

Miks joogivesi on punakat värvi ja haiseb?

Paljudele inimestele teeb muret kraanivee puhul selle aeg-ajalt esinev roostepunakas värvus, mis värvib pruunpunaseks vannitoa seinad, wc-poti ja halvemal juhul ka pestavad riided. Tihti kurdetakse sedagi, et vee värvimuutusega käib kaasas ebameeldiv lõhn. Miks see nii on, on see tervisele ohtlik ja kas seda saab ka vältida?

Üldjuhul on vee kvaliteedi sellise muutuse põhjuseks tarbevees, enamasti põhjavees, esinev raud. Kuna rauda leidub kõikjal pinnases (NB! maakera tuum koosneb rauast), siis on ka põhjavee rauasisaldus levinud nähtus, mis teatud tasemest alates tingib vajaduse vett rauasisalduse vähendamise eesmärgil enne tarbijani suunamist töödelda. Sügaval maapõues kus hapnik puudub või on seda väga vähe esineb raud kahevalentsena ja on lahustunud olekus. Sellist lahustunud olekus rauda on võimalik veest eraldada vett eelnevalt õhuga (hapnikuga) rikastades (aereerides), mille tulemusel raud oksüdeerub ning muutub kolmevalentseks ning tekib roostevärvi rauasade. Kui nüüd vett filtreerida on võimalik sadestunud raud veest eemaldada. Sellist veetöötlust nimetatakse rauaärastamiseks. Seega on veest üleliigse raua eraldamine suhteliselt lihtne ega nõua üldjuhul kemikaalide lisamist. Kui rauaärastust põhjaveele (kaevuveele) ei tehta, siis satub lahustunud raud õhuga kontakti peale kraanist väljumist ning kahevalentse raua oksüdeerumine kolmevalentseks, st lahustunud raua muutumine mittelahustuvaks roostevärvi sademeks leiab aset veeanumas, veeklaasis või veeboileris. Selline nähtus kuigi oluliselt vähesemal määral võib ilmned koduses veevõtusüsteemis ka juhul, kui veepuhastusjaamas ei ole rauaärastuse käigus õnnestunud kogu lahustunud rauda veest kätte saada.

Lisaks toorvees lahustunud rauasisaldusele võib veerooste esinemine joogivees võib olla tingitud ka amortiseerunud terasest veetorustikust eralduvast sekundaarsest rauareostusest – toru seintelt eralduvad korrosiooni tõttu rauahelbed. Plastikust torustik vette rauda juurde ei saa anda. Seega saab sellise rauaprobleemi kõrvaldada rauast torude ja veesõlmede väljavahetamise teel plastikust torude vastu.

Joogivee mõõdukas rauasisaldus tervisele ohtlik ei ole. Üksnes juhul kui juuakse oluliselt normidest kõrgema rauasisaldusega vett ja pika aja jooksul võib organismis tekkida nn oksüdatiivne stress. Kuigi raud on inimesele vajalik element ei ole vees leiduv raud organismile üldjuhul omastatav ning väljub organismist väljaheidetega. Joogiveele esitatavate nõuete kohaselt on rauasisalduse normiks joogivees 0,2 mg/L (200 µg/l). Tervisele ohutuks rauasisalduseks peetakse 0,1-0,3 mg/L. Kontsentratsioonis üle 0,3 mg rauda liitris põhjustab roosteplekkide teket, muudab pestava pesu värvi, jne. Rauasisalduse 1-1,5 mg/L puhul tekib vee hägusus, vee kollakas värvus ning pruunikas sete. Kõrge raua sisaldusega veel on iseloomulik metalne maitse ning see rikub jookide nagu kohvi ja tee maitset.

Vaatamata sellele, et tänaseks on enamus vee-ettevõtteid oma rauast torustikud välja vahetanud plasttorustike vastu ning pumplatesse paigaldanud ka ülenormatiivse vees lahustunud raua kättesaamiseks vastavad filterseadmed, esineb ikkagi probleeme punakat värvuse sette kogunemisega kodudesse paigaldatud veefiltritesse ning ebameeldiva vee lõhnaga. Miks see nii on?

Rauabakterid meie joogivees.

Tänapäevaks on tõestatud, et mikroorganismid olid maakera esimesed asukad ja kogu järgnev elurikkus sai võimalikuks tänu neile. Sellest tulenevalt ei leidu maakeral mõõdukas temperatuuritoonis paika, mis oleks bakteritevaba. Isegi Antarktika igikeltsas ja kuumaveeallikates leidub baktereid. Seega leidub baktereid ka kõige puhtamas põhjavees ning ka raud on meie elukeskkonna normaalne komponent, nii mullas kui kaevuvees.

