kuin 100 mg/l ([Vesilaitosyhdistyksen monistesarja 62](#)).

4.2.4 Sähkönjohtavuus

Veden sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneiden mineraalisuolojen määrää. Koska sähkönjohtavuus kuvaa ainoastaan suolojen kokonaismäärää, sen perusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä veden terveydellisistä vaikutuksista. Talousveden sähkönjohtokyvyn laatutavoite on alle 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (250 mS/m). Korroosio-ongelmien välttämiseksi olisi hyvä pyrkiä pienempään sähkönjohtavuuteen.

SFS standardin mukainen tulos (mS/m) on kerrottava luvulla 10, jotta saadaan talousvesiasetuksen mukainen tulos, sillä talousvesiasetuksessa yksikkönä käytetään $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.3 Muut muuttujat, joihin vedenkäsittely voi vaikuttaa merkittävästi

4.3.1 Alumiini, Al

Alumiinia esiintyy pinta- ja pohjavesissä yleensä verraten pieniä määriä, alle 0,1 mg/l . Poikkeuksena ovat ns. alunasavimailta tulevat vedet, joissa pitoisuudet voivat olla milligrammoja litrassa. Vesistöjen ja maaperän happamoituminen lisää alumiinin liukenemista maaperästä, mikä voidaan havaita matalien kaivojen veden alumiinipitoisuuden kasvuna. Alumiini muodostaa fluorin kanssa vaikeasti erotettavissa olevan kompleksiyhdisteen, mistä seuraa usein se, että fluoripitoisuuden ollessa suuri myös alumiinipitoisuus on suuri.

Alumiinin ei tiedetä olevan ihmiselle välttämätön hivenaine. Alumiinin saanti ruoka-aineista on Suomessa keskimäärin 6,7 mg päivässä. Alumiiniset keittoastiat voivat lisätä saantia useilla milligrammoilla ja alumiinia sisältävien lääkkeiden käyttö kymmenillä, jopa sadoilla milligrammoilla. Vedestä saadun alumiinin osuus on yleensä selvästi alle 5 % kokonaissaannista. Juomaveden alumiinilla epäillään olevan yhteys eräisiin neurologisiin häiriöihin, mutta pitävää tutkimusnäyttöä asiasta ei ole. Alumiini on neurotoksista aivoissa.

Pintaveden saostusprosessista veteen jäljelle jäävän alumiinin pitoisuus kuvaa veden käsittelyn onnistumista. Korkea alumiinin jäännöspitoisuus lisää kupariputkien pistekorroosiota ja voi muodostaa saostumia putkistossa.

Alumiinin laatutavoite talousvedelle on alle 200 $\mu\text{g}/\text{l}$.

4.3.2 Ammonium, NH_4^+

Ammoniumia joutuu vesiin typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena, lannoitteista sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesien mukana. Sitä on myös luontaisesti eräillä pohjavesialueilla. Klooriamiinidesinfointia käytettäessä ammoniumia lisätään veteen kloorin sitomiseksi. Vesilaitoksen jakamassa vedessä ammoniumia on erittäin vähän.

Ammoniumsuolojen myrkyllisyys on erittäin vähäinen ja niitä saadaan ravinnosta jopa satakertaisia määriä veteen verrattuna. Ammoniumin merkitys veden terveydelliselle laadulle perustuu sen reagointiin desinfointiaineena käytetyn kloorin kanssa, joka heikentää desinfointitehoa. Lisäksi ammonium voi hapettua käsittelyn aikana tai vesijohtoverkossa nitraatiksi ja nitriitiksi. Ammonium aiheuttaa suurina pitoisuuksina veteen pistävää hajua tai makua.

Ammoniumin laatutavoite talousvedelle on alle 0,50 mg/l (0,4 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$). Tyypensä ilmoitetun ammoniumpitoisuuden saa muutettua ammoniumpitoisuudeksi kertoimella 1,288.

4.3.3 Natrium, Na

Talousveden natrium on peräisin joko raakavedestä tai vedenkäsittelykemikaaleista (sooda, lipeä, ioninvaihtimen elvytyssuola). Vanhoilla merenpohja-alueilla kaivovesien natriumpitoisuus voi olla 50–100 mg/l, mutta tavallisesti pinta- ja pohjavesien natriumpitoisuus on alle 5 mg/l. Tiesuolaukseen käytetty suola voi myös olla syynä kohonneeseen natriumpitoisuuteen. Tiesuolassa natrium/kloridi -suhde on noin 0,6. Pohjaveden natriumpitoisuuksiin saattavat vaikuttaa mm. jätevedet, kaatopaikat tms.

Ravinnon mukana saatavan natriumin määrä vaihtelee suuresti ollen keskimäärin 3 000–4 000 mg päivässä. Näin ollen talousvedestä saatava natrium, joka voi olla suurimmillaan 100–200 mg päivässä, edustaa hyvin pientä osaa kokonaissaannista. Henkilöiden, joiden terveydentila edellyttää vähänatriumista ruokavaliota, olisi hyvä tietää veden natriumpitoisuus.

Natriumin laatutavoite talousvedelle on alle 200 mg/l. Laatutavoite on sama kuin natriumin keskimääräinen makukynnys huoneenlämpötilassa.

4.4 Muuttujat, joihin rakennuksen vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi

4.4.1 Koliformiset bakteerit

Koliformisten bakteereiden ryhmään sisältyvät bakteerilajit ovat riippuvaisia käytettävästä määrittämenetelmästä, joista ajantasaisten SFS-EN ISO 9308-1 ja SFS-EN ISO 9308-2 standardimenetelmien erottelu perustuu β -galaktosidaasireaktioon (ONPG), kun taas vaihtoehtoisena menetelmänä hyväksytyssä SFS 3016 menetelmässä erottelu perustuu hapon ja kaasun tuottoon laktoosista. Yleisimpinä koliformisina bakteereina voidaan mainita *Escherichia*-, *Citrobacter*-, *Enterobacter*-, *Klebsiella*-, *Serratia*-, ja *Rahnella* -sukujen lajit. Koliformisten bakteereiden määrittästä käytetään yleisesti talousveden mikrobiologisen laadun tutkimisessa.

Koliformiset bakteerit, *E. coli* -bakteeria lukuun ottamatta, saattavat olla peräisin muualtakin kuin ihmisten ja tasalämpöisten eläinten ulosteista kuten esimerkiksi kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä. Tämän vuoksi koliformisten bakteerien esiintymistä ei voida pitää suolistoperäisen saastumisen osoituksena. Koliformisten bakteerien esiintyminen ilmentää veden yleistä mikrobiologista laatua ja voi olla osoitus esimerkiksi ympäristöperäisestä likaantumisesta tai veden huonosta vaihtuvuudesta.

Hyvässä talousvedessä ei ole osoitettavissa koliformisia bakteereja 100 ml:n näytteessä. Koliformisten bakteerien esiintyminen talousvedessä aiheuttaa välittömästi lisäselvityksen esiintymisen syyn selvittämiseksi ja poistamiseksi esimerkiksi verkostoa huuhtelemalla ja/tai desinfioimalla. Jos talousvedessä todetaan koliformisia bakteereita, syynä voi olla riittämätön vedenkäsittely, vedenottamalla tai verkostossa tapahtunut saastuminen esimerkiksi pintavesivalumien seurauksena tai bakteerien lisääntyminen verkostossa ja vesisäiliöissä. Toiminnanharjoittajan on harkittava vedenkäsittelyn tehostamista, jos koliformisia bakteereja on talousvedessä toistuvasti.

Talousvesiasetuksessa koliformisille bakteereille on asetettu laatutavoite 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö). Poikkeama tavoitetasosta edellyttää aina veden mikrobiologisen laadun jatkotutkimuksia ja talousveden mahdollisen saastumisen selvittämistä.

Pullotettavassa ja säiliöihin pakattavassa talousvedessä ei saa olla osoitettavissa koliformisia bakteereja 100 ml näytteessä. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10

§:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

4.4.2 Pesäkkeiden lukumäärä (pesäkeluku 22 °C)

Pesäkkeiden lukumäärän (heterotrofisen pesäkeluvun) määrittämisessä arvioidaan vedessä olevien elävien aerobisten heterotrofisten bakteereiden sekä hiivojen ja homeiden määrä. Määrittämällä talousvedestä pesäkkeiden määrä voidaan tarkkailla esimerkiksi desinfioinnin tehokkuutta ja veden laadun muuttumista vesijohtoverkossa. Menetelmällä ei saada esille kaikkia vedessä olevia mikrobeja, vaan tietyllä yleisalustalla tietyissä viljelyolosuhteissa (22 °C, 3 vrk) pesäkkeitä muodostavien mikrobien määrä. Tämä mikrobimäärä on vain murto-osa veden todellisesta kokonaismikrobimäärästä.

Pesäkkeiden lukumäärälle on asetettu laatutavoite, jonka mukaan talousveden pesäkeluvussa ei saa olla havaittavissa epätavallisia muutoksia.

