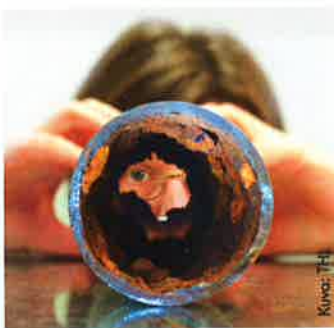




Mikrobikasvu talousvesiverkostoissa

Mikrobit verkosto

Valtaosa Suomen talousvesistä täyttää kaikki sille asetetut normit ja talousvettä pidetään useimmiten hyvälaatuisena. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL) on saanut kuitenkin 20-vuoden aikana useita yhteydenottoja talousveden hajua- ja makuongelmista, jotka liittyvät usein verkostovedessä tapahtuvaan mikrobikasvuun. Talousvesiverkostoissa esiintyy aina erilaisia mikrobeja ns. heterotrofisia mikrobeja, jotka voivat hyödyntää veden orgaanisia ravinteita biomassansa rakennusaineina ja energian lähteinä. Useimmat näistä mikrobeista eivät aiheuta tauteja, mutta ne voivat heikentää talousveden yleistä laatua. Mikrobikasvun merkitys korostuu pitkissä siirtolinjoissa vedenkulutuksen vähentäessä, jolloin talousvesi vanhenee. Suomen talousvesiverkostoja rakennettiin pitkään vastaamaan kasvavaa vedenkulutusta. Vuonna 1972 vedenkulutus asukasta kohden oli 335 litraa päivässä, kun nykyään vedenkulutus on enää 155 litraa. Veden viipymä on aiheuttanut mikrobiologisia ongelmia myös joissakin vesitorneissa, joissa veden vaihtuvuus voi jäädä vähäiseksi.



Veden vaihtuvuutta vähentää pumppujen kehittyminen ja veden määrä vesitorneissa pysyy tasaisena ympärivuorokauden. Vesitornien rakenteissa säiliöön tuleva vesi ja kuluttajalle lähtevä vesi kulkevat saman putken kautta tai ainakin putket ovat lähekkäin, joten vesi ei sekoitu tornin säiliössä. Huonolaatuisin vesi on vesitornissa säiliön pintakerroksessa. Mikrobikasvulla on kuluttajan kannalta iso merkitys silloin, kun verkostoon pesiytyy mikrobeja, jotka voivat aiheuttaa normaalista poikkeavaa hajua ja makua veteen. Tällaisia mikrobeja ovat mm. aktinomykeetit (sädesienet) ovat nimistään huolimatta bakteereita. Niiden rihmamaisen kasvutavan takia ne on liitetty homeisiin. Osa niistä voi myös tuottaa itiöitä, mikä lisää niiden kestävyttä veden käsitteilyä tai desinfiointiaineita vastaan. Myös homeet (mikrosienet) ja hiivat, jotka kuuluvat sienten eliökuntaan voivat heikentää veden laatua. Homeet ja hiivat ovat aiotumallisia kuten kasvit. Perimäaineksen ollessa solussa tuman sisällä suojassa paranee mikrobin kestävyys ympäristössä. Homeet lisääntyvät itiöiden avulla, mutta itiöiden avulla

Ilkka Miettinen, johtava tutkija,
Asiantuntijamikrobiologia,
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos



Anna Pursiainen, tutkija,
Asiantuntijamikrobiologia,
Terveyden ja
hyvinvoinnin laitos



veden pilaajina

home pystyy selviytymään pitkiä aikoja ja lisääntyä elinolosuhteiden parantuessa.

Osa mikrobeista kiinnittyy verkoston seinämille ja alkaa muodostaa niiden pinoille ns. biofilmejä (verkostojen limoittuminen). Tämän voi kotioloissa todeta vaikka saunakiuluun unohtuneesta löylyvedestä. Kiulun sisäpinta muuttuu liukkaaksi muutama päivän jälkeen. Talusvesien likaantumistilanteissa on havaittu, että biofilmit ja saostumat toimivat verkostoon joutuneiden haitallisten mikrobien suojapaikkoina. Verkostojen pinoilla mikrobit, kuten virukset, voivat säilyä pitkiä aikoja, minkä vuoksi likaantunut verkosto voidaan joutua puhdistamaan tehokkaammin suuremmilla desinfiointiaine määrillä tai mekaanisesti.

