

# Vesilaitostekniikka ja hygienia

Vesilaitosyhdistyksen  
julkaisusarja nro 51

Helsinki 2024



Julkaisun myynti:

Vesilaitosyhdistys  
Ratamestarinkatu 7 B  
00520 Helsinki

puh. (09) 868 9010  
sähköposti: [vy@vy.fi](mailto:vy@vy.fi)  
kotisivu [www.vvy.fi](http://www.vvy.fi)

ISSN-L 2242-7317  
ISSN 2242-7317

ISBN 978-952-7545-14-0  
Helsinki 2024, sisältö vastaa vuonna 2018 ilmestynyttä paperiversiota (5. painos)

<b>KUVAILEHTI</b>			
<i>Julkaisija</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
<i>Tekijät</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
<i>Julkaisun nimi</i>	Vesilaitostekniikka ja hygienia		
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 51		
<i>Julkaisun teema</i>	Vedenhankinta, vedenkäsittely, vedenjakelu ja talousveden laatu		
<i>Saatavuus</i>	Julkaisu on tilattavissa nidottuna Vesilaitosyhdistykseltä.		
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Talousveden on oltava turvallista käyttäjilleen kaikkina vuorokauden aikoina, jokaisena päivänä vuodessa. Talousvettä toimittavalla laitoksella työskentelevien ammattitaidolla on merkittävä rooli talousveden turvallisen ja jatkuvan toimituksen varmistamisessa.</p> <p>Terveysturvallisuuden mukaan kaikkien henkilöiden, joiden työtehtävät talousvettä toimittavalla laitoksella voivat vaikuttaa talousveden laatuun, on todistettava pätevyytensä. Velvoite koskee laitoksen oman henkilöstön lisäksi myös ulkopuolisia laitokselle työtä tekeviä henkilöitä. Pätevyys todistetaan suorittamalla Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston (Valvira) ylläpitämä laitostekninen ja talousvesihygieninen osaamistesti. Osaamisvaatimuksista säädetään tarkemmin sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella 1351/2006. Testin läpäisemiseksi myönnetään vesityökortti, joka on voimassa viisi vuotta kerrallaan.</p> <p>Tämä julkaisu on tarkoitettu ensisijaisesti laitostekniseen ja talousvesihygieniseen osaamistestiin valmentautumiseen. Opas antaa perustiedot vedenhankinnasta, -käsittelystä ja -jakelusta, talousveden laadusta, hygienian merkityksestä, lainsäädännöstä, talousveden valvonnasta, riskienhallinnasta ja häiriötilanteissa toimimisesta. Oppaan avulla on mahdollisuus kerrata ja täydentää tietojään vesilaitostekniikasta ja talousveden laadun varmistamisesta. Oppaassa aiheita tarkastellaan käytännön työssä tarvittavien tietojen ja taitojen kannalta.</p>		
<i>Avainsanat</i>	vedenhankinta, vedenkäsittely, vedenjakeluverkostot, talousveden laatu, vesityökortti		
<i>Rahoittaja/toimeksiantaja</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
	<i>ISBN</i> 978-952-7545-14-0	<i>ISSN</i> 2242-7317	5. painos
	<i>Sivuja</i> 55	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen
<i>Julkaisun jakelu</i>	Vesilaitosyhdistys, <a href="http://www.vvy.fi">www.vvy.fi</a>		
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Helsinki 2024, sisältö vastaa vuonna 2018 ilmestynyttä paperiversiota		

<b>BESKRIVNINGSBLAD</b>			
<i>Publicerat av</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
<i>Författare</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
<i>Publikationens titel</i>	Vattenverksteknik och hygien		
<i>Publikationsseriens titel och nummer</i>	Vattenverksföreningens publikationsserie nr 51 (Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 51)		
<i>Publikationens tema</i>	Vattenanskaffning, vattenbehandling, vattendistribution och hushållsvattnets kvalitet		
<i>Tillgänglighet</i>	Publikationen kan beställas häftad från Vattenverksföreningen		
<i>Sammanfattning</i>	<p>Hushållsvattnet ska alla tider på dygnet, alla dagar i året, vara tryggt för användarna. Yrkeskompetensen hos personer som arbetar på anläggningar som levererar hushållsvatten har stor betydelse då man säkerställer oavbrutna och trygga leveranser av hushållsvatten.</p> <p>Enligt hälsoskyddslagen ska alla de personer påvisa sin kompetens vars arbetsuppgifter hos en anläggning som levererar hushållsvatten kan påverka hushållsvattnets kvalitet. Förpliktelsen berör utöver anläggningens egen personal även de utomstående personer som arbetar för anläggningen. Kompetensen påvisas med att man presterar ett anläggningsteknisk och hushållsvattenhygienisk kompetenstest som upprätthålls av Tillsynsverket för social- och hälsovården (Valvira). Social- och hälsovårdsministeriets förordning 1351/2006 reglerar närmare om kompetenskraven. De som utför testet med godkänt resultat beviljas ett vattenarbetskort som gäller fem år i taget.</p> <p>Publikationen är främst avsedd som förberedelsematerial inför kompetenstester gällande anläggningsteknisk och hushållsvattenhygien. Handboken ger grundkunskaper i anskaffning, behandling och distribution av vatten, hushållsvattnets kvalitet, hygienens betydelse, lagstiftning, kontrollen av hushållsvatten, samt i störningssituationhantering. Med hjälp av handboken kan man även repetera och komplettera sina kunskaper i anläggningsteknisk och i säkerställandet av hushållsvattnets kvalitet. Respektive ämne i handboken behandlas med sikte på de kunskaper och kompetenser som krävs i praktiskt arbete.</p>		
<i>Nyckelord</i>	vattenanskaffning, vattenbehandling, vattendistributionsnät, hushållsvattnets kvalitet, vattenarbetskort		
<i>Finansiär/uppdragsgivare</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
	<i>ISBN</i> 978-952-7545-14-0	<i>ISSN</i> 2242-7317	5. upplagan
	<i>Sidantal</i> 55	<i>Språk</i> finska	<i>Konfidentialitet</i> offentlig
<i>Distribution av publikationen</i>	Vattenverksföreningen, <a href="http://www.vvy.fi">www.vvy.fi</a>		
<i>Tryckort och tidpunkt för tryck</i>	Helsingfors 2024, innehållet motsvarar pappersutgåvan utgiven 2018		

## Esipuhe

Talousveden toimittaminen asiakkaalle on talousvettä toimittavan vesihuoltolaitoksen ydintehtävä, jota palvelemaan muut laitoksen toiminnot on valjastettu. Veden on oltava turvallista käyttäjilleen kaikkina vuorokauden aikoina jokaisena päivänä vuodessa. Tähän tarvitaan rautaisia ammattilaisia.

Talousvettä toimittavan laitoksen työntekijöiden ammattitaidon varmistamiseksi terveysuojelulaki velvoittaa, että kaikilla laitoksessa työskentelevillä henkilöillä, joiden toimilla voi olla vaikutusta veden laatuun, tulee olla Valviran myöntämä vesityökortti. Vesityökortti myönnetään laitosteknisen ja talousvesihygieenisen osaamistestin hyväksytysti suorittaneille ja se on voimassa viisi vuotta kerrallaan. Osaamisvaatimuksista säädetään tarkemmin sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella 1351/2006.

Kädessäsi oleva opas on tarkoitettu osaamistestiin valmistautumista varten. Oppaaseen on kerätty talousveden laadun turvaamisen ja osaamistestin läpäisemisen kannalta olennainen tieto.

Alkuperäisen oppaan ovat laatineet Jorma Pääkkönen ja Päivi Peltonen Suunnittelukeskus Oy:stä. Oppaan laatimista ohjasi työryhmä, johon kuuluivat Heli Härkki (Helsingin Vesi), Jarkko Rapala (Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus), Reijo Rosengren (Turun vesilaitos), Unto Tanttu (Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä) ja Riku Vahala (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys). Arvokkaita parannusehdotuksia antoivat myös Jari Keinänen (sosiaali- ja terveysministeriö), Olli Keski-Saari (Lappavesi Oy), Reijo Kuivamäki (Tampereen Vesi), Pekka Laakkonen (Tampereen Vesi), Jouko Mäenpää (Helsingin Vesi) sekä Irina Nordman (Turun vesilaitos).

VVY:n Vesilaitostekniikka ja hygieniapas päivitettiin vuonna 2012. Päivitystyössä huomioitiin osaamistestejä järjestävien tahojen oppaasta vuonna 2010 antama palaute. Sisältöä on päivityksen yhteydessä tarkennettu kauttaaltaan ja erityisesti verkoston, huollon ja kunnossapidon sekä varautumisen osalta. Oppaan päivittivät Elina Antila ja Jorma Pääkkönen FCG Finnish Consulting Group Oy:stä. Päivitystyötä ohjasi työryhmä, johon kuuluivat Anna-Maija Hallikas (Vesilaitosyhdistys), Tomi Kekki (Evira), Tuula Laakso (Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut Kuntayhtymä), Markku Lehtola (Kuopion Vesi), Riina Liikanen (Vesilaitosyhdistys), Jarkko Rapala (sosiaali- ja terveysministeriö), Tapio Tolvanen (Verlatek Oy) ja Jaana Vaitomaa (Valvira).

Vesilaitosyhdistys kiittää kaikkia oppaan tekemiseen ja sen päivittämiseen osallistuneita heidän aktiivisesta panostuksestaan.

Oppaasta on otettu uusia painoksia, kun sisältöä on päivitetty Vesilaitosyhdistyksen omana työnä vastaamaan ajantasaista lainsäädäntöä ja käytäntöjä. 5. painokseen tehtyjen muutosten osalta kiitämme arvokkaista kommentteista ja tietojen päivityksestä Jaana Kilposta (Valvira) ja Outi Zacheusta (Terveystieteiden tutkimuskeskus).

Helsingissä 4.9.2018  
Vesilaitosyhdistys



# Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Lainsäädäntö ja talousveden valvonta	2
2.1	Talousvettä toimitavan laitoksen hyväksyminen	2
2.2	Talousvesihygieeninen osaaminen	2
2.3	Talousveden laatuvaatimukset – ja Tavoitteet	2
2.3.1	Mikrobiologiset laatuvaatimukset ja -tavoitteet	3
2.3.2	Kemialliset laatuvaatimukset ja -tavoitteet	5
2.3.3	Radioaktiivisuus	5
2.4	Talousveden viranomaisvalvonta ja valvontatutkimusohjelma	5
2.5	Omavalvonta	7
2.6	Näytteenotto	7
2.6.1	Näytteenottopaikat	8
2.6.2	Näytetyypit	9
2.7	Tiedottaminen	10
2.8	Häiriötilanteet	10
3	Vedenhankinta	12
3.1	Pohjavesi raakavetenä	12
3.1.1	Mitä on pohjavesi?	12
3.1.2	Pohjaveden likaantumiseriskit	13
3.1.3	Kaivotyypit	15
3.1.4	Ottokaivon veden laatuhäiriöt ja kaivojen kunnossapito	16
3.2	Pintavesi raakavetenä	17
4	Veden käsittely	20
4.1	Vesilaitostyypit	20
4.1.1	Pohjavesilaitos	20
4.1.2	Tekopohjavesilaitos	21
4.1.3	Pintavesilaitos	21
4.2	Tavallisimpia vedenkäsittelymenetelmiä	22
4.2.1	Yleistä vedenkäsittelykemikaaleista	22
4.2.2	Alkalointi (pH:n nosto)	23
4.2.3	Kalkkikivisuodatus	24
4.2.4	Desinfiointi	25
4.3	Laatuhäiriöt vesilaitoksella	28
4.3.1	Kemikaaliannostuksista johtuvat laatuhäiriöt	28
4.3.2	Pintavesilaitoksella esiintyvät laatuhäiriöt	29
4.3.3	Toimenpiteet vedenlaadun häiriötilanteessa	30
4.4	Hygienia vesilaitoksella	31
4.4.1	Työntekijöiden hygienia	31
4.4.2	Prosessi ja tilat	32
5	Vesijohtoverkostot	33
5.1	Verkoston vaikutus talousveden laatuun	33
5.2	Verkostomateriaalit ja pinnoitteet	33
5.3	Verkostotyöt	34
5.3.1	Verkostomateriaalien varastointi ja kuljetus	34
5.3.2	Asennustyöt	34
5.3.3	Uuden putken käyttöönotto	35
5.3.4	Verkoston huolto ja kunnossapito	37
5.3.5	Putkirikot	39
5.4	Vesisäiliöt	40
5.5	Kiinteistöjen Vesilaitteistot	42
6	Riskienhallinta	44
7	Lisätietoa	46
8	Liitteet	48

Liite 1. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1351/2006 osaamistestausvaatimuksista

Liite 2. Käsitteitä

Liite 3. Alkalointi

Liite 4. Natriumhypokloriitti

Liite 5. Kemikaalien yliannostuksien syitä ja niiden estäminen



# 1 JOHDANTO

Suomessa vesihuolto on pääosin toimivaa ja talousveden laatu hyvää. Riskit talousveden saastumiselle ovat kuitenkin todellisia. Vuosien 1998 – 2017 aikana raportoitiin 95 vesiepidemiaa (veden välityksellä leviävä sairaus), joissa sairastui yhteensä yli 30 000 ihmistä. Suurin osa epidemioista on aiheutunut mikrobien saastuttamista pohjavesistä.

Vesilaitoksen henkilökunnan ammattitaitoon kuuluu tiedostaa laitoksen vedenhankintaan, -käsittelyyn ja -jakeluun liittyvät riskitekijät, jotka voivat huonontaa tai pilata talousveden laadun sekä osata toimia talousveden laatua ylläpitäen. Vesihuoltolaitoksissa on nyt ja tulevaisuudessa tarvetta osaavalle henkilökunnalle. Vesihuoltoa ei voida siirtää ulkomaille.

Terveydensuojelulain mukaan kaikkien henkilöiden, joiden työtehtävät talousvettä toimittavalla laitoksella voivat vaikuttaa talousveden laatuun, on todistettava laitostekninen ja talousvesihygieninen osaamisensa. Velvoite koskee laitoksen oman henkilöstön lisäksi myös ulkopuolisia laitokselle työtä tekeviä henkilöitä. Osaaminen todistetaan suorittamalla Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston (Valvira) ylläpitämä osaamistesti. Testin läpäisseeille myönnetään vesityökortti.

Tämän oppaan tarkoituksena on antaa perustiedot vedenhankinnasta, -käsittelystä ja -jakelusta, talousveden laadusta, hygienian merkityksestä, lainsäädännöstä, talousveden valvonnasta, riskienhallinnasta ja häiriötilanteissa toimimisesta. Oppaan avulla vesilaitoksen henkilöstöllä on mahdollisuus kerrata ja täydentää tietojään sekä valmentautua osaamistestiin. Osaamistestissä ja oppaassa tarkastellaan aiheita käytännön työssä tarvittavien tietojen ja taitojen kannalta.

Terveydensuojeluviranomaisella tarkoitetaan oppaassa talousvettä toimittavan laitoksen toimittamaa vettä ja laitoksen toimintaa valvovaa kunnan viranomaista.

## 2 LAINSÄÄDÄNTÖ JA TALOUSVEDEN VALVONTA

### 2.1 TALOUSVETTÄ TOIMITAVAN LAITOKSEN HYVÄKSYMINEN

Terveydensuojelulaki (763/1994) edellyttää, että terveydensuojeluviranomainen hyväksyy talousvettä toimittavan laitoksen toiminnan ennen kuin se aloittaa talousveden toimittamisen. Tätä toiminnan hyväksymistä on haettava myös ennen kuin vedenottoa tai vedenkäsittelyä laajennetaan tai muutetaan olennaisesti. Jos talousvettä toimittavalla laitoksella ei ole omaa vedentuotantoa tai käsittelyä, terveydensuojeluviranomaiselle pitää tehdä ilmoitus toiminnan aloittamisesta tai muuttamisesta.

Lainsäädännössä asetetaan vaatimuksia talousvettä toimittaville laitoksille. Useat näistä velvoitteista koskevat myös ns. tukkulaitoksia, jotka toimittavat vettä talousvettä toimittavalle laitokselle.

### 2.2 TALOUSVESIHYGIEENINEN OSAAMINEN

Terveydensuojelulain (763/1994) mukaan talousvettä toimittavalla laitoksella työskentelevillä, talousveden laatuun vaikuttavia toimenpiteitä tekevillä henkilöillä on oltava laitosteknistä ja talousvesihygieenistä osaamista osoittava todistus, vesityökortti.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (1351/2006) on esitetty tarkemmin osaamisvaatimukset (liite 1). Henkilöllä on oltava riittävät perustiedot veden hankinnasta, veden mikrobiologiasta ja kemiasta, veden puhdistustekniikasta, vesijohtoverkostojen hygieniasta, veden laadun tarkkailusta ja lainsäädännöstä. Talousvesihygieeninen osaaminen tulee osoittaa suorittamalla hyväksytysti Valviran ylläpitämä osaamistesti viiden vuoden välein. Testissä on kysymyksiä kaikista asetuksessa esitetyistä osaamisalueista.

Toiminnanharjoittajan on pidettävä kirjaa työntekijöidensä suorittamista vesityökorteista ja niiden voimassaolosta ja esitettävä nämä tiedot pyydettäessä terveydensuojeluviranomaisille.

Osaamistestaajien tulee olla Valviran hyväksymiä. Luettelo testaajista löytyy Valviran verkkosivuilta.

### 2.3 TALOUSVEDEN LAATUVAATIMUKSET – JA TAVOITTEET

Talousveden laatuvaatimukset on määritelty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015, jäljempänä talousvesiasetus). Valvira on julkaissut talousvesiasetuksen soveltamisohjeen, jossa on tulkintaa tästä asetuksesta.

Asetusta sovelletaan talousveteen, jota

- toimitetaan vähintään 10 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin;
- toimitetaan pulloissa, säiliöissä tai tankeista;
- käytetään elintarvikealan yrityksessä ihmisten käyttöön tarkoitettujen tuotteiden tai aineiden valmistukseen;
- jaetaan talousvetenä käytettäväksi osana julkista tai kaupallista toimintaa.

Tätä pienemmille vesilaitoksille sovelletaan asetusta 401/2001.

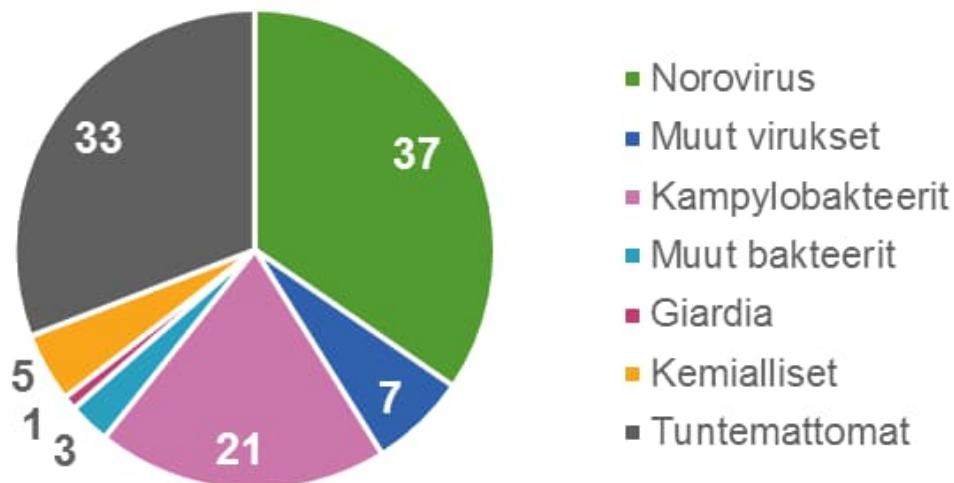
Talousvettä toimittava laitos on vastuussa toimittamansa veden laadusta. Yleisvaatimus on, että veden käyttäjille toimitetussa vedessä ei saa olla pieneliöitä tai loisia tai mitään aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi olla vaaraa ihmisten terveydelle. Kriteerinä sille, että talousvedestä ei aiheudu vaara terveydelle, käytetään talousvesiasetuksessa olevaa listaa talousveden laatuvaatimuksista ja niiden enimmäisarvoista. Mikäli jokin laatuvaatimus ei täyty, riski terveyshaitoista on olemassa. Jos talousvedessä olevalle haitalliselle aineelle ei ole raja-arvoa talousvesiasetuksessa, terveyshaitan arvioinnissa käytetään Maailman terveysjärjestö WHO:n terveysperusteisia enimmäissuosituspitoisuuksia.

Talousveden on oltava myös muuten käyttökelpoista, eli se ei saa aiheuttaa haitallista syöymistä tai haitallisia saostumia. Käyttökelpoisuuteen perustuvan laatuavoitteen ylittyminen voi lisätä terveysriskiä välillisesti tai aiheuttaa valituksia vedenlaadusta. Esimerkiksi rauta samentaa veden, aiheuttaa veteen ruskeaa väriä ja verkostoon saostumia ja voi haitata esimerkiksi elintarviketeollisuuden prosesseja, mutta ei aiheuta suoraan sairastumisia. Ennen vuonna 2017 voimaan astunutta talousvesiasetuksen muutosta laatuavoitteista käytettiin termiä laatusuositus.

### 2.3.1 Mikrobiologiset laatuvaatimukset ja -tavoitteet

Mikrobit ovat pieniä eliöitä, eikä niitä voi havaita paljaalla silmällä. Mikrobeja ovat bakteerit, virukset ja alkueläimet. Vedessä on aina mikrobeja. Vedessä ei kuitenkaan saa olla taudinaiheuttajia, eli sellaisia mikrobeja, joista ihminen voi sairastua. Jopa yksi mikrobi voi sairastuttaa ihmisen. Tautia aiheuttavia mikrobeja päätyy veteen yleensä eläinten ja ihmisten ulosteista. Niitä on aina jätevesissä ja usein myös pintavesissä.

Talousveden käytöstä aiheutuvat sairastumiset johtuvat Suomessa lähes yksinomaan veden saastumisesta taudinaiheuttajamikrobeilla. Kuvassa 1 on esitetty vesiepidemioiden aiheuttajat Suomessa. Norovirus ja kampylobakteerit aiheuttavat eniten vesiperäisiä epidemioita Suomessa.