Pesäkelukuun vaikuttavat muun muassa raakaveden laatu, mikrobeille käyttökelpoisten ravinteiden määrä (mm. fosfori, orgaaninen aines), vedenkäsittely, verkoston rakenne ja kunto, desinfiointiaineiden määrä, veden lämpötila ja viipymä. Talousvedessä pesäkkeiden lukumäärä pysyy tavallisesti kussakin näytepisteessä sille ominaisella tasolla standardin SFS-EN ISO 6222 mukaisesti määritettynä (tryptoni-hiivauute agarilla 22 °C:ssa). Jos pesäkeluvussa havaitaan epätavallinen muutos verrattuna aikaisempiin tuloksiin, on selvitettävä tarkemmin verkoston tilannetta ja tarvittaessa huuhdeltava verkostoa sekä mahdollisesti lisäävä desinfiointiaineen pitoisuutta vedessä. Omavalvonnassa pesäkeluku määritetään usein kasvattamalla mikrobit R2A-alustalla pintalevitysmenetelmällä (22 °C, 7 vrk).

4.4.3 Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärällä (TOC, total organic carbon) ilmaistaan veden sisältämien orgaanisten aineiden määrä hiilipitoisuutena. Toisin kuin KMnO₄-luku, TOC-pitoisuus ei ole riippuvainen orgaanisten aineiden hapettuvuudesta ja antaa näin ollen KMnO₄-lukua todellisemman kuvan veden sisältämien orgaanisten aineiden kokonaismäärästä. Etenkin pienissä orgaanisen aineksen pitoisuuksissa kaliumpermanganaattiluku osoittaa todellista pienempiä arvoja. Ilmiö on havaittu muun muassa tekopohjavesi- ja rantaimetyyslaitoksilla.

KMnO₄-luvun ja TOC-pitoisuuden välinen suhde riippuu veden sisältämien orgaanisten aineiden luonteesta. Suomessa pintavesilaitosten raakavesien TOC-pitoisuus on ollut 5–15 mg/l ja talousveden 2–6 mg/l. Saastumattoman pohjaveden TOC-pitoisuus on yleensä noin 0,5 mg/l, ellei vesi sisällä humusta.

Bakteerien kasvu verkostossa riippuu biologisesti hajoavan orgaanisen aineen määrästä, jonka osuus orgaanisen aineen kokonaismäärästä on pieni. TOC-pitoisuuden vähentyminen verkostossa on yleensä seurausta biologisesta toiminnasta, mikä ilmenee pesäkeluvun kasvuna ja haju- ja makuhäiriöinä. TOC-pitoisuutta on vähennettävä, jos veden orgaanisesta aineesta aiheutuu välillisiä haittoja.

TOC sisältyy laatutavoitteisiin ja sen pitoisuutta on seurattava, jos talousvettä toimitetaan yli 10 000 m³/vrk. TOC-määrittystä voidaan käyttää vaihtoehtoisena menetelmänä KMnO₄-luvun sijasta.

TOC-pitoisuudelle on asetettu laatutavoite, jonka mukaan talousveden TOC-pitoisuudessa ei saa olla havaittavissa epätavallisia muutoksia.

4.4.4 Haju ja maku

Veden haju ja maku ovat veden laadun yleisindikaattoreita. Haju ja maku sisältyvät laatutavoitteisiin ja niiden edellytetään olevan käyttäjän hyväksyttävissä, eikä niissä saa olla havaittavissa epätavallisia muutoksia. Talousveden voidaan katsoa olevan hajun ja maun osalta käyttötarkoitukseen soveltuvaa, jos käyttäjät sen hyväksyvät. Jos haju tai maku poikkeavat tavanomaisesta, on selvitettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa.

Hajussa tai maussa tapahtuva muutos saattaa olla osoitus veden terveydellistä laatua uhkaavasta häiriöstä. Etenkin jäteveden hajuun viittaavat havainnot on tarkistettava. Hajua ja makua voi tulla veteen talousveden seisoessa ja lämmitessä rakennuksen putkissa. Myös joistakin materiaaleista on havaittu aiheutuvan hajua ja makua veteen. Klooridesinfiointia käyttävän laitoksen vedessä lievää kloorin hajua ja makua ei katsota laatuvirheeksi.

Haju tulisi määrittää aina myös näytteenoton yhteydessä, koska ominaisuudet saattavat muuttua säilytyksen ja kuljetuksen aikana. Hajun ja maun tutkimista on kuvattu standardissa SFS-EN 1622, annex C. Laboratorion testausselesteessä kerrotaan, onko haju tai maku tavanomainen vai poikkeava.

Jos veden haju tai maku on poikkeava, poikkeavuutta voidaan kuvailla lisämääreillä.

4.4.5 Väri

Veden väri johtuu yleisesti värillisistä orgaanisista yhdisteistä kuten humushapoista. Myös metallit, kuten rauta ja mangaani, aiheuttavat veden väriluvun kasvua. Monet haitalliset raskasmetallit ja orgaaniset yhdisteet sitoutuvat humushappoihin. Veden värillisyyys on paitsi esteettinen ongelma myös tekninen häiritsejä. Veden värilukua pienentävillä käsittelyillä voidaan vähentää kloorauksessa syntyvien haitallisten aineiden määrää.

Talousveden värin pitää olla käyttäjän hyväksyttävissä, eikä siinä saa olla havaittavissa epätavallisia muutoksia. Jos väri poikkeaa tavanomaisesta, on selvítettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa.

4.4.6 Sameus

Veden sameus johtuu yleensä savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä, eikä sillä sinänsä ole terveydellisiä haittavaikutuksia. Monilla raskasmetalleilla, pestisideillä, orgaanisilla klooriyhdisteillä ja bakteereilla on taipumus adsorboitua kiintoainepartikkeleihin. Veden sameus saattaa vaikuttaa veden desinfioinnin onnistumiseen etenkin silloin, kun sameus johtuu veden sisältämistä hiukkasista. Sameus on hyvä muuttaja osoittamaan kemiallisen vedenkäsittelyn tehokkuutta. Sameus saattaa muuttua verkostossa. Vaikka laitokselta lähtevä vesi olisi kirkasta, talousvesi voi olla sameaa käyttäjän hanasta laskettaessa.

Vedenkäyttäjän vedessä tavallisin sameuden aiheuttaja on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti, kun veden annetaan seistä esimerkiksi vesilasissa. Ilmasta aiheutuvan sameuden häviäminen alkaa vesilasin pohjalta ja viimeiseksi sameus häviää veden pinnalta.

Veden sameuden pitää olla käyttäjien hyväksyttävissä, eikä siinä saa olla epätavallisia muutoksia. Jos sameus poikkeaa tavanomaisesta, on selvítettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa. Pintavesilaitoksilta lähtevän veden sameuden tulisi olla enintään 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

4.4.7 Lämpötila

Raakaveden lämpötila Suomen pintavesissä on kesäaikaan 16–23 °C ja talviaikaan 0–4 °C. Pohjavedessä vuodenaikaiset lämpötilan vaihtelut ovat huomattavasti pienemmät; talviaikaan lämpötila on 4–7 °C ja kesäaikaan 5–8 °C. Talviaikainen lämpötila nousee yleensä hieman pintavettä raakavetenään käyttävien laitosten vedenkäsittelyprosesseissa. Talousvesi voi lämmetä kesällä verkostoissa, jos vesijohdot on asennettu lähelle maanpintaa.

Veden lämpötila vaikuttaa kaikkiin biologisiin toimintoihin. Lämpötilan noustessa mikrobien kasvu nopeutuu ja veden mikrobiologinen laatu heikkenee nopeammin. Veden lämpötila vaikuttaa myös veden nautittavuuteen. Lämpimästä talousvedestä aistitaan makuvirheet helpommin, sillä makua aiheuttavien aineiden haihtuvuus kasvaa veden lämmitessä.

Veden lämmitessä kemialliset reaktiot nopeutuvat ja esimerkiksi kloori poistuu vedestä nopeammin. Lämpötilan nousu lisää kloorauksessa syntyvien haitallisten yhdisteiden määrää. Korkea veden lämpötila lisää sekä sähkökemiallista että varsinkin mikrobiologista korroosiota putkistossa. Jo 10–15 °C lämpötilan muutos ja vaihtelu voi vaikuttaa haitallisesti veden korroosio-ominaisuuksiin.

Talousveden jäähtyminen vesijohtoverkossa talviaikaan saattaa aiheuttaa jäätymisongelmia erityisesti latvaviemäreiden tarkastuskaivojen läheisyydessä, auratuilla katu-, tie-, ja piha-alueilla sekä rakennuksissa. Veden haitallinen lämpeneminen on estettävä, jos kaukolämpöjohtoja käytetään hyväksi vesijohdon jäätymisvaurioiden estämisessä.

Talousveden huomattavaa lämpenemistä tapahtuu etenkin rakennusten omissa vesilaitteistoissa. Ympäristöministeriön antamassa asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista ([1047/2017](#)) todetaan, että kylmävesilaitteistossa olevan veden lämpötila saa olla enintään 20 °C. Samassa asetuksessa on säädetty, että [legionellabakteerin kasvun välttämiseksi](#) lämminvesilaitteistoissa olevan veden lämpötilan on oltava vähintään 55 °C ja sitä on saatava lämminvesikalusteesta 20 s kuluessa.

Viranomaisvalvonnassa (kylmän) talousveden lämpötila mitataan yhden minuutin kuluttua veden juoksuttamisen aloittamisesta ja laatutavoite on alle 20 °C. Lämpötilan avulla arvioidaan, miten rakennuksen vesilaitteisto vaikuttaa veden lämpötilaan.

