MAVES

KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

EESTI VEE-ETTEVÕTETE LIIT ALATES 1995

Põhjavee, filtritäidiste ja filtreeritud põhjavee mikrobioloogiline rakendusuuring Rapla

28.03.2020 Tallinn

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

Töö nimetus:	Põhjavee, filtritäidiste ja filtreeritud põhjavee mikrobioloogiline rakendusuuring Rapla
Töö number:	19027
Tellija:	EESTI VEE-ETTEVÕTETE LIIT
Vastutav täitja:	Madis Metsur
Koostajad:	Madis Metsur
	Kadri Normak
Töös osalesid:	Artto Pello
	Mati Salu
	Eik Eller
Kaasatud eksperdid	Jaak Jaaku AA Aqua OÜ
	Mailis Laht EKUK
	Rein Munter OÜ LOITEH
Kontrollija:	Kadri Normak

Maves OÜ

Marja 4D Tallinn, registrikood 10097377

http://www.maves.ee e-post: maves@maves.ee

SISUKORD

PÕHJAVEE, FILTRITÄIDISTE JA FILTREERITUD PÕHJAVEE MIKROBIOLOOGILINE RAKENDUSUURING RAPLA 0
1 SISSEJUHATUS 3
2 HÜDROGEOLOOGIA 4
3 SENISED VEEKVALITEEDI MIKROBIOLOOGILISED PROBLEEMID 6
4 SENISED TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED 10
4.1 ANAEROOBSE PÕHJAVEE PUHASTAMISE TEHNOLOOGIA 10
4.2 TEHNILISTE LAHENDUSTE ASJAKOHASUS 10
4.3 SEADISTAMINE 11
4.4 TEHNOLOOGIA PUUDUSED 12
5 ANALÜÜSIDE TULEMUSED JA JÄRELDUSED 13
5.1 VEEANALÜÜSID 13
5.2 LAHUSTUNUD HAPNIKU SISALDUS VEES 14
5.3 BAKTERITE MÄÄRANGUD 15
5.4 METAAN 17
5.5 TOITAINED 17
6 MIKROORGANISMIDE ELUTEGEVUS VEETOOTMISE PROTSESSIS 19
7 VEE BIOLOOGILISE STABIILSUSE SAAVUTAMISE VÕIMALUSED 24
8 KOKKUVÕTE 27
9 VIIDATUD KIRJANDUSE LOETELU 28

LISA 1 Rein Munteri arvamus veekäitlusest, kokkuvõte
LISA 2 Veeloa muutmise ettepanek
LISA 3 Veeproovide ja mõõtmiste tulemused (Excel)

1 SISSEJUHATUS

Uurimistöö käigus analüüsiti hüdrogeoloogi (Madis Metsur, Maves OÜ), veeinseneri (Rein Munter), keemiku (Jaak Jaaku) ja mikrobioloogi (Mailis Laht) koostöös Sillamäe Mikrorajooni ja Rapla ühisveevärgi põhjavee kasutamise ja veekäitluse arengu ajalugu, olemasolevat tehnoloogiat ja tulemusi toorvee käitlemisel.

Teadaolevalt ei ole Eestis spetsialiste, kelle põhitegevuseks on erinevate põhjaveeallikate toorvee käitlemise tehnoloogia uuringud ja teaduslikult põhjendatud lahenduste soovitamine. Seetõttu kulus töörühmal palju aega Sillamäe ja Rapla anaeroobse põhjavee käitlemise probleemi ja maailmapraktika näidetesse süvenemiseks. Olulisemate kogutud ja kasutatud materjalide loetelu on toodud peatükis 9. Viited kasutatud materjalidele on toodud ka vee-ettevõtetele esitatud töömaterjalides.

Töö raames külastati Rakvere ja Haapsalu veetöötlusjaamu, mis töötlevad samuti anaeroobset põhjavett.

Uuringute programmi tuli töö käigus lisandunud informatsiooni põhjal jooksvalt täpsustada. Esimeste proovivõtuseeriate järel selgus täiendavate uuringute vajadus vee lahustunud metaani sisalduse osas.

Rapla ja Sillamäe veehaarete uuringu töömaterjalid, sealhulgas arutluste üleskirjutused ja mõõtmiste tulemused on esitatud Rapla ja Sillamäe vee-ettevõtetele jooksvalt. Veeproovide ja mõõtmiste tulemused on koondatud lisasse 3. Olulisemad näitajad on esitatud ka teksti tabelites peatükis 5.

Käesolev aruanne esitab ekspertide arusaama vaadeldud veetöötlusjaama uuringute alusel. Käesoleva kokkuvõtliku aruande koostas Madis Metsur.

Töö tulemused on läbi arutatud Rapla Vee esindajatega. Käesolev aruanne saadeti tutvumiseks Keskkonnaministeeriumi veeosakonnale ja põhjaveekomisjonile ning EVEI-ile koos Sillamäe aruandega 12.03.2020. Tööd esitleti põhjaveekomisjoni elektroonilisel koosolekul 01.04.2020. Aruannet täiendati veeloa muutmise ettepanekuga (lisa 2).

2 HÜDROGEOLOOGIA

Põhjavee kvaliteedi kujunemise seaduspärasused. Vesi on kogu ökosüsteemi alus, milleta elu maal ei ole võimalik. Vee füüsikalis-keemiliste omaduse kujunemisel osalevad mikroorganismid, mille olemasolu me tavaliselt ei teadvusta.

Põhjavee keemiline koostis sõltub veekihi lasumissügavusest. Aeroobne põhjavesi levib ainult maapinnalähedases veekihis, mis toitub otseselt sademetest ning mille koostis sõltub sademete vee koostisest ning mulla- ja pinnasekihtidest pärinevatest lahustuvatest ainetest. Maapinnalähedases hapnikurikkas tsoonis esinevad nii nitraat-ioon kui ka sulfaatioon. Sügavuse suurenedes kaob veest vaba hapnik ning seejärel kasutavad mikroorganismid ära nitraat- ja sulfaatiooni hapniku. Põhjavette ilmuvad vees lahustunud mangaan ja raud, seejärel väävelvesinik ja metaan.[1]

Sügavate veekihtide vees on sageli joogiveeks kasutamiseks liigselt rauda, mangaani, väävelvesinikku ja ammooniumiooni. Kõiki neid on võimalik veest kõrvaldada vee oksüdeerimise ja filtreerimise teel.