Kuva 1. Vesiepidemioiden aiheuttajat (epidemioiden lukumäärä / aiheuttaja) Suomessa vuosina 1998-2017 (lähde: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos).

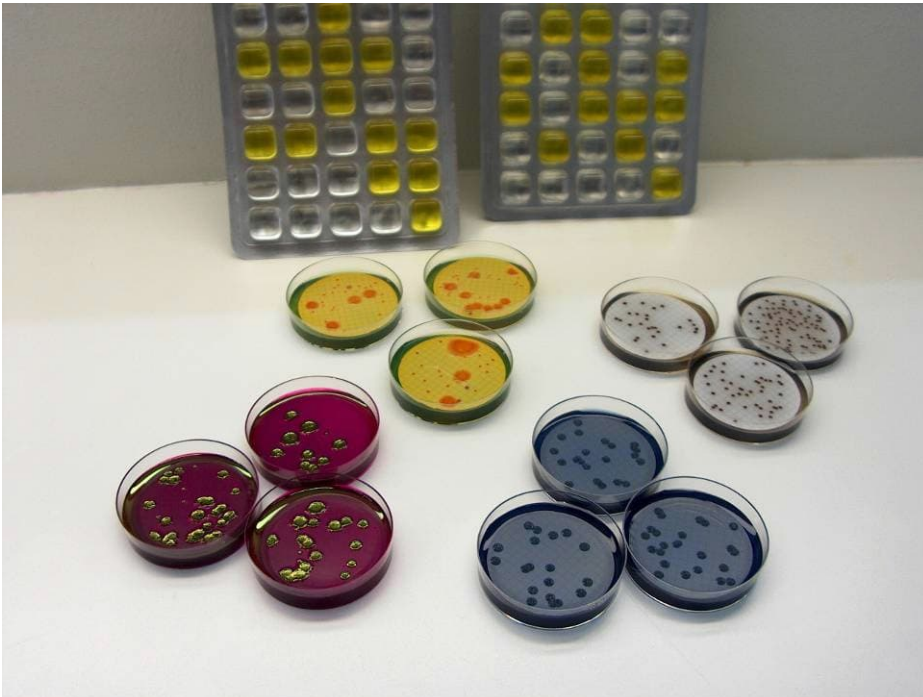
Ympäristössämme on useita sairastumisriskiä aiheuttavia mikrobeja, eikä niiden jatkuva seuranta vedestä ole mahdollista. Tästä syystä seurannassa tutkitaan sellaisia bakteereja, joita esiintyy yleisesti ja runsaasti ihmisten suolistossa ja ulosteissa. Jos näitä

ns. indikaattorimikrobeja löytyy vedestä, voi vedessä olla myös tauteja aiheuttavia mikrobeja. Kahdelle indikaattoribakteerille on asetettu laatuvaatimukset, *Escherichia coli* -bakteereja (*E. coli*) ja enterokokkeja ei saa olla talousvedessä. Mikäli vedessä havaitaan näitä, voi vedessä olla myös tautia aiheuttavia mikrobeja ja toimiin terveyshaitan poistamiseksi on ryhdyttävä välittömästi. On muistettava, että kloori tuhoaa helpommin indikaattorimikrobit kuin monet tautia aiheuttavat mikrobit. Saastumistilanteessa onkin aina tutkittava myös tautia aiheuttavia mikrobeja.

Mikrobiologinen laatuvaatimus on, että talousvedessä ei esiinny koliformisia bakteereita. Koliformiset bakteerit saattavat olla ulosteiden lisäksi peräisin esim. kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä. Tavallinen syy koliformisten bakteerien esiintymiseen on pinta-vesien pääsy vedenotto-kaivoon tai verkostoon tai niiden lisääntyminen verkostossa tai vesisäiliössä. Jos koliformisia bakteereja todetaan, syy niiden esiintymiseen tulee selvittää ja poistaa välittömästi.

Pesäkkeiden lukumäärä (heterotrofinen pesäkeluku) kertoo bakteerien määrästä vedessä. Se kuvaa yleistä vedenlaatua. Hyvälaatuisessa vedessä luku on pieni. Pesäkkeiden lukumäärä on verkostossa yleensä suurempi kuin laitokselta lähtevässä vedessä. Sille on asetettu laatuvaatimus, ei epätavallisia muutoksia. Korkea pesäkkeiden lukumäärä osoittaa yleensä puutteita raakaveden laadussa, vedenkäsittelyssä tai verkoston kunnossa.

Talousveden mikrobiologista laatua tutkitaan laboratoriossa kasvattamalla bakteereita sopivissa olosuhteissa joko maljaviljelyllä tai Colilert-menetelmällä. Maljaviljelyssä bakteerit kasvavat maljalla näkyviksi pesäkkeiksi, jotka voidaan laskea. Colilert-menetelmällä koliformisten bakteerien määrä voidaan laskea tutkimusliuskan väriämuodostaneista kuplista ja *E. Colien* määrä väriämuodostavista ja UV-fluoresoivista kuplista. Yksikkönä käytetään pesäkettä muodostavaa yksikköä tutkittua vesitilavuutta kohti (yleensä pmy/100 ml) (kuva 2). Colilert-menetelmää voidaan käyttää myös laadullisena koliformisten bakteerien tai *E. Colien* esiintymisen osoittajana.



Kuva 2. Bakteerien esiintymistä vedessä tutkitaan viljelymenetelmillä, edustalla maljaviljelyn ja taustalla Colilert-menetelmän tuloksia.

*Virusten tai bakteerien esiintymistä vedessä ei voida havaita veden hajun, maun tai ulkonäön perusteella. Veteen päässeet bakteerit ja virukset ovat aiheuttaneet sairastumisia esimerkiksi tulvien ja poikkeuksellisen runsaiden saiteiden aikaan sekä putkirikkotilanteiden yhteydessä.*

### **2.3.2 Kemialliset laatuvaatimukset ja -tavoitteet**

Riski sairastua vedessä olevista kemiallisista aineista on pieni, koska aineiden sallittujen pitoisuuksien turvamarginaali on suuri. Laatuvaatimuksiin on valittu aineita, joita voi esiintyä vedessä ja joiden on todettu olevan ihmisen terveydelle haitallisia. Laatuvaatimuksen ylittyessä yhdenkin aineen osalta on ryhdyttävä toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi. Kemiallisten laatuvaatimusten ylityksestä ei kuitenkaan yleensä aiheudu välitöntä terveyshaittaa, vaan terveyshaitta voi syntyä vasta pitkäaikaisessa altistuksessa, joten aluehallintovirasto voi myöntää talousveden toimittamiseen poikkeusluvan. Poikkeuslupa on määräaikainen.

Suomessa laatuvaatimuksen enimmäisarvon ovat yleisimmin ylittäneet fluoridi, yksittäiset torjunta-aineet (mm. atratsiini) ja nikkeli. Fluoridia ja nikkeliä esiintyy luonnostaan paljon joissakin pohjavesissä. Liika fluoridi (laatuvaatimuksen enimmäisarvo 1,5 mg/l) saattaa aiheuttaa hampaiden laukukkuutta ja luiden haurastumista. Nikkeli on erittäin yleinen allergiaoireiden aiheuttaja, minkä ehkäisemiseen enimmäisarvo (20 µg/l) perustuu. Torjunta-aineet voivat olla peräisin mm. pelto- tai puutarhaviljelystä, golfkentiltä tai vesakontorjunnasta. Torjunta-aineisiin lukeutuu useita eri yhdisteitä, joiden myrkyllisyys ja terveydelliset vaikutukset vaihtelevat. Torjunta-aineiden laatuvaatimuksen enimmäisarvo (0,10 µg/l tai summa 0,5 µg/l) onkin asetettu varovaisuusperiaatteen mukaisesti.

Yleisimmin laatuavoitteen ylittävät rauta, mangaani, alumiini, väri, sameus, haju, maku, hapettuvuus (COD<sub>Mn</sub>) ja ammonium. Myös veden pH-arvo poikkeaa usein laatuavoitteesta (tulisi olla välillä 6,5 - 9,5). Talousveden pH-arvolle on annettu laatuavoitteen lisäksi terveysperusteinen laatuvaatimuksen enimmäisarvo 9,5. Korkea pH liittyy yleensä lipeän yliannostukseen. Alhainen pH lisää verkostokorroosiota ja tätä kautta mm. hanasta otettavan veden kuparipitoisuutta (kuparille on laatuvaatimuksen enimmäisarvo 2 mg/l). Suomessa raakavesien pH on usein alle 6,5.

Laatuavoitteen ylitykselle ei tarvitse hakea poikkeuslupaa, mutta poikkeama pitää kuitenkin pyrkiä poistamaan vedenkäsittelyä tehostamalla tai esimerkiksi verkostoa huuhteleamalla ja puhdistamalla.

### **2.3.3 Radioaktiivisuus**

Pohjavedessä voi luonnostaan esiintyä radonia. Se on yleisintä porakaivovesissä. Radon on radioaktiivinen kaasu, joka voi aiheuttaa syöpää ennen kaikkea hengitettynä, mutta myös juotuna. Radonia vapautuu vedestä astioiden- ja pyykinpesun yhteydessä, suihkussa ja muuten vettä lämmitettäessä avoimessa astiassa.

## **2.4 TALOUSVEDEN VIRANOMAISVALVONTA JA VALVONTA-TUTKIMUSOHJELMA**

Terveydensuojeluviranomainen valvoo vesilaitoksen toimittaman talousveden laatua ja vedentuotantoketjua tutkimalla talousveden laatua ja tekemällä vesilaitostarkastuksia. Tämän viranomaisvalvonnan tavoitteena on varmistaa, ettei talousvedestä aiheudu

terveyshaittaa ja että vesilaitoksen omavalvonta ja riskienhallinta on riittävää. Viranomaisvalvonnan pitää terveydensuojelulain (736/1994) mukaan perustua veden terveellisyyteen vaikuttavien riskien arviointiin ja hallintaan. Tätä riskinarviointia on kuvattu tarkemmin luvussa 6 Riskienhallinta.

Talousvesiasetuksen (1352/2015) mukaan jokaisella vedenjakelualueella pitää olla oma valvontatutkimusohjelma, jossa on esitetty perustietoja laitoksesta ja talousveden laadun viranomaisvalvonnan sekä laitoksen omavalvonnan toteutus. Toisinaan voi olla tarkoituksenmukaista sisällyttää useamman kuin yhden vedenjakelualueen säännöllinen valvonta samaan valvontatutkimusohjelmaan. Valvontatutkimusohjelman laativat vesilaitos, sille vettä toimittava mahdollinen tukkuvesilaitos ja terveydensuojeluviranomainen yhdessä. Ohjelmassa on otettava huomioon paikallisista riskeistä johtuvat valvontatarpeet kuten vedenottamon haavoittuva sijainti tai muut talousveden saastumisen vaaraa aiheuttavat tekijät.

Valvontatutkimusohjelmassa esitetään:

- perustiedot vesilaitoksesta
- vedentuotantoketjun kuvaus: raakavesi, vedenotto, vedenkäsittely, vesisäiliöt ja jakelu, jakelualueet, vesimäärät ja veden laatu
- vedentuotantoketjun riskinarviointi ja riskienhallinta
- varautuminen häiriötilanteisiin
- viranomaisvalvonnan muuttujat, näytemäärät ja näytteenottoaikat
  - talousvesiasetuksen mukaiset ja tarvittaessa riskinarvioinnin perusteella lisätyt
- laitoksen omavalvonta (käyttötarkkailu)
- laitoksen henkilökunnan pätevyys

Talousveden laadun viranomaisvalvontaan sisältyy:

- tiheämmin tapahtuva jatkuva valvonta, jolla saadaan säännöllisesti tietoa talousveden mikrobiologisesta laadusta, aistein havaittavista ominaisuuksista ja vedenkäsittelyn, erityisesti desinfioinnin, tehokkuudesta ja
- harvemmin tehtävä jaksottainen seuranta, jolla selvitetään täyttääkö talousvesi kaikki laatuvaatimukset ja -tavoitteet.

Valvontatutkimusohjelmassa on kerrottu mistä ja kuinka usein näytteitä otetaan sekä mitä näytteestä tutkitaan. Pääsääntöisesti viranomaisvalvonnan vesinäytteet otetaan vedenkäyttäjien hanasta, mutta osa muuttujista voidaan tutkia verkosto- ja raakavedestä. Viranomaisvalvonnan vesinäytteet on tutkittava hyväksytyillä menetelmillä Elintarviketurvallisuusviraston Eviran hyväksymässä laboratoriossa. Lainsäädäntö mahdollistaa myös jatkuvatoimisten mittareiden käytön viranomaisvalvonnassa, jos niiden luotettavuus varmistetaan kansainvälisen standardin mukaan.

Epäilyssä tai todetussa talousveden saastumistilanteessa on yleensä tarpeen tutkia myös muita kuin valvontatutkimusohjelmaan sisältyviä muuttujia ja tutkia vettä lisänäytein ja suuremmista tilavuuksista kuin tavallisesti.

Valvontatutkimusohjelma pitää päivittää vähintään joka viides vuosi ja aina olosuhteiden muuttuessa. Valvontatutkimusohjelman sisällöstä on lisätietoa Talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa ja Valviran tekemässä malliohjelmassa.

*Viranomaisvalvonnalla todennetaan, että talousveden laatu on säädösten mukaista eikä vedenkäyttäjille aiheudu terveyshaittaa. Talousveden laadun varmistamisessa pääpainon tulisi olla kuitenkin laitoksen omavalvonnassa.*

## 2.5 OMAVALVONTA

Terveydensuojelulain (763/1994) vuonna 2016 voimaan tullessa muutoksessa talousvettä toimittavan laitoksen käyttötarkkailua alettiin kutsua omavalvonnaksi.

Omavalvonnalla seurataan koko vedentuotantoketjussa tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa talousveden laadun heikentymisen tai saastumisen, varmistetaan vedenkäsittelyn asianmukaisuus ja ehkäistään ennalta talousveden saastumista ja häiriötilanteita. Omavalvonnan pitää perustua veden terveydelliseen laatuun vaikuttavien riskien arviointiin ja hallintaan. Omavalvonta kuvataan valvontatutkimusohjelmassa.

Omavalvontaan kuuluu laitoksen toiminnan ja toimintaympäristön tarkastuksia sekä veden laadun tutkimuksia. Omavalvonnassa:

- tarkkaillaan raakaveden määrää ja laatua,
- seurataan prosessien toimintaa,
- tarkkaillaan veden laatua koko vedentuotantoketjussa,
- seurataan riskienhallintatoimenpiteiden toimivuutta,
- käytetään jatkuvatoimisia mittareita ja tutkitaan vesinäytteitä laboratoriossa ja
- tarkkaillaan laitteistojen kuntoa ja vuotovesien määrää.

Laitoksen toimintaan liittyvää tarpeellista tietoa voivat olla mm. raakavesilähteiden vedenpintojen seuranta, otetut raakavesimäärät ja vedenkäsittelyssä käytetyt kemikaaliannostukset (kg/d, g/m<sup>3</sup>). Tavallisimmin veden laatua mitataan jatkuvatoimisesti pH-mittarilla.

Omavalvontaan on syytä sisällyttää myös tiedot laitteiden huollosta, laitoksella tehtävät säännölliset toimenpiteet (esim. suodattimien huuhtelut) sekä tiedot laitevioista ja korjauksista.

Omavalvonnassa ovat tärkeitä laitoksen käyttöä välittömästi palvelevat vesianalyysit. Niitä voidaan tehdä joko vesilaitoksella tai ulkopuolisessa laboratoriossa. Mikäli omavalvonnan tutkimus tehdään Eviran hyväksymässä laboratoriossa ja viranomaisvalvonnan muuttuja voidaan tutkia muualta kuin veden käyttäjän hanasta otetusta näytteestä, omavalvontanäytteen tulos voi korvata viranomaisvalvonnan tutkimuksen. Jos omavalvonnassa havaitaan poikkeavia vedenlaatutuloksia, on niihin reagoitava samalla vakavuudella kuin viranomaistarkkailussa.

## 2.6 NÄYTTEENOTTO

Oikea näytteenotto on tärkein vaihe veden laadun tarkkailua. Näytteenotto voi liittyä talousveden laadun viranomaisvalvontaan tai laitoksen omavalvontaan. Vesinäytteen tulee kuvata mahdollisimman hyvin laitoksella ja verkostossa olevaa tilannetta, josta halutaan tietoa.

Näytteiden ottajan pitää olla opastettu näytteenottoon ja ottajan on oltava kokenut ja/tai omata koulutuksen kautta saatu ammattitaito kuten ympäristönäytteenottajan henkilösertifiointi. Talousvesiasetus (1352/2015) edellyttää, että terveydensuojeluviranomaisen on varmistettava viranomaisvalvonnan näytteiden ottajan riittävä osaaminen tehtävään.

Ennen näytteenottoa tarkistetaan, mitä näytteitä otetaan ja että oikeat näytepullot ovat mukana. Näytteenotossa noudatetaan laboratorion antamia ohjeita. Näytteenoton yh-

teydessä näytteenottolomakkeelle kirjataan tehdyt havainnot vedestä (lämpötila, ulkonäkö, väri, haju). Näytteenottolomake toimitetaan laboratorioon vesinäytteiden kanssa.

Näytteenoton jälkeen vesinäytteitä säilytetään ja kuljetetaan pimeässä ja viileässä esim. styrox-laatikossa, jossa on kylmävaraajia (ns. kylmäkalle). Pullot lähetetään tai kuljetaan laboratorioon näytteenottopäivänä, jotta veden laatu ei ehdi muuttua. Talousvesinäytteitä ei saa kuljettaa samassa kylmälaukussa kuin jätevesinäytteitä.

Valviran verkkosivulla Terveysturvallisuuden valvontaohjeistossa on talousveden näytteenotto-ohje.

### 2.6.1 Näytteenottoapaikat

Tärkeä osa onnistunutta näytteenottoa on näytteenottoapaikan oikea valinta. Näytteenottotapa voi olla erilainen näytteenoton tarkoituksesta riippuen. Viranomaisvalvonnassa tavoitteena on saada tieto veden käyttäjän käyttämän hanaveden laadusta ja viranomaisvalvonnassa vesinäyte otetaan yleensä kiinteistön hanasta. Näyte voidaan ottaa myös muuttujan alkuperän mukaisesta paikasta, jos sen arvo ei muutu seuraavissa vedentuotantoketjun vaiheissa. Omavalvonnassa näytteitä otetaan raakavedestä, laitokselta ja verkostosta. Häiriötilanteissa näytteitä otetaan niin, että häiriön aiheuttaja voidaan paikallistaa.

#### Näytteenotto hanasta

Viranomaisvalvonnassa vesinäyte otetaan yleensä kiinteistön hanasta. Kiinteistön hanavesinäytteen avulla voidaan myös selvittää kiinteistön vesilaitteiston vaikutusta talousveden laatuun. Vettä juoksuttamatta otettu hanavesinäyte indikoi kiinteistön vesilaitteiston vaikutusta hanaveden laatuun. Juoksuttamisen jälkeen otettu hanavesinäyte kuvaa vesilaitoksen toimittaman veden laatua. Veden juoksuttamisella tarkoitetaan kylmän veden laskemista vedenottopisteestä tasaisella virtaamalla siten, että vesi vaihtuu kiinteistön vesilaitteistossa ja veden lämpötila vakiintuu. Talousveden viranomaisvalvonnassa kupari, lyijy ja nikkeli pitää tutkia juoksuttamattomasta näytteestä, sillä näiden metallien laatuvaatimusten ylitykset johtuvat yleensä kiinteistöjen vesilaitteista.

Ennen näytteen ottamista pulloon kädet pestään huolellisesti ja kuivataan tai käytetään puhtaita kertakäyttökäsineitä. Puhtailla käsillä tai käsineillä ei saa koskea mitään muuta kuin näytepulloja. Näytepullojen suuhun tai korkin sisäpintaan ei saa koskea.

Viranomaisvalvonnan näytteen ottaminen hanasta (kylmän veden järjestelmä):

- Kirjaa veden seisomisaika ennen näytteenottoa. Suositeltu aika on 4 h.
- Ota kupari-, lyijy- ja nikkelinäyte
  - Laske vettä hanasta 2-5 s, älä käännä hanaa kiinni ennen näytteenottoa, ota 1 litran näyte
- Mittaa veden lämpötila 1 minuutin juoksutuksen jälkeen ja sen jälkeen juoksuta vettä niin kauan, että lämpötila vakiintuu.
- Ota näyte PAH-tutkimusta varten
  - Tämä vesinäyte on otettava ennen hanan desinfiointia liekittämällä
- Irrota hanasta liitoskappaleet, puhdista ja desinfioi hana
- Juoksuta vettä kohtuullisella virtausnopeudella, kunnes lämpötila on tasaantunut.
  - Älä käännä hanaa kiinni tai säädä virtausta ennen näytteenottoa, jotta venttiileistä tai hanan liitoksista ei irtoa sakkaa näytteeseen
- Ota muiden muuttujien tutkimiseksi tarvittavat vesinäytteet



## Näytteenotto raakavedestä

Raakavesinäyte voidaan ottaa suoraan pumppukaivosta tai järvestä/joesta. Pumppukaivosta näyte otetaan kuten vesijohtovedestä. Jos näyte otetaan suoraan kaivosta, voidaan käyttää puhdasta pullonoudinta tai pintaveden näytteenotinta.

Pintavesinäytteenotossa näyte otetaan yleensä sopivalla näytteenottimella (Kuva 3). Näyte otetaan vedenottosyvyydeltä, mutta vähintään metri pohjan yläpuolelta.



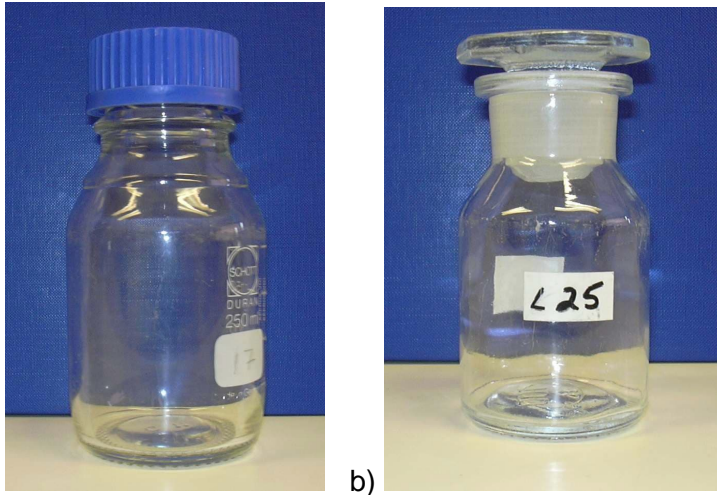
Kuva 3. Pintavesinäytteenotto.