4.4.8 Hapettuvuus (COD_{Mn})

Hapettuvuus (COD_{Mn}) perustuu kaliumpermanganaatin kykyyn hapettaa orgaanista ainesta ja sillä mitataankin talousveden orgaanisen aineksen määrää. Tulos ilmoitetaan happiekvivalentteina (mg O₂/l) eli kuinka paljon happea kuluisi, jos hapetus tapahtuisi kaliumpermanganaatin sijaan hapella. Käytännössä hapettuvuus saadaan jakamalla kaliumpermanganaatin kulutus (eli KMnO₄-luku) luvulla 3,95. Hapettuvuus on siten toinen tapa ilmoittaa kaliumpermanganaatin kulutuksen (KMnO₄-luvun) tulos, sillä menetelmällisesti kyse on samasta analyysistä. Osa orgaanisesta aineksesta ei hapetu kaliumpermanganaatilla. Toisaalta kaliumpermanganaatti hapettaa myös pelkistyneitä epäorgaanisia aineita (esim. kaksisarvoinen rauta).

Suomen vedenhankintakäytössä olevien pintavesien KMnO₄-luku on yleensä 20–50 mg/l (COD_{Mn} ~ 5–13 mg O₂/l) ja se johtuu pääosin luonnon humuksesta. Saastumattomien pohjavesien KMnO₄-luku on yleensä 1–5 mg/l (COD_{Mn} alle 1,3 mg O₂/l), ellei maaperässä ole liukenevaa humusta, joka nostaa KMnO₄-lukua.

Veden humus ei ole sellaisenaan terveydelle haitallista, mutta se aiheuttaa veteen väriä, mutamaista makua ja keitetäessä saostumia. Välillisesti humus voi heikentää veden terveydellistä laatua kuluttamalla desinfiointikemikaalia hapettumiseen, jolloin desinfiointiteho heikkenee. Mikrobin jälkikasvu vesijohtoverkossa on sitä tavallisempaa, mitä suurempi verkostoon johdettavan veden KMnO₄-luku on. KMnO₄-lukua parempia mittareita mikrobien kasvulle ovat AOC (assimiloituva orgaaninen hiili) ja BDOC (liunneen orgaanisen hiilen biologinen hajoavuus).

Orgaanisten aineiden kokonaismäärä vaikuttaa ratkaisevasti veden desinfioinnissa syntyvien ei-toivottujen sivutuotteiden määrään, jotka ovat haitallisia terveydelle. Käsitellyn pintaveden suuri KMnO₄-luku ilmaisee puutteista vedenkäsittelyssä.

Hapettuvuuden (COD_{Mn} –O₂) laatutavoite on alle 5,0 mg/l O₂.

Pienessä talousvesiasetuksessa (401/2001) kaliumpermanganaattiluvun laatutavoite on 20 mg/l (COD_{Mn} –O₂ 5 mg/l). Välillisten vaikutusten vähentämiseksi tulee kuitenkin tavoitella arvoa < 8 mg/l (COD_{Mn} <2 mg/l). Kaliumpermanganaattiluvun määrittäminen voidaan korvata orgaanisen kokonaishiilen määrittämisellä (TOC).

4.4.9 Mangaani, Mn

Mangaania voi olla pohjavesissä luonnostaan suuria pitoisuuksia, mikä johtuu maa- ja kallioperästä. Myös pintavesien pitoisuudet ovat toisinaan suuria. Pohjavesissä mangaania on usein samanaikaisesti raudan kanssa. Mangaanin vähentäminen vedenkäsittelyssä on vaikeampaa kuin raudan vähentäminen.

Mangaani on neurotoksinen metalli. Sitä on pidetty juomavedestä saatuna vain vähän toksisena, mutta uudet tutkimustulokset viittaavat siihen, että se on haitallista erityisesti lapsille. Juomaveden mangaanin on esitetty olevan yhteydessä lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, jopa alempaan älykkyysosamäärään (lyijyn kaltainen vaikutus). Erityisesti herkimpiä väestöryhmiä (pikkulapset) koskevien tietopuutteiden vuoksi terveysriskinarvioinnissa käytetään poikkeuksellisen suurta turvakerrointa ja mangaanin saannin tulisi olla alle 25 µg/kg/vrk ja juomaveden mangaanipitoisuuden alle 80 µg/l. Juomaveden mangaani saattaa olla haitallista myös aikuisille, mutta suuremmilla pitoisuuksilla kuin niillä, joista otaksutaan aiheutuvan terveyshaittaa lapsille.

Liiallinen mangaani aiheuttaa veteen ja siitä valmistettuihin juomiin epämiellyttävää makua, kerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin sekä pyykin tahraantumista. Jo hyvin pienetkin veden mangaanipitoisuudet (20 µg/l) voivat synnyttää kerrostumia vedenjakelulaitteisiin ja ns. mangaanibakteerit edesauttavat näiden saostumien synnyssä. Ajoittain liikkeelle lähtevät saostumat voivat esiintyä nokimaisina hiutaleina tai rasvamaisinä muodostumina, joiden tahraava vaikutus on hyvin voimakas. Löysiä saostumia on poistettava määrävälein verkostosta esimerkiksi verkostohuuhteluilla. Mangaanisaostumat kertyvät yleensä lähellä vedenottamoita oleviin päävesijohtoihin.

Edellä kuvattuihin tekniisiin ja esteettisiin haittoihin perustuen mangaanin laatutavoite talousvedelle on alle 50 µg/l. Tarkasti noudatettuna laatutavoite suojaa myös terveyshaitoilta (taulukko 2).

Taulukko 2. Mangaanin vaikutukset ja poistosuositukset talousvedestä.

Pitoisuus (µg/l)	Vaikutus ja toimenpidesuositus
20	Voi aiheuttaa saostumia vedenjakelulaitteisiin.
50	Aiheuttaa saostumia ja makua veteen, värjää saniteettikalusteita ja pyykkiä. Talousvesiasetuksen laatutavoite talousvettä toimittavien laitosten jakamalle talousvedelle. <i>Suositus: mangaanin poisto laitosten vedenkäsittelyssä.</i>
80	Maailman terveysjärjestön (WHO) terveysperusteinen enimmäisarvo. <i>Suositus: vettä ei käytetä talousvetenä ilman mangaanin poistoa.</i>
100	Aiheuttaa saostumia ja makua veteen, värjää saniteettikalusteita ja pyykkiä, ja joidenkin tutkimusten mukaan voi aiheuttaa terveyshaittaa (neurologisia oireita). Pienen talousvesiasetuksen laatutavoite kaivovedelle. <i>Suositus: mangaanin poisto.</i>

4.4.10 Rauta, Fe

Rautaa on pohjavesissä ja humukseen sitoutuneena pintavesissä. Sitä voi myös liueta talousveteen jakeluverkon ja -laitteiden tuotteista (valurauta, galvanoitu teräs). Joissakin olosuhteissa vesilaitteisiin voi syntyä mikrobikasvusto, joka sitoo itseensä vedessä olevaa rautaa. Tällöin veden hyvin pienistäkin rautamääristä voi syntyä saostumia, jotka paineen vaihdellessa tai virtaussuunnan vaihtuessa lähtevät liikkeelle ja heikentävät vedenlaatua. Jo 50 µg/l rautapitoisuus voi synnyttää löysiä rautasaostumia.

Vedenkäsittelylaitokselta lähtevän veden rautapitoisuuden pitää olla olennaisesti laatutavoitetta pienempi, jotta rautaa ei keräännä verkostoon.

Vedenjakeluverkoston säännöllisellä huuhtelulla voidaan pienentää rautasaostumien kertymistä ja niistä aiheutuvia haittoja. Vedenkäsittelyssä käytetään yleisesti rautasuoloja. Ajan myötä kasvava rautapitoisuus laitoksilla, jotka käyttävät rautasuoloja vedenkäsittelyssä, voi olla merkki koagulaatiokäsittelyn häiriöstä.

Rauta ei aiheuta terveyshaittoja sellaisina pitoisuuksina, jollaisina veden nauttiminen sen ulkonäön ja maun perusteella olisi mahdollista. Hyvin suurina, useiden kymmenien milligrammojen annoksina, rauta voi ärsyttää ruoansulatuskanavaa. Runsaasti rautaa sisältävä talousvesi aiheuttaa ruostekerrostumia vesikalusteisiin, ruostetahroja pyykkiin ja ruosteen maun veteen. Raudan laatutavoite on annettu edellä kuvattujen teknisten ja esteettisten haittojen perusteella.

Raudan laatutavoite talousvedelle on alle 200 µg/l.

5 Vedenkäyttäjille tiedottamista varten tutkittavat muuttujat

5.1 Kalium, K

Kalium on ihmisille välttämätön alkuaine. Sitä esiintyy laajasti ympäristössä, kuten mineraaleissa ja luonnonvesissä. Kaliumin pääasiallinen saantilähde on ravinto. Talousveteen sitä voi päätyä pieniä määriä, jos kaliumpermanganaattia käytetään vedenpuhdistusprosesseissa tai kaliumkloridia kotitalouksien vedenpehmentimenä.

Kalium tuskin koskaan esiintyy talousvedessä niin suurina pitoisuuksina, että siitä voisi aiheutua terveyshaittaa. Suuret pitoisuudet voivat kuitenkin olla haitallisia ihmisille, joilla munuaisten toiminta on heikentynyt tai taustalla on muita sairauksia, kuten sydänsairaus, verenpainetauti ja diabetes, tai normaalia kaliumtasapainoa heikentävä lääkehoito.

Talousvettä toimittavan laitoksen on tiedotettava veden käyttäjille kaliumpitoisuus. Kaliumpitoisuudelle ei ole asetettu enimmäisarvoa.