Raplas langes joogivee maapinnalähedase **Ordoviitsiumi põhjaveekihi** kvaliteet järsult käesoleva sajandi algul. Põhjavee orgaanilise aine sisaldus tõusis sedavõrd, et sellest veest joogivee tootmine oleks osutunud ülemäära kalliks.[2] Mikroskoopiline uuring näitas, et AS Rapla Vesi rakendatav puhastusprotsess reostab vett mikrobioloogiliselt – vette ilmuvad suurerakulised bakterid, kes veemahutis jõudsalt juurde kasvavad. Veemahutis lisanduvad bakteritele ka bakteritest toituvad algloomad – amööbid. Nii bakterid kui amööbid rikuvad vee kvaliteeti ja võivad põhjustada probleeme veevõrgus. Probleemi lahendamiseks on vaja veepuhastusprotsessis toimuv selgeks teha.[3]

Raplas kasutatava Ordoviitsiumi – Kambriumi põhjaveekogumi põhjavesi on kujunenud tänapäeva sademete infiltreerumisel tekkinud põhjavee, jääajal mandriliustike sulavetest tekkinud põhjavee ja reliktse Na-Cl tüüpi mineraalvee segunemisel. Kõige olulisemad geokeemilised protsessid, mis on mõjutanud põhjavee keemilise koostise kujunemist, on karbonaatsete mineraalide (dolomiit, kaltsiit) lahustumine, katioon-vahetus, püriidi oksüdatsioon ja orgaanilise aine oksüdeerumine. Enam on katioon-vahetusest ja orgaanilise aine oksüdatsioonist mõjutatud liustikutekkeline Na-HCO_3 tüüpi põhjavesi. Lokaalselt esineb põhjavees metaani, mis on tekkinud kivimites leiduva

[1] Põhjaveekomisjon 2005. Eesti Põhjavee kasutamine ja kaitse

[2] Maves AS 2015. Rapla linna Uusküla veehaarde uuring

[3] Künnis-Beres, Kai 2014. AS Rapla Linna Uusküla veehaarde puurkaevude ja veepuhasti vee mikrobioloogiline uuring

orgaanilise aine oksüdeerumise lõppfaasis ja mille esinemine väljendab põhjavee aeglast liikumist läbi lasuvate Ordoviitsiumi ja Siluri kivimite (Marandi jt., 2019).[4]

O-Cm veekihi põhjaveevaru võeti Rapla peamise põhjaveeallikana kasutusele 2016. aastal kahe uue kaevuga: Uusküla veehaarde alal (katastri nr 54730) ja veetöötlusjaama territooriumil (Pihlaka 54871). Rapla Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveevaruga alal on keskkonnaministri käskkirjaga 26.07.2016 nr 1-2/16/743 põhjaveevaruks kinnitatud 1800 m^3/ööpäevas (sh a´600 m^3/d kaevudel nr 54730 ja nr 54871, a´300 m^3/d kaevudel nr 1679 ja nr 8365)[5]. Alu (Sassiani 1679) O-Cm puurkaev on praktiliselt reservis, Puurkaevust 8365 võetakse vett vähe (veeloaga lubatud veevõtt 4000 m^3 aastas). Enamkasutatavaks kaevuks on 54730 (Uusküla puurkaev). Koguveevõtt Rapla Vee 3-st puurkaevust (54730, 54871, 1679) oli 2017. aastal keskkonnaregistri andmetel 298 911 m^3, ehk keskmiselt 820 m^3 ööpäevas. Sellise suurusjärgu vett võib põhjaveevaru aruande mudelarvutuste järgi võtta ka ühest uuest puurkaevust. Vaata lisa 2.

Põhjavesi on hea kvaliteediga, kuid anaeroobne. Põhjaveevaru uuringu järeldus oli: „Vaadeldava põhjaveevaru alal ja selle ümbruses vastab Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjavesi oma omadustelt joogiveeallika valiku I kvaliteediklassi nõuetele[6] välja arvatud raua sisaldus, mida on vaja olmeveena kasutamisel veevärki antavast veest veetöötlusega eemaldada."

Looduslikus anaeroobses olekus on põhjavee koostis stabiilne. Vaata ka peatükk 5 ja Lisa 3.

---

[4] Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

[5] Maves AS 2016. Rapla linna Uusküla veehaarde rekonstrueerimine, Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjaveevaru arvutus Rapla arvestuspiirkonnas

[6] Sotsiaalministri 02.01.2003 määrus nr 1. Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded (*kehtetu alates 01.10.2019. Ei ole kavas uuendada*)

3 SENISED VEEKVALITEEDI MIKROBIOLOOGILISED PROBLEEMID

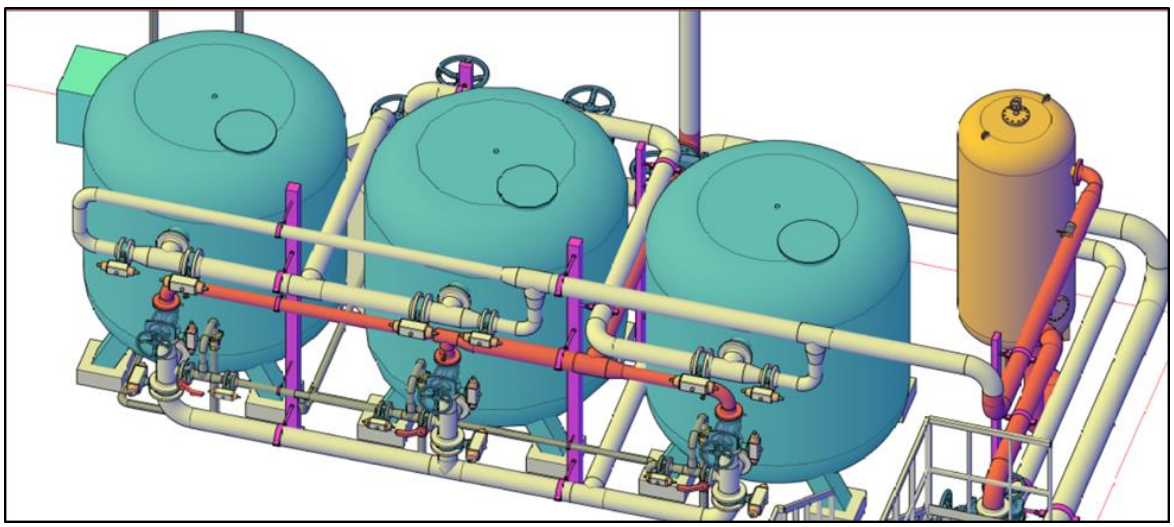
Mikrobioloogilised probleemid (mikroorganismide vohamine) jätkusid veepuhastusjaamas ka O-Cm veekihi põhjavee kasutusevõtu järel.

2017. a. tegi Kai Künnis-Beres veepuhastusprotsessist ja veevõrgust võetud proovide mikrobioloogilise uuringu ning tuvastas rauabakterite (*Leptothrix ochracea, Thiobacillus ferrooxidans* jt.) olemasolu. Nad on kujult niitjad, kapsliga või ilma. Niidid koguvad enda ümber kolmevalentset rauda, moodustades torusid. Fe^{2+}/Mn^{2+} initsieerivad bakterite (sh ka rauabakterite) kasvu. Energiat saavad bakterid Fe^{2+}/Mn^{2+} oksüdatsiooniprotsessist. Nende poolt toodetud limane sade võib olla oranž, pruun, hall, punakaspruun või kollane. Bakterite kasvulavaks on VPJ filtrid, hüdrandid, elumajade filtrid, aeglase voolukiirusega torustiku lõigud ja tupikud.