Mikrobit tarvitsevat ravinteita kasvuunsa

Suomen pintavesille on tyypillistä humuksesta aiheutuva korkea orgaanisen hiilen määrä, jota vesilaitokset pyrkivät alentamaan omilla puhdistusprosesseissaan. Vesilaitostekniikoista erityisesti kemiallinen saostus, kalvosuodatustekniikat tai tekopohjavesiprosessit kykenevät poistamaan orgaanista ainetta tehokkaasti. Veden käsittely voi vaikuttaa myös orgaanisen aineen laatuun - hapettimet kuten otsoni ja kloori pilkkovat orgaanista ainetta lisäten mikrobien

käytettävissä olevien pienimolekyylisten orgaanisten yhdisteiden määrää. Talusvesiin jää aina orgaanista ainetta, josta osa on mikrobeille käyttökelpoisessa muodossa. Suomessa nämä mikrobeille käyttökelpoisen assimiloituvan orgaanisen hiilen (AOC) pitoisuus vaihtelee usein 100-300 µg AOC/l tasolla. Orgaanista ainetta on pidetty tärkeimpänä verkostovesien mikrobikasvua ylläpitävistä ravinteista. Suomessa on havaittu että veden fosforipitoisuus alenee voimakkaasti kemiallisessa saostuksessa ja hidassuodatuksessa. Talusvesien fosforipitoisuus on vedenpuhdistuksen jälkeen yleensä alle kemiallisen määrittäysrajan (<2 µg P/l). Näin suomalaiset vesilaitokset ovat muuttaneet ratkaisevasti mikrobien kasvua ylläpitävien ravinteiden keskinäisiä suhteita. Alhainen fosforipitoisuus suhteessa orgaanisen aineen määrään aiheuttaa sen, että pintavesilaitoksilla tai tekopohjavesilaitoksilla tuotetussa juomavedessä mikrobikasvua rajoittaa fosfori eikä orgaaninen aine.

Putkistomateriaalit vaikuttavat mikrobeihin

Putkistomateriaalit vaikuttavat verkostovesien mikrobeihin ja niiden kykyyn kasvaa putkien pinoilla. Metallin- ja muovimateriaalien joukossa merkittävin ero liittyy kupariputkiin; uusissa kupariputkis-

>>

>> sa mikrobien kasvukyky on selvästi pienempi kuin muoviputkissa. Ero mikrobikasvun voimakkuudessa kuitenkin tasoittuu jo muutaman käyttökuukauden kuluessa, niin että kupari- ja muoviputkien pinnoilla elävien mikrobien lukumäärässä välillä ei ole enää eroa. THL on saanut viimeisen kymmenen vuoden aikana useita yhteydenottoja koskien muovista tehdyissä uusissa putkilinjoissa tapahtuvasta mikrobikasvusta, joka ilmenee normaalia suurempina pesäkelukuina. Joskus mikrobiongelmaa ei ole havaittu välittömästi putkien käyttöönoton yhteydessä, vaan vasta joidenkin viikkojen tai kuukausien kuluessa. Osassa tapauksissa ongelma todetaan jo käyttööntovaiheessa, eikä uutta linjaa saada otettua käyttöön suurten pesäkelukujen vuoksi, eikä mekaaninen puhdistus tai desinfiointi vaikuta pesäkeluvun suuruuteen. Kummassakaan tapauksessa ongelman perimmäistä syytä ei ole saatu vielä tutkimuksissa selville. Mikrobikasvuongelma voi liittyä putkimateriaaleis-

ta liukeneviin mikrobien kasvua edistäviin ainesosiin. Myös uusien putkilinjojen puutteellinen asennushygienia, putkiin painetestauksen jälkeen seisomaan jäänyt vesi ja linjan liian vähäinen huuhtelu ennen käyttöönottoa voivat putkilinjan käyttöönoton jälkeen lisätä veden mikrobikasvua. Uusien putkilinjojen mikrobikasvu ongelmalle on yleistä että mikrobien kasvu vähentyy ajan kuluessa ja tyypillisesti vuoden kuluessa mikrobikasvu on tasoittunut verkoston muiden osien tasolle. Tämä ilmiö tukee teoriaa että putken sisäpinnasta irtoaisi jonkin aikaa kasvua lisääviä ainesosia.

Voimmeko estää verkostovesien mikrobikasvua?

Näyttää siltä, että mikrobien kasvua ei voi estää täydellisesti, mutta hillitseminen on aina mahdollista. Edellä kuvatulla tavalla talousvesien käsittely vaikut-



Kuva: THL

taa siihen millaisia ravinteita verkostovedessä elävillä mikrobeilla on käytettävissä. Voimme olettaa että ne vedenkäsittelytekniikat, jotka vähentävät mikrobeille käyttökelpoisen orgaanisen hiilen ja fosforin pitoisuuksia, kuten perinteinen saostustekniikka sekä kehittyneemmät aktiivihiihi- ja kalvosuodatustekniikat tai tekopohjavesiprosessi, vähentävät mikrobien kasvukykyä. Voimakkaat hapettimet (esim. otsoni) jotka omalta osaltaan parantavat veden laatua (veden väri, haju tai maku, desinfiointin sivutuotteet), voivat johtaa siihen että mikrobien kasvukyky lisääntyy, ellei mikrobien kasvua hillitä veden desinfiointilla. Hollannissa biologisesti stabiilina talousvetenä pidetään sellaista vettä jossa mikrobeille käyttökelpoisen orgaanisen hiilen pitoisuus on alle 10 µg AOC-C/l. Tämän AOC-tason katsotaan estävän mikrobien kasvun verkostovedessä ilman desinfiointia.