5.2 Kalsium, Ca

Kalsium on ihmiselle välttämätön hivenaine. Kalsiumin elimistölle haitalliset määrät ovat huomattavasti suurempia kuin pitoisuudet, joissa kalsium aiheuttaa

teknisiä tai esteettisiä haittoja. Kalsium muodostaa veteen liukenevaa bikarbonaattia reagoidessaan hiilidioksidin kanssa. Talousveden liian pienet tai liian suuret kalsiumpitoisuudet saattavat aiheuttaa kalsiumkarbonaatin yli- tai alikyllästymistilan, minkä seurauksena talousvesi reagoi putkimateriaalin kanssa aiheuttaen veteen laatuvirheitä. Suuret kalsiumpitoisuudet aiheuttavat saostumia lämminvesilaitteisiin ja lisäävät pesuaineiden kulutusta.

Kalsium on tärkein veden kovuuteen vaikuttava tekijä (ks. kovuus ja magnesium). Suomen vedet ovat tyypillisesti pehmeitä ja sisältävät yleensä vain vähän kalsiumia lukuun ottamatta muutamien kalkkikivialueiden vesiä.

Kalsiumpitoisuutta on järkevää seurata erityisesti omavalvonnassa silloin, kun vettä alkaloidaan kalkkipohjaisilla (kalkki, kalkkikivi) kemikaaleilla tai kun vesi on luontaisesti poikkeuksellisen kovaa.

Kalsium vaikuttaa veden korroosio-ominaisuuksiin. Jos kloridin ja sulfaatin pitoisuudet ovat pieniä, korroosio on vähäisintä, kun veden kalsiumpitoisuus on noin 0,7 mmol/l eli 28 mg/l.

Talousvettä toimittavan laitoksen on tiedotettava veden käyttäjille kalsiumpitoisuus. Kalsiumpitoisuudelle ei ole asetettu enimmäisarvoa.

5.3 Magnesium, Mg

Talousveden magnesium on peräisin maaperän suoloista. Myös dolomiittipohjaiset alkalointimassat lisäävät jonkin verran veden magnesiumpitoisuutta. Suomessa veden magnesiumpitoisuus on yleensä alhainen.

Magnesium on ihmiselle välttämätön hivenaine. Suuri magnesiumpitoisuus aiheuttaa epämiellyttävää makua veteen. Lisäksi se nostaa veden kovuutta ja voi aiheuttaa saostumia lämminvesijärjestelmissä. Tosin useimmiten saostumat eivät sisällä merkittäviä määriä magnesiumia. Magnesiumin suorat terveydelliset haittavaikutukset esiintyvät huomattavasti suuremmissa pitoisuuksissa kuin tekniset ja esteettiset haittavaikutukset.

Magnesium sisältyy veden kovuuteen. Sen ajoittainen seuraaminen voi olla erityisesti omavalvonnassa aiheellista, jos alkalointiin käytetään dolomiittipohjaisia alkalointimassoja.

Talousvettä toimittavan laitoksen on tiedotettava veden käyttäjille magnesiumpitoisuus. Magnesiumpitoisuudelle ei ole asetettu enimmäisarvoa.

5.4 Kovuus

Veden kovuus aiheutuu pääasiassa liuenneesta kalsiumista ja magnesiumista (taulukko 3). Veden kovuuden yksikkönä käytetään usein yksikköä mmol/l. Saksalaisen kovuusasteikon vastaavuus konsentraatioon perustuvaan kokonaiskovuuden yksikköön on $1 \text{ mmol/l} = 5,6 \text{ °dH}$.

Taulukko 3. Veden kovuuden luokittelu¹

Kovuus	mmol/l
Hyvin pehmeä	< 0,5
Pehmeä	0,5–1,0
Keskikova	1–2
Kova	2–4
Hyvin kova	> 4

¹Ahonen MH, Kaunisto T, Mäkinen R, Hatakka T, Vesterbacka P, Zacheus O, Keinänen-Toivola MM. 2008. Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999-2007. Vesi-Instituutin julkaisuja 4.

Veden kovuus lisää kalkin saostumista putkistoon. Kalkin saostuminen lisääntyy korkeassa pH:ssa, joten veden pH:n on hyvä olla sitä pienempi mitä suurempi talousveden kovuus on. Arvioitaessa sopivaa pH-arvoa kovalle vedelle voidaan apuna käyttää Langelierin kylläisyysindeksiä (Langlier saturation index). Omavalvonnassa kalsiumpitoisuuden seuranta voidaan korvata kokonaiskovuuden seurannalla, jos veden magnesiumpitoisuus tunnetaan (kalsiumpitoisuus voidaan kyseisten tietojen perusteella laskea). Liian alhainen veden kokonaiskovuus on eräs putkistojen korroosioon vaikuttava tekijä.

Talousvettä toimittavan laitoksen on tiedotettava veden käyttäjille talousveden kovuus. Kovuudelle ei ole asetettu enimmäisarvoa.

6 Rakennusten vesilaitteistojen riskinarviointia koskevat muuttujat

6.1 Legionella

Legionellat elävät pieninä määrinä luonnonvesissä ja maaperässä. Ne voivat lisääntyä rakennusten vesilaitteistoissa etenkin silloin, kun veden lämpötila on 20–45 °C. Legionellat kestävät jopa yli 50 °C lämpötilaa.

Legionellojen aiheuttamia infektioita kutsutaan legionellooseiksi. Yleisin ja tunnetuin legionelloosi on vakava keuhkokuume, jota kutsutaan legioonalaistaudiksi. Pontiac-kuume on harvinaisempi, lievempioireinen ja itsestään paraneva flunssan kaltainen kuume. Legionellabakteerien lukumäärä on määritettävä, jos ihmisiä on sairastunut tai [rakennuksen vesilaitteiston riskinarvioinnin](#) perusteella olosuhteet suosivat legionellan kasvua.

Legionelloosin tartuntalähteenä on useimmiten rakennuksen vesilaitteisto, jossa legionellat ovat lisääntyneet. Tartuntareitti on legionellaa sisältävän aerosolin joutuminen ilmateitse hengityselimiin, tyypillisesti esimerkiksi suihkussa.

Legionellojen lisääntymisen estäminen rakennusten vesilaitteistoissa on tärkeää. Legionellaa voi esiintyä joko lämpimän käyttöveden tai kylmän talousveden laitteistoissa tai molemmissa. Niiden torjumiseksi lämpimän käyttöveden on oltava riittävän kuumaa, vähintään 55 °C, koko vesilaitteistossa. Kylmän veden on puolestaan pysyttävä riittävän kylmänä, alle 20 °C lämpötilassa

Rakennuksen vesilaitteistossa käytettävän talousveden ja lämpimän käyttöveden legionellamäärän toimenpideraja on 1000 pmy/l (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö). Toimenpideraja koskee kaikkia Legionella-sukuun kuuluvia legionellalajeja. Rakennusten vesilaitteistojen Legionella-näytteet on otettava vesipisteestä, joka edustaa Legionella-bakteerin lisääntymisen riskikohtaa tai vedenkäyttäjän todennäköistä altistumiskohtaa tai molemmista kohdista.

Torjuntatoimenpiteisiin on ryhdyttävä viimeistään, jos rakennuksen vesilaitteistosta otetussa vesinäytteessä on 1000 pmy/l tai suurempi legionellamäärä. Torjuntatoimenpiteet pitää arvioida tilannekohtaisesti. Yleisimpiä ovat lämpimän käyttöveden lämpötilan nostaminen, vesipisteistä veden juoksuttaminen, vesikalusteiden kunnon tarkistaminen ja tarvittaessa

vaihtaminen, veden vaihtuvuuden lisääminen ja joskus jopa vesilaitteiston desinfiointi.

6.2 Lyijy

Lyijyä esiintyy hyvin vähäisessä määrin tai ei lainkaan talousvettä toimittavien laitosten raakavedessä. Joistakin rakennusten vesilaitteistojen tai vedenjakeluverkoston tuotteista voi liueta lyijyä veteen. Lyijyä on käytetty Suomessa verkostomateriaalina vähän ja tilanne poikkeaa selvästi joidenkin muiden teollisuusmaiden tilanteesta. Talousveteen saattaa liueta lyijyä vedenjakelulaitteiden tuotteista, jos niissä on käytetty lyijyä sisältäviä metalliseoksia.

Rakennusten vesilaitteistojen liitos- ja muissa osissa käytetyt messinkiseokset sisältävät pienen osuuden lyijyä. Lyijyn osuus seoksessa on tyypillisesti 2–3 %. Lisäksi aikoinaan rakennusten vesijohtoihin on saatettu rakentaa lyhyitä osia lyijystä esim. venttiilien liitosyhteinä.

Talousveden laadun viranomaisvalvonnassa lyijyn laatuvaatimuksen poikkeamat ovat olleet harvinaisia ja koskeneet vain yksittäisiä näytteitä. Jos epäilee, että rakennuksen vesilaitteistossa on tuotteita, joista voi liueta lyijyä, kannattaa ottaa rakennuksen eri vesipisteistä kylmästä talousvedestä juoksuttamattomia näytteitä laboratorion ohjeiden mukaisesti ja tutkituttaa talousveden lyijypitoisuus.

Toimenpideraja rakennusten vesilaitteistojen riskinarvioinnille eli pitoisuus, jolloin korjaaviin toimenpiteisiin on syytä ryhtyä, on 10 µg/l. Lyijypitoisuuden tavoitearvo rakennusten vesilaitteistosta saatavassa vedessä on kuitenkin sama kuin talousvedelle asetettu laatuvaatimus eli 5 µg/l, joka on pyrittävä saavuttamaan kohtuullisiksi katsottavin keinoin rakennuksen vesipisteessä.