### 2.6.2 Näytetyypit

Bakteerinäyte otetaan erilliseen steriiliin pulloon. Pullon suuhun tai korkin sisäosaan ei saa koskea käsillä, jotta pulloon ei kulkeudu bakteereja. Bakteeripulloon jätetään laboratorioissa mahdollisesti lisättäviä reagensseja ja näytteen sekoittamista varten noin viidesosa ilmatilaa. Bakteerinäyte otetaan suoraan virtaavasta vedestä. Jos talousvettä on kloorattu, näyte otetaan natriumtiosulfaattia sisältävään pulloon.

Fysikaalis-kemialliset näytteet otetaan 0,1–1 litran muovipulloihin, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Pullo täytetään niin, että siihen jää ilmaa pullonkaulan verran.

Herkästi muuttuvat näytteet kuten pH ja hiilidioksidi otetaan omiin lasipulloihin (Kuva 4). Pullot täytetään niin, että vesi valuu ulos pulloista vähintään 3-4 kertaa pullon tilavuuden verran. Lasipullot täytetään kokonaan, ettei pulloihin jää ilmaa.



a)

b)

Kuva 4. Näytteenottopulloja. a) Esimerkki bakteeripullosta, b) pH- ja hiilidioksidipullo.

Häiriötilanteissa on suositeltavaa ottaa vettä myös talteen jääkaappiin mahdollisia lisätutkimuksia varten. Tähän voidaan käyttää uusia 10 litran kanistereita, jotka huuhdellaan ennen näytteenottoa näytevedellä.

## 2.7 TIEDOTTAMINEN

Laitoksen pitää tiedottaa toimittamansa veden laadusta. Aktiivisella ja säännöllisellä talousveden laatuun ja jakeluun liittyvällä tiedottamisella rakennetaan luottamusta vesilaitoksen toimintaan ja työntekijöihin. Veden käyttäjille on tiedotettava mahdollisista vedenlaadun muutoksista ja toimenpiteistä, esimerkiksi verkoston huuhtelujen ja kunnossapitotöiden aikana, vaikka niistä ei aiheutuisi terveydellistä haittaa.

Vesilaitos tiedottaa veden käyttäjille talousvedenlaadusta säännöllisesti esimerkiksi laitoksen kotisivuilla. Yhteenvedo vedenlaadun tärkeimmistä muuttujista julkaistaan vähintään vuosittain. Aina kun vedenlaatu muuttuu olennaisesti, siitä on tiedotettava. Valvontatutkimusohjelmassa määritellään miten terveysuojeluviranomaiselle ja asiakkaille tiedotetaan, kun vedenlaatuvaatimuksissa tai -tavoitteissa tapahtuu ylityksiä. Veden käyttäjille on tiedotettava laatutavoitteen arvon ylityksestä ja sen merkityksestä riippumatta siitä, aiheuttaako ylitys terveyshaittaa vai ei.

Talousveden saastumistilanteessa tai sen epäilyssä vedenkäyttäjää tiedotetaan terveysuojeluviranomaisen kanssa sovittavalla tavalla. Mikäli terveysuojeluviranomaisesta ei tavoiteta, vesilaitoksen pitää tiedottaa vedenkäyttäjää itsenäisesti.

*Tiedottamalla nopeasti vedenlaadun häiriöistä ja mahdollisista ongelmista, voidaan estää ihmisten terveyden vaarantuminen.*

## 2.8 HÄIRIÖTILANTEET

Häiriötilanne tulee lähes aina yllättäen. Erilaisissa häiriötilanteissa toimiminen pitääkin suunnitella etukäteen, jotta talousveden toimitus olisi mahdollisimman häiriötöntä kaikissa tilanteissa. Vesihuoltolaki (15 a §) velvoittaa vesihuoltolaitoksia turvaamaan vesihuoltopalvelut myös häiriötilanteissa. Talousveden laatuun liittyviin häiriötilanteisiin varautumista pitää tehdä yhteistyössä terveysuojeluviranomaisen ja muiden tarvittavien tahojen kanssa. Vesilaitoksen varautumisessa ja varautumissuunnitelman laatimi-

nessä kannattaa käyttää apuna vesihuoltopoolin julkaisua Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen ja Valviran opasta Toimintatavat talousveden laadun turvaamiseksi.

Kaikkien häiriötilanteissa toimivien henkilöiden ajan tasalla olevat yhteystiedot, etenkin puhelinnumerot, on oltava jatkuvasti ja helposti saatavilla esimerkiksi ilmoitustaululla tai tallennettuna matkapuhelimiin. Laitoksen on ilmoitettava viivytystä terveydensuojeluviranomaiselle saastumisepäilystä ja desinfiointiin aloittamisesta.

Toiminta erilaisissa häiriötilanteissa pitää suunnitella etukäteen ja koota esimerkiksi häiriötilanteissa helposti hyödynnettäviin toimintakortteihin. Häiriötilanteissa toimimista ja viestintää pitää harjoitella säännöllisesti sekä varmistaa, että kaikki tietävät vastuunsa ja osaavat toimia suunnitelmien mukaisesti.

Häiriötilanteissa tiedottamisen tavoitteena on kertoa vedenkäyttäjille vedenlaatuun tai vedenjakeluun liittyvästä poikkeamasta tai vaarasta, opastaa tilanteessa toimimisessa ja kertoa mistä ja miten on mahdollista saada lisätietoa. Kaikilla vesilaitoksilla pitää olla valmius ja osaaminen aloittaa talousveden desinfiointi kuuden tunnin kuluessa siitä, kun saadaan epäily talousveden mikrobiologisesta saastumisesta.

Häiriötilanteiden viestinnässä on huomioitava erityisesti:

- tiedotusvastuut
- ajantasaisten yhteystietojen ja tarkoituksenmukaisten viestintäkanavien käyttö, jotta tilanteen hoidon kannalta tärkeät tahot ja vedenkäyttäjät tavoitetaan tehokkaasti
- tiedottamisen nopea aloitus
- vedenkäyttöohjeet, esim. keittokehotus tai käytön rajoitukset
- ohjeistus puhtaan veden saamiseksi ja toimintaohjeet vedenhakupaikalla

Tiedottamisesta löytyy lisää tietoa Vesihuoltopoolin laatimasta Vesihuoltolaitoksen kriisiviestintäohjeesta ja Valviran Toimintatavat talousveden laadun turvaamiseksi - Viestintä -ohjeesta, jossa on mm. tiedotemalleja 18 eri kielelle käännettynä.

*Vesilaitoksen työntekijän on ilmoitettava poikkeavista tilanteista heti esimiehelleen. Vesilaitoksen on ilmoitettava terveydensuojeluviranomaiselle, jos epäillään, että vesi on saastunut.*

## 3 VEDENHANKINTA

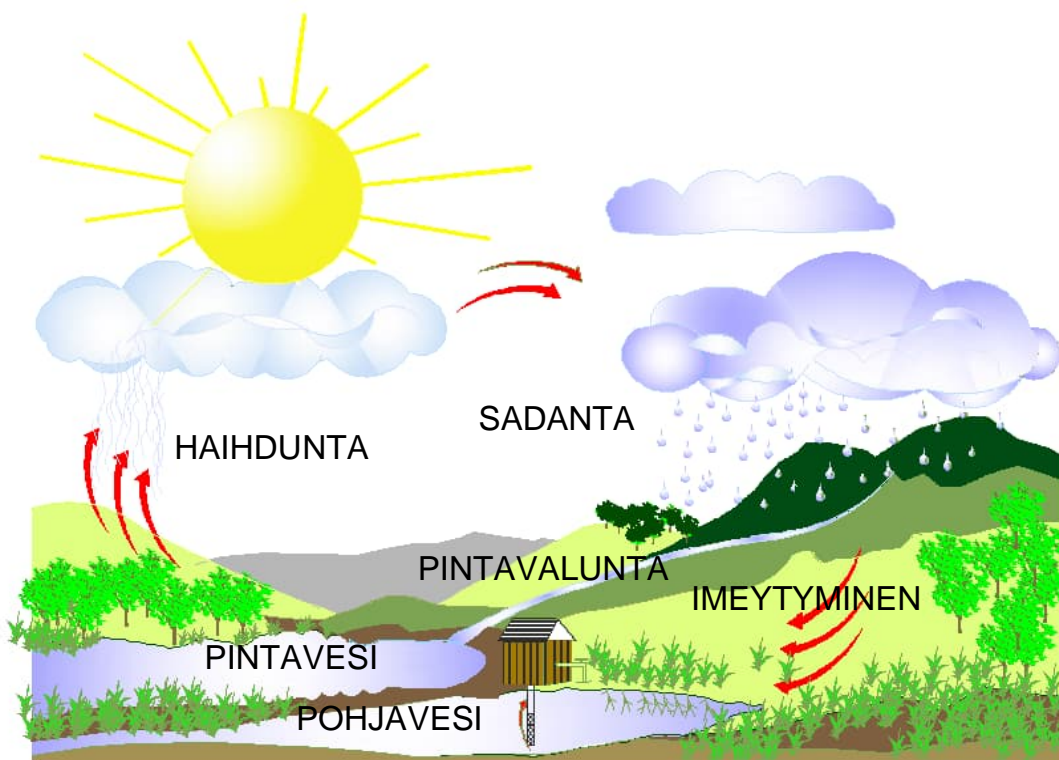
### 3.1 POHJAVESI RAAKAVETENÄ

#### 3.1.1 Mitä on pohjavesi?

Pohjavesi muodostuu sataneesta, maaperään imeytyneestä vedestä (Kuva 5). Pohjavesi puhdistuu maaperän läpi suotautuessaan ja maaperän mineraaleja liukenee siihen. Pohjavesialueeksi kutsutaan hiekka- tai sora-alueita, josta pohjaveden pumppaus on mahdollista. Pohjavesialueen koko ja vedenottoaivojen lukumäärä sekä sadanta vaikuttavat otettavissa olevaan vesimäärään.

Vedenoton seurauksena pohjaveden pinta voi laskea alle läheisen vesistön pinnan ja pintavettä alkaa suotautua pohjavedeksi. Tätä kutsutaan rantaimetyymiseksi. Suunnittelematon rantaimetyyminen voi vaikuttaa haitallisesti vedenlaatuun.

Luontaiset pohjavesivarat eivät usein riitä suurehkojen yhdyskuntien tarpeisiin. Pohjavesialueen antoisuutta voidaan kasvattaa imeyttämällä alueelle pintavettä. Tätä kutsutaan tekopohjaveden muodostamiseksi.



Kuva 5. Pohjaveden ja pintaveden muodostuminen.

Pohjavesi purkautuu paikoittain maanpinnalle. Pohjaveden purkautumaa kutsutaan lähteeksi.

### 3.1.2 Pohjaveden likaantumiseriskit

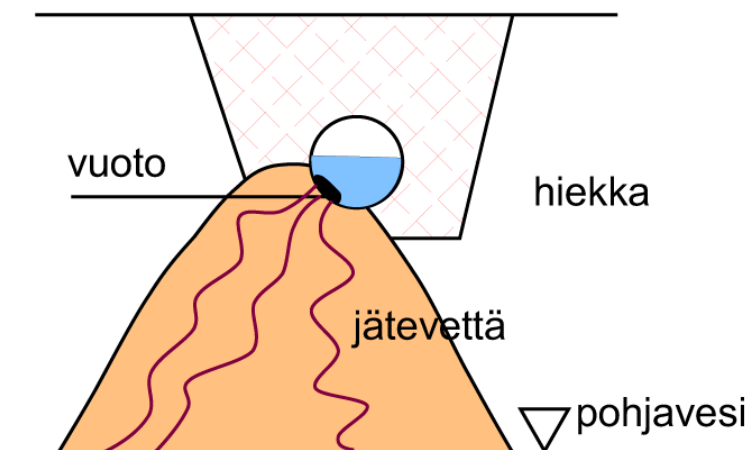
Pohjaveteen päässeet lika-aineet voivat kulkeutua veden virtaussuunnassa ottokai-voon.

Yhdyskuntien veden hankintaan tarkoitettut pohjavesialueet on kartoitettu ja niille on määrätty aluerajaukset. Vaikka pohjavesi on pintavettä paremmassa suojassa maakerrosten alla, veden laatua uhkaavat monet ympäristön toiminnot:

- **Maaperään päässeet kemikaalit**  
Aikojen kuluessa kemikaaleja on päässyt maaperään mm. puunkyllästämöiltä, pesuloista, metallialan yrityksistä, vesakoiden torjunnasta, pelloilta, puutarhoilta ja lentokentiltä. Pohjavesialueella voi olla vaarallisia kemikaaleja käyttäviä tehtaita, laitoksia tai niiden varastoja.
- **Jätevedet**  
Jätevesipumppaamoiden ylivuodot ja viemäriverot ovat yleisimpiä syitä jätevesien pääsyyn pohjavesiin (Kuva 6). Jätevesistä voi päästä pohjaveteen tautia aiheuttavia mikrobeja. Jätevesipäästöt voivat aiheuttaa myös haju- ja makuongelmia.  
Ulkokäymälä tai huonosti toteutettu jätevesien maahan imeytys voi aiheuttaa vastaavanlaisia vaikutuksia kuin suorat jätevesipäästöt.
- **Liikenne**  
Liikenneonnettomuus tai liukkaudentorjunta- ja pölynsidontakemikaalien käytöt voivat uhata pohjaveden laatua (kemikaalit, suolat, kloridi). Riskien vähentämiseksi tiealueelle voidaan tehdä suojauksia, joilla estetään tiealueen vesien pääsy pohjaveteen.
- **Maatalouden vaikutukset**  
Maanviljely voi nostaa pohjaveden nitraattipitoisuutta ja alentaa happipitoisuutta. Nitraatti on haitallista erityisesti imeväisikäisille lapsille. Alhainen happipitoisuus voi johtaa pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuuden nousuun. Lietelannan levitys pellolle voi liata pohjaveden mikrobeilla. Turkistarhat, sikalat, navetat ja tuorerehusäiliöt ovat pohjavesivaikutuksiltaan maanviljelystä haitallisempia. Maataloudessa käytetyt torjunta-aineet voivat myös olla riskinä.
- **Korjaamot, huoltoasemat, öljysäiliöt, asfaltti- ja öljysora-asetat**  
Pohjaveteen voi päästä öljypohjaisia tuotteita (öljyä, bensiiniä) esimerkiksi vuotavista säiliöistä. Bensiinipäästöistä voi joutua bensiinin lisäaineita pohjaveteen.
- **Maalämpöpumppujen käyttö**  
Lämmönsiirtoaineita voi vuotaa laitteista ja joutua pohjaveteen. Pintavettä voi päästä pohjaveteen puutteellisesti tiivistettyjen kaivorakenteiden kautta.  
Kalliopohjaveden eri kerrokset voivat sekoittua, esim. suolainen pohjavesi makeaan veteen.
- **Kaatopaikat**  
Entisiltäkin kaatopaikoilta voi suotautua myrkyllisiä yhdisteitä, typpiyhdisteitä tai suoloja.

- Maankaivu ja ojitukset  
Maankaivu ja ojitukset voivat vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen ja muuttaa vedenlaatua. Tavallisimpia vedenlaatumuutoksia ovat veden samentuminen ja rautapitoisuuden kohoaminen. Maankaivu myös ohentaa pohjaveden pinnan yläpuolisen, suojaavan maakerroksen paksuutta.
- Rantaimetyminen, tulvavedet ja sulamisvedet  
Vaikka rantaimetyminen on tapa valmistaa tekopohjavettä, liian lyhyt imeytymismatka voi heikentää veden laatua (mm. humusta ja väriä veteen). Rantaimetyminen lisääntyy kuivana kautena.
- Ilkivalta  
Ilkivaltaa torjutaan lukitsemalla ottokaivot ja ottamorakenteet, aitaamalla ja asentamalla kulunvalvontalaitteet vedenottamolle sekä tekemällä säännöllisiä tarkistuskäyntejä.

Riskien ennalta havaitseminen ja torjuminen on ensiarvoisen tärkeää pohjavesien hyvän laadun säilyttämiseksi. Pohjaveden laatua seurataan yleisimmin vedenottokaivosta otettujen näytteiden perusteella. Mikäli kaivon veden laadussa havaitaan likaantuminen, on vahinko edennyt pitkälle. Likaantuneen maaperän puhdistaminen on usein vaikeaa ja kallista. Pohjaveden likaantumisvaara on suuri sellaisilla hiekka- ja sora-alueilla, jotka läpäisevät hyvin sekä vettä että lika-aineita. Erityisen riskialttiita ovat alueet, joissa pohjavesi on lähellä maanpintaa tai joissa pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvan soranoton seurauksena on pohjavesilammikoita.



Kuva 6. Vuotava jätevesiviemäri vedenottamon läheisyydessä aiheuttaa vesiepidemiariskin.

Pohjavesialueella olevien toimintojen ja olosuhteiden aiheuttamia riskejä pohjavesille arvioidaan pohjaveden suojelusuunnitelmissa ja vesilaitoksen on syytä perehtyä oman laitoksensa ottamoalueita koskeviin suunnitelmiin ja huomioitava suunnitelmissa havaitut riskit toiminnassaan ja omavalvonnassa. Ellei vesilaitoksen raakavesilähteenä olevalle pohjavesialueelle ole laadittu suojelusuunnitelmaa, vesilaitos voi olla laadinnan aloittamiseksi yhteydessä ympäristönsuojeluviranomaiseen. Vesilaitoskin voi tiedottaa pohjavesialueella toimivia, esimerkiksi maatiloja, asukkaita ja teollisuutta, pohjaveden laatua uhkaavista riskeistä ja oikeista toimintatavoista.

Voimakkaan sadannan tai lumen tavanomaista nopeamman sulamisen seurauksena pintavesiä ja niiden mukana mikrobeja voi päästä suoraan tai lyhyen maaperäviipymän vuoksi vedenottokaivoon.

Pohjaveden pinnankorkeuden seuranta on tärkeää. Pohjaveden pinnan aleneminen voi aiheuttaa myös vedenlaadun muuttumista (esimerkiksi rautapitoisuuden kohoamista).

*Pohjavesialueen suojelusuunnitelmasta tulee löytyä tiedot kaikista pohjaveden otolle riskiä aiheuttavista kohteista.*

*Vesilaitoksen käyttöhenkilökunnan pitää tiedostaa riskit ja huolehtia, että riskin toteutuessa osataan toimia oikein (esimerkiksi vedenoton keskeytys kaivosta, suojapumppaus tai kaivon veden laadun tehostettu seuranta).*

*Tulva-aikaan vedenottokaivojen tilanne ja veden laatu on syytä käydä tarkistamassa riittävän usein. Jos jollakin kaivolla riskinä on pintavesien pääsy kaivoon, pitää kaivo mahdollisuuksien mukaan ottaa pois käytöstä. Riskialttiilla alueella olevalla kaivolla pitää aina olla varavedenottoaika.*

*Tulvaveden aiheuttamat riskit vedenottokaivojen vedenlaadulle on arvioitava ennakkolta ja pyrittävä korjaamaan tilanne. Korjaustoimenpiteitä voivat olla mm.:*

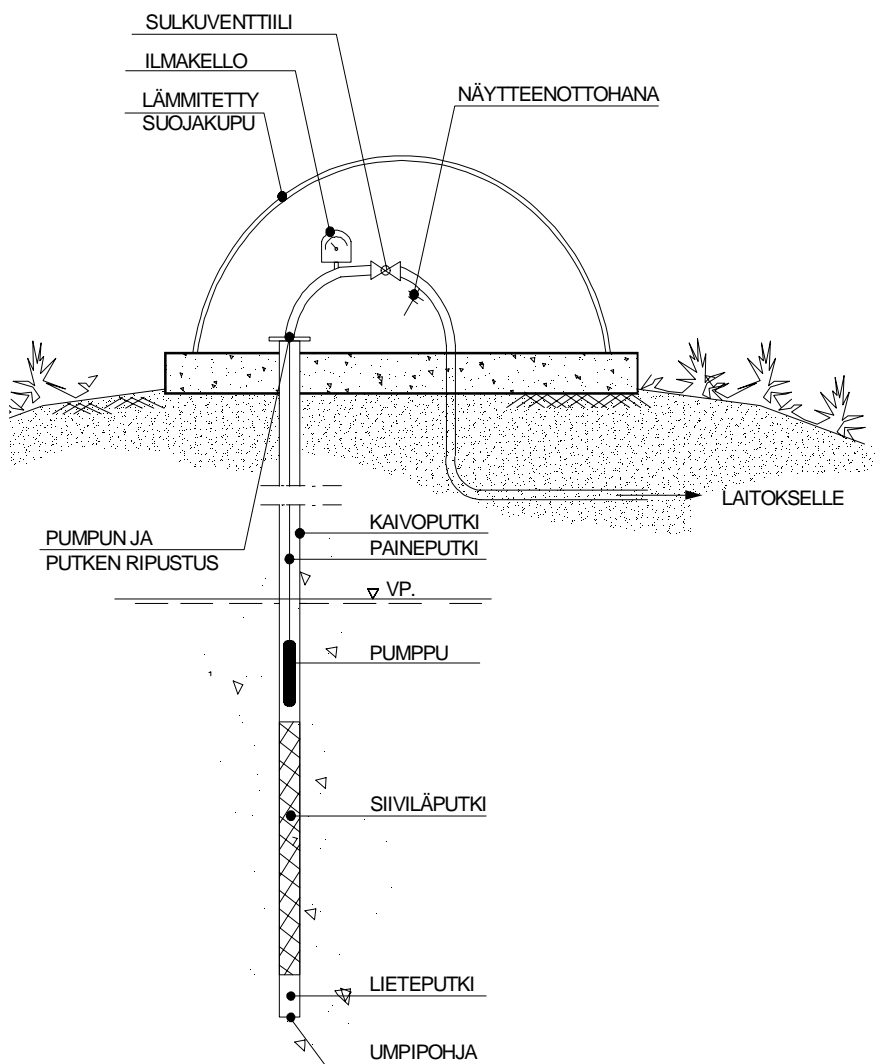
- *kaivon ympäristön korottaminen ja tiivistäminen,*
- *pintavesien ohjaaminen pois ottokaivon läheisyydestä,*
- *kaivon rakenteiden tekeminen vesitiiviiksi,*
- *johtolinjojen ja kaapelikanavien tiiviiden tarkistus,*
- *kaivon kannen tiivistäminen,*
- *kaivon siirtäminen turvallisempaan paikkaan*
- *kaivon läheisyydessä olevien ojien perkaus (tulvimisen estäminen).*

### **3.1.3 Kaivotyypit**

Pohjaveden ottoon käytetään pääasiassa kolmenlaisia kaivoja: kuilukaivoja, siiviläputkikaivoja ja porakaivoja.