2018. a. veebruaris võeti Rapla VPJ-s desinfitseerijana kasutusele ClO_2 (Dutrioni) 0,3%-line vesilahus, mida valmistati kahest tahkest komponendist A ja B. Lahust hakati algul doseerima linnavõrku, aga lõhna/maitse probleemide ilmnemisel tarbija juures sellest loobuti ning hakati ClO_2 doseerima vette Uusküla puurkaevu juures (0,5 mg/l ClO_2). Analüüsid näitasid, et võrgus kujunes välja ClO_2 sobiv jääkkontsentratsioon ca 0,2 mg/l.

Kui Rapla Vesi AS vähendas vette juhitava Dutrioni lahuse doosi, hakkasid bakterid vohama võrgu kaugemates otstes. Kaugemal oli kolooniate arv suurem, veetöötlusjaamas ja lähikonnas oli nende arv nullilähedane.

Puurkaevudest pumbatakse vesi veetöötlusjaama (vt joonis 1), mis koosneb kontaktmahutist (millesse sisenevasse toorvee torusse pumbatakse kompressoriga õhku), kolmest liivafiltrist, (kolmas ei ole töös) ja kahest veemahutist a' 600 m^3. Vesi pumbatakse veevõrku 4 teise astme pumbaga.



Joonis 1. Filtrid ja kontaktmahuti (Schöttli 08.01.2016)

Kuupäev	Kolooniate arv 22 °C veetöötlusest	Kolooniate arv 22 °C tarbija kraanist Viljandi mnt 69	Kolooniate arv 22 °C tarbija kraanist Öökulli 9
04.01.2017	167		
05.04.2017	7	68	59
10.07.2017	11	26	10
04.10.2017	0	246	300

Tabel 1. Rapla veetöötlusjaamast väljavoolust ja veevõrgust leitud baktereid 2017. aastal

Pärast uue veehaarde kasutusevõttu on tehtud mikrobioloogiline uuring ja eksperthinnang tehnoloogia kohta.

Mikrobioloogiline uuring[7]**.** Järgnevalt väljavõtted aruandest muutmata kujul.

Kolmes etapis (25.01.2017, 08.03.2017, 18.03.2017) läbi viidud mikrobioloogilised uuringud näitasid veekvaliteedi paranemist. Eriti oluline on teadmine, et puurkaevu vesi on bakterite vaene ning keemilise sobivuse korral ilma puhastamata tarbitav.

Rauaärastusfiltrite kasvama mineku küsimust põhjalikumalt uurimata oleks soovitus kasutada rauaärastust vaid juhul, kui seda tõesti vaja on ja siis väga põhjalikult protsessi kulgu jälgides ja puhastuse efektiivsust kontrollides. Kuna veevõrgu vees leidub vähesel määral rauabaktereid, siis tuleks vältida neile veevõrgus soodsate tingimuste loomist, st torustikus tuleb tagada surve (pidev veevool) ning vältida igasuguseid voolutakistusi, sh tarbija poolt paigutatavaid omaalgatuslikke filtreid või sõelu, mis võimaldaks kontsentreerida nii rauabaktereid kui ka nende substraati (rauda, orgaanilist ainet).

Veevõrgust (kontori tualettruumi kraanist) 8. märtsil võetud veeproov oli mikrobioloogiliselt puhas kuigi sealt võis leida vähesel määral ümaraid bakterirakke, mis esinesid ka veemahuti vees ning on sel teel ka veevõrku sattunud või siis veevõrgus säilinud (nagu näitas 25. jaanuaril hüdrandist võetud võrguproov on neid vähemalt selles hüdrandis säilinud rohkesti). Varasema kogemuse põhjal on sellise fenotüübiga bakterid paljunenud hoogsalt rauaärastusfiltrites.

Kui põhjavees leidub rauda, mangaani või väävlit, siis võib seal looduslikult leiduda ka raua-, mangaani ja väävlibaktereid. Bakterikooslus muutub ka orgaanilise reostuse korral.

Teoreetiliselt on puurkaevuvees looduslikult esinevad bakterid kohanenud hapnikupuudusega ning liigne hapnikusisaldus (aereerimine) pigem tapab neid, kui soodustab

[7] Künnis-Beres, Kai 2017. AS Rapla Vesi veevarustussüsteemist ja veepuhastusprotsessist võetud veeproovide mikrobioloogiline uuring

paljunemist. Küll aga võivad puurkaevust pärit bakterid hakata arenema ja paljunema kinnistes mahutites, kus tekib hapnikuvaeseid tsoone, näiteks filtritäidises.

Vee hapnikusisalduse mõõtmisi, veeanalüüse ega vee kvaliteedinäitajate mõõtmisi eelviidatud töö käigus teadaolevalt ei tehtud.

Ekspertarvamus tehnoloogia kohta[8] Järgnevalt väljavõtted aruandest.

Viimase aasta jooksul on veetöötlusjaamas enne ja peale veetöötlust tähendatud valge sademe teket. (Raua sisaldus on põhjavees olnud 0,1 mg/l (norm 0,2 mg/l ning mangaani sisaldus 0,02 mg/l (norm 0,05 mg/l)).

Jaama jõudes toorvesi rikastatakse õhuhapnikuga kompressori abil ning suunatakse vantuusiga varustatud kontaktmahutisse. Kontaktmahuti on seest tühi. Vee viibimisaeg kontaktmahutis on ca 1,3 min. Aeratsiooni eesmärgiks on eraldada veest H_2S, mille kontsentratsiooni toorvees määratud ei ole, kuid mida sai kergesti tuvastada lõhna järgi. Aereeritud vesi (Q = 50 m^3/h) suunatakse (surve) liivafiltritesse.

Olemasolevast kolmest filtrist töötab praegu üks, teised on tugevalt rauasademega saastunud sellest ajast, kui toorvesi oli rauarikas. Filtritud vesi kogutakse kahte mahutisse, kumbki mahuga 600 m^3. Mahutitesse sissevool on veejoa vaba langusega. Veetarve on olnud piirides 800-900 m^3/d.

Viimase aja probleemiks on olnud hõljuva sademe teke nii töödeldavas vees kui ka väljavoolus. Tugev sade on sees mahutites. Tarbija juures on esinenud limast väljavoolu kraanidest. Seejuures on sademe teket veepuhastusjaamas olnud raske täpselt tuvastada, sade on tekkinud äkki, pärast omapäraste täpikeste või laikude ilmumist veepinnale.

Mahutite läbipesuks on kasutatud nn šoki-kloorimist ning klooritud veega on tagasi pestud ka filtreid, kuid süsteemis on puudunud pidev desinfitseerija.