6.3 Lämpimän käyttöveden lämpötila

Lämpimällä käyttövedellä tarkoitetaan rakennuksen vesilaitteistolla lämmitettyä vettä. Vuoden 2007 jälkeen rakennetuissa vesilaitteistoissa lämpimän käyttöveden tulee olla vähintään 55 °C joka puolella vesijärjestelmää. Tämä tarkoittaa, että lämmönsiirtimeltä tai -vaihtimelta lähtevän veden on oltava huomattavasti kuumempaa, tarvittaessa jopa 65 °C.

Vuotta 2007 vanhemmissa rakennuksissa noudatetaan yleisesti suositusta 50 °C:een minimilämpötilasta. Tämä lämpötilataso ei aina ole riittävä legionellan

kasvun ja legionelloositapausten estämiseksi. Legionellojen torjumiseksi lämmin käyttövesi kannattaisi pitää noin 55–60-asteisena laitteiston iästä huolimatta. Ongelmallisimmissa vesilaitteistoissa voi olla tarvetta nostaa lämpimän käyttöveden lämpötila jopa 65 °C:een.

Toimenpideraja on alle 50 celsiusastetta. Lämpimän käyttöveden lämpötila tulee pyrkiä pitämään vähintään 55 celsiusasteessa.

7 Omavalvonta

Omavalvonnalla varmistetaan koko vedentuotantoketjussa veden laatua, veden käsittelyn asianmukaisuutta ja talousveden laatua siten, että ennalta ehkäistään talousveden saastuminen ja häiriötilanteet. Perustana omavalvonnalle ovat riskinarvioinnissa tunnistetut riskit, joista voi aiheutua vedenjakelualueella jaettavan talousveden saastumista. Turvallisen talousveden laatu perustuu kattavaan riskinarviointiin ja tarkoituksenmukaisiin ja toimiviin riskienhallintakeinoihin. Riskienhallintakeinojen toimivuutta seurataan seurantaohjelman avulla, joka toimeenpannaan omavalvonnalla.

Omavalvontatutkimusten määrään vaikuttavat muun muassa vedentuotantoketju, paikalliset olosuhteet, käytettävän raakaveden laatu, toimitetun talousveden määrä, toiminnan luonne ja laajuus, vedenkäsittelymenetelmät ja veden viipymäaika verkostossa. Talousveden laadunvalvonnassa pääpaino on talousvettä toimittavan laitoksen omavalvonnassa, sillä laitoksen on toimitettava talousvesiasetuksen mukaista talousvettä jatkuvasti. Viranomaisvalvonta ja omavalvonta muodostavat kokonaisuuden, jolla varmistutaan talousveden laadusta.

Veden mikrobiologisen laadun omavalvonnassa voidaan käyttää samoja muuttujia ja menetelmiä, joita käytetään viranomaisvalvonnassa. Esimerkiksi koliformisten bakteerien tutkimisessa samojen menetelmien käyttö on suotavaa, jotta vältetään tulkintavaikeuksilta. Omavalvonnassa on mahdollista käyttää myös muita kuin talousvesiasetuksessa mainittuja veden laadun määrittämismenetelmiä, tavanomaista 100 ml suurempia vesitilavuuksia. Muita menetelmiä käytettäessä on hyvä varmistaa menetelmien soveltuvuus talousveden tutkimiseen ja kiinnittää huomiota menetelmien määrittämissärajien ja mittausepävarmuuteen. On suositeltavaa selvittää etukäteen tulosten tulkinta ja jatkotoimenpiteet, jos tulokset poikkeavat tavanomaisesta tasosta.

Omavalvonnassa on tärkeää pystyä havaitsemaan, jos esimerkiksi veden laatu muuttuu, vedenkäsittelyssä on häiriöitä tai vedenjakeluverkosto aiheuttaa likaantumiseriskin. Havaitun muutoksen syy on selvitettävä ja lisätutkimuksilla on

varmistettava vedenkäsittelylaitteiden toimivuus ja veden laadun terveellisyys. Vedenlaadun muutostilanteessa myös aistinvaraiset havainnot voivat olla tärkeitä. Muutoksien havaitsemiseen voi käyttää jatkuvatoimisia veden fysikaaliskemiallisen laadun ilmaisimia ns. online sensoreita. Jatkuvatoimisesti seurattavia veden laatuparametreja voivat olla esimerkiksi sameus tai absorbanssi, mutta myös sähkönjohtavuus ja lämpötila. Mikrobiologisia näytteitä kannattaa ottaa tehostetusti, tutkittavien mikrobien valikoimaa laajentaa ja tutkittavaa vesitilavuutta suurentaa silloin, jos veden laadussa todetaan muutos tai veden tuotannossa tai jakelussa ilmenee häiriöitä. Vettä voidaan tutkia jatkuvatoimisilla ilmaisimilla ja näytteitä voidaan ottaa esimerkiksi automaattisilla näytteenottimilla.

7.1 Omavalvonnassa erityisesti seurattavat muuttujat

7.1.1 Somaattiset kolifaagit

Omavalvonnassa enimmäisarvo: Raakavedessä 50 pfu/100 ml (pfu = plakkeja muodostava yksikkö)

Somaattiset kolifaagit ovat bakteriofageja eli bakteerien viruksia, jotka infektoivat *Escherichia coli* (*E. coli*)-bakteerisoluja niiden solukalvon kautta. Somaattiset kolifaagit ovat rakenteeltaan DNA-viruksia. Niitä on eri viruslahkoissa, kuten *Myoviridae*, *Siphoviridae*, *Podoviridae* ja *Microviridae*.

Somaattisia kolifaageja on tutkittava talousvettä toimittavan laitoksen omavalvonnassa, jos se on riskinarvioinnin perusteella aiheellista. Jos raakavedessä on somaattisia kolifaageja toimenpiderajaa enemmän (yli 50 pmy/100 ml), niitä on tutkittava raakaveden lisäksi myös vedenkäsittelymenetelmien jälkeen. Somaattisten kolifaagien logaritminen poistuma on määritettävä, jotta voidaan arvioida, saavutetaanko käytössä olevilla käsittelymenetelmillä riittävä virusten poistoteho. Virusten läpipääsyn riskienhallinnan voidaan olettaa olevan riittävä ainakin silloin, kun poistoteho on vähintään 4 logaritmia (99,99 %), eikä somaattisia kolifaageja ole osoitettavissa verkostoon lähtevässä talousvedessä.

Somaattiset kolifaagit ilmentävät *E. coli*-bakteerin viruksina suolistoperäistä saastumista. Kolifaageja erittyy suolistosta runsaasti, mutta ne lisääntyvät vain isäntäbakteerisoluihin. Ensisijaisesti niiden esiintyminen toimii indikaattorina veden saastumisesta suolistoperäisillä eli enterisillä viruksilla. Virukset ovat yleisin vesiepidemioita aiheuttava mikrobiryhmä, ja tavanomaiset, aiemmin yksinomaan käytetyt, indikaattoribakteerit (*E. coli*, suolistoperäiset enterokokit ja

Clostridium perfringens -itiöt) eivät aina ilmaise tarpeeksi hyvin virusten aiheuttamia terveysriskejä. Somaattiset kolifaagit toimivat virusindikaattoreina, koska viruksina ne vastaavat kooltaan ja muodoltaan taudinaiheuttajaviruksia. Kolifaageilla on hyvä ympäristöstressin sietokyky eli ne säilyvät vedessä pitkään elinkelpoisina. Lisäksi ne kulkeutuvat hyvin maaperässä ja voivat läpäistä viruksia suurempia mikrobeja paremmin talousveden puhdistusprosessit. Somaattisten kolifaagien määrittämisellä pystytään indikaattoribakteereita paremmin arvioimaan suolistoperäisten virusten, kuten noroviruksen, aiheuttamaa terveysriskiä talousveden valmistusprosessissa.

Kolifaageja voidaan määrittää yksi- tai kaksikerroksisella agaralustalla, jossa kasvaa isäntäbakteeria eli *E. coli* -bakteeria. Kolifaagit muodostavat silmin nähdessä laskettavia kirkastuneita alueita eli plakkeja isäntäbakteerimattoon agarmaljalla, jolloin niiden lukumäärä voidaan laskea. Raakavedestä kolifaagit tutkitaan 100 ml:n tilavuudesta riskinarvioinnissa määritetyn tutkimustiheystarpeen mukaisesti. Jos kolifaageja havaitaan yli enimmäisarvon, määritetään ne suuremmasta vesitilavuudesta konsentroidin avulla, jotta voidaan määrittää logaritminen poistotehokkuus. Jos kolifaageja havaitaan, ne on tutkittava tietyn ajan jälkeen uudestaan, jotta voidaan varmistua raakaveden laadun tai poistotehokkuuden parantumisesta. Somaattisten kolifaagien määrittämiseen voidaan käyttää standardimenetelmää SFS-EN ISO 10705–2 (Veden laatu. Bakteriofaagien havaitseminen ja laskeminen. Osa 2: Somaattisten kolifaagien laskeminen) yhdessä standardissa ISO 10705–3 (Validation of methods for concentration of bacteriophages from water:2003) esitetyn kalvosuodatukseen perustuvan konsentroitimenetelmän kanssa. Myös muita määritysmenetelmiä voi käyttää. Muita käytettävissä olevia menetelmiä on esimerkiksi US EPA 1602 (Kolifaagien määrittäminen 100 ml:sta yksikerrosagarmenetelmällä) ja kaupalliset menetelmäsovellukset (European Microbiology Expert Group, [State of play: Guidance note for the analysis of microbiological parameters](#), 2021). Logaritmissen poistotehon verifiointitutkimuksissa voi käyttää vesinäytteen konsentroiintia esimerkiksi suuren tilavuuden Dead End UltraFiltration (DEUF) -tekniikkaa, jonka avulla tutkittava vesinäyte tilavuus voidaan nostaa 100 litraan tai sitäkin suuremmaksi.