Kuilukaivo on tehty joko betonirenkaista tai kaivo valetaan paikalleen. Uusia kuilukaivoja ei juurikaan enää tehdä vesilaitoksille. Vedenlaadun kannalta riskikohteita ovat betonirenkaista rakennetun kaivon renkaiden saumat. Routa tai puiden juuret voivat aiheuttaa kaivonrenkaiden liikkumista ja sauman aukeamista. Sauman aukeaminen voi johtaa pintavesien, lika-aineiden tai pieneläinten pääsemiseen kaivoon.

Siiviläputkikaivo on yleisin kaivotyyppi (Kuva 7). Siiviläputkikaivo tehdään poraamalla maaperään. Kaivon suojaputkessa olevan siivilän kautta vesi kulkeutuu kaivopumpulle, mikä pumppaa veden käyttöön. Suurimmat vedenlaaturiskit aiheutuvat sade- ja sulamisvesien pääsystä kaivoon joko suoraan (esim. kuivatusviemäriin kautta) tai imeytymällä lyhyen matkan karkean soran läpi.



Kuva 7. Esimerkki hyvin toteutetusta siiviläputkikaivosta. Pintavesien pääsy kaivoon estetään luiskauksella.

Kallioporakaivo on pääasiassa pienehköjen laitosten ratkaisu, koska kaivon antoisuus ei yleensä ole suuri. Sade- ja sulamisvesiä saattaa kulkeutua ottokaivoon kallioruhjeita pitkin. Porakaivojen erityisiä terveydelle haitallisia ongelmia voivat olla arseeni ja radon. Kallioporakaivoissa on usein rikkivedyn aiheuttamaa hajua.

### 3.1.4 Ottokaivon veden laatuhäiriöt ja kaivojen kunnossapito

Suurimpia riskejä pohjavesilaitoksella on sade-, sulamis- tai jätevesien pääsy vedenotokaivoon. Veden saastuminen havaitaan usein joko vedenkäyttäjien sairastumisena tai veden valvontatutkimuksissa mikrobien määrän lisääntymisenä. Aistinvaraisesti (veden ulkonäkö, haju, maku) vedenlaadun muuttumista ei yleensä havaita. Raakaveden jatkuvatoiminen sameus- ja happimittaus voi auttaa havaitsemaan veden laadun muutokset.

Vaarattomampia, vaikkakin vedenkäyttäjän kannalta ikäviä vedenlaadun muutoksia, voivat olla veden rauta- tai mangaanipitoisuuksien kohoamiset. Joskus vedessä voi



myös olla epämiellyttävää rikkivedyn hajua (mädäntyneen kananmunan haju). Hajun syynä on veden alhainen happipitoisuus. Ongelmia saattaa esiintyä esimerkiksi kuivaan aikaan, jos pohjaveden virtausolosuhteet muuttuvat.

Kaivojen rakenteet ja kaivoa ympäröivä alue on tarkistettava säännöllisesti ja on tehtävä tarvittavat korjaukset. Kaivon rakenteet pitää tarvittaessa tiivistää, kaivon yläpuoliset rakenteet korjata ja muokata kaivon ympäristöä niin, että vesi viettää kaivolta pois päin. Kaivon lattiakaivon viemäriputken päässä olevien pieneläinverkkojen ja takaisinvirtauksen estävien luukkujen tms. kunto pitää tarkistaa ja ne pitää tarvittaessa korjata.



Kuva 8. Kaivoon voi virrata sulamis- ja tulvavesiä kuivatusputkea pitkin, jos takaisinvirtausta ei ole estetty. Kuvan suojaverkon silmäkoko ei ole riittävä estämään pieneläinten pääsyä kuivatusputkeen.

Riskinä voi olla pieneläinten (jyrsijät, linnut, lepakot) hakeutuminen kaivon yläpuolisiin rakenteisiin. Ilmastointi- ja kuivatusputkiin asennettavilla tiheillä verkoilla estetään pieneläinten pääsy kaivoihin. Parempi vaihtoehto on ilmastointiputkiin asennettu ilman suodatin ja viemäreiden ilman vaihtumisen estäminen. Ilman suodatuksen pitää olla toteutettu niin, ettei kosteus talvella jäädytä suodatinta tukkoon.

### 3.2 PINTAVESI RAAKAVETENÄ

Pintavesilaitosten raakavesi otetaan joko järvestä tai joesta. Jokiveden laatu vaihtelee usein järiveden laatua enemmän ja nopeammin. Jokiveden laatuun vaikuttavat erityisesti luontaiset olosuhteet ja ihmistoiminnot ottopaikalta ylävirtaan, esimerkiksi puhdistettujen jätevesien purkupiste ja maatalous. Järvivesi ei ole yhtä herkkä muutoksille kuin jokivesi, koska suuri vesitilavuus tasaa laadun vaihteluita.

Humuspitoisuus on tyypillistä suomalaisille pintavesille. Humus on maaperästä peräisin olevaa orgaanisen aineksen hajoamistuotetta, joka aiheuttaa veteen ruskeaa väriä. Humuspitoisuutta osoittavat orgaanisen aineksen pitoisuus (TOC), hapettavuus (kemi-

allinen hapenkulutus, kaliumpermanganaattiluku), UV-absorbanssi (UV<sub>254</sub>) sekä väriluku.

Pintavesi puhdistetaan kemiallisella käsittelyllä ja tehokkaalla desinfioinnilla, joten mikrobit eivät normaalisti aiheuta merkittävää riskiä vedenkäyttäjille. Vaihtoehtona pintaveden kemialliselle käsittelylle on tekopohjaveden valmistus.

Pintaveden laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm.:

- Maatalous  
Pelloilta huuhtoutuu pintavesiin humusta ja ravinteita. Bakteereita pääsee pintavesiin eläinten laiduntamisesta ja lietelannan levittämisestä pellolle.
- Metsätalous  
Soiden ja metsien ojitus lisää pintavesien humuspitoisuutta ja ravinteita.
- Jätevesi  
Puhdistettujen yhdyskunta- tai teollisuusjätevesien purkuputkista ja haja-asutuksen jätevesistä voi päästä pintavesiin ravinteita sekä tauteja aiheuttavia mikrobeja. Puhdistamattomia jätevesiä voi päästä vesistöön viemäriverkon tai jätevedenpuhdistamon häiriötilanteessa.
- Liikenne  
Liikenteen onnettomuustilanteet aiheuttavat riskin veden laadulle (kemiaalit, öljy, bensiini).

Veden ravinteet (fosfori ja typpi) aiheuttavat vesistössä leväkasvua lähinnä kesällä, veden ollessa lämmintä. Auringonvalo lisää leväkasvua. Leväkasvu näkyy värillisenä, yleensä vihreänä samentumana vesistössä. Levät aiheuttavat veteen haju- ja makuongelmia. Vaikka vedenkäsittelyprosessi poistaa lähes kaikki levät, jää veteen hajua ja makua ellei käsittelyprosessia ole suunniteltu niiden poistoon.

Syanobakteerit eli sinilevät voivat tuottaa veteen myrkyllisiä aineita. Sinilevät muodostavat usein vihreän maalimaisen kerroksen veden pinnalle. Mikäli pintavedessä on havaittu sinilevää, tulee varmistaa käsittelyprosessin toimivuus.

Ympäristön havainnointi, esimerkiksi visuaalinen sinilevien tarkkailu, on tarpeellista mahdollisten uhkien torjunnassa. Havaitut raakaveden laatua vaarantavat toiminnot on huomioitava vesilaitoksen toiminnassa ja niistä on ilmoitettava terveydensuojelu- tai ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Pintaveden laadun häiriötilanteet (jätevesipäästöt, onnettomuuksien mahdollisuus) on selvitettävä tapauskohtaisesti. Toimenpiteitä voivat olla mm. vedenottoapaikan siirtäminen, varavesilähteen etsiminen tai varautuminen öljyn torjuntaan.



Kuva 9. Torjunta-aineita voi huuhtoutua pelloilta pohja- ja pintavesiin.

*Pintavesi vaatii aina tehokkaan käsittelyn. Tästä syystä pintaveden laadun vaihtelu ei aiheuta yleensä merkittävää mikrobien esiintymisriskiä talousvedessä.*

*Varavesijärjestelyillä varmennetaan laatuvaatimukset täyttävän veden saanti myös häiriötilanteissa.*

## 4 VEDEN KÄSITTELY

### 4.1 VESILAITOSTYYPIT

Vedenkäsittelyn tarkoituksena on poistaa vedestä haitallisia aineita ja mikrobeja sekä vähentää veden syövyttävyyttä. Vedenkäsittelyprosessi riippuu raakaveden laadusta. Pohjavesi vaatii yleensä vähän käsittelyä verrattuna pintaveteen.

Kuvassa 10 on esitetty vesiepidemioissa sairastuneiden lukumäärä vesilaitostyypeittäin Suomessa. Pohjaveden käytöstä sairastuneita oli noin 90 % kaikista. Pohjavesilaitosten vähäisempi vedenkäsittely tekee niistä pintavesilaitoksia haavoittuvampia.



Kuva 10. Vesiepidemioissa vuosina 1998 – 2017 sairastuneiden lukumäärä eri talousveden tuotantojärjestelmissä. (Lähde Terveyden ja hyvinvoinnin laitos)

#### 4.1.1 Pohjavesilaitos

Pohjavesi on yleensä juomakelpoista sellaisenaan (täyttää lainsäädännön asettamat laatuvaatimukset ja –suositukset). Useimmiten pohjavettä kuitenkin käsitellään ennen vesijohtoverkkoon johtamista vesijohtojen, -laitteiden ja -kalusteiden syöpymisen vähentämiseksi ja veden mikrobiologisen puhtauden varmistamiseksi.

Tavallisimmat pohjaveden käsittelymenetelmät ovat:

- alkalointi (pH:n nosto),
- raudan ja mangaanin poisto sekä
- desinfiointi.

Alkaloinnin tarkoituksena on vähentää veden syövyttävyyttä. Alkalointi tarvitaan melkein aina pohjavedelle Suomessa.

Pohjaveden alhainen happipitoisuus aiheuttaa raudan ja mangaanin liukenemista maaperästä veteen. Rautaa ja mangaania poistetaan mm. hapettamalla se saostuvaan muotoon ja hiekkasuodatuksella.

Pohjaveden jatkuva desinfiointi on veden hygieenisyyden varmistamiseksi suositeltavaa, vaikka veden laatu olisi muuten moitteetonta. Jos vettä ei desinfioida jatkuvasti, pohjavesilaitoksella pitää olla valmius aloittaa desinfiointi muutamassa tunnissa.

#### 4.1.2 Tekopohjavesilaitos

Tekopohjavettä valmistetaan, kun luonnollisen pohjaveden tuotto ei riitä tarvittavaan vedenottomäärään. Tekopohjaveden valmistuksessa pintavettä imeytetään joko altaan kautta, maastoon sadettamalla tai rantaimetyksellä pohjavedeksi. Maaperässä vedenottokaivoon kulkeutuessaan vesi puhdistuu lähes luonnon pohjaveden kaltaiseksi.

Imeytetyn veden viipymä maaperässä on usein noin 1-2 kuukautta. Tänä aikana vedestä häviävät mm. haitalliset mikrobit sekä pääosa orgaanisesta humusaineesta. Myös levien aiheuttama haju ja maku häviävät.

#### 4.1.3 Pintavesilaitos

Pintavesi vaatii aina monivaiheisen kemiallisen käsittelyn. Tavanomainen pintavesilaitoksen prosessi käsittää vaiheet:

- Välppäys ja siivilöinti  
karkean kiintoaineen, kalojen tms. poisto
- Saostuskemikaalin ja pH:n säätökemikaalin annostelu ja pikasekoitus
- Hämmennys  
sakkahiutaleiden (flokkien) kasvattaminen helposti erotettavissa olevaksi
- Selkeytys  
sakan erottaminen
- Hiekkasuodatus  
selkeytyksessä erottumattoman kiintoaineen poisto
- Veden hajun ja maun parantaminen  
mm. otsonointi, aktiivihiihisiuodatus
- pH:n säätö  
pH:n nosto verkoston kannalta sopivaksi  
usein myös hiilidioksidin annostelu alkaliteetin ja kovuuden nostamiseksi
- Desinfiointi

Saostuskemikaalin (rautaa tai alumiinia sisältävä kemikaali) annostuksen tarkoituksena on saada kiintoaine ja humus saostumaan poistettavissa olevaksi sakaksi. Sakan mukana poistuu samalla myös merkittävä osa mikrobeista. Saostuskemikaali alentaa veden pH-arvoa, joten yleensä tarvitaan pH:n säätökemikaalia (alkalointikemikaalia) jotta pH ei alenisi liikaa. Prosessi toimii parhaiten tietyssä, lähinnä saostuskemikaalista ja vedenlaadusta riippuvassa pH-arvossa (rautakemikaaleilla n. pH 5).

Hämmennyksessä pikasekoituksessa muodostunut hienojakoinen sakka muodostaa vedestä erotettavissa olevia hiutaleita (flokkeja). Hiutaleet erotetaan selkeytyksessä joko laskeuttamalla altaan pohjalle tai flotaatiolla nostamalla ilman kanssa altaan pinnalle. Suodatus poistaa selkeytyksen jälkeen loput kiintoainekset vedestä. Suodattimien huuhteluiden oikea ajoitus ja suoritus on tärkeää, ettei suodattimien tukkeutuminen ja huuhtelut aiheuta häiriöitä suodatetun veden laatuun.

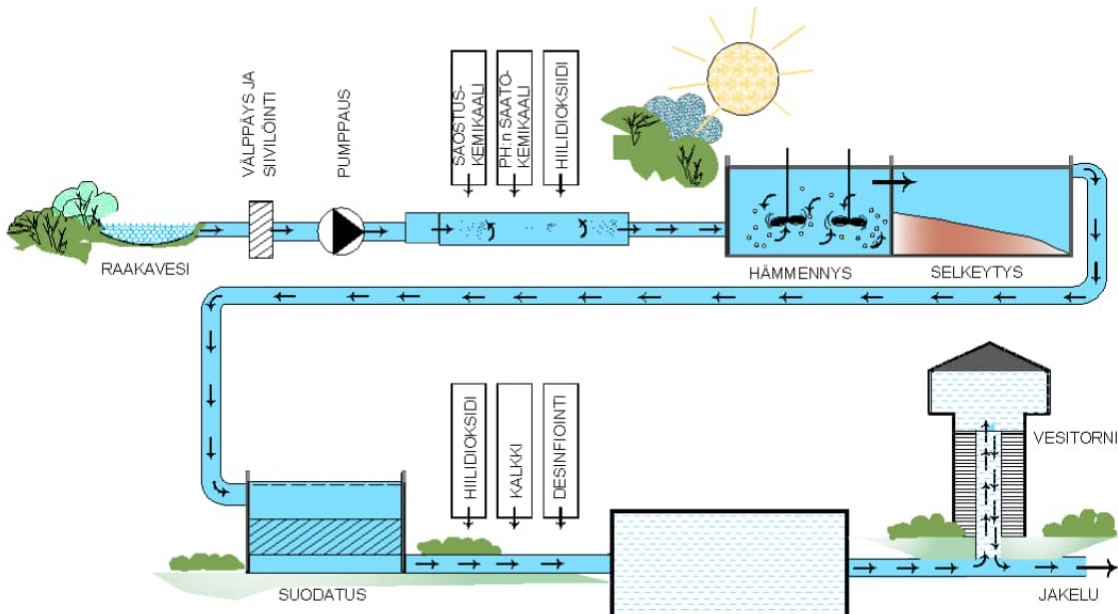
Prosessi sisältää yleensä hajun ja maun parantamista esim. otsonoinnilla ja/tai aktiivihiihisiuodatuksella. Myös hidassuodatusta tai jauhemaisen aktiivihiihisen annostelua voidaan käyttää. Otsonointi hajottaa myös orgaanisia yhdisteitä ja tappaa mikrobeja.

Veden pH:n nostolla prosessin lopussa vähennetään veden syövyttävyyttä.

Verkostoon johdettava vesi desinfioidaan yleensä useammalla menetelmällä (kloori, UV-desinfiointi, otsoni), mutta klooridesinfiointia käytetään pintavesilaitoksilla aina ver-



kostoveden hygieenisuuden varmistamiseksi. Humuksen poisto desinfiointia edeltävissä käsittelyvaiheissa on tärkeää, koska humuspitoista vettä klooratessa muodostuu terveydelle haitallisia orgaanisia klooriyhdisteitä.



Kuva 11. Pintavesilaitoksen prosessi.

## 4.2 TAVALLISIMPIA VEDENKÄSITTELYMENETELMIÄ

### 4.2.1 Yleistä vedenkäsittelykemikaaleista

Vaikka monet vedenkäsittelykemikaalit ovat sellaisenaan terveydelle vaarallisia (mm. natriumhypokloriitti ja lipeä), ne ovat vedessä oikein annosteltuina vaarattomia ja vedenkäsittelyssä välttämättömiä. Laitoksilla tulee olla näkyvillä käyttöturvallisuustiedotteet kaikille käytettäville kemikaaleille. Työntekijöiden on tiedostettava ja osattava kemikaalien käsittelyn riskit ja käsittelyn oikeat toimintatavat sekä ymmärrettävä kemikaalien ali- ja yliannostelun vaikutukset.

Kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteessa tärkeitä tutustuttavia kohtia ovat mm.:

- Vaaran yksilöinti: suojusvarusteet, vaikutukset nieltynä, iholla, silmiin tai keuhkoihin joutuneena, tms.
- Ensiaputoimet
- Palontorjuntatoimenpiteet
- Toimenpiteet onnettomuuspäästöissä
- Käsittely ja varastointi
- Altistumisen ehkäiseminen ja tarvittavat henkilösuojaimet
- Reaktiot eri materiaalien kanssa

Kemikaalien käytössä on varmistuttava, ettei kemikaalisäiliöstä, annostusletkuista tai –pumpuista pääse valumaan vuototilanteessa kemikaaleja tiloihin (esimerkiksi alavesisäiliöön), joissa niistä olisi haittaa. Riskiä pienentää mm. kemikaalisäiliön alla oleva suoja-allas, johon mahtuu koko kemikaalisäiliön tilavuus. Myös kemikaalin pääsy luontoon on estettävä. Kemikaalien siirtoon liittyvät riskit on myös tiedostettava. Käsittelykemikaalien on oltava vesilaitoskäyttöön tarkoitettuja.

#### 4.2.2 Alkalointi (pH:n nosto)

Veden syövyttävyyttä vähennetään nostamalla veden pH-arvoa emäksiselle alueelle alkaloinnilla. Vesi on neutraalia kun sen pH-arvo on 7. Happamassa vedessä pH on alle 7 ja emäksisessä yli 7. Alkaloinnissa käsitellyn talousveden pH pyritään tavallisesti nostamaan mahdollisimman tasaiseen arvoon välille 7,5 – 8,5.

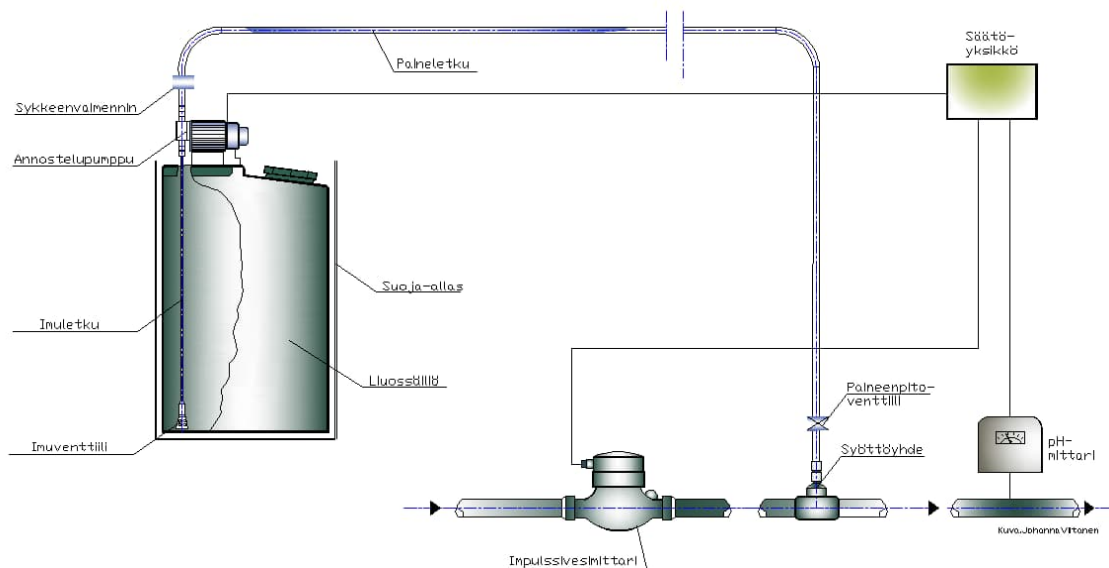
Alkalointikemikaaleiksi kutsutaan vesilaitoksilla käytettäviä kemikaaleja, jotka nostavat veden pH-arvoa. Näitä kemikaaleja ovat: lipeä (natriumhydroksidi, NaOH), sooda (natriumkarbonaatti, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) tai kalkki (vesilaitoskalkki, kalsiumhydroksidi, Ca(OH)<sub>2</sub>). Vaihtoehtoisesti pH:n nostoon voidaan käyttää kalkkikivisuodatusta tai ilmastusta. Sopivin alkalointimenetelmä riippuu veden laadusta.