10. aprillil 2017. a tuli aga Rapla Veest teade, et kontaktmahuti seintel on pruunikas sade, mis kandus ka filtrisse, kus pesuvesi muutus pruunikaks ja vahutas.

Viimane tähelepanek viitab meie arvates rauabakterile ja näitab, et kogu süsteem on väga ebastabiilne ning iga hetk võib mingi seadme osa või torustik osutuda bakteriaalselt saastatuks.

Allakirjutanute varasemad kogemused Ahaste ja Sillamäe põhjaveega toetavad nii väävli- kui rauabakterite olemasolu. Limase vee teke veevõrgus Ahastes ja Sillamäel oli tingitud eeskätt väävlibakteritest, kuid tuvastati ka rauabakter (Künnis-Beres, Kai 2017).

Uuringute tulemustest ja tehtud vee analüüsidest võib järeldada, et madala rauasisalduse ($Fe_{üld}$=0,0071 mg/l) ja kõrgema väävelvesiniku sisalduse tõttu on käesoleval ajal tekkinud väävli-rauabakterioloogiline reostus, mis olemasoleva veetöötlusprotsessi tulemusena levib kiiresti. Kõige suurem kolooniate arv tähendati pärast protsessi veereservuaarides.

[8] Munter, Rein 2017. Ekspertarvamus Rapla Veepuhastusjaama tehnoloogia kohta. OÜ Loiteh

Arvestades asjaolu, et rauabakteri olemasolu on vaieldamatu, tuleks joogivee tootmisel täiendada aeratsiooni- ja filtratsioonisüsteemi ning kasutada pidevalt sobivat desinfitseerijat, mis väldiks bakteri arengut süsteemis.

<u>Väävelvesiniku ja raua eraldamise parandusettepanekud:</u>

1. Aeratsioonisüsteemi tuleb parandada, kuna olemasolev süsteem kompressori ja kontaktmahutiga ei suuda veest eraldada väävelvesinikku piisavalt. Seetõttu on ettepanek enne kontaktmahutit paigaldada 2 aereerimis- ja degaseerimisseadet GDT DS-300-WM, mis koosneb injektorist (õhuvõtt), separaatorist (gaaside eraldamiseks veest) ja vantuusist. Olemasolev kontaktmahuti võib jääda, kuid ideaalne oleks suurendada kontakti aega vähemalt 5 minutini ehk mahuti võiks olla 2 korda suurem.
   (Aereerimis- ja degaseerimisseadmeid lisatud ei ole.)
2. Vajalik on töös hoida vähemalt 2 filtrit, mis tagaksid õige filtreerimiskiiruse. (*Tänaseks tehtud)*.
3. Olemasolev täidismaterjal (tavaline liiv) tuleb välja vahetada uue vastu (kruus + liiv + katalüütiline täidis) (*täidist ei vahetatud ainult desinfitseeriti filtrit)*, filtri sisendisse juhtida oksüdeerijat. (*Rapla Vee kommentaar: NaOCl lahus ei andnud tulemusi, tarbija juures hakkas vesi haisema.)*
   Arvestades asjaolu, et väävli-ja rauabakteri olemasolu on vaieldamatu, tuleks joogivee tootmisel kasutada pidevalt mingit desinfitseerijat, mis väldiks bakteri arengut süsteemis. *(Tänaseks tehtud)*
4. Muuta veereservuaarid tolmu- ja bakterivanaks, selleks paigaldada reservuaaridele veekindlad luugid ja ventilatsioonisüsteem koos õhufiltritega (HEPA või analoog). *(Piirdutakse filtritega kompressoritel.)*
5. Tarnida ja paigaldada UV-seade enne reservuaare.
   (Seda ei loetud vajalikuks.)

(Pikemad kommentaarid leiab varasemast vahearuandest.)

4 SENISED TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED

4.1 Anaeroobse põhjavee puhastamise tehnoloogia

Raplas kasutatakse sügavate põhjaveekihtide anaeroobset vett, mis sisaldab metaani ja sulfiide, ammooniumiooni, kahevalentset rauda ja mangaani ning süsihappegaasi.

Kui tavaliste filtersüsteemidega eraldatakse enamasti ainult kahevalentset rauda ja mangaani, siis sügavate veekihtide vesi nõuab ka veetöötlusjaamast väljuva vee stabiilset küllastamist lahustunud hapnikuga. Seepärast kasutatakse „sügavaeratsiooni" või oksüdantide lisamist[9].

Eestis on „sügavaeratsiooni" kasutamise näiteks Rakvere veepuhastusjaam[10], kus 2019. aasta juunis suunati vee-ettevõtte mõõtmiste alusel veevõrku töödeldud vesi lahustunud hapnikusisaldusega 9–10 mg/l. Siin kasutatakse aeratsiooniks klassikalist aeratsiooni-torni.

Tõrgeteta töötab veetöötlus GDT tehnoloogiat kasutades Haapsalu veevärgis[11].

Mõlemas eeltoodud veevärgis toorvee kloreerimist ei rakendata (vee-ettevõtete informatsioon 2019. aasta veetöötlusjaamade külastamise ajal).

Valiku kirjandust veetöötluse tehnoloogiate kohta leiab p. 9. Kasutatud materjalid.

4.2 Tehniliste lahenduste asjakohasus

Veetöötlussüsteemi tootlikkus on 40 m^3/tunnis. Kasutatakse peamiselt Uusküla puurkaevu. Jaama jõudes toorvesi rikastatakse õhuhapnikuga kompressori abil veetorusse pumpamise abil (õhku lisatakse 40 – 50 l/min) ning suunatakse vantuusiga varustatud kontaktmahutisse. Sellise aeratsioonimeetodi tõhusus on ebaselge aeratsioonirežiimi püsivuse osas. Õhk ja vesi liiguvad koos mõned meetri kontaktmahutini, kust gaasid väljuvad. Hapnikku oli veevõrgus kõige rohkem mais, kui õhku pumpas võrku ka lisakompressor Uusküla puurkaevu juures.

Ebaselged on vee lahustunud hapnikusisalduse mõõtmiste tulemused enne ja pärast filtreid (pärast filtreid on hapnikusisaldus madal, siinkohal võib tegu olla ka proovivõtukoha iseärasustega). Hapniku mõõtmise tulemustest jääb mulje, et lahustunud

[9] Karu, Jaan 2016. Veevärk. Tallinna tehnikaülikool. Keskkonnatehnika instituut

[10] Keskkonnalahendused OÜ 2018. Rakvere linna ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kava aastateks 2018-2030. Rakvere linnavalitsus

[11] SWECO Projekt 2017. Haapsalu ühisveevärgi ja –kanalisatsiooni arengukava aastateks 2014...2025. Haapsalu Veevärk AS

hapnikku lisandub enne võrku suunamist ka reservuaarides (näib, et eriti siis, kui reservuaarid ei ole täis).