7.1.2 17-beeta-estradioli (CAS 50-28-2)

17-beeta-estradioli (E2) on tärkein biologisesti aktiivinen luonnollinen naishormoni, mutta sitä valmistetaan myös synteettisesti. Estradiolivalmisteita käytetään laajasti hormonihoitoissa ihmisillä ja jonkin verran myös eläimillä. Vesiympäristöön beeta-estradiolia päätyy ihmisperäisesti eniten sairaaloiden ja suurien taajamien jätevesistä sekä eläinperäisesti maataloilta ja teurastamoilta.

Beeta-estradioli voi häiritä vesieliöiden ja -eläinten hormonitoimintaa jo ng/L luokan pitoisuuksina. Haitallisia vaikutuksia ovat mm. feminisaatio, lisääntymiseen liittyvien luonnollisten prosessien säätely ja organismien yleisen tilan heikkeneminen. Ihmisillä ja nisäkkäillä beeta-estradioli voi heikentää hedelmällisyyttä ja aiheuttaa sukurauhasten poikkeavuuksia. Lisäksi sillä voi olla vaikutuksia aineenvaihduntaan ja puolustusjärjestelmään sekä myös diabeteksen, ylipainon, sydän- ja verisuonitautien ja jopa syövän kehittymiseen.

Beeta-estradioli on otettu tarkkailtavaksi aineeksi sen hormonitoimintaa häiritsevien ominaisuuksien takia. Tarkkailua tarvitaan erityisesti, jos veden valmistukseen käytetään pintavettä. WHO suosituksen mukaan beeta-estradiolin raja-arvoa 1 ng/l voidaan tarvittaessa pitää vertailuarvona hormonaalisten haitta-aineiden esiintymisen ja niiden käsittelyn tehokkuuden arvioimiseksi.

7.1.3 Nonyylifenoli (CAS 84852-15-3)

Nonyylifenoli ja sen etoksylaattit ovat pinta-aktiivisia aineita, joita on käytetty maalien, antioksidanttien, voiteluöljyn lisäaineiden, pyykin- ja astianpesuaineiden, emulgointiaineiden ja liuotusaineiden valmistuksessa. Niiden käyttöä on rajoitettu EU-tasolla 2000-luvun alussa ja kiello pääkäyttökohteissa (mm. pesu- ja puhdistusaineissa, tekstiilin ja nahan prosessoinnissa sekä massan ja paperin valmistuksessa) tuli voimaan vuonna 2005. Rajoitusten ansiosta käyttö Suomessa väheni vuosien 2000–2015 välillä 900 tonnista 20 tonniin vuodessa. Tällä hetkellä niitä käytetään enää maalien valmistukseen. Aiemman laajan käytön takia niitä on päätynyt suuria määriä erityisesti vesiympäristöön, jossa ne ovat hitaasti biohajoavia ja voivat kertyä joihinkin eliöihin. Suomessa nonyyllifenoleita ja etoksylaatteja on löytynyt yhdyskuntajätevedenpuhdistamojen puhdistetusta jätevedestä sekä lietteestä ja kaatopaikkojen suotovedestä.

Alkyyliketjun rakenteesta riippuen nonyyllifenolilla on vaihteleva estrogeeninen vaikutus. Vesiympäristössä ne voivat esim. feminisoida vesieliöitä ja aiheuttaa hedelmättömyyttä koirilla. Myös ihmisellä tärkeimmät haittavaikutukset liittyvät estrogeenihäiriöihin. Eläin- ja solukokeissa nonyyllifenoli on yhdistetty mm. lisääntymisterveyden ja rasva-aineenvaihdunnan häiriöihin sekä kohonneeseen ylipainon ja rintasyövän riskiin.

Juomavesidirektiivin mukaan nonyyllifenoli on sisällytettävä ensimmäiseen tarkkailtavien aineiden luetteloon. Näin erityisesti, jos ihmisten käyttöön tarkoitetun veden valmistukseen käytetään pintavesiä. Tarvittaessa veden

toimittajia on vaadittava toteuttamaan tarkkailtavien aineiden osalta veden käsittelyä, jos niiden katsotaan mahdollisesti vaarantavan ihmisten terveyden. WHO:n Euroopan aluetoimisto suositteli vuonna 2017, että nonyylifenolin WHO-raja-arvoa 0,3 µg/l voidaan tarvittaessa pitää vertailuarvona hormonaalisten haitta-aineiden esiintymisen ja niiden käsittelyn tehokkuuden arvioimiseksi.

7.2 Omavalvontaan soveltuvat muuttujat

7.2.1 Absorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet (AOX)

AOX tarkoittaa adsorboituvien orgaanisten halogeeniyhdisteiden (mm. kloori-, bromi- ja jodiyhdisteiden) kokonaismäärää, joka voi muodostua hyvin erilaisista yhdisteistä. Siksi AOX-määrää ei voida käyttää kuvaamaan veden terveydellistä laatua eikä sille ole olemassa terveysperusteista enimmäisarvoa. Tavallisesti käytetyt AOX:n määrittämenetelmät eivät reagoi fluoridiin, mistä syystä esim. PFAS-yhdisteet eivät kuulu AOX:ään.

AOX-määrittäminen on yleisindikaattori, joka kuvaa eri vesillä eri asioita. Sitä voidaan käyttää apuna tarkkailtaessa veden orgaanisten halogeeniyhdisteiden määrää kokonaisuudessaan. Jos AOX-arvo poikkeaa normaalista, on jatkotoimenpiteisiin syytä ryhtyä. Kohonneen AOX-pitoisuuden syy on selvitettävä, jotta voidaan varmistua, ettei talousveden käyttö aiheuta terveyshaittoja.

Pintavesilaitoksissa AOX:ää syntyy kloorin reagoitessa orgaanisen aineksen (humusaineiden) kanssa. Näitä yhdisteitä kutsutaan desinfioidun sivutuotteiksi. AOX-yhdisteitä voi myös päätyä raakavesiin muun muassa teollisuudesta esimerkiksi sellun valkaisusta ja muovien valmistamisesta, torjunta-aineista, sillä osa torjunta-aineista on AOX-yhdisteitä, ja erilaisten luonnon prosessien kautta. Desinfioidun pohjavesien AOX on tavallisesti alle 20 µg/l.

7.2.2 Aktiivisen kloorin kokonaismäärä, Cl₂

Aktiivisen kloorin kokonaismäärä koostuu sidotusta ja vapaasta kloorista. Sidotulla kloorilla tarkoitetaan lähinnä klooriamiineihin (monoklooriamiini, diklooriamiini ja triklooriamiini) sitoutunutta klooria. Vapaa kloori koostuu klooriin, alikloorihapokkeeseen ja hypokloriittiin sitoutuneesta kloorista. Aktiivisen kloorin kokonaismäärästä käytetään usein myös nimitystä kloorijäämä.

Talousveden klooripitoisuudelle ei yleensä ole annettu ohjearvoja, koska veden desinfiointiin tarvittavan kloorin määrä riippuu desinfioitavan veden laadusta, desinfioitavasta mikrobista, kloorin kanssa reagoivien orgaanisten aineiden ja ammoniakkin määrästä, sekä veden viipymästä vesijohtoverkossa ja verkoston kunnosta. Kloorin desinfiointiteho heikkenee pH:n noustessa. Alhaisessa pH:ssa kloori lisää korroosiovaikutusta. Klooriamiini on sidottua klooria. Sen etuna vapaaseen klooriin nähden on sen parempi säilyvyys verkostossa sekä vähäisempi orgaanisten klooriyhdisteiden muodostuminen.

Veden desinfiointia pidetään normaalitilanteessa riittävänä, kun kloorijäämä on todettavissa kaikissa vesijohtoverkon osissa tai kun verkostossa ei ole havaittavissa haitallista bakteerikasvua. Klooridesinfiointia käyttävän laitoksen vedessä kloorin hajua ja makua ei katsota laatuvirheeksi. Orgaaninen aine on poistettava tehokkaasti veden käsittelyssä, jotta suuria kloorimääriä ei tarvita. Jos talousvedessä olisi paljon orgaanista ainetta ja viipymä vesijohtoverkossa pitkä, täytyisi lisätä suuria klooriannoksia. Tällöin veden haju ja maku heikkenisivät ja orgaanisten klooriyhdisteiden muodostuminen olisi runsasta.