Kalkki ja kalkkikivi nostavat veden kovuutta, koska ne sisältävät kalsiumia (Ca). Lipeä ja sooda eivät vaikuta veden kovuuteen. Liian korkea kovuus (kalsiumpitoisuus) aiheuttaa haitallisia kalkkisaostumia lämminvesilaitteisiin. Mitä korkeampi veden kovuus on, sitä alempi veden pH:n tulee olla saostumien ehkäisemiseksi.

Lipeä ja sooda annostellaan valmistamalla niistä määrätyn väkevyinen syöttöliuos ja annostelemalla liuosta tietty määrä veteen. Annostuksen onnistumista voidaan valvoa pH-mittauksella. Mikäli pH-arvo ei ole vakaa (vaihtelee esim. yli 0,1 - 0,3 pH-yksikköä), syy vaihteluun tulisi selvittää ja korjata tilanne. Lipeää annosteltaessa pH-muutos on jyrkkä, kun pH on välillä 8,0 - 9,0 (ks. liite 3). Alkalointikemikaalia tarvitaan sitä enemmän mitä korkeampi veden hiilidioksidipitoisuus on.

Kemikaalia voidaan annostella virtaamaohjauksella, pH-ohjauksella, virtaamaohjauksella yhdistettynä pH-korjaukseen (Kuva 12) tai kytkemällä kemikaalin annostelu raakavesipumppujen käyntiin. Annostuksen ohjaukseen liittyvät kemikaalien yliannostusriskit on tiedostettava (luku 4.3.1 ja liite 5). Annostelun tarkkuuden varmistamiseksi on suositeltavaa ohjata annostelua virtaamaohjauksella yhdistettynä pH-ohjaukseen. Annostelussa käytetty pH-ohjaus korjaa pientä annostusliuoksen pitoisuuden tai raakaveden laadun vaihtelusta aiheutuvaa annostustarpeen vaihtelua. Kemikaaliannostelun ohjaus ainoastaan raakavesipumppujen käynnin perusteella on altis yliannostuksille. Kaikissa ohjaustavoissa yliannostusriskiä pienentää pH-mittari, joka hälyttää ja katkaisee annostuksen pH:n noustessa liian korkeaksi. Seurannan pH-mittarin tulee olla eri kuin annostusta säättävä mittari.

Kemikaalin annostussäiliön laimennusveden putki ei saa ulottua liuokseen asti (astian yläreunan yläpuolella oltava vähintään 50 mm ilmaväli) takaisinvirtauksen estämiseksi.



Kuva 12. Virtaamaohjattu ja pH-korjattu kemikaalin annostus.

#### 4.2.3 Kalkkikivisuodatus

Kalkkikivialkalointi on yleistynyt pohjavesilaitosten alkalointimenetelmänä, sillä se on varmatoiminen ja turvallinen. Veden pH ei voi nousta siinä terveydelle haitallisen korkeaksi. Kalkkikiven kulutus on sitä suurempaa mitä enemmän vedessä on neutraloivaa hiilidioksidia.

Kalkkikivisuodatus voidaan toteuttaa joko avoaltaalla tai painesuodatuksella. Menetelmän soveltuvuus tulee tarkistaa vesianalysein ennen toteutusta. Joskus on tarpeellista poistaa hiilidioksidia ilmastamalla ennen kalkkikivisuodatusta.

Oikein mitoitettussa kalkkikivisuodatuksessa veden pH pysyy hyvin vakiona. Kalkkikivisuodatettu vesi saattaa aiheuttaa liiallista kalkan saostumista lämminvesilaitteisiin. Tämä voidaan välttää alentamalla vesilaitokselta lähtevän veden pH:ta.

Kalkkikivisuodatus voi poistaa vedestä rautaa ja mangaania. Kalkkikivisuodatus ei poista vedestä haitallisia mikrobeja. Likainen kalkkikivi tai suodattimien likaantuminen saattaa sen sijaan heikentää veden hygieenistä laatua ja aiheuttaa terveysriskiä vedenkäyttäjille.

Kalkkikiven likaantuminen voi tapahtua:

- kalkkikivirouheen valmistuksen ja varastoinnin aikana tuotantoalueella,
- kuljetuksessa vesilaitokselle,
- suodattimien täytön aikana tai
- vesilaitoksella käytön aikana.

Mikrobien ja levien kasvua ehkäistään suojaamalla altaat likaantumiselta ja valolta. Uusi kalkkikivi on aina huuhdeltava tehokkaasti ilma-vesihuuhtelulla kunnes huuhteluvesi on kirkasta. Kalkkikivi pitää desinfioida ennen käyttöönottoa. Desinfiointissa käytetään klooripitoisuutta 50 mg/l ja klooripitoisen veden annetaan seistä suodattimessa 24 tuntia. Jos vaikutusaikaa lyhennetään, pitää klooripitoisuutta nostaa. Desinfiointi voidaan toteuttaa myös puhtaalla höyryllä.



Kalkkikivisuodatin on huuhdeltava ilma-vesihuuhtelulla määrävälein. Huuhtelutiheys vaihtelee paljon eri laitoksilla ja siihen vaikuttaa mm. alkaloitavan veden rauta- ja mangaanipitoisuus. Oikea huuhtelutiheys pitää hakea laitoskohtaisesti. Kalkkikivisuodatin pitää huuhdella, jos esimerkiksi suodatetun veden sameus ja/tai rauta- ja mangaanipitoisuus nousevat. Kalkin lisästarve riippuu kalkkimäärästä ja sen kulumisesta. Lisäystarve havaitaan veden pH:n alenemisena ja/tai pH:n vaihtelun kasvamisena. Kalkin lisäyksen jälkeen suodatin on aina huuhdeltava ja desinfioitava.

#### **4.2.4 Desinfiointi**

Desinfioinnilla tarkoitetaan haitallisten, tautia aiheuttavien mikrobien tuhoamista. Desinfiointi voidaan tehdä kloorikemikaalilla (mm. natriumhypokloriitti) tai UV-käsittelyllä (säteilyttämällä ultraviolettivalolla).

Pintavesilaitoksilla desinfiointi tarvitaan aina ja myös tekopohjavesilaitoksilla desinfiointi on syytä olla. Pohjavesilaitoksillakin jatkuva desinfiointi on suositeltavaa ja desinfiointilaitteiston pitää ainakin olla käyttöön otettavissa, sillä etenkin rankkasateiden ja tulvien takia myös pohjavesiin voi päästä tautia aiheuttavia mikrobeja.

#### **Klooridesinfiointi**

Klooridesinfiointi tehdään annostelemalla kloorikemikaalia (natriumhypokloriitti, kaasukloori, klooridioksidi). Yleisesti käytetään myös klooriamiinikloorausta, jossa kloorikemikaalin lisäksi annostellaan ammoniumlähdettä (ammoniumsulfaattia tai ammoniakkaa). Tavoitteena klooriamiinikloorauksessa on muodostaa sidottua klooria. Sidottu kloori säilyy vapaata klooria paremmin verkostossa, mutta on desinfiointiteholtaan huonompi.

Klooridesinfioinnista jää veteen kloorijäännös, joka turvaa veden hygieenisyyttä vesijohtoverkostossa. Laitoksen käyttöhenkilökunnan tai vesilaitoksen vastuuhenkilön täytyy tietää oikea kloorijäännös, joka on yleensä alle 1 mg/l. Klooripitoisuutta vedessä seurataan käsikäyttöisellä tai jatkuvatoimisella kloorin mittalaitteella.

Orgaanista ainetta sisältävän humuspitoisen veden klooraus tuottaa veteen terveydelle haitallisia (syöpää aiheuttavia) yhdisteitä (desinfioinnin sivutuotteita). Siksi orgaanista ainetta poistetaan vedenkäsittelyssä ennen kloorausta.

Kaikilla vesilaitoksilla pitää olla valmius ja osaaminen aloittaa tarvittaessa klooridesinfiointi kuudessa tunnissa. Tilapäisessä kloorauksessa käytettävien laitteiden käyttöä ja toimivuutta pitää testata säännöllisin välein ja kloorauksen toteutuksen ohjeiden pitää olla helposti saatavilla. Natriumhypokloriitin hankinta tilapäistä kloorausta varten pitää selvittää ja kemikaalin annostelu miettiä ennalta. Siirrettävää kloorauslaitetta käytettäessä pitää huolehtia, että kohteissa on sopivat kloorin syöttöyhteet ja sähkönsaanti. Laitoksella tulee olla laitteisto (kloorikomparaattori, fotometri tai jatkuvatoiminen mittalaitte) veden klooripitoisuuden mittaukseen.

Desinfiointia käytetään verkostoon johdettavan veden käsittelyn lisäksi myös mm. vesijohtojen ja vesisäiliöiden puhdistamiseen. Tähän tarkoitukseen käytetään yleensä natriumhypokloriittia.



Kuva 13. Siirrettävä kloorauslaitteisto.

### **Natriumhypokloriitti**

Tavallisin desinfiointiin käytetty kloorikemikaali on natriumhypokloriitti. Kemikaalin klooripitoisuus on yleensä 10 % (noin 115 - 125 g/l klooria). Liuoksen pitoisuus alenee varastoitaessa. Alenemiseen vaikuttaa liuoksen varastointilämpötila. Mitä lämpimässä liuos on, sitä nopeammin klooripitoisuus laskee (ks. liite 4). Myös valon vaikutuksesta hajoaminen nopeutuu. Pitoisuuden aleneminen on huomioitava annostusmäärää kasvattamalla. Natriumhypokloriittiliuosta ei saa säilyttää laitoksella pitkiä aikoja.

Vesikuutiota kohti annosteltava hypokloriittimäärä on varsin pieni, joten tavallisesti kemikaali annostellaan laimennettuna liuoksena. Esimerkiksi pyrittäessä klooripitoisuuteen 0,5 mg/l, 10 % natriumhypokloriittia tarvitaan 4 ml / 1 m<sup>3</sup> vettä. Kemikaalin sekoittuminen laimennusveteen pitää varmistaa, jotta vettä raskaampi natriumhypokloriittiliuos ei kerrostu väkevänä säiliön tai esim. desinfioitavan putken pohjalle.

Hypokloriittia voi sekoittaa lipeä- tai soodaliuokseen, jos erillistä annostelulaitteistoa ei ole. Happojen kanssa natriumhypokloriittia ei saa sekoittaa, sillä ne reagoivat muodostaen hyvin vaarallista kloorikaasua.

## Tehoklooraus

Mikäli vesijohtoverkosto on saastunut mikrobeilla, voidaan tehdä verkoston tehoklooraus. Tehokloorauksessa veden klooripitoisuus on useita milligrammoja litrassa, mutta kuluttajille käyttöön johdettavan veden klooripitoisuus ei saa olla yli 5 mg/l. Uudet putket tehokloorataan ennen käyttöönottoa.

Lisätietoa kloorauksesta on Vesilaitosyhdistyksen julkaisussa Talousveden klooraus.

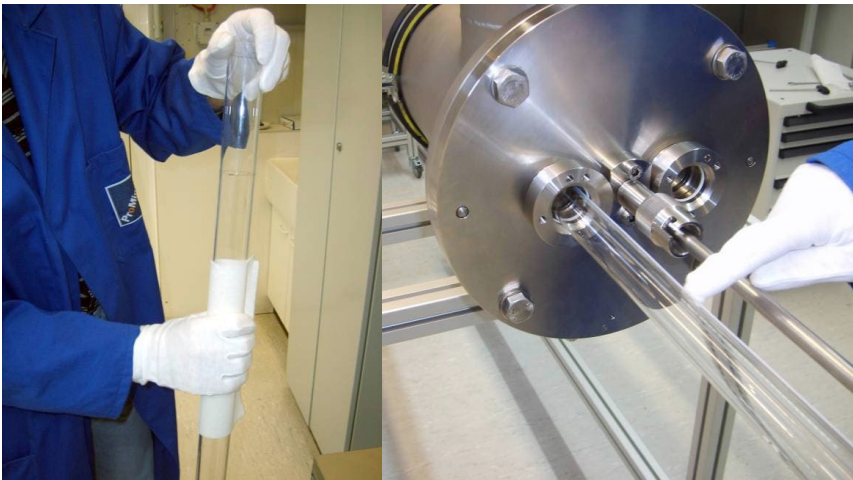
*Perehdy ennen kloorikemikaalin käsittelyä sen käyttöturvallisuustiedotteeseen. Natrium- ja kalsiumhypokloriitti on erityisen vaarallista silmän side- ja sarveiskalvolle. Vakavan tapaturman riski on suuri, jos hypokloriittia ja happoa (tai saostuskemikaalia) vahingossa sekoitetaan keskenään. Tällöin ilmaan vapautuu vaarallista kloorikaasua.*

## UV-desinfiointi

Ultraviolettisäteilytystä käytetään yleisesti verkostoon pumpattavan veden desinfioinnissa. Säteilytys tehoaa hyvin sekä bakteereihin, viruksiin että alkueläimiin. Toisin kuin kloorauksella, laitoksella tehdyllä UV-desinfioinnilla ei ole veden mikrobiologista puhtautta turvaavaa vaikutusta enää verkostossa. UV-desinfiointi soveltuu erinomaisesti mm. pohjavesilaitoksille verkostoon johdettavan veden hygieenisyyden varmistamiseen.

UV-laitteessa vesi virtaa läpi kammion, jossa on yksi tai useampi UV-lamppu. Laite vaatii varsin vähän hoitoa. Menetelmän desinfiointivaikutus on suoraan verrannollinen säteilymäärään (intensiteettiin) ja laitteisto onkin varustettu säteilyn intensiteetin mittarilla. Sameus alentaa käsiteltävän veden UV-valon läpäisevyyttä, mikä pitää huomioida UV-laitteen mitoituksessa. Säteilyn intensiteetti alenee lamppujen suojaputken likaantuessa, joten laitteiston puhtaus pitää varmistaa säännöllisesti. Lamppujen intensiteetti myös alenee vähitellen. UV-lamput vaihdetaan joko säteilyn intensiteetin laskettua tai määrätyn käyttötuntimäärän täytyttyä.

Lisätietoa UV-desinfioinnista on Vesilaitosyhdistyksen julkaisussa Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla.



Kuva 14. Vesilaitokselle asennettu UV-laite. UV-laitteen lampujen suojaputket vaativat puhdistusta.

## 4.3 LAATUHÄIRIÖT VESILAITOKSELLE

Verkostoon johdettavan talousveden laatuhäiriöt voivat aiheutua raakaveden laatumuutoksista tai käsittelyprosessin häiriöistä. Raakaveden saastumista on käsitelty kohdassa Vedenhankinta (luku 3).

### 4.3.1 Kemikaaliannostuksista johtuvat laatuhäiriöt

Liian suuri alkalointikemikaalin annostus voi aiheuttaa terveysriskin vedenkäyttäjälle. Tässä suhteessa lipeä ja kalkki ovat erityisen vaarallisia. Vedestä katsotaan aiheutuvan terveysriskiä, jos veden pH on 9,5 tai korkeampi. Korkea pH-arvo voidaan todeta pH-mittarilla tai havaita veden sameutena, vaahtoamisena tai liukkautena. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että alkalointikemikaalin virhesyöttö on vaarallinen, jos annostus on kaksinkertainen tai suurempi verrattuna normaaliin annostukseen.

Desinfiointikemikaalin esim. natriumhypokloriitin liian suuri annostus on terveysriski. Kloorin haju voi osoittaa ylisyötön, mutta aistinvarainen havainto on epävarma, sillä kloori haistaa jo pieninä pitoisuuksina, eikä nenä erota suurta ja pientä annosta. Haitallinen klooripitoisuus on 5 mg/l tai suurempi. Yleensä annosteltava pitoisuus on alle 1 mg/l. Liian alhainen natriumhypokloriitin annostus tai annostuksen keskeytyminen puo-

lestaan heikentää mikrobien tuhoutumista ja aiheuttaa riskin veden hygieeniselle laadulle.

Kemikaalien yliannostusriskit riippuvat kemikaaliannostuksen ohjausjärjestelmästä. Liitteeseen 5 on kerätty tavallisimpia syitä kemikaalien yliannostuksiin ja toimenpiteitä yliannostusten estämiseksi.

Yleisiä ohjeita kemikaaliannostuksen yliannostusriskien vähentämiseksi:

- Liuoksen valmistusohjeet annostussäiliön viereen
- Kemikaalin laadun ja iän varmistus (kuormakirja, etiketti) aina uuden kemikaalierän käyttöönoton yhteydessä
- Veden laadun varmistus (pH, klooripitoisuus) aina uuden liuoserän käyttöönoton yhteydessä
- Kemikaalin huolellinen sekoittaminen
- Omien mittareiden tulosten vertaaminen laboratoriotuloksiin
- Varmatoiminen annostusjärjestelmä
- Annostusjärjestelmän säännöllinen huolto
- pH-mittarin elektrodin säännöllinen puhdistus ja kalibrointi, tarvittaessa elektrodin vaihto
- Annosteluun liittyvien riskien selvittäminen riskikartoituksella, tarpeellisten muutosten toteuttaminen

*Vesilaitoksilla käytetään myrkyiksi luokiteltavia kemikaaleja (esim. lipeä ja natriumhypokloriitti). Ne ovat oikein annosteltuina välttämättömiä ja täysin vaarattomia vedenkäyttäjille.*

*Esimerkiksi tavanomaisella annostuksella veteen muodostuu lipeästä leivinsoodaa. Yliannostustapauksessa tilanne muuttuu. Yliannostuksessa veteen jää lipeää.*

*Yliannostus aiheutuu yleensä joko laiteviasta tai inhimillisestä erehdyksestä. Kaikkien laitosta käyttävien henkilöiden tulee olla riittävästi perehtyneitä laitteiden ja kemikaalien käyttöön sekä riskitekijöihin. Ongelmia voi tulla vakituisen käyttöhenkilön poissa ollessa (lomalla tms.) ja siksi myös sijaisten pitää perehtyä kemikaalien käyttöön ja annosteluun.*

#### **4.3.2 Pintavesilaitoksella esiintyvät laatuhäiriöt**

Pintavesilaitoksella esiintyvät häiriöt ovat yleensä helpommin havaittavissa kuin pienillä pohjavesilaitoksilla. Avoaltaissa veden laatua voi tarkastella silmämäärin. Lisäksi pintavesilaitoksella on usein parempi vedenlaadun seuranta vaativamman vedenkäsittelyn takia.

Pintavesilaitoksella saostuskemikaalin syötössä voi tapahtua häiriöitä. Esimerkiksi jos kemikaalin annostus jää liian alhaiseksi, selkeytys ei toimi kunnolla. Saostuskemikaalin syöttöhäiriön havaitsee mm. selkeytetyn veden sameutena ja ruskeana värinä.

Selkeytystä heikentävät virheellinen hämmennyksen pH, väärä kemikaaliannostus, puutteellinen pikasekoitus ja huono hämmennys. Huono selkeytystulos lisää hiekkasuodatuksen kuormitusta.

Hiekkasuodatuksen häiriötilanne voi heikentää myöhempien prosessivaiheiden toimintaa ja klooridesinfointia. Häiriötilanne ilmenee esimerkiksi kohonneena suodatetun

veden sameutena. Syitä häiriöön voivat olla mm. puutteellinen suodattimien huuhtelu, hiekkasuodattimien suuttimien tukkeutuminen tai rikkoutuminen.

### 4.3.3 Toimenpiteet vedenlaadun häiriötilanteessa

Vesilaitoksella tarvitaan nopeita toimia esimerkiksi kun:

- saadaan tietoja sairastapauksista, joiden epäillään aiheutuvan talousvedestä,
- vastaanotetaan tavanomaista enemmän kuluttajavalituksia veden laatuhäiriöstä,
- havaitaan, että käsittelykemikaalia on päässyt veteen liikaa,
- havaitaan, että veden puhdistuksen kannalta välttämättömän kemikaalin syöttö on pysähtynyt,
- raakaveteen epäillään päässeen jätevettä tai muuta terveydelle mahdollisesti vaaraa aiheuttavaa ainetta, jota käsittelyprosessi ei poista,
- veden ulkonäkö, haju tai maku on muuttunut epänormaaliksi,
- raakavesi on muuttunut sellaiseksi, ettei puhdistusprosessi toimi tai
- veden laadun analyysitulokset viittaavat saastumiseen.

Häiriötilanne saattaa tulla huonoimpaan mahdolliseen aikaan, esimerkiksi viikonloppuna tai lomakaudella. Häiriötilanteesta selviää helpoimmin, jos toimenpiteet on suunniteltu ja käyty läpi etukäteen. Välittömästi tehtäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi:

Tilanteen arviointi

- Arvioidaan häiriön vakavuus (sairastumisriski, muut haitat)
- Arvioidaan alustavasti häiriön aiheuttaja ja laajuus

Tiedottaminen

- Otetaan yhteys vesilaitoksesta vastaavaan henkilöön, joka ottaa tarvittaessa yhteyden terveydensuojeluviranomaiseen sopiakseen tiedottamisesta vedenkäyttäjille, veden käytön rajoituksista (keittokehotus, käyttökielto, tms.) ja ilmoittamisesta terveyskeskukseen.
- Huolehditaan sisäisestä tiedottamisesta, jotta osataan toimia oikein tilanteen korjaamiseksi.

Tekniset toimenpiteet

- Estetään häiriötä aiheuttavan toiminnan jatkuminen (pysäytetään kemikaalipumppu, muutetaan vedenottoaikkaa, kytketään varavoimakone tms.).
- Otetaan vesinäytteet laboratorioon toimitettavaksi. Näytteenoton yhteydessä tehdään pikatutkimus (ulkonäkö, haju, pH).
- Tehdään muut tarpeelliset toimenpiteet (huuhtelut, säiliön tyhjennys, kloorauksen aloittaminen).
- Otetaan käyttöön varajärjestelmä, mikäli siihen on mahdollisuus ja tarvetta.

Laitoksella tulee reagoida laitteistojen (esimerkiksi pH-mittarin) hälytyksiin heti. Hälytysrajojen ylitys on merkki häiriöstä.

Toiminta erilaisissa vedenlaadun häiriötilanteissa pitää suunnitella etukäteen ja koota esimerkiksi häiriötilanteessa helposti hyödynnettäviin toimintakortteihin. Vesihuoltopöytäkirjan julkaisun Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen liitteenä on esitetty toimintakorttimalleja erilaisiin häiriötilanteisiin.