Võrreldes pinnaveega on põhjavees baktereid reeglina oluliselt vähem, seda nii arvukuselt kui mitmekesisuselt. Ühed neist, kes suudavad elada toitainetevaeses põhjavees on rauabakterid, milledest tuntumad on *Leptothrix ochracea*, *Thiobacillus ferrooxidans* ja *Leptospirillum ferrooxidans*. Rauabakterid inimese tervisele kahjulikud ei ole, sest sattudes meie makku nad hävivad.¹

Rauabakterid on kemoautotroofsed bakterid, mis tähendab seda, et nad saavad elutegevuseks vajaliku energia kahevalentse raua (vees lahustunud olekus) oksüdeerimisest kolmevalentseks rauaks (tahkes olekus - moodustab rooste värvi sademe) ning kasutavad süsinikuallikana süsihappegaasis sisalduvat süsinikku (sarnaselt taimedele). Sellist toitumisviisi, kus kasutatakse energia saamiseks rauaühendeid, nimetatakse siderotroofiaks.

Enamus rauabaktereid on kujult niitjad, kas ümbritsetud kapsliga või ilma selleta (vt fotod 1 ja 2). Torujas kapslis paiknev lüliline bakteriniit kogub kolmevalentset rauda, kas graanulitena rakku või amorfse ollusena kapsli pinnale, mille tulemusena tekib bakteriniidi ümber punakast rauasademest toru (vt fotot 3). Niitjad rauabakterid paljunevad ja levivad üksikute rakulülide eraldumise teel, mis veevooluga piki torustikku edasi kanduvad (vt foto 4). Nagu iga elusorganism, nii ka rauabakterid vajavad elus püsimiseks ning paljunemiseks soodsat elukeskkonda – aeglast voolukiirust (võimalust kuhugi külge end kinnitada), sobivat temperatuuri, toiteaineid. Eriti intensiivne paljunemine võib osade rauabakterite puhul esineda 30-45 kraadi juures.

¹]Iron bacteria in drinking water, www.co.saint-croix.wi.us/.../%7BB2FB58C9-5F9A-470C-92A8-B5D968...

<http://www.health.state.mn.us/divs/eh/wells/waterquality/ironbacteria.html>

<http://extension.psu.edu/natural-resources/water/news/2010/iron-bacteria>

Iron Bacteria - National Ground Water Association, www.ngwa.org/Documents/ClipCopy/Iron-Bacteria.pdf