Yleensä talousveden sisältämän vapaan ja sidotun aktiivisen kloorin pitoisuus on alle 1,0 mg/l. Mikrobiologista saastumista epäiltäessä ja epidemiatilanteessa on tarvittaessa käytettävä suurempia klooriannoksia. Valviran verkkosivuilla olevissa [Toimintatavat talousveden laadun turvaamiseksi](#) ohjeissa on kerrottu toiminnasta epidemiatilanteessa. Tehokloorauksessa veden klooripitoisuus nostetaan suuremmaksi kuin 5 mg/l. Tällöin käyttäjille on tiedotettava talousveden käyttökiellosta (juominen, ruuanlaitto, peseytyminen). Tehokloorauksen aikana vettä saa käyttää WC:n huuhteluun. Talousveden mikrobiologista saastumista epäiltäessä asiantuntija-apua saa THL:n Asiantuntijamikrobiologian yksikön [vesimikrobiologian laboratoriosta](#). THL on julkaissut verkkosivuillaan videot [klooripitoisuuden mittaamisesta ja laskemisesta](#) jatkuvana annosteluna ja kerta-annoksena sekä [laskurin klooripitoisuuden laskemiseksi](#). Kloorilaskuri on saatavilla myös matkapuhelinsovelluksena.

7.2.3 Alkaliteetti

Alkaliteetti kuvaa veden kykyä vastustaa haponlisäyksestä aiheutuvaa pH-muutosta. Mitä suurempi alkaliteetti, sitä enemmän happoa tarvitaan yhden yksikön pH-muutokseen. Normaalilla vesilaitoksen pH-alueella alkaliteetti aiheutuu lähinnä bikarbonaatista. Bikarbonaatti on hiilihapon suola. Sitä on lähes aina myös raakavedessä ja sitä muodostuu lisää hiilidioksidista vettä alkaloitaessa. Vedenkäsittelyssä pH-arvoa nostettaessa siis neutraloidaan

hiilidioksidia (hiilihappoa) bikarbonaatiksi. Edelleen pH-arvoa nostettaessa bikarbonaattia muuttuu karbonaatiksi. Neutralointikemikaalin (esim. kalkki, lipeä) annostusmäärä riippuu hiilidioksidipitoisuudesta ([Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 76](#), Peltonen ja Pääkkönen 2022).

Alkaliteetille ei ole annettu enimmäisarvoa. Mitä pienempi alkaliteetti on, sitä helpommin veden pH-arvo muuttuu. Pieni alkaliteetti on eräs osatekijä, joka voi lisätä verkostokorroosiota ja muun muassa raudan liukenemista verkostomateriaaleista. Jos alkaliteetti on pieni (alle 0,5–0,6 mmol/l), korroosiosta johtuva talousveden rautapitoisuuden kasvu on todennäköistä ainakin ajoittain etenkin pintavesilaitosten verkostoissa. Tätä kautta sillä on merkitystä talousvesiasetuksen mukaisten laatutavoitteiden täyttymiselle.

Suuri alkaliteetti yhdessä kalsiumin kanssa lisää kalkkisaostumien muodostumista lämminvesilaitteisiin. Haittaa voidaan vähentää alentamalla pH-arvoa.

7.2.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

VOC-analyysillä (volatile organic compound) mitataan helposti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää. VOC-analyysi tuo esiin haihtuvia polttoaineiden komponentteja (esim. bentseeni, ksyleeni, tolueeni, MTBE), liuottimia ja rasvanpoistoaineita (esim. tetrakloorieteeni, trikloorieteeni) sekä haihtuvia organoklooriyhdisteitä (esim. trihalometaanit). VOC-aineita saattaa päätyä veteen myös vesijohtoverkoston materiaaleista (esim. [PEX-putkista](#)). VOC on luonteeltaan summaparametri, eikä sille ole olemassa terveysperusteista enimmäisarvoa.

VOC on erityisen soveltuva muuttuja etenkin pohjavesien laadun tarkkailussa. Koska pohjavedet eivät luontaisesti sisällä VOC-yhdisteitä (pitoisuudet tyypillisesti alle määrittäysrajan), on kohonnut pitoisuus osoitus pohjaveden saastumisesta. VOC-tarkkailun tulisikin perustua menetelmään, jossa määrittäysraja on mahdollisimman alhainen. Kasvaneen VOC-pitoisuuden aiheuttaja on selvitettävä ja selvityksen perusteella arvioidaan tilanteeseen soveltuvat toimenpiteet tapauskohtaisesti saastumisen luonne ja laajuus huomioon ottaen.

7.2.5 Hidaskasvuisten heterotrofisten bakteerien määrittäminen

Pesäkkeiden lukumäärän määrittäminen kannattaa sisällyttää valvontatutkimusten lisäksi osaksi omavalvontaa. Pesäkkeiden lukumäärän avulla voidaan seurata

raakaveden laatua, desinfioinnin tehokkuutta sekä verkostossa tapahtuvaa mikrobiologista kasvua. Talousveden desinfioinnin tehon tarkkailemiseksi on mahdollista käyttää pesäkeluvun määrittämisessä SFS EN ISO 6222 standardin mukaista kasvualustaa ja 22 ± 2 °C viljelylämpötilan lisäksi 36 ± 2 °C viljelylämpötilaa sekä suurempien näytetilavuuksien tutkimista kalvosuodatusmenetelmää käyttäen. Heterotrofisen pesäkeluvun tulisi laitokselta lähtevässä vedessä olla tällöin selvästi alle 10 pmy/ml.

Omavalvonnassa voidaan pesäkeluvun määrittämisessä käyttää EN-SFS ISO 6222 standardia tehokkaampia menetelmiä kuten kasvatusta R2A-alustalla (7 vrk, 22 ± 2 °C). R2A-alusta sopii erityisesti verkostomikrobien määrän seurantaan. R2A-alustalla kasvaa yleensä enemmän pesäkkeitä kuin standardin SFS-EN ISO 6222 mukaisella tryptoni-hiivauute agar -alustalla, mikä on otettava huomioon tuloksia tulkittaessa. Viikon kasvatusaika tuo myös paremmin esille hitaasti kasvavia mikrobilajeja (esim. homeet ja sädesienet).

Omavalvonnassa voidaan hyödyntää myös heterotrofiselle pesäkeluvulle kehitettyjä määritysmenetelmiä.

7.2.6 Kloorifenolit

1980-luvulle asti paikallisesti suuria määriä kloorifenoleja päätyi maaperään ja pohjavesiin kloorifenoleita sisältäneen KY-5 puunkyllästysaineen huolimattoman käytön sekä kyllästetyn sahatavaran kuivauksen ja varastoinnin seurauksena. Aikaisemmin myös puunjalostusteollisuuden valkaisujätevesi on ollut merkittävä kloorifenolien lähde vesistöihin. Pieniä määriä kloorifenoleja syntyy myös maataloudessa käytettyjen torjunta-aineiden hajoamistuotteina sekä vettä kloorattaessa ja jätteitä poltettaessa. Suomessa kloorifenoleja on todettu pinta- ja pohjavesissä yleensä alle 1,0 µg/l paitsi joillakin saha-alueilla, joilla pitoisuudet voivat edelleen olla hyvinkin korkeita kloorifenolien hitaasta hajoamisesta johtuen.

Kloorifenoleja voi päätyä elimistöön talousveden ohella ravinnosta ja vähäisiä määriä hengitysilmaasta. WHO:n di- ja trikloorifenoleita koskevassa arvioissa trikloorifenolin todettiin aiheuttavan leukemiaa, lymfoomia ja maksan tuumoreita. Kansainvälinen syöväntutkimuskeskus IARC luokitteli trikloorifenolin mahdollisesti syöpävaaralliseksi ihmiselle (Group 2B). Pentakloorifenolin on osoitettu aiheuttavan koe-eläimille maksa- ja munuaisvaurioita sekä olevan myrkyllistä koe-eläinten sikiöille. Myös työympäristössä altistuneilla ihmisillä on havaittu vaikutuksia maksan ja munuaisten toimintaan. Vuonna 2019 IARC luokitteli pentakloorifenolin syöpävaaralliseksi ihmiselle (Group 1). Kärkölässä

KY-5:n pääkomponentti tetrakloorifenolilla saastunutta talousvettä käyttäneellä väestöllä havaittiin rekisteritutkimuksessa merkittävästi normaalia enemmän pehmytkudossarkoomaa ja non-Hodgkinsin lymfoomaa vuosina 1967–1986. Altistuksen loppumisen jälkeen syöpien esiintyvyys palautui väestön normaalitasolle.

Di- ja trikloorifenolille makukynnys vedessä on 0,3 ja 2 µg/l ja hajukynnys 40 ja 300 µg/l. Pentakloorifenolin makukynnys on 30 µg/l ja hajukynnys 1600 µg/l

Kloorifenolien pitoisuutta on seurattava, jos se riskinarvioinnin perusteella saattaa aiheuttaa terveyshaittaa. Tri-, tetra-, ja pentakloorifenolien yhteenlasketulle pitoisuudelle on aikaisemmin ollut kansallinen terveysperusteinen enimmäisarvo 10 µg/l. THL:n asiantuntijalausunnon perusteella tämä on edelleen perusteltu enimmäisarvo, vaikka talousvesiasetuksessa ei ole enää laatuvaatimusta kloorifenoleille.

7.2.7 *Pseudomonas aeruginosa*, (*P. aeruginosa*)

Pseudomonas aeruginosa on ympäristön bakteeri, joka pystyy kasvamaan vedessä ja voi aiheuttaa iho-, haava-, korva-, silmä-, virtsatie-, suolisto- ja hengitystieinfektioita lähinnä vastustuskyvyltään heikentyneille ihmisille. SFS-EN ISO 16266 määritysmenetelmässä käytetään setrimidiä sisältävää kasvualustaa ja varmistustestejä *Pseudomonas aeruginosa* -bakteereiden havaitsemiseksi.