*Vesilaitoksella tulee olla toimintaohjeet häiriötilanteita varten. Häiriötilanteen havaitsemisen jälkeen tulee ensin selvittää häiriökohta ja tilanteen vakavuus sekä alueellinen laajuus. Toimenpiteet ja tiedottamisen laajuus riippuvat häiriöstä.*

*Sade-, sulamis- ja jätevesien mukana voi päästä pohjavesiin tautia aiheuttavia mikrobeja.*

*Kemikaalien virheelliset annostukset ovat melko yleisiä etenkin pienehköillä pohjavesilaitoksilla. Kemikaaliannostuksen varmatoimisuuteen pitääkin kiinnittää erityistä huomiota.*

*Laitoksen varautumissuunnitelmassa esitetään häiriöitä aiheuttavien tekijöiden, esim. raakaveden saastuminen, laiterikot (pumput, pumpun yksisuunta-venttiili, pH- ja virtaamamittarit, annostusjärjestelmä, automaatiojärjestelmä), sähkökatko, vaikutus vedenlaatuun ja toiminta tilanteen korjaamiseksi sekä huoltotarpeet.*

*Jokainen laitoksella työskentelevä voi omalla toiminnallaan ehkäistä laatuhäiriöitä ilmoittamalla normaalista poikkeavista tilanteista ja laitteiden vikaantumista välittömästi.*

*Aina, kun epäillään veden aiheuttavan terveyshaittaa, pitää ottaa yhteyttä terveydensuojeluviranomaiseen.*

## **4.4 HYGIENIA VESILAITOKSELLE**

Vesilaitosrakennusten tulee olla tarkoitukseen sopivassa kunnossa, siistejä ja puhtaita. Vesilaitoksella ei saa varastoida mitään ylimääräistä, ainoastaan vesilaitoksen päivittäisen käytön kannalta tarvittavia tarvikkeita ja välineitä.

Mikäli vesilaitoksella on avoaltaita tai vesi on kosketuksessa ilman kanssa, riski veden saastumiselle niiden kautta on olemassa. Puhdasvesialtaiden veden saastuminen on erityisen vaarallista. Vesi voi saastua:

- ulkoilman epäpuhtauksista,
- sadevesien pääsystä veteen,
- likaisista käsistä, vaatteista, kengistä, työkaluista tai näytteenottovälineistä,
- eläinten pääsystä allastiloihin (esimerkiksi hiiret),
- vesilaitoksella käytetyistä kemikaaleista,
- tahallisesta saastuttamisesta tai
- huonetilan pölystä.

### **4.4.1 Työntekijöiden hygienia**

Vesilaitoksella työskennellessä pitää kiinnittää huomiota jalkinehygieniaan ja työvaatetukseen. Saman henkilön työskentelyä jätevesi- ja puhdasvesijärjestelmissä tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. Henkilöiltä, jotka työskentelevät sekä jätevedenpuhdistamoilla että vesilaitoksissa, edellytetään erityistä huolellisuutta. Jätevedenpuhdistamon vedessä ja lietteissä ja niiden roiskeissa on haitallisia mikrobeja (vaarallisia esimerkiksi salmonella ja Hepatiitti A-virus).

Vesilaitosten johdon tulee varmistua, että:

- henkilöstölle on annettu selkeät ohjeet vesilaitostoimintaan,
- henkilöstöllä on käytettävissä asianmukaiset työvaatteet ja suojaruuvitukset ja
- henkilöstön terveydentilaa seurataan työterveyshuollossa säännöllisesti.

Vatsatautia sairastavan pitää pidättäytyä vesilaitoksen työtehtävistä oireiden aikana ja noin vuorokausi oireiden päättymisen jälkeen. Töihin palaamisen jälkeen on noudatettava erityistä huolellisuutta.

On suositeltavaa, että vedenottamoilla on käsienpesupaikka pesu- ja desinfiointiaineineen ja kertakäyttöpyyhkeineen. Työjalkineiden vaihtaminen tai kenkäsuojien käyttö vesilaitoksella voi olla tarpeellista.

#### **4.4.2 Prosessi ja tilat**

Avoaltaiden vesi on alttiina saastumiselle. Mikäli laitoksella on avonaisia altaita, vesi suositellaan desinfioitavaksi. Puhtaan veden kanssa kontaktissa olevan ilman on oltava suodatettua (mm. ilmastimet, kalkkikivialtaat, ala- ja ylävesisäiliöt). Puhtaalla vedellä tarkoitetaan tässä vettä, jota ei enää käsitellä epäpuhtauksien poistamiseksi ennen verkostoon johtamista. Vesilaitostilojen on oltava puhtaita ja pölyttömiä. Tilojen pesu-vesiä tai kemikaaleja ei saa päästä missään tilanteessa alavesisäiliöön tai altaisiin, joissa on puhdasta vettä. Altaiden päällä ei saisi olla sellaisia kulkureittejä (mm. ritiläta-soja), joilta lika-aineita voi päästä veteen. Mikäli altaiden päällä on ritiläta-soja, tulee jalkineiden olla puhtaat tai jalkineiden päälle tulee laittaa suojapussit.

Mikrobi- ja leväkasvun estämiseksi suodatinaltaat pitää suojata likaantumiselta ja valolta.

Laitoksilla on oltava toimintaohjeet hyvän hygienian ylläpitämiseksi. Toimintaohjeissa on mainittava erityisen riskialttiit kohdat sekä toimenpiteet hygieenisuuden varmistamiseksi. Mikäli riski on ilmeinen, vesi on desinfioitava.

Pinnoitus- ja maalaustöistä voi vesilaitoksen ilmaan joutua niin paljon kemikaaleja, että tämä aiheuttaa veteen hajua tai makua avoaltaiden kautta. Kunnossapidosta aiheutuva riski on otettava huomioon töiden suunnittelussa (ilmanvaihto, altaiden suojaus).



## 5 VESIJOHTOVERKOSTOT

### 5.1 VERKOSTON VAIKUTUS TALOUSVEDEN LAATUUN

Verkostolla ei saa olla haitallista vaikutusta talousveden laatuun. Mahdollisia muutoksia ovat mm. bakteerikasvu (hajua ja makua) ja rautapitoisuuden nousu verkostokorroosion vaikutuksesta. Veden kloorijäännös alenee ja kloori voi reagoida veden orgaanisten aineiden kanssa muodostaen hajua tai makua aiheuttavia aineita.

Jos raakavedessä on mangaania tai rautaa, niitä saostuu verkostoon. Verkostoon tulleet saostumat lähtevät paineen ja virtauksen vaihtelun seurauksena ajoittain liikkeelle aiheuttaen veden värjäytymisen mustaksi tai ruskeaksi. Saostumien muodostumista voidaan estää tehostamalla vedenkäsittelyä ja/tai huuhtelemalla verkostoa säännöllisesti.

Verkostoveden saastuminen voi aiheutua vesisäiliöiden tiiviyden pettämisestä, putkiriikoista tai verkostotöistä. Verkostopaineen laskuun tai verkoston tyhjenemiseen liittyy aina riski verkoston saastumisesta. Mahdollisten lika-aineiden takaisinvirtaus verkostoon pitää estää teknisesti.

### 5.2 VERKOSTOMATERIAALIT JA PINNOITTEET

Talousveden kanssa kosketuksissa olevien putkien ja liitososien pitää soveltua talousvesikäyttöön. Vesijohtomateriaaleista ei saa irrota tai liueta terveydelle haitallisia aineita tai aiheutua veteen hajua, makua tai väriä. Veden laadun tulee säilyä vesijohtossa hygieenisenä ja hyvänlaatuisena. Materiaalin kelpoisuus vesijohtoverkostoon voidaan osoittaa CE-merkinnällä, tyyppihyväksynnällä tai muulla luotettavalla tavalla.

Verkoston putkimateriaaleja ovat muovit (polyeteeni, PVC), harmaa valurauta, pallografiittirauta (SG-rauta), teräs ja asbestisementti. Valurauta- ja teräsputkien sisäpinnoitteita ovat bitumi (vanhoissa putkissa) ja sementtilaasti.

Muoviputkien läpi voi kulkeutua ympäröivästä maaperästä hajua ja makua aiheuttavia aineita. Tällaisia aineita voivat olla mm. öljyt, liuottimet, erilaiset kemikaalit sekä mädäntymistuotteet. Riskialueita ovat mm. vanhat huoltoasema-alueet, teollisuusalueet, kaatopaikat, suot ja mutapohjaiset järvet. Ongelmat tulevat esiin lähinnä pienissä putkissa (halkaisija alle 100 mm), joissa on pitkät viipymät. Nämä asiat tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, niin että kyseisissä kohteissa käytetään haitta-aineita läpäisemättömiä putkimateriaaleja.

Ala- ja ylävesisäiliöissä tavallisimmin käytetty materiaali on betoni. Betoni ei vaadi pintakäsittelyä. Myös mm. terästä on käytetty vesisäiliöiden runkomateriaalina.

## 5.3 VERKOSTOTYÖT

### 5.3.1 Verkostomateriaalien varastointi ja kuljetus

Putkien, osien ja muiden tarvikkeiden kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä on noudatettava tuotteen valmistajan antamia varastoimislämpötila-, pinoamiskorkeus- ja muita ohjeita. Tarvikkeiden saavuttua työmaalle ne tulee tarkistaa vielä pintapuolisesti. Vioittuneet ja kelpaamattomat tarvikkeet on merkittävä ja poistettava työmaalta.

Verkostoputkia säilytetään yleensä tehtaalta tulevissa pakkauksissa ulkona telineissä suojaressujen tai katosten alla. Sisätiloissa putket ovat paremmin suojassa likaantumiselta, auringonvalolta ja lämmöltä. Varastoalueiden ja telineiden puhtaudesta tulee huolehtia. Eläinten pääsy varastoalueelle tulisi estää mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi lintujen uloste likaa ja levittää samalla haitallisia mikrobeja. Pinnoitteiden ja eristysten säilyvyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kumitiivisteet varastoidaan puhtaissa tiloissa auringonvalolta ja kuumuudelta suojattuna. Samassa varastohuoneessa ei saa säilyttää voiteluaineita, bensiiniä tai liuottimia.

Putken puhtauden varmistamiseksi sen päissä on oltava tulpat varastoinnin ja kuljetuksen ajan sekä työmaalla, kunnes putki asennetaan. Putkiin ei saa tulla varastoinnissa, kuljetuksessa tai kuorman purkutilanteissa pysyviä taipumia, vaurioita tai naarmuja, jotka heikentävät kestävyyttä ja altistavat lian kertymiselle.

Likaantuneet työvälaineet puhdistetaan työpäivän jälkeen ja ennen varastoon laittamista. Vesijohtoverkoston ja viemäriverkoston työkalut sekä työvaatteet on suositeltavaa pitää erillisissä varasto- ja säilytystiloissa. Vesijohto- ja viemäriverkoston työkalujen kuljetusauto tulisi osastoida väliseinärakenteilla. Menettelyllä huolehditaan, etteivät puhtaat ja likaiset työkalut pääse kuljetettaessa kosketuksiin toistensa kanssa.

### 5.3.2 Asennustyöt

Vesijohtoverkoston asennustöissä on veden saastumisriski. Verkostotöitä tehtäessä onkin muistettava, että asennetaan talousveden kanssa kosketuksiin tulevia laitteita.

Asennustöihin liittyvien ohjeiden pitää olla kohteen työselosteessa. Yleisiä ohjeita löytyy esimerkiksi InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 2, Järjestelmät ja täydentävät osat sekä Maahan ja veteen asennettavat kestomuoviputket (RIL 77-2013) julkaisuista. Asennuksessa on noudatettava valmistajien antamia ohjeita.

Yleisperiaatteita asennustöihin:

- Käytettävien työvälaineiden ja laitteiden on oltava puhtaita.
- Vesijohto- ja viemäriasennuksissa käytettäviä työvälaineita ja laitteita on säilytettävä ja kuljetettava erillään siten, että ne eivät pääse kosketuksiin toistensa kanssa.
- Likaantunut työväline pestään pesuaineilla ja desinfioidaan tarvittaessa esimerkiksi klooriliuoksella tai denaturoidulla alkoholilla.
- Työvaatteiden on oltava puhtaat, mielellään eri työvaatteet ja jalkineet vesijohto- ja viemäritöissä. Verkostojen uudisrakennuskohteissa voidaan asennustöitä tehdä samoilla työvaatteilla.
- Käsien puhtaudesta on huolehdittava esimerkiksi käyttämällä puhtaita käsineitä.
- Kaikissa asennustilanteissa on noudatettava annettuja työturvallisuusohjeita.

Seuraavat asennustöiden virheet aiheuttavat vuotoja ja vikoja vesijohtoverkoston:

- Tasauserroksessa tai alkutäytössä oleva kivi tai muu pistekuorma
- Putkien käsittelystä aiheutuneet kolhut
- Tonttihaaran poraaminen taivutettuun putkeen
- Putken siirtyminen mm. alkutäyttömateriaalia kipattaessa, mistä aiheutuu sallittua isompi kulmamuutos muhviin
- Pohjaolosuhteiden riittämätön huomioiminen, painumat
- Epäonnistuneet hitsausliitokset
- Epätasaisesti kiristetyt laippaliitokset
- Tiivisteiden vaurioittaminen asennustilanteessa
- Väärän asennusosan käyttö
- Asennusosaa ei ole asennettu riittävän syväälle

Tonttivesijohtoliittymää ei ole suositeltavaa tehdä samanaikaisesti viemäriliitoksen kanssa. Hygieeniseen lopputulokseen päästään, mikäli eri työryhmät tekevät vesi- ja viemäri liittymät toiminnassa oleviin jakelujohtoihin. Jos sama työryhmä tekee sekä vesi- että viemäri liittymät, tulee erityisesti huomioida työtavat. Tällöin tulisi ensin tehdä vesiliittymä ja sen jälkeen viemäri liittymä. Vesijohtoliitoksen saa tehdä vain puhtailla käsillä tai työkasineillä. Myöskään samaa asennusrasvaa tai rasvanlevitintä (sivellin) ei saa käyttää vesijohto- ja viemäri liittoksiin, koska viemäri liittoksesta voi tulla tautia aiheuttavia mikrobeja rasvaan. Tonttivesijohto on huuhdeltava liittämisen jälkeen huolellisesti.

Myös vesimittarien asentaminen ja vaihtaminen on tehtävä mahdollisimman hygieenisesti. Mittarit on varastoitava ja kuljetettava suojattuna. Vesimittareita säilytettäessä ja kuljetettaessa on varmistettava siitä, että mittarin virtausaukot on tulpattu. Vesimittarien tiivisteitä on aina säilytettävä puhtaissa ja tiiviissä pusseissa. Kunnostetut mittarit tulee pestä ennen käyttöönottoa.

Ilmaventtiileinä käytetään yleensä kaksitoimisia venttiilejä. Mikäli verkosto tyhjentyy ja venttiilistä pääsee ilmaa, kaivon kertynyttä vettä tai muita aineksia vesijohtoon, voi muodostua hygieniariski veden laadulle. Ilmanpoistokaivot ja niiden tyhjennyksen toimivuus tulee tarkastaa säännöllisesti. Viemäriin ilmanpoistoa ei saa sijoittaa samaan laitekaivon vesijohtoon ilmanpoiston kanssa.

Pienet tonttiliitokset tehdään usein porasatulalla. Liitos on hygieeninen, sillä käytössä olevaa vesijohtoa ei tarvitse katkaista tai tehdä paineettomaksi. Kiinnityskohdan, poralaitteen ja liituskappaleen tulee olla puhtaita ennen liittoksen tekoa. Myös tonttiliitokset tulee huuhdella ennen käyttöönottoa. Asentajan tulee tietää, miten vesijohtoputki maassa erotetaan muista putkista virhekytkentöjen välttämiseksi.

### **5.3.3 Uuden putken käyttöönotto**

Uusien putkien asennuksessa huomioitavaa:

- Varastossa tai työmaalla varastoituna olevat putket pitää suojata likaantumiselta putkien päissä olevilla suojatulpilla.
- Tehtaalla asennetut tulpat eivät ole aina vesitiiviitä.
- Lika-aineiden (pintavesien, maa-aineksen) pääsy putkeen pitää estää.
- Kaivannon kuivana pysyminen on varmistettava (myös työtaukojen aikana).
- Työkalujen pitää olla puhtaat.  
Likaantuneet asennustarvikkeet puhdistetaan huolellisesti ennen käyttöä.
- Vioittuneet asennustarvikkeet on välittömästi poistettava asennuspaikalta.
- Hitsauspintojen pitää olla puhtaat, rasvattomat ja kuivat.
- Putkien päät tulpataan vesitiiviisti ja tuetaan työtaukojen ajaksi.

Ennen kuin uudet putket liitetään vesijohtoverkoston ja otetaan käyttöön, on rakennettu johto-osuus puhdistettava, vesitiiveys varmistettava painekokeella, desinfioitava klooripitoisella vedellä sekä lopuksi huuhdeltava. Pitkät ja suuriläpimittaiset siirtovesijohdot on suositeltavaa puhdistaa puhdistuselementeillä (possutus) tai ilma-vesi - huuhtelulla, sillä vesihuuhtelu ei yleensä ole riittävän tehokas poistamaan kaikkea kiintoainesta. Kiintoaineen poisto ennen desinfiointia on tärkeää, ettei kiintoaine alenna desinfiointitehoa. Huuhtelun jälkeen tulee varmistua analyysin verkoston mikrobiologisesta puhtaudesta.

Putkien huuhtelu tehdään vesijohtovedellä esimerkiksi valmistajien ohjeiden tai InfraRyl 2009 mukaan. Verkostoa huuhdeltaessa on hyvä huomioida:

- Huuhtelua suunniteltaessa ilmoitetaan vaikutusalueella oleville vedenkäyttäjille laatuhäiriöiden mahdollisuudesta ja toimenpiteistä laatuhäiriöiden ilmaantuessa.
- Huuhtelutulos on sitä parempi, mitä suurempaa virtausnopeutta käytetään.
- Huuhtelu kestää yleensä 15 – 30 min.
- Huuhtelun lopussa purkautuvan veden täytyy olla silmämäärin täysin kirkasta.
- Huuhtelun päätyttyä varmistetaan palopostin / vesiaseman nousuputken tyhjentyminen, jotta putki ei jäädy.

Desinfiointissa putki täytetään kloorikemikaalia sisältävällä vesijohtoverkon vedellä. Kloorausohjeita löytyy InfraRyl 2009 ja VVY:n Talousveden klooraus julkaisuista. Huuhtelun klooripitoisesta vedestä ei saa aiheutua ympäristöhaittoja. Putken puhtaus tarkistetaan ottamalla desinfiointin jälkeisestä huuhteluvedestä näyte mikrobiologiseen analyysiin.

Taulukko 1. Uuden putken puhdistus ja desinfiointi (Mukaillen Safe Piped Water, WHO 2004, s. 92).

Toimenpide	Menetelmä
Poista putkesta sinne kuulumaton kiintoaine	Elementtipuhdistus ("possutus"), ilma-vesi -huuhtelu tai vesihuuhtelu.
Puhdistustuloksen tarkistus	Juoksuta putkesta vettä. Juoksutetun veden sameuden ja ulkonäön tulee olla sama kuin putkeen menevän.
Desinfiointi	Täytä putki vedellä, jonka klooripitoisuus on 20 – 50 mg/l (esim. 10 % natriumhypokloriittia 170 – 420 ml/m <sup>3</sup> ). Anna kloorin vaikuttaa ainakin 15 – 24 tuntia. Desinfiointitehon parantamiseksi veden pH voidaan alentaa alle 7,5.
Desinfiointituloksen tarkistus	Kloorin vaikutusajan jälkeen tarkista veden klooripitoisuus, oltava vähintään 5 – 25 mg/l.
Putken loppuhuuhtelu	Huuhtele putki huolellisesti kunnes klooripitoisuus on verkostoveden normaalilla tasolla.
Veden juoksutus ennen näytteenottoa	Juoksuta vettä vähintään 24 tuntia.
Näytteenotto	Juoksuta vettä putkesta ja ota näyte. Näytteestä tutkitaan ainakin <i>E. coli</i> ja koliformiset bakteerit sekä sameus ja aistinvarainen laatu. Lisäksi voidaan tutkia pesäkkeiden lukumäärä.
Putken käyttöönotto	Putki voidaan ottaa käyttöön, jos - siinä ei ole koliformisia bakteereita eikä <i>E. coli</i> , - sameus ei poikkeaa normaalista verkostovedestä, - vedessä ei ole vierasta hajua tai makua ja - pesäkkeiden lukumäärä on alle asetetun tavoitteen.

### 5.3.4 Verkostojen huolto ja kunnossapito

Vesijohtoverkostoon ja venttiileihin kertyy saostumia korroosiotuotteista, vedestä saostumalla ja biologisen toiminnan kautta. Saostumat voivat vaikuttaa haitallisesti talousveden laatuun ja verkoston virtausominaisuuksiin. Saostumista voi irrota paineenvaihteluiden seurauksena väriä aiheuttavaa ainesta talousveteen. Sisäpintojen saostumat tarjoavat hyvän kasvuympäristön erilaisille mikrobeille ja estävät verkostoveden kloorin pääsyn saostumien mikrobeihin vaikuttamaan. Saostumakerros kuluttaa klooria, joten kloori häviää nopeammin verkostossa.



Kuva 15. Korroosion aiheuttamia syöpymiä valurautaputkessa.

Veden vaihtuvuus tulisi varmistaa säännöllisin juoksutuksin putkilinjoissa, joissa on pitkät viipymät (esim. kesävesijohtolinjat ja pitkät jakelu- ja siirtojohdot). Vedenlaadun säilymistä verkostossa voidaan edistää huuhteluilla, kunnossapidolla ja saneerauksilla.

Verkostoa voidaan puhdistaa puhdistuselementeillä (possutus) tai huuhtelemalla veden ja paineilman seoksella (ilma-vesi -huuhtelu) tai vesihuuhtelulla. Puhdistuselementtiä liikutetaan putken sisällä huuhteluveden avulla. Elementtejä syötetään useampi peräkkäin, jotta saavutetaan hyvä puhdistustulos. Possutus sopii hyvin mm. muovisten ja sementtilaastipinnoitettujen putkien puhdistukseen. Possutus rikkoo bitumipinnoitettujen rautaputkien korroosiota hidastavat saostumakerrokset. Putkeen laitettavien elementtien on oltava puhtaita (otetaan kääreestä juuri ennen käyttöä) ja niitä on käsiteltävä puhtain käsin tai puhtailla käsineillä. Ilma-vesi -huuhtelussa käytettävän ilman on oltava monivaiheisesti suodatettua ja öljytöntä.