Kloordioksiidi lisamine annab kindluse, et vee hapnikusisalduse kõikumise korral ei lähe bakterid veevõrgus kiiresti kasvama. Näiteks nädalavahetuse järel (14.10.2019) puudus lahustunud hapnik veevõrgu kaugemas osas (reoveepuhasti kraanis).

Kuna toorvesi sisaldab ka metaani, peaks veevõrku andma võimalikult hapnikuga küllastunud vett. Samas võib õhu lihtsalt kompressoriga veetorusse pumpamise tõhusus kõikuda. Samuti ei püsi lahustunud hapnik pikemat aega seisvas vees. Oma osa on hapniku ärakasutamisel ka metaanil.

Tehnoloogia keerukuseks on veesüsteemi vees piisava lahustunud hapnikusisalduse ja kloordioksiidi sisalduse samaaegse optimaalse sisalduse hoidmine.

4.3 Seadistamine

1. Veetöötlusjaam on kohandatud maapinnalähedase põhjavee rauaeralduseks rajatud veekäitlusjaamast Seadmed on kavandatud raua ja mangaani eraldamiseks. Arvestatud ei olnud anaeroobse põhjavee muude komponentide oksüdeerimise hapnikutarbe ning võrku mineva vee lahustunud hapniku vajadusega.
2. Ilmselt esines varem lahustunud õhuhapniku perioodiline vähesus ja ebastabiilne sisaldus (ebapiisav õhu segunemine vette?) veepuhastusjaama kontaktmahutis ja filtrites. Seda soodustas ka varasem veesüsteemi saastumine orgaanilise ainega.
3. VPJ seadmetes ja veevõrgus toimus rauabakterite vohamine, millest tekkinud orgaanilisest ainest toitus ka kõikvõimalik muu mikroorganismide kogukond.
4. Klooriühendite (hüpoklorit) lisamine vette olukorda ei parandanud, kuna see ei taga süsteemi mikrobioloogilist stabiilsust.
5. Veekvaliteet veesüsteemis ja tarbija kraanis saadi kontrolli alla kloordioksiidi kasutamisega (kloordioksiidi lisatakse pidevalt Uusküla puurkaevu hoones alates 2018. aasta maist). Torustik (1,8 km) kuni veetöötlusjaamani töötab sisuliselt kontaktmahutina, jaama jõudes kahevalentne raud ja mangaan vees puudub ning sulfiidid on oksüdeerunud sulfaadiks. Vaata lisa 3.
6. Kevadine katse lisada kompressoriga õhku ka Uusküla puurkaevu juures tõstis oluliselt (kuni 9 mg/l) lahustunud hapniku sisaldust veesüsteemis, kuid õhutas välja ka kloordioksiidi.
7. 2019. aasta teisel poolel suurendati mõnevõrra (40 l/minutis kuni 50 l/minutis) kompressoriga vette lisatava õhu kogust enne kontaktmahutit. Seejärel oli lahustunud hapniku sisaldus veesüsteemis enamasti heal tasemel, kuid ajuti langeb hapnikusisaldus mõnes süsteemi punktis alla soovitatava taseme. Ebaselge on veereservuaaride täituvuse ja neisse langeva vee õhutav mõju (vaata tabel 2. Jääb mulje, et filtrite järel ei ole lahustunud hapniku sisaldus piisav, kuid see tõuseb

pärast reservuaaride läbimist. Küsimus võib olla ka proovivõtukraanide asukohas ja vee ebaühtlases segunemises enne ja pärast filtreid).

4.4 Tehnoloogia puudused

Praegu veetöötlusjaamas olemasolev tehnoloogia ei pruugi tagada vee pidevat kontrollitud küllastamist hapnikuga. Ebaselge on, kui kiiresti kompressoriga lisatud õhk veega seguneb ja kui ühtlaselt hapnik vette lahustub. Lisatava õhu koguse suurendamine tõi kaasa kloordioksiidi „väljapuhumise" konttaktmahutis.

Hapnikutaseme kõikumise tõttu on kloordioksiidist loobumine riskantne. Kohati võivad uuesti tekkida mikroaerofiilsete bakterite vohangud.

Olemasolev tehnoloogia ei võimalda toorveest efektiivselt metaani eraldada. Vaata ka lisa 1. Rein Munteri arvamus. Mikrobioloogilise stabiilsuse tagamiseks peab veevõrku suunatava vee lahustunud metaani sisaldus olema alla 10 µg/l. Lahustunud metaan vee-võrgus soodustab mikrobioloogilist ebastabiilsust. Seetõttu ei ole praeguste seadmetega joogivee stabiilne väga hea kvaliteet Raplas ilma kloordioksiidi kasutamata garanteeritud.

Samas ei ole välistatud nõuetekohase joogivee tootmine ka ilma kloordioksiidi lisamata, kuid see on tõenäosem, kui õhu segamine vette oleks senisest tõhusam või kontaktaeg enne filtreid pikem. Ebaselge on reservuaarides oleva vee koguse mõju linna väljuva vee hapnikusisaldusele. Probleemiks jääb ka ajutiselt seisva veega veetorustiku osades bakterite vohamise vältimine.

Ebasoovitatav on toorvee allikaks olevate kaevude ümberlülitamine. Seisva veega veesüsteemi osades on bakterite kasvuks soodsamad tingimused.

Kloordioksiid on tõhus oksüdeerija ja desinfitseerija, kuid tema kasutamine on ebamugav (ohutusnõuete ranged nõuded) ja kallis.

5 ANALÜÜSIDE TULEMUSED JA JÄRELDUSED

5.1 Veeanalüüsid

Uurimistöö käigus tehti kõigist vaadeldavat veetöötlusjaama toorveega varustatavatest puurkaevudest vähemalt üks kord põhjavee põhjalikud üldanalüüsid, milles tavanäitajatele (sealhulgas ammooniumioon) lisaks määrati TOC, DOC, CO_2, Fe_2^+, Fe, Mn, Cl^-, KHT_{Mn} (keemiline hapnikutarve), $N_{üld}$, $P_{üld}$, $S_{üld}$, (et teada saada bakterite võimalike toitainete koguhulka vees), kolilaadsed bakterid, *Escherichia coli*, enterokokid, kolooniate arv 22 °C, väävelvesinik. Kohapeal mõõdeti vees lahustunud hapniku sisaldus (ja küllastumusprotsent), temperatuur, pH ja elektrijuhtivus.

Enne veetöötlust määrati: Fe_2^+, Fe, Mn, Cl^-, vabakloor, hapnik, KHT_{Mn}, S, kolooniate arv 22 °C, CO_2 ja sulfaat.

Võrku suunatavast veest määrati: TOC, DOC, CO_2, Fe_2^+, Fe, Mn, Cl^-, hapnik, KHT_{Mn}, $N_{üld}$, $P_{üld}$, $S_{üld}$, kolooniate arv 22 °C, sulfaat, nitraat ja ammooniumioon.