Suomessakin pohjavesien hygieeninen laatu on usein niin hyvä, että pohjavesiä ei ole tarpeen desinfioida. Jos desinfiointi on tarpeen, niin silloin käytetään useimmiten hypokloriittidesinfiointia. Myös UV-desinfiointitekniikka on lisääntynyt pohjavesilaitoksien desinfiointimenetelmänä. Pintavesilaitoksien raakavesissä esiintyvien mikrobien takia talousvesi desinfioidaan aina ennen jakelua kuluttajille. Klooriyhdisteiden lisäksi suurimmat pintavesilaitokset käyttävät myös otsonointia ja UV desinfiointia. Verkostoissa ainoastaan klooriyhdisteillä, joilla on ns. jäänösvaikutus, voidaan vaikuttaa mikrobikasvuun. Paras jäänösvaikutus saadaan sitomalla vapaa kloori klooriamiineiksi. Käytetyn klooriyhdisteen lisäksi desinfiointitehoon vaikuttavat kloorin pitoisuus, veden pH, orgaanisen aineen määrä, sekä putkimateriaali. Putkimateriaali vaikuttaa mikrobiyhteisön lajistorekenteeseen ja sitä kautta kloorin tehoon. Esimerkiksi kupariputkella kasvavat bakteerit näyttävät kestävän paremmin klooria kuin muoviputkella kasvavat bakteerit. Kloori myös reagoi metallien kanssa, jolloin aktiivisen kloorin määrä laskee metalliputkissa voimakkaammin kuin esimerkiksi muoviputkissa.

Desinfiointi verkostovesien laadun turvana

Kokemus on osoittanut että jo alhaisilla alle 0.5 mg Cl₂/l klooripitoisuuksilla voidaan vaikuttaa verkostoveden mikrobiologiseen laatuun esim. pesäkeluvun pitämisessä hyväksyttävällä tasolla. Alhaiset klooripitoisuudet edellyttävät pitkäkestoista tai pysyvää desinfiointia pysyvien positiivisten vaikutusten aikaansaamiseksi. Alhaisen klooripitoisuuksien on-

gelmana on yleensä se että kloori inaktivoituu veden kulkeutuessa verkoston läpi ja näin sen vaikutus heikkenee verkoston ääriosoissa. Biofilmien poistaminen verkostosta vaatii yleensä korkeita useiden milligrammojen klooripitoisuuksia, mikä on käytännössä harvoin mahdollista.

Verkostojen mikrobiologisen likaantumisen yhteydessä pohditaan juomaveden keittokehotuksen lisäksi kloorausta toimenpiteenä verkoston puhdistamiseksi. Yleisimmin tämä toteutetaan natriumhypokloriitin avulla. Lievimmissä likaantumistilanteissa selviää alle 1 mg Cl₂/l klooripitoisuudella, mutta tilanteissa joissa verkostossa on saastunut esim. norovirusilla täytyy käyttää 2-3 mg Cl₂/l klooripitoisuuksia mikrobien tuhoamiseksi verkostosta. Kaikkein vaikeimmissa tapauksissa on käytetty myös ns. tehokloorausta, jossa yleisimmin käytetty klooripitoisuus on 10 mg Cl₂/l (väh. 8h), jonka aikana verkostovettä ei voi käyttää talousvetenä, vaan kuluttajille täytyy järjestää vaihtoehtoista juomavettä. Tehostetun kloorauksen aikana on tarkkailtava veden klooripitoisuutta myös verkoston ääriosoissa, jotta riittävä määrä aktiivista klooria leviää koko verkoston alueelle.

Mikrobit voidaan poistaa mekaanisesti verkostosta

Kemiallinen desinfiointi ei ole aina riittävän tehokas toimenpide likaantuneen verkoston puhdistamiseen. Verkoston saostumia ja biofilmejä voidaan poistaa huuhtelun, vesi-paineilmasyke-puhdistuksen tai mekaanisen elementtipuhdistuksen eli nk. possutuksen avulla. Vesilaitokset käyttävät huuhtelua yleisenä toimenpiteenä verkostoihin kertyneiden saostumien poistamiseen. Vesi-paineilma-syke huuhtelussa verkostoon johdetaan vuoronperään ilmaa ja vettä, jolloin nopeasti virtaava vesi-ilmaseos poistaa verkoston saostumia ja niihin kertyneitä epäpuhtauksia. Possutuksessa taas putkiston läpi kulkeutuvat vaahdonmuovielementit poistavat putkiin kertyneitä epäpuhtauksia. ■

Lisätietoja: www.thl.fi/vesi