Pseudomonas aeruginosa -bakteerin tutkimiseen on käytettävissä myös standardimenetelmä SFS-EN ISO 16266-2.

7.2.8 Saastelähteiden jäljitys ja taudinaiheuttaja-analytiikka

Raakaveden suolistoperäisen saastumisen päästölähteiden kartoitukseen ja häiriötilanteiden selvittämisen yhteydessä voidaan käyttää apuna eri eläinlajien suolistolle spesifisiä geenimarkkereita. Niin sanotut isäntäspesifiset geenimarkkerit perustuvat joko eri nisäkäslajien suolistomikrobien tai mitokondriaalisen DNA:n tunnistamiseen kvantitatiivisella PCR-menetelmällä. Geenimarkkereiden avulla vesinäytteistä voidaan tunnistaa, jos niissä on ihmisten, märehtijöiden, lampaiden, lintujen, lокkien, koirien, hevosten, sikojen ja siipikarjan ulosteita.

Joissain tilanteissa voi olla tarpeen tutkia tavanomaisten indikaattorimikrobien lisäksi myös taudinaiheuttajia. Norovirus ja *Cryptosporidium* -tutkimuksia voi olla

syötä tehdä esimerkiksi silloin, jos talousveden raakavedessä on hygienisoimatonta yhdyskuntajätevettä tai nautavasikoiden lantaa. Taudinaiheuttajien tutkimiseksi tarvitaan usein tavanomaista suurempi vesitilavuus. Vesi voidaan konsentroida näytteenotto paikalla käyttämällä suuren tilavuuden konsentroitimen menetelmää (DEUF, Dead-End Ultra Filtration).

8 Veden syövyttävyyden arviointi

Talousvesi ei saa olla haitallisessa määrin syövyttävää. Veden syövyttävyyteen ja rakennusten vesilaitteiden syöpymiseen vaikuttavat monet tekijät yhdessä. Veden laadun osalta syövyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi pH, alkaliteetti, kovuus ja suolapitoisuus. Rakennusten vesilaitteiden osalta vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi laitteiden valmistus ja varastointi, järjestelmän oikea mitoitus (veden virtausnopeus), huolellinen asennus ja käyttöönotto sekä veden kulutustavat (veden seisominen). Putkiston käyttöönottovaiheessa ja sen jälkeen ensimmäisten kuukausien ajan on erityisen tärkeää suojakerrosten muodostumisen kannalta, että vesi ei seiso putkissa pitkiä aikoja.

Vesilaitoksen on pyrittävä löytämään kompromissi veden laatuun ja käyttökelpoisuuteen vaikuttavien tekijöiden ja vedenkäsittelykustannusten kesken. Veden korroosio-ominaisuuksiin vaikuttavat yksittäiset vedenlaadun muuttujat ja niiden keskinäiset suhteet. Veden ominaisuudet vaikuttavat eri tavalla eri materiaaleihin ja materiaalien korroosio voi vaikuttaa veden laatuun. Syövyttävä vesi voi kasvattaa valurautaputkissa talousveden rautapitoisuutta ja kupariputkistossa kuparipitoisuutta. Kalkkia sisältävien putkimateriaalien (esim. betoni) syöpyminen voidaan havaita veden pH:n, alkaliteetin ja kalsiumpitoisuuden kasvuna.

Talousveden pH-arvon laatutavoite on annettu veden korroosiovaikutusten vuoksi. Alkaloimattoman veden pH on Suomessa yleensä lievästi hapan eli 6–7. Tällä pH-alueella putkistoissa ja LVI-laitteissa käytetyt materiaalit kuten valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti saattavat syöpyä. Putkistojen syöpymisestä johtuvaa merkittävää veden laadun heikkenemistä ei esiinny silloin, kun veden korroosio-ominaisuudet ovat vedenjakelulaitteiden kannalta oikeat.

Talousveden laadun vaikutusta raudan korroosioon voidaan arvioida taulukossa 4 esitetyllä indeksillä. Korroosiota kiihdyttäviä klorideja ja sulfaatteja tulisi olla vedessä mahdollisimman vähän. Korroosion vähentämiseksi alkaliteetin tulee olla sitä suurempi, mitä suuremmat veden sulfaatti- ja kloridipitoisuudet ovat.

Taulukko 4. Talousveden arviointiperusteet raudan syövyttävyyden vähentämiseksi

Muuttuja	Arvo
pH	yli 7,5
Alkaliteetti	yli 0,6 mmol/l
Kalsium	yli 10 mg/l
Happi	yli 2 mg/l
<u>Alkaliteetti (mmol/l)</u>	≥ 1,5
Sulfaatti (mg/l)/48 + Kloridi (mg/l)/35,5	

Usein on suositeltavaa nostaa veden pH noin kahdeksaan. Optimaalinen pH on syytä tarkistaa sellaiseksi, ettei kalkin saostuminen lämminvesilaitteisiin ole haitallisen suurta. Sopiva pH on usein sellainen, jossa kalkkia saostuu hieman kuumaan veteen, mutta ei kylmään (riippuu lähinnä kalsiumista ja alkaliteetista). Kun vesi on kovaa, pH-arvon tulee olla selvästi alle kahdeksan.

Pintavesilaitoksissa verkostoveden laadun kannalta suositeltava alkaliteetti on yli 0,8 mmol/l. Pienissä pintavesilaitoksissa alkaliteetin nosto on kalsiumin nostoa tärkeämpää.

Mahdollisia toimenpiteitä:

- Verkostoveden pH arvon nosto ainakin yli 7,5:een ja mieluiten veden laadun mukaan määräytyvään optimiarvoon siten, että kylmään veteen ei saostu kalkkia mutta kuumaan veteen jonkin verran.
- Selvitetään, mitä merkitsee verkoston kunnolle, jos vedenlaatu alkaloinnin jälkeenkään ei täytä taulukossa mainittuja suositusarvoja.

Syiden ja hallintatoimenpiteiden selvittäminen on myös tarpeen, jos kupariputkistoissa todetaan syöpymiä tai lämminvesilaitteissa tukkeutumia.

8.1 Kuparin korroosio

Kuparisissa vesijohdoissa on viime vuosina tapahtunut ennenaikaisia korroosiovaurioita, joiden aiheuttajaa ei useimmissa tapauksissa tunneta. Korroosiovaurioita on havaittu vedenjakelualueiden muutamissa rakennuksissa, joten vedenlaatu ei selitä havaintoja. Rakennuksen vesilaitteistoon liittyviä korroosioon vaikuttavia tekijöitä ovat veden laadun lisäksi putkenlaatu ja sisäpinnan epäpuhtaudet, veden lämpötila ja virtausnopeus sekä suunnitteluun, asennukseen, käyttöönottoon ja veden käyttötapoihin liittyvät tekijät ([Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 76](#), Peltö-Huikko ja Latva 2022).

Vesijohtojen materiaaleihin, suunnitteluun, asennukseen ja käyttöönottoon liittyvillä rakentamismääräyksillä pyritään osaltaan estämään vesilaitteistojen korroosiota. Vesilaitteiston käyttövaiheessa vaikuttavia tekijöitä ovat lämpötilat, vedenkäyttötavat, virtausnopeudet sekä talousveden laatu ja sen vaihtelut ([Vesilaitosyhdistyksen monistesarja 62](#), Kaunisto ym. 2020). Jos putkiston käyttöönoton yhteydessä putkia ei asennuksen jälkeen huuhdella kunnolla, pinnoille jäävät epäpuhtaudet voivat aiheuttaa pistekorroosiota. Käytön alkuvaiheessa veden riittävä vaihtuvuus on tärkeää suojaavien oksidikerrosten muodostumisen varmistamiseksi. Pitkät seisontajaksot asennuksen ja käyttöönoton välillä voivat aiheuttaa happipitoisuuden vähenemisen lisäksi mikrobikasvua, joka voi myös aiheuttaa pistekorroosiota. Jos vesijärjestelmää ei oteta käyttöön heti sen valmistumisen jälkeen, putket tulee joko tyhjentää vedestä tai järjestää veden juoksutus vähintään viikoittain.

Suosituksia kuparin pistekorroosion vähentämiseksi ([Vesilaitosyhdistyksen monistesarja 62](#), Kaunisto ym. 2020 ja [Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 76](#), Peltö-Huikko ja Latva 2022):

- Veden pH:n tulisi olla yli 7,5 ja alkaliteetin yli 0,6 mmol/l
- Hiilidioksidipitoisuutta olisi seurattava ja sen tulisi olla alhainen

Korroosioriskiä lisääville anioneille suositellaan pitoisuudeksi:

- Sulfaatti alle 100 mg/l
- Kloridi alle 25 mg/l

Kationit ja yhdisteiden muodostamat saostumat voivat edistää kupariputkien pistekorroosiota. Raudan, alumiinin ja mangaanin osalta talousvesiasetuksen laatutavoitteet ovat Scandinavian Copper Development Associationin (SCDA) asettamien suositusrajojen mukaisia tai tiukempia.

- Rauta alle 0,2 mg/l
- Alumiini alle 0,2 mg/l
- Mangaani alle 0,05 mg/l



Valvira

Sosiaali- ja terveystalun
lupa- ja valvontavirasto

Sosiaali- ja terveystalun
lupa- ja valvontavirasto, Valvira

Ratapihantie 9, 00520 Helsinki
PL 43, 00521 Helsinki
Koskenranta 3, 96100 Rovaniemi

Puhelin 0295 209 111
kirjaamo@valvira.fi
valvira.fi