Süsteemi vahepunktides (kolmes punktis) määrati Fe_2^+, Fe, Mn, Cl^-, vabakloor, hapnik, KHT_{Mn}; S, kolooniate arv 22 °C ja CO_2.

Võrgu kaugemates punktides määrati: TOC, DOC, CO_2, Fe_2^+, Fe, Mn, Cl^-, hapnik, KHT_{Mn}, $N_{üld}$, $P_{üld}$, $S_{üld}$, kolooniate arv 22 °C, sulfaat, nitraat, ammooniumioon.

Veepuhastusprotsessi tõhususe hindamiseks määrati vee hapnikusisaldust, TOC (üldorgaaniline süsinik) ja DOC (lahustunud orgaaniline süsinik). Bakterite toitainete (N, S, P) määramine õnnestus otseselt üldlämmastiku kaudu. Üldväävli ja -fosfori sisaldus jäi alla määramispiiri.

Kõige kulutõhusam on jälgida veesüsteemis vee lahustunud hapniku sisalduse muutusi. Informatiivne oli kahevalentse raua, üldraua ja mangaani ning orgaanilise aine sisalduse määramine.

Veeproovide iga järgneva proovivõtu koosseisu korrigeeriti eelnevate analüüside ja mõõtmiste põhjal. Põhjavee (toorvee) ja joogivee täisanalüüse kõigis punktides täismahus korduvalt ei tehtud nende näitajate osas, mis osutusid stabiilseks või jäid alla määramispiiri. Selline lähenemine oli vajalik võimalikult sihipärase uurimistulemuse saavutamiseks etteantud töömahu piires.

Esimeste proovivõtuseeriate järel selgus täiendavate uuringute vajadus vee lahustunud metaani sisalduse osas.

Lahustunud hapniku mõõtmistel andsid enne ja pärast filtreid asuvatest proovivõtu-kraanidest võetud proovid anomaalselt väikeseid tulemusi. See võib olla tingitud ka kraanide paiknemisest tsoonis, kus vesi ei ole ühtlaselt segunenud või tupiktorude ja siibrite lähedusest.

Veeanalüüside ja mõõtmiste tulemused on toodud lisas 3.

5.2 Lahustunud hapniku sisaldus vees

Uurimistöö käigus mõõdeti perioodiliselt hapnikusisaldust veesüsteemides (tulemusi vt tabel 2). Vees lahustunud hapniku sisaldus on oluline veesüsteemi biokeemilise seisundi näitaja. Hapnikusisalduse ning kloordioksiidi sisalduse mõõtmiste tulemusi kasutati õhutuse ja kloordioksiidi vahekorra täpsustamiseks. Seadistamise abil saavutati olemasoleva tehnoloogiaga piisav hapnikusisaldus veevõrku suunatavas vees. Samaaegselt säilis veesüsteemis ka kloordioksiid.

Tabel 2. Lahustunud hapniku sisaldus vees

Proovivõtukoht	Kuupäev	Lahus-tunud hapnik, mg/l	pH	Tempera-tuur °C	Elektri-juhtivus µS/cm
Uusküla puurkaev	**02.04.2019**	0,5	7,61	8,3	510
Pärast filtreid		6,6	7,61	7,9	511
Vesi linna		6,2	7,72	8,3	511
Välja 9 kontor		6,5	7,7	4	512
Alu puurkaevu juures		6,8	7,62	6,6	512
Reoveepuhasti garaaž		4,8	7,72	4,3	510
Pihlaka puurkaev EKUK	**13.05.2019**	0	7,57	8,7	596
Uusküla puurkaev	13.05.2019	0,04	7,62	8,8	580
veetöötlusjaama sisenev	13.05.2019	1	7,48	8,6	580
veetöötlusjaamast võrku	13.05.2019	9	7,7	8,7	570
Välja 9 kontor	13.05.2019	9	7,69	8,6	575
Reoveepuhasti garaaž	13.05.2019	8,7	7,62	7,4	575
Uusküla puurkaev EKUK	**14.10.2019**	0	7,58	8,7	608
Jaama sisenev vesi Pihlaka pk hoonest	14.10.2019	0	7,71	9,8	609
Enne filtreid	14.10.2019	0	7,66	8,8	609
Pärast filtreid	14.10.2019	4,2	7,63	9	610
Vesi linna	14.10.2019	7,9	7,74	9,1	610
Välja 9 kontor	14.10.2019	8,3	7,73	11,5	610
Reoveepuhasti	14.10.2019	0,07	7,68	12,9	600
Uusküla puurkaev EKUK	**19.11.2019**	0	7,79	8,8	568
Enne filtreid	19.11.2019	2,2	7,78	8,6	573
Pärast filtreid	19.11.2019	5,5	7,8	8,9	576
Vesi linna	19.11.2019	8,9	7,84	8,8	573
Välja 9 kontor	19.11.2019	9,5	7,84	9,2	576
Reoveepuhasti garaaž	19.11.2019	8,9	7,83	8,8	578

5.3 Bakterite määrangud

Joogivees seiratavate bakterite olemasolu ja hulka selgitati Rapla veesüsteemis tavameetodil joogiveest määratavate bakterite jälgimise abil. Haigusi põhjustavatele bakteritele viitavaid kolilaadsed, *Escherichia coli* ja enterokokke Terviseameti andmetel 2019. aastal puurkaevude veest ega joogiveest ei leitud.[12] Neid käesoleva töö raames täiendavalt ei kontrollitud.

Indikaatornäitaja „kolooniate arv 22 °C juures" määramise tulemused on hüplikud. Nende üksikproovide põhjal järelduste tegemine võimalik ei ole. 2019. aasta teisel poolaastal on määramiste tulemused (sh vee-ettevõtte omaseire proovid) veesüsteemis valdavalt 0 või alla 100 PMÜ/ml. Võib väita, et olulisi mikroorganismide vohanguid ei ole esinenud.

Kuna vesi süsteemis on elav, ei ole välistatud indikaatornäitaja kolooniate arv 22 °C juures sisalduste leiud üle 100 PMÜ/1 ml. Kui vesi on tarbijale vastuvõetav, ei ole nende bakterite likvideerimine veest eraldi eesmärk. Olulisele probleemile võib viidata kolooniate püsiv sisaldus üle 300 (500) PMÜ/1 ml veesüsteemis voolavas vees.[13]

Võeti ka „kolooniate arv 22 °C juures" kordusproovid kahte laborisse Uusküla puurkaevust. 40 minuti jooksul kõikusid tulemused 0 – 230 PMÜ/1ml (vaata tabel 3).

Tabel 3. Kolooniate arv 22 °C juures Uusküla puurkaevus 11.12.2019

Uusküla puurkaevu kontrollproovid	Kellaaeg	Tulemus PMÜ/1ml
TA Nakkushaiguste labor	8,30	50
	8,50	0
	9,10	0
EKUK	8,30	160
	8,50	200
	9,10	230

Antud indikaatorbakterid puuduvad veesüsteemi osades, mis on selgelt kloordioksiidi mõju all. Vaata ka tabel 4 – lisaks kaevudele on baktereid leitud ka veesüsteemi kaugemas osas, reoveepuhasti veekraanis.