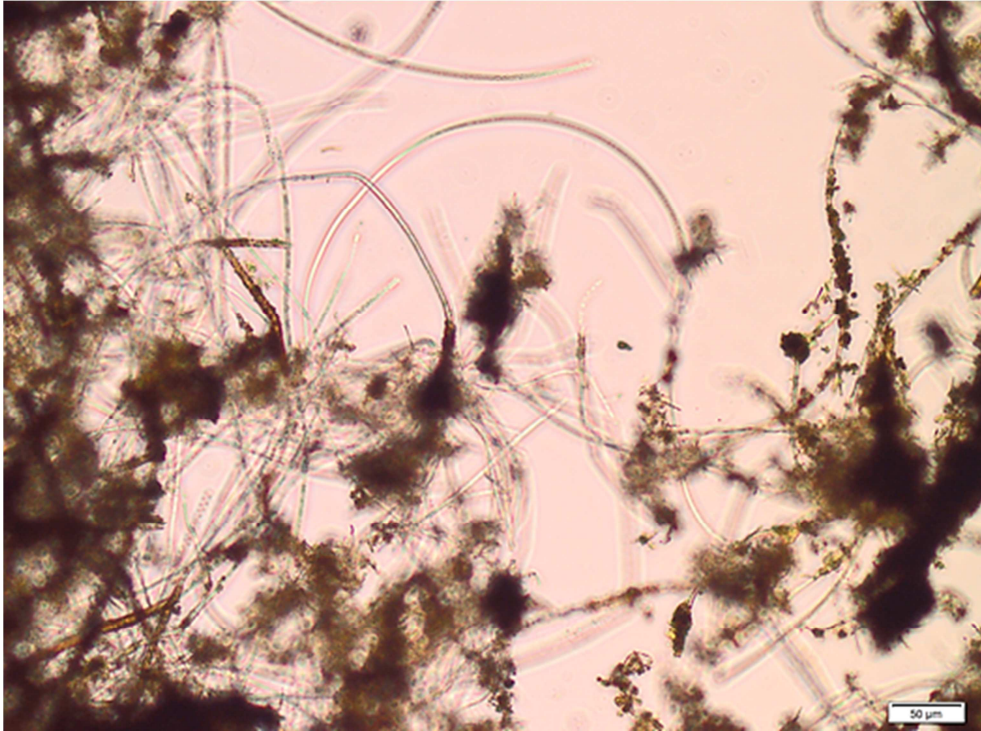


Foto 1. Niitjad rauabakterid. Proov võetud põhjavee torule paigutatud nn mudafiltrist (rauarooostevarvi mass) – amorfse rauasademe vahel on näha läbipaistvad rauabakterite niidid. Suurendus 200 kordama (skaala 50μm, värvimata preparaati).

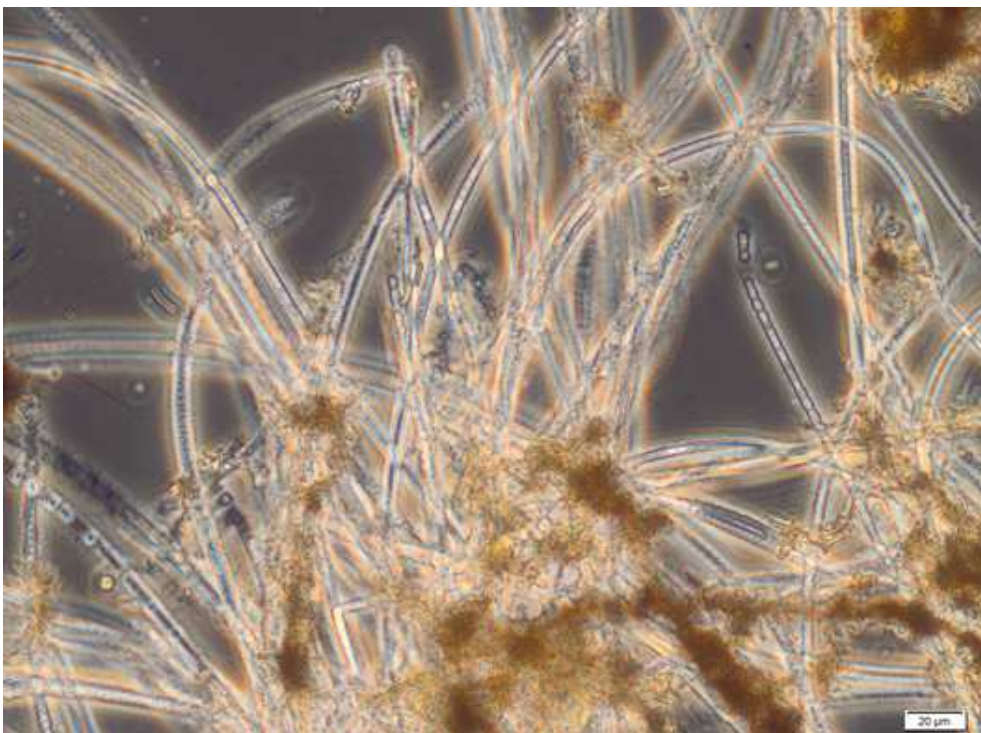


Foto 2. Samad rauabakterid, mis *fotol 1*, suurendus 400 korda (skaala 20μm, värvimata preparaati). Fotol on näha, et rauasade ümbritseb rauabakterite niite, mis tõestab, et rauasete on tekkinud bakterite elutegevuse tulemusena.