Kuva 16. Elementtipuhdistus (possutus) on tehokas vesijohtojen puhdistusmenetelmä. Kuvassa erilaisia puhdistuselementtejä.

Runkoventtiilien avaamisesta ja sulkemisesta aiheutuu häiriötä verkostoon, mikä voi irrottaa putken seinämistä sakkaa veteen. Verkosto tulee huuhdella palopostista venttiilejä avatessa ja suljettaessa, jotta sameutunut vesi ei pääse kulkeutumaan kiinteistöjen vesilaitteistoihin.

Vesijohtojen saneeraustöistä on julkaistu Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarjassa Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustöiden yleinen työselostus ja määrittämissuositus 2013. Saneerauksessa korostuu erityisesti asennushygienia. Uuden putken asennuksessa huomioitavia asioita ja linjan käyttöönottoa on käsitelty tämä julkaisun luvussa 5.3.3.

Verkostoveden laadun parantamiseksi vanhoja valurauta- ja teräsputkia voidaan pinnoittaa sisäpuolelta sementtilaastilla. Toimenpide poistaa korroosion ja biologisen toiminnan aiheuttamia veden laatumuutoksia. Sementtilaastivuoraus on hyvä menetelmä huonokuntoisten putkien kunnostamiseksi, mikäli putken virtausominaisuudet ovat saostumista johtuen huonontuneet tai verkosto-osalla tapahtuu vedenlaadun heikkenemistä (rautapitoisuuden kasvua).

Sementtilaastivuoratun putken käyttöönottovaiheessa veden pH saattaa nousta haitallisen korkeaksi. Veden pH-arvo tulisi tarkistaa. Normaleissa käyttöolosuhteissa pH on alle 9,5. Mikäli pH on yli 9,5, tulee putkesta juoksuva vettä. Putki voidaan ottaa käyttöön, kun pH on hyväksyttävällä tasolla.

Vanha putki voidaan saneerata mm. myös työntämällä sen sisään muoviputki (pitkäsujutus).

Virtaamamittaustietoja käytetään vuotavien verkoston osien havaitsemiseen. Poikkeuksellisen suuri yöaikainen vedenkulutus viittaa verkostovuotoon. Vuotokohdan löytäminen voi olla vaikeaa, vaikka vuotava osa verkostosta onkin löydetty. Venttiileitä sulkeamalla ja samalla karanjatkoista ääniä kuuntelemalla voidaan vuoto paikantaa kahden venttiilin välissä sijaitsevaksi. Vuotokohdan paikannuksen apuvälineitä ovat mm. maa-mikrofoni ja akustokorrelaattori.

*Verkostojen kunnossapito- ja saneeraustöissä veden saastumisriski on huomattavasti suurempi kuin uudisasennustöissä. Töiden jälkeen putkistot huuhdellaan, tarkistetaan vesitiiveys ja desinfioidaan. Kunnossapidetyn ja saneeratun verkostonosan puhtaus tulee varmistaa ennen putken käyttöönottoa. Vedessä ei saa olla koliformisia bakteereita tai E.Colia.*

*Paineen alentuessa verkoston vuotokohdista voi verkostoon päästä taudinaiheuttajia. Verkoston piilovuodot tulisi löytää ja paikallistaa mahdollisimman varhain, jolloin korjaus voidaan tehdä paineelliseen linjaan.*

### **5.3.5 Putkirikot**

Jos vesijohtoverkoston putkirikko on korjattu korjausmuhveilla paineelliseen vesijohtoon, ei yleensä tarvita erityisiä toimia putkilinjan puhtauden ja hygieenisyyden varmistamiseksi. Sen sijaan tilanteissa, joissa putki on jouduttu tekemään korjausta varten paineettomaksi, on aina hygieeninen riski, koska maa-ainesta ja maaperän likaamaa vettä voi päästä putken sisälle. Puhtaaltakin näyttävä maaperä voi sisältää haitallisia bakteereja. Erityistä vaaraa aiheutuu jätevesiviemärin läheisyydestä.

Putkirikkojen korjauksia tekeville on järjestettävä riittävä koulutus ja opastus sekä kirjalliset toimintaohjeet. Putkirikkojen korjaamisesta on tehty julkaisu (VVY Vesijohtoverkoston putkirikkotilanteet ja niiden hallittu korjaaminen). Myös ulkopuolisten urakoitsijoiden edustajilta on edellytettävä riittävää osaamista.

Periaatteita korjaustyön hygieenisyyden varmistamiseksi:

- Käytä puhtaita työvaatteita ja käsineitä sekä työkaluja ja varaosia.
- Tyhjennä kaivanto vedestä.
- Estä maa-aineksen ja kaivannon veden pääsy putken sisään.

Taulukko 2. Korjatun putken puhtauden varmistaminen (Mukaillen Safe Piped Water, WHO 2004, s. 93 ja Vesijohtoverkoston putkirikkotilanteet ja niiden hallittu korjaaminen, VVY 2011).

Toimenpide	Menetelmä
Korjaus	Korjaustoimenpiteen aikana pyri estämään maa-aineksen tai veden pääsyn putkeen. Desinfioi leikkauspinnat ja liitokset väkevällä klooriliuoksella (esim. 10 % natriumhypokloriitti).
Korjatun verkoston osan huuhtelu	Huuhtele niin kauan, että vesi on kirkasta. Pääsääntöisesti huuhtelu tehdään ensin virtaussuunnassa korjauspaikan alapuolelta ja sen jälkeen yläpuolelta paloposteista ja sammutusvesiasemilta. Jos verkostoon on päässyt kiintoainetta elementtipuhdistus tai ilma-vesi -huuhtelu voi olla tarpeen.
Verkostonosan desinfiointi	Jos korjattuun linjaan on päässyt vettä tai kiintoainetta, se on desinfioitava. Putki desinfioidaan täyttämällä putki klooripitoisella vedellä esim: - 50 mg/l 30 minuuttia tai - 20 mg/l 2 tuntia. Desinfioitua verkostonosaa huuhdellaan kunnes kloori on hävinnyt.
Näytteenotto	Huuhdellusta putkesta otetaan näyte ainakin koliformisten bakteerien ja <i>E. coli</i> n tutkimiseksi.
Käyttöönotto	Putki voidaan ottaa käyttöön, jos siinä ei ole koliformisia bakteereja ja <i>E.colia</i> . Desinfioitu verkostonosa voidaan ottaa käyttöön myös ennen mikrobiologisten analyysien valmistamista, ellei ole syytä epäillä mikrobiologista saastumista.

Jäätynneiden putkien sulatuksessa on käytettävä vain tähän tarkoitukseen varattuja puhkaita letkuja. Letkut on tarvittaessa desinfioitava (ennen talvikauden alkua). Viemäriputkien ja vesijohtojen sulatuksessa käytettävät letkut on pidettävä erillään toisistaan.

Putkirikosta tiedotetaan sen vaikutuksen piirissä oleville veden käyttäjille. Tarvittaessa järjestetään väliaikainen vedenjakelu. Lisätietoja väliaikaisen vedenjakelun järjestämisestä löytyy julkaisusta Opas varavedenjakelun järjestämisestä.

*Asennustöiden valvojan on huolehdittava, että töitä tekevät henkilöt ovat saaneet riittävän koulutuksen ja opastuksen. Perehtyneisyyttä edellytetään myös ulkopuolisilta urakoitsijoilta. Työmenetelmät ja välineet eivät saa vaarantaa vedenlaatua.*

## 5.4 VESISÄILIÖT

Vesisäiliöiden veden saastumisen voivat aiheuttaa mm.

- Ilman välityksellä liikkuvat epäpuhtaudet (pöly, siitepöly)
- Säiliöön pääsevät sadevedet
- Säiliötilaan pääsevät eläimet
- Lähistöllä oleva tulipalo (savunhajuinen vesi)

Säiliön ilmatilan ilma vaihtuu vedenpinnan vaihdellessa. Lisäksi tuulet voivat aiheuttaa ilman vaihtumista. Ilman mukana voi säiliöön päästä mm. pölyä (mikrobeja) ja siitepölyä. Mikrobin lisäksi pölyn mukana säiliöön voi päästä mikrobin kasvua lisäävää orgaanista ainetta.





Kuva 17. Vesisäiliöiden on oltava tiiviitä ja tuloilma on suodatettava. Vesisäiliön toimiminen kuvan mukaisena laitealustana ei ole suositeltavaa.

Sadevedet voivat päästä säiliön veteen vuotavan katon, sadevesiputken syöpymän tai muun rakenteellisen heikkouden kautta. Sadeveden mukana säiliöön voi päästä katolla olleita lika-aineita, kuten lintujen ulosteita.

Säiliötilaan voi päästä lintuja, lepakoita tai oravia hyvin pienenkin reiän kautta. Eläinten ulosteet tai kuolleet eläimet säiliössä aiheuttavat vakavan terveysvaaran.

Vesisäiliön ulko-ovet pitää varustaa asianmukaisella lukituksella ja kulunvalvonnalla. Vesisäiliön oheiskäyttö esim. ravintolana tai antennien laitealustana aiheuttaa riskin vesisäiliön saastumiselle. Mikäli oheiskäyttö kuitenkin sallitaan, pitää vuokralaisten tai oheiskäyttäjien pääsy puhdasvesitiloihin estää lukituksin.

Altaan pohjan puhdistus on ajoittain tarpeen, sillä pohjalle kertyy saostumia. Säiliön puhdistus on hyvä tehdä veden laadusta riippuen vähintään 10 vuoden välein. Säiliöiden puhdistukseen liittyy veden laadun hygieenisistä riskejä sekä työturvallisuusriskejä, joten puhdistamisen toteuttamisesta pitää olla hyvät työohjeet.

Hyvää vedenlaatua ylä- ja alavesisäiliöissä varmistetaan seuraavilla seikoilla:

- eläinten, hyönteisten ja pölyn pääsyn estäminen allastilaan,
- ilmanvaihdon suodatus,
- sadevesien johtamisen ja katon hyvä kunto,
- veden vaihtuvuudesta huolehtiminen sopivalla verkostopumppausohjelmalla ja säiliön rakenteella ja
- säiliön tarkastaminen ja puhdistaminen.

Uusi, kunnostettu tai saneerattu säiliö on puhdistettava huolellisesti esimerkiksi painepesurilla. Säiliön desinfiointi ennen käyttöönottoa on suositeltavaa. Desinfiointi voidaan tehdä ruiskuttamalla säiliön seinät klooripitoisella vedellä (klooripitoisuus esimerkiksi 10 mg/l). Vaihtoehtoisesti säiliö voidaan täyttää klooripitoisella vedellä. Kloorausvaiheessa tulee varmistaa, ettei kloorivettä pääse verkostoon.

Tarkempaa tietoa vesisäiliöiden kunnossapidosta ja desinfioinnista löytyy julkaisusta RIL 264-2013 Vesitornien ja alavesisäiliöiden kunnonhallinta.

*Vesisäiliöiden kunnan säännöllisellä tarkistuksella varmistetaan osaltaan verkoston hygieniää. Mikäli havaitaan säiliön saastumisriski, säiliö on kunnostettava.*

*Ilman kautta tapahtuva saastuminen estetään säiliön tuloilman suodatuksella. Vesisäiliötilaan ei saa olla aukkoja tai rakoja.*

## **5.5 KIINTEISTÖJEN VESILAITTEISTOT**

Vesilaitos vastaa veden laadusta kiinteistön liittymiskohtaan asti. Liittymiskohta on määritelty liittymissopimuksessa. Vesimittarin asentamisen yhteydessä tulee aina asentaa kiinteistön puolelle yksisuuntaventtiili takaisinvirtauksen estämiseksi.

Kiinteistöjen vesilaitteistoista ei saa olla veden takaisinimeytymisriskiä verkostoon (prosessivedet, jätevedenpuhdistamoiden tekniset vedet, pesukoneiden vedet, tms). Talousvedestä laadultaan poikkeavia vesiä käyttävät järjestelmät tulee erottaa talousvesijärjestelmästä ilmavälillä.

Vesimittarin vaihdon yhteydessä tulee aina havainnoida mahdollista tonttijohtovuotoa. Metallisesta tonttijohdosta voidaan tehdä havainnot kuuntelemalla vesimittariventtiiliä yksinkertaisella kuuntelulaitteella.

Kiinteistöjen sisäisissä putkistoissa vesi vaihtuu usein hitaasti. Tällöin on olemassa riski haitalliselle bakteerikasvulle. Vedenlaatu voi heiketä myös muuten (mm. rauta- tai kuparipitoisuuden nousu). Mikäli vedenlaatuongelmia esiintyy, vanha putkisto (esimerkiksi sinkityt teräsputket) voi olla tarpeellista vaihtaa. Tavanomaisia hanavedessä todettuja ongelmia ja niiden syitä on kerätty taulukkoon 3.

Lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla vähintään 55 °C (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistoista, 1047/2017). Luonnosta peräisin oleva Legionellabakteeri voi lisääntyä lämpimän käyttöveden järjestelmissä (rakennusten putkistoissa, putkien liitoksissa, tiivisteissä) ja jäähdytysjärjestelmissä, jos lämpimän käyttöveden lämpötila on 20 – 45 °C. Legionella voi aiheuttaa ihmiselle infektio-taudin jota kutsutaan legionelloosiksi. Ihminen saa tartunnan hengittäessään legionellabakteereja sisältävää aerosolia esimerkiksi suihkussa. Taudinkuva voi vaihdella oireettomasta infektiosta vaikeaan keuhkokuumeeseen.

Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmässä kohdat, joissa veden vaihtuminen on hidasta, on hyvä kasvuympäristö legionellalle. Tärkein legionellan estotoimenpide on lämpimän käyttöveden lämpötilan pitäminen riittävän korkeana kaikkialla järjestelmässä.

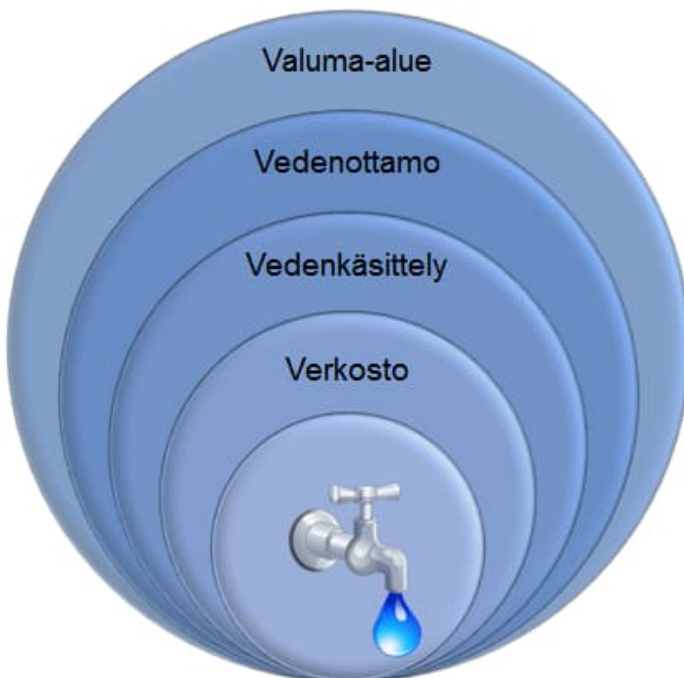
Taulukko 3. Kiinteistöillä havaittavia vedenlaatuongelmia ja niiden mahdollisia syitä.

<b>Havainto</b>	<b>Mahdollinen syy ongelmaan</b>
Vesi on ruosteista	Rauta (irronneet saostumat esimerkiksi venttiilien avaaminen ja sulkeminen, korroosio, raakaveden rauta, bakteeritoiminta)
Vesi on mustaa	Mangaani (raakavedestä)
Vesi on kirkasta, mutta muuttuu ruskeaksi seisotettaessa	Vesi rautapitoista ja hapetonta
Vesi on sameaa	Kalkki (liian korkea pH) Ilmakuplat (kirkastuu seisotettaessa) Saviaines, rauta, alumiini Takaisinimu (esim. pesukoneissa)
Vesi on värillistä tai vaahtoavaa	Takaisinimu (esim. pesukoneissa) Kemikaalin ylisyyttö vesilaitoksella Lämmönvaihdin rikki (vihreä kaukolämpövesi sekoittuu talousveteen)
Vesi värjää saniteettiposliinin	Kupari (liian alhainen pH, vihreä väri) Rauta (ruskea väri) Mangaani (musta väri)
Vedessä on kiintoainesta	Putkimateriaalit tai pinnoitteet Kalkki(kivi)
Vedessä on hajua tai makua	Raakaveden huono laatu Rikkivety (mädäntyneen kananmunan haju) Biologinen toiminta verkostossa Verkostomateriaalit Haitallisten aineiden tunkeutuminen muoviputken seinämän läpi

## 6 RISKIENHALLINTA

Käyttäjän hanasta saaman talousveden laatuun vaikuttaa koko vedentuotantoketju: raakavesi, vedenotto, vedenkäsittely, vesisäiliöt, vesijohtoverkosto ja kiinteistöjen vesilaitteistot (kuva 18). Veden laatu on turvattava koko järjestelmässä. Talousvettä toimitavan laitoksen riskinarvioinnilla ja riskienhallinnalla varmistetaan, että talousvedestä ei aiheudu terveyshaittaa.

Terveydensuojelulaki edellyttää, että vesilaitoksen omavalvonnan ja talousveden laadun viranomaisvalvonnan on perustuttava veden terveydelliseen laatuun vaikuttavien riskien arviointiin ja hallintaan. Vesilaitoksella on vastuu oman toimintansa riskinarvioinnista ja riskienhallinnasta, mutta terveydensuojeluviranomaisen pitää osallistua tähän työhön. Terveydensuojeluviranomainen myös hyväksyy valvonnan perustana olevan riskinarvioinnin.

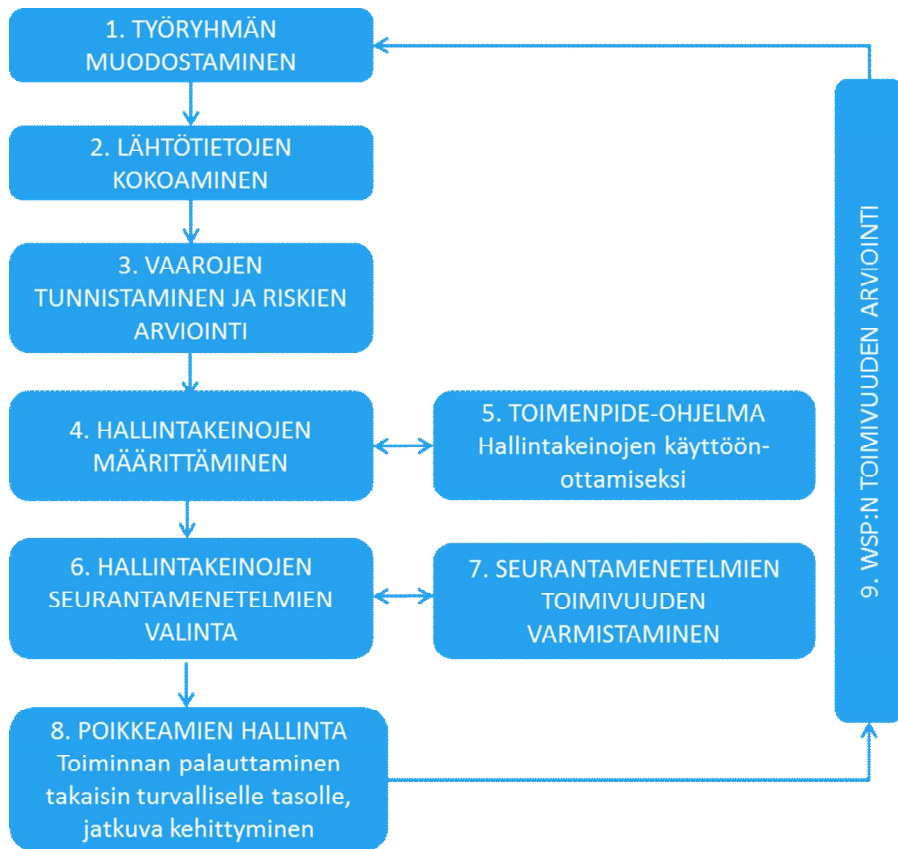


Kuva 18. Vesilaitoksen toiminta ja talousveden laatu pitää varmistaa koko vedentuotantoketjussa eli raakavedenmuodostumisalueelta käyttäjän hanaan.

Vesilaitokset voivat käyttää talousveden laaturiskien arviointiin ja hallintaan verkossa toimivaa sosiaali- ja terveysministeriön tarjoamaa WSP-työkalua. Kuvassa 19 on esitetty WSP-työkalun osa-alueet ja prosessi, joka perustuu Maailman terveysjärjestön WHO:n suositteluun Water Safety Plan -malliin. WSP-työkalu ohjaa vesilaitosta

- kuvaamaan koko vedentuotantoketjun raakavesilähteeltä kiinteistölle,
- tunnistamaan veden laatua uhkaavat vaarat ja arvioimaan niistä aiheutuvat riskit kaikissa prosessin vaiheissa,
- määrittelemään toimenpiteet ja toimenpideohjelman riskien vähentämiseksi tai poistamiseksi,
- määrittelemään riskienhallintakeinojen toimivuuden seurannan ja
- arvioimaan riskienhallinnan toimivuutta kokonaisuutena.

WSP-työkalun käyttäjätunnuksia voi hakea osoitteesta <https://wspssp.fi>.



Kuva 19. WSP:n prosessi ja osa-alueet.

Tunnistettujen riskien pienentämiseksi tehdään tarvittaessa muutoksia esimerkiksi vedenottokaivoihin ja niiden ympäristöön, vedenkäsittelyyn, vedenlaadun seurantaan, kemikaalien annostelujärjestelmään tai vesisäiliöihin sekä laaditaan toimintaohjeet laitoksen käytölle (huollot, seurannat, mittareiden kalibroinnit, yms.). Riskienhallintatoimenpiteiden toimivuuden seurannan tulee olla osa laitoksen omavalvontaa, jolla varmistetaan veden hyvä laatu ja riittävyys.