Veesüsteemis levivad bakterirühmad määrati Aqua OÜ poolt BART metoodika abil[14]. (Biological Activity Reaction Test BART™). BART testidele on Kanadas välja antud ISO 9001:2000 kohased kehtivad kvaliteedisertifikaadid.

---

[12] Terviseamet, https://www.terviseamet.ee/et/keskkonnatervis/inimesele/joogivee-ohutus

[13] WHO 2003. Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety. Edited by J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker, A. Glasmacher. World Health Organization 2003

[14] Biological Activity Reaction Test BART™ User manual. Droycon Bioconcepts Inc. 2004. http://www.dbi.ca/BARTs/PDFs/Manual.pdf

Leidis kinnitust mitmesuguste bakterigruppide esinemine puurkaevudes ja veesüsteemi eri osades. Kõige enam esineb rauabaktereid, mis hakkasid aktiivselt paljunema kõigis BART määrangutes.

Tabel 4. Bakterite määrangud veest

Labor, proovi-võtupunkt	Kuupäev 2019. a	Koloo-niate arv 22 °C	Raua-bakte-rid	Sulfaati redut-seerivad bakterid	Limabak-terid	Nitrifit-seerivad bakterid
Ühikud		PMÜ/1ml				
Aqua OÜ	**02.04.**					
Uusküla puurkaev			570000	0	0	
EKUK	**13.05.**					
Pihlaka puurkaev		7				
Uusküla puurkaev		470				
veetöötlusjaama sisenev		0				
veetöötlusjaamast võrku		0				
Välja 9 kontor		0				
Reoveepuhasti		2				
Uusküla puurkaev	**14.10.**	20				
Jaama sisenev vesi Pihlaka pk hoonest		1500*				
Enne filtreid		0				
Pärast filtreid		0				
Vesi linna		0				
Välja 9 kontor		0				
Reoveepuhasti		50				
Uusküla puurkaev	**19.11.**	570				
Enne filtreid		0				
Pärast filtreid		0				
Vesi linna		0				
Välja 9 kontor		0				
Reoveepuhasti		0				
Aqua OÜ	**19.11**					
Uusküla puurkaev			35000	1	<1	<1
Reoveepuhasti			9000	<1	<1	
Pihlaka puurkaev	**19.12**		35000	1400	500	

* (vesi oli selles ca 10 m pikkuses torus oli enne proovivõttu seisnud, proov võetud pärast vee selginemist ja kohapeal mõõdetavate näitajate stabiliseerumist)

5.4 Metaan

Metaani sisaldavale veele on iseloomulik väga peente mullide teke vee rõhu alt vabanemisel. Vesi on klaasis mõnda aega piimjas. See nähtus ei pruugi siiski alati ilmneda. Metaan võib põhjustada rõhulööke veesüsteemis ja kraanidest väljuva vee sisinat, ning „soovee" lõhna ja maitset.

Metaani mõõtmised kinnitasid, et Rapla puurkaevudes esineb olulises koguses metaani (vt tabel 5), selle sisaldus vees on muutlik ning kasutatav tehnoloogia seda täielikult veest ei eralda. Metaan võib soodustada mikrobioloogilist ebastabiilsust veesüsteemis. Samas ta laguneb süsteemis ainult osaliselt. Vee mikrobioloogilise stabiilsuse tagamiseks peaks veepuhastusjaamast väljuvas vees lahustunud metaani sisaldus alla 10 µg/l. Metaani sisaldus toorvees võib oluliselt kõikuda.

Tabel 5. Vees lahustunud metaani sisaldus

Lahustunud metaani mõõtmise punkt	Kuupäev	Tulemus, mg/l
Uusküla puurkaev	02.04.2019	0,9
Uusküla puurkaev	19.11.2019	0,89
Pihlaka puurkaev	19.12.2019	1,67
Vesi veepuhastusjaamast linna	13.03.2020	0,17
Reoveepuhasti garaaž	13.03.2020	0,08

5.5 Toitained

Mikroorganismid on miljardite aastate jooksul arenenud väga elujõulisteks ning suudavad elada ja areneda ka puhtale põhjaveele iseloomulike väga väikeste toitainete (orgaaniline C, P, N, S, Fe, Mn, muud) kontsentratsioonide juures. Metoodiliseks probleemiks oli käesoleval uurimistööl juba seegi, et kasutatavad laboratoorsed meetodid ei võimalda sageli toitainete sisaldust mikroorganismide tegevust iseloomustava täpsusega määrata.

Bakterite elementkoostise (C:N:P vahekord) tõttu on mikroorganismidele kättesaadav orgaaniline süsinik enamasti bakterite kasvu limiteeriv komponent ja selle sisaldus oluline bioloogilise stabiilsuse näitaja. Samas piisab juba orgaanilise süsiniku sisaldusest 1 µg C/l tagamaks bakterite kasvu suurusjärgus 103–104 rakku milliliitris. Muid toitaineid nagu P,

N või mikroelemente (Fe, Mn jne) on vaja tunduvalt väiksemas koguses, kui orgaanilist süsinikku.[15].

Rapla veepuhastusjaama kasutuses olevate puurkaevude vesi on veeanalüüside alusel tagasihoidliku toitainete sisaldusega.

Orgaanilise aine sisaldust iseloomustavad näitajad jäävad puurkaevude vees järgmistesse vahemikesse:

PHT: 0,5 – 1,7 mg/l,

TOC: 0,5 – 1 mg/l

DOC: vea piires sama, mis TOC

Üldlämmastik N: 0,2 – 0,3 mg/l, NH_4: 0,24 – 0,27 mg/l

Üldfosfor P: alla 0,02 mg/l

Üldväävel S: alla 0,5 mg/l

Üldraud Fe: 0,1 – 0,4 mg/l

Mangaan Mn: alla 0,03 mg/l

Seega on põhjavesi toitainetevaene, kuid vee keemiline koostis ei välista rauabakterite elutegevust.

[15] Prest EI, Hammes F, van Loosdrecht MCM and Vrouwenvelder JS (2016) Biological Stability of Drinking Water: Controlling Factors, Methods, and Challenges. Front. Microbiol. 7:45.doi: 10.3389/fmicb.2016.00045

6 MIKROORGANISMIDE ELUTEGEVUS VEETOOTMISE PROTSESSIS

Looduslik põhjavesi sisaldab mikroorganisme, kes võistlevad omavahel väheste kättesaadavate toiteainete kasutamisel. Mikrobioloogiline aktiivsus põhjavees on madalseisus, sest hapnik ja toitained on suures osas ära kasutatud. BART määrangute järgi esineb puurkaevudes arvukamalt rauabaktereid (nii anaeroobseid kui mikro-aerofiilseid) ja lima tekitavaid (mikroaerofiilseid) baktereid. Mõnes proovis on esindatud ka pseudomonaadid, sulfaate redutseerivad ja nitrifitseerivad bakterid. Haigusi tekitavaid või neile viitavaid mikroorganisme põhjaveest ei leitud.