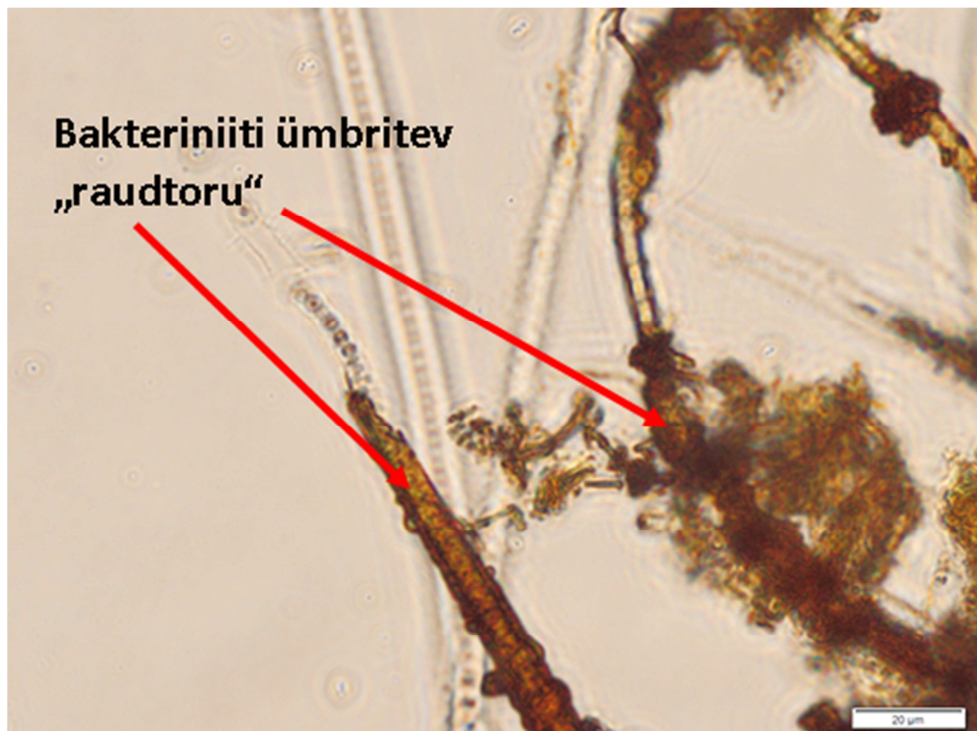


Foto 3. Proovis olevad rauabakterid kasvatavad enda ümber amorfsest kolmevalentsest rauast kihi - toru (näidatud punase noolega; värvimata proov).

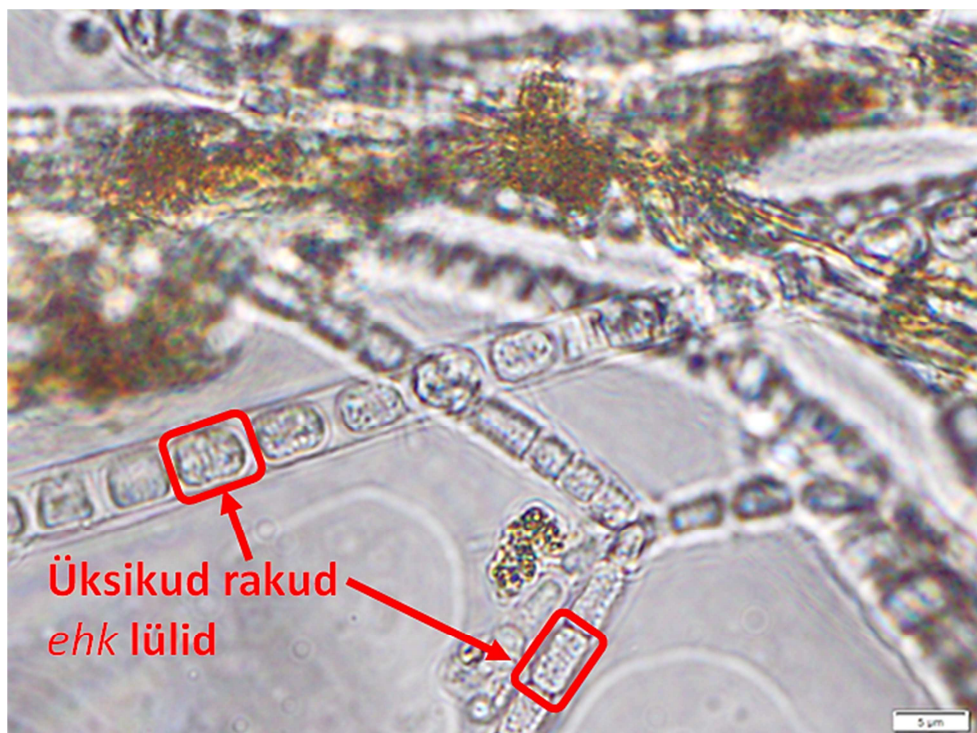


Foto 4. Niitjad rauabakterid 100 kordse suurenduse all vaadatuna (värvimata proov). Fotel on näha rauabakteri silindrikujulised lülid eralduvad ühekaupa limast moodustunud toru otsast ning kanduvad veevooluga piki veetoru edasi kuni leiavad eest takistuse kuhu saab kinnituda. Kui kinnitumine on toimunud saavad rakud hakata poolduma ja uusi niite moodustama.