Kuva 20. Säiliöiden ja kaivojen tuuletusputkien peneläinverkot pitää tarkistaa säännöllisesti.

## 7 LISÄTIETOA

### **LAINSÄÄDÄNTÖÄ:**

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousvettä toimittavassa laitoksessa työskentelevältä vaadittavasta laitosteknisestä ja talousvesihygienisestä osaamisesta ja osaamisen testaamisesta (1351/2006)

Terveydensuojelulaki (763/1994)

Vesihuoltolaki (119/2001)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (1047/2017)

### **KIRJALLISUUTTA JA OHJEITA:**

Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat. InfraRYL 2006. Rakennustieto Oy, 2009.

Kalkkikivialkalointi – opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, 2002.

Maahan ja veteen asennettavat kestumuoviputket, Asennusohjeet. RIL 77-2013. Suomen Rakennusinsinöörien liitto, 2013.

Malliohjelma, Valvontatutkimusohjelma vesilaitokselle. Valvira, 2010.

Opas varavedenjakelelun järjestämisestä. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys/Vesihuoltopoli, 2011.

Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus, 2007.

Safe Piped Water, Managing Microbial Water Quality in Piped Distribution Systems. WHO, 2004.

Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 58. Vesilaitosyhdistys, 2014.

Talousveden kanssa kosketuksissa olevat materiaalit. Vesi-instituutin julkaisu 1. Vesi-instituutti, 2007.

Talousveden klooraus. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 59. Vesilaitosyhdistys, 2014.

Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Valviran ohje 6/2018. Valvira, 2018.

Toimintatavat talousveden laadun turvaamiseksi. Valvira, 2016.

Uponor Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Uponor, 2009.

Veden laatu. Näytteenotto mikrobiologista tutkimusta varten. SFS-EN ISO 19458. 2007.

Vesihuoltolaitoksen kriisiviestintäohje. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys/Vesihuoltopooli, 2008.

Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen. Vesihuoltopooli 2016.

Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustöiden yleinen työselostus ja määramittausohje 2013. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 55. Vesilaitosyhdistys, 2013

Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-instituutin julkaisuja 3. Vesi-instituutti, 2008.

Vesijohtoverkostojen putkirikkotilanteet ja niiden hallittu korjaaminen. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, 2011.

Vesilaitosten kriittisten laboratoriopalveluiden saatavuuden varmistaminen. Ohje vesihuoltolaitoksille, Vesihuoltopoolin ohje, 2018

Vesitornien ja alavesisäiliöiden kunnonhallinta. RIL 264-2013. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013.

Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B 10, 1992.

**VERKKOSIVUJA:**

Terveyden- ja hyvinvoinninlaitos: [www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi](http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi)

Valvira: <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi>

Vesilaitosyhdistys: [www.vvy.fi](http://www.vvy.fi)

## 8 LIITTEET

- LIITE 1. SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETUS 1351/2006 OSAAMIS-  
TESTAUSVAATIMUKSISTA
- LIITE 2. KÄSITTEITÄ
- LIITE 3. ALKALOINTI
- LIITE 4. NATRIUMHYPOKLORIITTI
- LIITE 5. KEMIKAALIEN YLIANNOSTUKSIEN SYITÄ JA NIIDEN ESTÄMINEN



LIITE 1.

SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETUS 1351/2006 OSAAMISTESTAUS-  
VAATIMUKSISTA

Annettu Helsingissä 12 päivänä joulukuuta 2006

**TALOUSVETTÄ TOIMITTAVASSA LAITOKSESSA TYÖSKENTELEVÄN LAITOS-  
TEKNISET JA TALOUSVESIHYGIEENISET OSAAMISVAATIMUKSET**

**1. Veden hankinta**

Testattavan on tunnettava

- yleisimmät raakaveden epäpuhtaudet ja niiden merkitys veden käsittelytarpeeseen,
- vedenottoalueen suojelu ja pohjaveden suojelusuunnitelmat
- raakavettä likaavat toiminnat, kuten jätevesien johtaminen, maatalous, maa-ainesten otto ja teollisuus
- yleisimmät vedenottorakenteet
- pohjaveden muodostumisen yleiset periaatteet pohjavesilaitoksilla
- vedenottolupa ja raakaveden laadun seuranta

**2. Veden käsittely**

Testattavan on tunnettava

- tärkeimmät vedenkäsittelykemikaalit ja niiden turvallisuuskysymykset, syöttötavat, liuotus ja laimennustavat sekä syötön tarkoitus
- kemikaalien yli- ja aliannostuksen merkitys ja estäminen
- tärkeimmät vedenkäsittelymenetelmät ja niiden vaikutus veden laatuun
- toimintatavat häiriötilanteessa (erityistilanteisiin varautuminen)
- vedenkäsittelyn vaikutus talousveden mikrobiologiaan ja kemiaan
- omavalvonnan perusteet

**3. Vesijohtoverkostot**

Testattavan on tunnettava

- yleisperiaatteet verkoston asennushygieniasta ja tonttijohdon liittämisestä verkostoon
- verkoston osat ja verkostomateriaali ja niiden kestävyys sekä vaikutus talousveden laatuun
- verkoston ja säiliöiden ylläpidon ja asennuksien yksikköprosessien, kuten huuhtelun, puhdistuksen, juoksutuksen ja desinfioinnin toteuttaminen
- takaisinvirtauksen estäminen
- vesisäiliöiden turvallisuuteen liittyvät hygieeniset riskit ja niiden torjunta

**4. Lainsäädäntö ja talousveden laadun valvonta**

Testattavan on tunnettava

- lainsäädännön asettamat vaatimukset
- talousveden laadulle ja sen valvonnalle
- talousvettä toimittaville laitoksille
- valvontatutkimusohjelman sisältö ja merkitys

Testattavan on osattava

- ottaa näyte kemiallista ja mikrobiologista määrittystä varten
- valita oikea näytteenottopiste kunkin näytteenoton tavoitteiden mukaisesti
- arvioida talousveden laatua mittaustulosten sekä veden ulkonäön perusteella

**5. Huolto**

Testattavan on tunnettava

- huoltokirjan tarkoitus ja pääasiallinen sisältö
- säännöllisen huollon merkitys laitteille

## LIITE 2. KÄSITTEITÄ

**Mikrobiologiset muuttujat****Yksiköt**

pmy/100 ml = bakteerien määrä 100 millilitrassa vettä  
 pmy = pesäkettä muodostava yksikkö (= kpl)

**Kemialliset muuttujat****Tavallisimpia yksiköitä**

1 mg/l	= 1 000 µg/l	1 µg/l	= 0,001 mg/l
1 µg/l	= 1 000 ng/l	1 ng/l	= 0,001 µg/l
mg/l	= milligrammaa litrassa = g/m <sup>3</sup> = grammaa kuutiometrissä		
µg/l	= mikrogrammaa litrassa		
ng/l	= nanogrammaa litrassa		
1 µS/cm	= 0,1 mS/m		
µS cm <sup>-1</sup>	= µS/cm = mikrosiemens/senttimetri		
mS/m	= millisiemens/metri		

Esimerkiksi 0,15 mg/l = 150 µg/l

**Muuttujia**

<b>Käsite</b>	<b>Selitys</b>
Alkaliteetti	= alkaliniteetti, veden bikarbonaattipitoisuutta kuvaava, veden kyky neutraloida happamia aineita yksikkö: mmol/l
Asiditeetti	Veden hiilidioksidin määrä 1 mmol/l = 44 mg hiilidioksidia/l
Hapettuvuus	Veden orgaanisen aineen määrä Kemiallinen hapenkulutus, $KHT_{Mn} = COD_{Mn}$ Kaliumpermanganaattiluku, $KMnO_4$ -luku = $3,95 * COD_{Mn}$
Happamuus	Hapan: pH alle 7 Emäksinen: pH yli 7 Neutraali: pH 7
Humus	Luonnonvesissä esiintyvä orgaaninen aines Määrää kuvaa mm. väri ja hapettuvuus
Johtavuus	Veden sähkönjohtokyky, suolojen määrä Sähkönjohtavuus yksikkö: $\mu S/cm$ tai $mS/m$
Kovuus	Veden kalsiumin ja magnesiumin summapitoisuus yksiköt: mmol/l ja °dH; 1 mmol/l = 5,6 °dH
Mangaani	Vedessä väritön, saostuessaan muodostaa mustaa sakkaa
pH	Vetyionipitoisuus
Raskasmetallit	Myrkylliset metallit
Rauta	Ferro: kahdenarvoinen, vedessä väritön ja vesiliukoinen Ferri: kolmenarvoinen, ruskea väri tai sakka vedessä
Sameus	Veden kirkkautta kuvaava muuttuja Sameusyksiköitä: NTV = NTU, FTU
TOC	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (esim. humus)

**Muita käsitteitä**

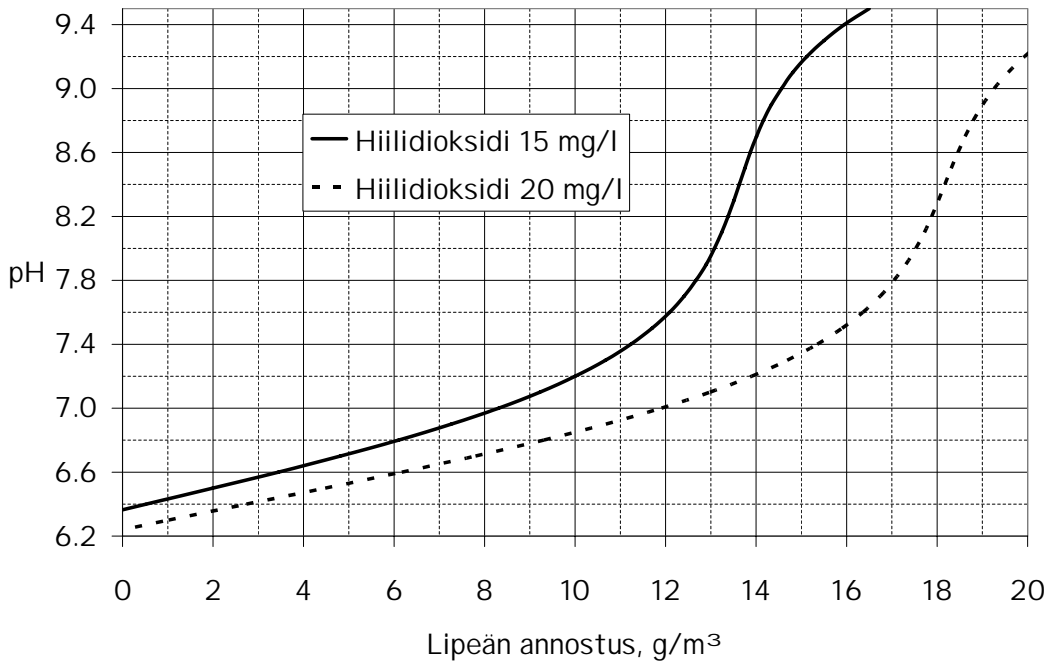
<b>Käsite</b>	<b>Selitys</b>
Akustokorrelaattori	Vesijohtovuotojen haussa käytettävä laite
Alkalointi	Veden pH:n nosto kemikaalilla
Antoisuus	Pohjavesialueelta tai kaivosta otettavissa oleva vesimäärä
Desinfiointi	Tautia aiheuttavien mikrobin tuhoaminen
Humus	Tummaa, eloperäistä orgaanista ainetta, jossa on runsaasti humushappoja. Humus muodostuu eloperäisten ainesten maatumisesta.
Hygienia	Yleinen puhtaus ja työskentelytavat, jolla estetään saastumista. Esimerkiksi henkilökohtainen hygienia, laitoshygienia, putkien asennushygienia.
Häiriötilannesuunnitelma	Terveydensuojeluviranomaisen suunnitelma talousveden laadun turvaamiseksi yllättävissä ja äkillisissä tilanteissa
Ilmastustorni	Veden ilmastukseen (pH:n nosto, hiilidioksidin poisto) käytettävä torni
Ilma-vesi -huuhtelu	Verkoston puhdistamista veden ja paineellisen puhtaan ilman avulla (= sykepuhdistus)
Indikaattoribakteeri	Bakteeri, joka osoittaa saastumista, mutta ei välttämättä itse aiheuta sairastumista.
Infektiivinen annos	Mikrobin tautia aiheuttava annos
Injektointi	Vuotokohdan tukkiminen esim. kalliossa
Kontaminaatio	Saastuminen esimerkiksi mikrobeilla
Maamikrofoni	Vesijohtovuodon paikannukseen käytettävä laite
Omavalvonta	Vesilaitoksen toiminnan seuranta (= käyttötarkkailu)
Orsivesi	Varsinaisen pohjavedenpinnan yläpuolelle vettä läpäisemättömän kerroksen päälle muodostunut pohjavesivarasto
Patogeeni	Tautia aiheuttava mikrobi
Paineenkestävä työtulppa	Putken päässä oleva paineellista vettä kestävä tulppa
Painekoe	Putken vesitiiveyden tarkastaminen paineistamalla
Pintavesi	Mm. järvi- tai jokivesi
Pitkäsujutus	Saneerattavan putken sisään vedetään / työnnetään halkaisijaltaan pienempi putki.
Pohjavesi	Maa- ja kallioperän avoimen tilan täyttävä vesi.
Pohjaveden muodostumisalue	Maa-alue, josta sade- tai pintavesi imeytyy pohjavedeksi.
Pohjaveden suojelusuunnitelma	Suojelusuunnitelma käsittelee pohjavesialueella riskejä aiheuttavia toimintoja. Se sisältää myös toimenpideehtoja pohjaveden suojelemiseksi.
Puhdistuselementti	Verkoston puhdistukseen tarkoitettu "putkipossu", joka ajetaan verkostossa esimerkiksi paineveden avulla.
Putkipossu	Verkoston puhdistukseen tarkoitettu puhdistuselementti, joka ajetaan verkostossa esimerkiksi paineveden avulla.
Raakavesi	Vesilaitokselle tuleva (käsittelemätön) vesi
Rantaimetyys	Pintaveden imeytyminen pohjaveteen rantamaan läpi (pohjaveden pinta alempana kuin järviveden pinta).
Sementtilaastivuoraus	Vanha putki pinnoitetaan sisäpuolelta sementtilaastilla

LIITE 2

Suojatulppa	Putken päässä oleva tulppa, jonka tarkoitus on pitää putken sisäpinta puhtaana.
Sujutus	Vesi- tai viemäriputkien saneerausmenetelmä, jossa vanhan putken sisälle ”sujutetaan” uusi muoviputki vanhaa putkea kaivamatta esille.
Talousvesi	Esim. kotitalouksien käyttämä kylmä vesi, jonka laadun on täytettävä talousvesiasetuksen mukaiset laatuvaatimukset ja –tavoitteet.
Tehoklooraus	Klooraus suurella klooripitoisuudella (vähintään 5 mg/l)
Tekopohjavesi	Pintaveden imeytys harjun läpi pohjavedeksi
Valvontatutkimus	Talousveden tutkimus viranomaisvalvontaa varten
Valvontatutkimusohjelma	Laitoskohtainen ohjelma vesilaitoksen säännölliseen valvontaan
Varautumissuunnitelma	Vesilaitoksen suunnitelma, jonka tarkoituksena on varmistaa palveluiden toimivuus mahdollisimman hyvin myös häiriötilanteissa.
Vedenjakelualue	Yhtenäinen verkostoalue, jolla talousveden laatu on jokseenkin tasainen ja jolla veden toimituksesta vastaa yksi talousvettä toimittava laitos.
Vedenottolupa	Pohjaveden ottoon tarvittava ympäristölupaviranomaisen lupa.
Yksisuuntaventtiili	Venttiili, josta vesi voi virrata ainoastaan yhteen suuntaan (= takaiskuventtiili, takaimusuoja)
Ympäristön havainnointi	Raakaveden laatua uhkaavien tekijöiden seuranta.

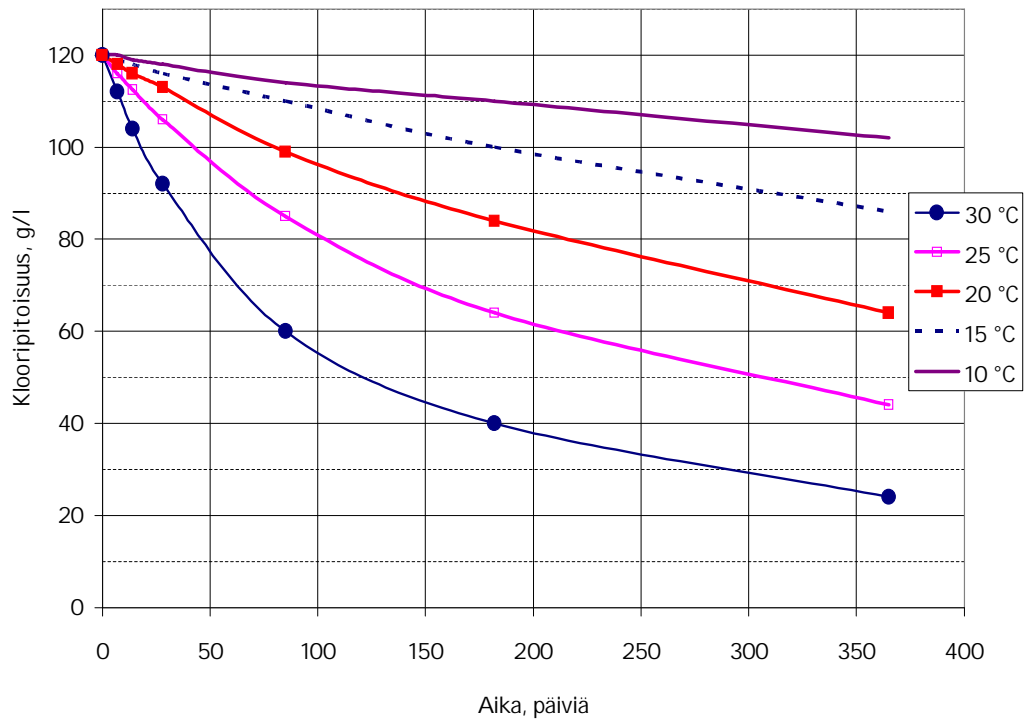
## LIITE 3. ALKALOINTI

Veden hiilidioksidipitoisuus vaikuttaa pH:n muuttumiseen lipeää annosteltaessa. Mitä suurempi on hiilidioksidipitoisuus, sitä enemmän kuluu lipeää saman pH:n nousun saavuttamiseen. pH-muutos on jyrkkä, kun pH on välillä 8,0 - 9,0.



Kuva 21. Esimerkki pH:n muuttumisesta lipeää annosteltaessa veden hiilidioksidipitoisuuden ollessa 15 ja 20 mg/l.

## LIITE 4. NATRIUMHYPOKLORIITTI



Kuva 223. Natriumhypokloriittiliuoksen pitoisuuden aleneminen eri lämpötiloissa.

Kaupallinen natriumhypokloriitin 10 % liuos sisältää noin 115 – 125 g/l aktiivista klooria. Liuos tulee säilyttää viileässä ja pimeässä.

## LIITE 5. KEMIKAALIEN YLIANNOSTUKSIEN SYITÄ JA NIIDEN ESTÄMINEN

Syy yliannostukseen	Vaikutus annostukseen
Veden syötön katkeaminen järjestelmässä, jossa lappoa kemikaalisäiliöstä ei ole estetty	Kemikaalin pääsee lappona valumaan laimentumatta tyhjään vesiputkeen
Kemikaalipumppu jää käsikäytölle ja kemikaalia annostellaan vakiomäärä vesimäärästä riippumatta	Sitä suurempi kemikaalipitoisuus, mitä vähemmän vettä pumpataan
Syöttöliuoksen liian suuri pitoisuus	Kemikaalin annostusmäärä kasvaa samassa suhteessa kuin liuoksen pitoisuus
Raakavesipumpun yksisuuntaventtiili ei toimi	Kemikaloitua vettä virtaa takaisin kaivoon, samaan veteen annostus monta kertaa
Kemikaalipumpun iskunpituuden lukitus rikkoontuu tai löystyy (pumpun tuotto maksimille)	Annosteltavan kemikaalin annostusmäärä kasvaa sitä enemmän, mitä pienemmäksi iskunpituus oli säädetty
Virtauksen pysähtyessä kemikaloitua vettä ei pääse mittarille, kemikaalipumppu jää käyntiin	Suuri kemikaaliannostus seisovaan veteen
pH-mittarin näyttämä luku väärä (elektrodi rikki tai virheellinen kalibrointi)	Virheellinen kemikaaliannostus
Virtaamaohjatun annostusjärjestelmän syyt (pH-mittarin korjaava vaikutus pieni)	Vaikka raakaveden laatu vaihtelee, kemikaalin annostus ei muutu vastaavasti.

Vesilaitoksen käyttöhenkilökunnan tulee olla tietoinen vesilaitoksensa kemikaalien yliannostusriskitekijöistä. Mikäli selkeitä riskitekijöitä havaitaan, ne tulee poistaa mahdollisimman pian. Toimenpiteitä voivat olla:

- Verkostopaineen häviämisen varalta kemikaaliannostusjärjestelmä on varustettava paineenpitoventtiilillä.
- Käsikäytön päälle jäämisen mahdollisuus estettävä (ei käsikäyttömahdollisuutta tai kytkin, jota ei pysty pitämään päällä jatkuvasti).
- Jokaisesta lipeäliuoksen valmistuserästä mitataan pitoisuus tiheysmittarilla (= areometri).
- Verkostoon pumpattavan veden pH:n seuranta, hälytys- ja katkaisurajat kemikaalipumpulle ja koko vesilaitokselle. Seurannan pH-mittari tulee olla eri kuin annostusta säättävä mittari.
- Kemikaalipumpun on oltava oikean kokoinen (iskunpituus 60 -90 % maksimita).
- pH-mittarin säännöllinen tarkistus ja tarvittaessa kalibrointi. Vertaillaan pH-mittarin lukemia laboratoriomittauksilla saatuihin pH-arvoihin.
- Vuoto kemikaalisäiliössä tai annostusjärjestelmässä ei saa aiheuttaa kemikaalin pääsyä veteen (esim. alavesisäiliöön sauman kautta) tai pohjavesialueen maaperään.