Seega rauabakterite arengut saab pidurdada võttes veest välja kogu raua (üleliia kulukas ja otseselt mittevajalik), tagades veevõrgus pideva surve (kiire veevool), vältides igasuguseid takistusi (täiendavad mehhaanilised veefiltrid, sõelad jne). See lähtub asjaolust, et niitjad rauabakterid peavad arenguks leidma kinnituskoha ning piisavalt eluks vajalikke toiteaineid. Kiirelt voolavas looduslikult põhjavees on toitainete sisaldus reeglina madal, kui aga panna veele ette takistus (näit. mingi filter või sõel), siis hakkab sinna kogunema nii baktereid kui neile toidukõlblikku materjali (ka surnud bakterid on teistele bakteritele toiduks), mis tagab tingimused bakterite paljunemiseks. **Seetõttu tuleks korda tehtud ühisveevärkidega asumites majadesse ja korteritesse mitte paigaldada lisafiltreid või siis eemaldada juba paigaldatud filtreid.** Need filtreid võivad muutuvad bakterite kasvulavaks ning hoopis halvendavad vee kvaliteeti, põhjustades ummistades filterelemendis avad veesurve languse ning vee ebameeldiva lõhna.

Probleemid soojaveeboileri veekvaliteediga

Elektrilised soojaveeboilerid on suhteliselt uus tarbeese, mille koostoimet soojendatava vee omadustega pole seni veel uuritud.

Elektriliste soojaveeboilerite kasutajad on täheldanud peale uue boileri kasutuselevõttu sooja vee kvaliteedi muutust - enamasti omandab vesi peale boileri läbimist mädamuna haisu (st vette on tekkinud väävelvesinik – H_2S). Mädamuna haisu võivad tekitada boileris kasvama hakanud bakterid, kuid tihti on märgatud just veega kokkupuutuva küttekeha ja magneesiumanoodiiga boilerites vee omaduste halvenemist. Magneesiumanood paigutatakse boilerisse, et vähendada korrosiooni ning katlakivi teket ning kaitsta korpus korrodeerumise (lekkimahakkamise) eest. Magneesiumanood reageerib vees olevate mineraalidega ning võib selle tulemusena tekitada haisu ning anda veele metalli maitset. Kasutamise käigus magneesiumvarras (anood) pikkamisi korrodeerub ning kaotab reaktiivsuse. Kui vee haisemises on süüdi magneesiumanood, siis selle vananedes haisuprobleem väheneb ning hais intensiivistub uuesti magneesiumanoodi uuega asendamisel (soovitatud tootja poolt). Mõni boileriomanik on ise magneesiumanoodi boilerist eemaldanud ja sel teel haisust lahti saanud. Sellist lahendust pigem ei soovitaks. Kui tõesti on süüdi magneesiumanoodi ja vee kokkusobimatus, siis oleks sobivaim lahendus lahtise küttekehaga boileri väljavahetamine keraamilise küttekehaga ja titaananoodiga boileri vastu.

Enne kui aga soojaveeboilerit vahetama hakata soovitaksin testida, kas süüdi võiks olla boileris kasvama hakanud (raua)bakterid. Kuna bakterid on elusolendid, siis nad kõrget kuumust reeglina ei talu. Elektriliste veeboilerite puhul peetakse optimaalseks vee temperatuuriks $+60^{\circ}C$, mis on liiga madal, et hävitada kõik vees leiduvad bakterid. Teatavasti leidub väävli- ja rauabakterite hulgas liike, kes suudavad edukalt paljuneda isegi kuumaveeallikates. Eesti vetes elutsevad bakterid on pigem külmalembesed, kuid nende taluvuspiirid võivad olla väga laiad. Seega võib osa looduslikult põhjavees leiduvatest bakteritest kuni $+60$ kraadini kuumutatud vees ellu jääda ja paljunema hakata. Mõõdukas soojendamine võib osade bakterite paljunemist isegi soodustada. Seda eriti siis, soojavee tarbimine on väike. Kuna bakterite, eriti väävlibakterite, elutegevuse käigus eralduvad ebameeldiva lõhna ja maitsega produktid, nagu mädamuna haisuga väävelvesinik (H_2S), siis

võibki juhtuda, et peale boileri läbimist on veel ebameeldiv lõhn ja kõrvalmaitse. **Et bakterid boileris hävineks, tuleks vee temperatuur boileris aeg-ajalt lühiajaliselt kõrgemaks keerata, näiteks ööseks maksimumtemperatuurile, milleks on enamike boilerite puhul +75 °C.** Kui selline perioodiline ülekuumutamine vee haisuprobleemi ei vähenda/kõrvalda, siis on suure tõenäosusega põhjus siiski boileris endas.

Kai Künnis-Beres

Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut

teadur, doktorikraad (veemikrobioloog-ökoloog)