Joogivee kvaliteedi tagamiseks jälgitakse, et süsteemi ei satuks haigust tekitavaid mikroorganisme (optimaalsed kasvutemperatuurid 37 °C juures – tavalised indikaatorid *E. coli* ja enterokokid). Lisaks tuleb tagada, et veesüsteemis ei oleks mikroorganismide üldist vohamist (indikaatoriks bakterite arv 22 °C juures), mis tekitab probleeme vee läbipaistvuse, lõhna ja maitse kvaliteedi näitajate tagamisel.

Joogiveesüsteemide puhul on üheks levinud probleemide põhjustajaks rauabakter. Rauabakterid suudavad kasvada väga väikese toitainete sisalduse juures ja neil on omadus moodustada lima (biokile), mis omakorda loob soodsad tingimused teistele bakterite gruppidele.

Rauabakterid vajavad elutegevuseks kahevalentset rauda (Fe_2^+) ja lahustunud CO_2. Sellises süsteemis suudavad rauabakterid areneda saades energia kahevalentse raua oksüdeerimisest. Rauabakterite kasv torustikus, filtrites ja mahutites põhjustab limase moodustise (biokile) tekke. Biokile ja rauabakterite poolt toodetud orgaaniline aine omakorda loob soodsad kasvutingimused teistele bakterigruppidele (sh hetero-troofsetele bakteritele), kes muidu toitainete ja orgaanilise aine vaeses puhtas põhjavees ei ole võimelised paljunema (püsivad ainult elus, aga see ei põhjusta ei tervise ega veesüsteemi probleeme).

Rauabakteritest vabanemiseks on vaja vees lahustunud kahevalentne raud oksüdeerida kolmevalentseks rauaks. Kolmevalentsest rauast (Fe_3^+) rauabakterid energiat ei saa ja nende elutegevus pidurdub. Süsteeme hapnikuga rikastades ja kahevalentse raua oksüdeerimisel kolmevalentseks ei teki rauabakteritele soodsaid tingimusi ning nende vohamist torustikus.

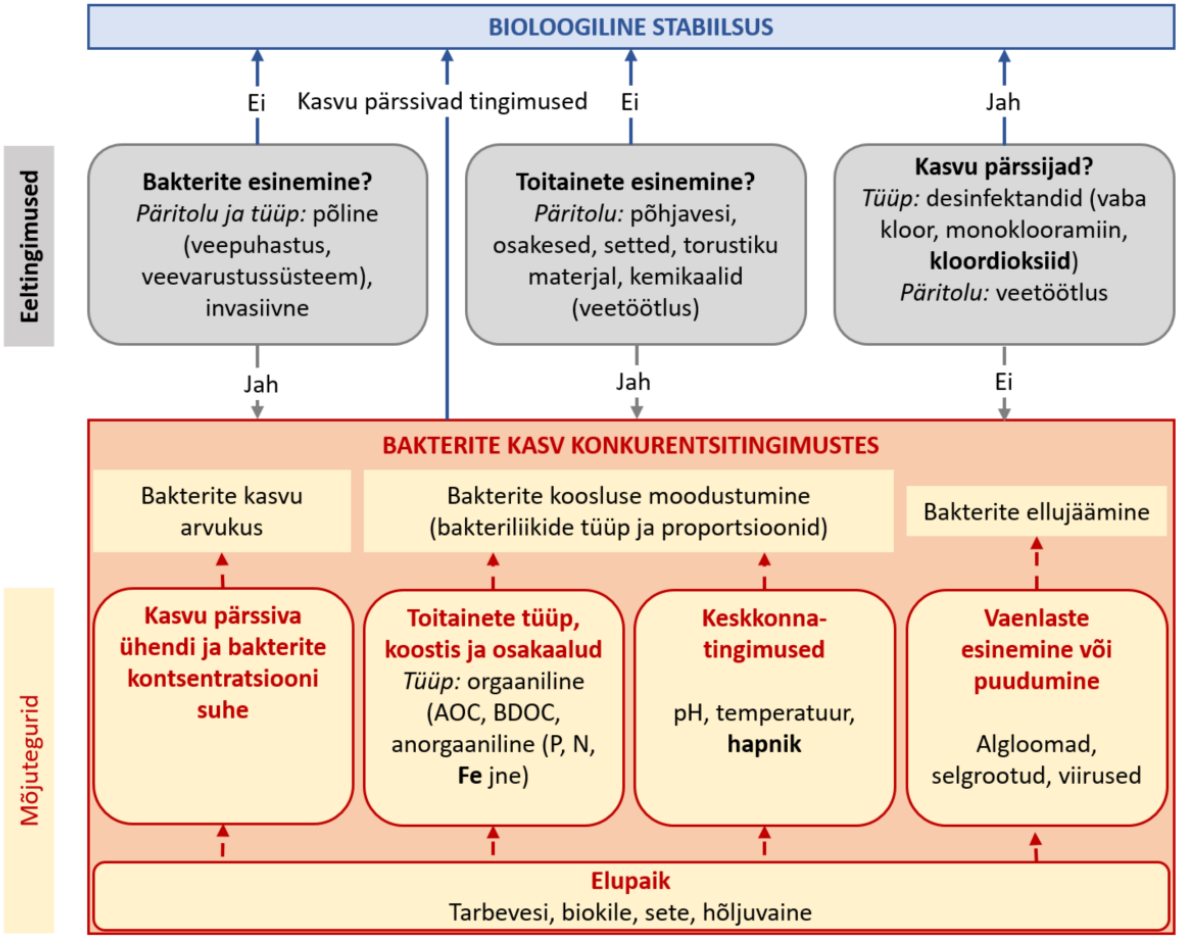
Kolmevalentne raud sadeneb välja. Sadenemise kiirus süsteemis sõltub oksüdeerimise aktiivsusest.

Veesüsteemis tuleb hoida hapniku tase sellisena, et ei tekiks soodsaid tingimusi rauabakterite kasvuks (hapniku sisaldus kõikjal püsivalt vähemalt üle 2 mgO_2/l).

Rauabakterist vabanemiseks peaks hoidma hüpokloriti kontsentratsiooni süsteemis 1 – 10 mg/l, mis ületab joogivees lubatud piire. Seetõttu ei ole rauabakteritest täielik vabanemine joogiveesüsteemis võimalik.

Anaeroobset põhjavett ei ole võimalik otse tarbijale suunata. Sel juhul väljuvad vees lahustunud gaasid tarbija kraanis koos gaasipursetega, eluruumidesse võib sattuda väävelvesinikku, metaani ja radooni. Sõltuvalt kahevalentse raua ja mangaani sisaldusest määrdub nendega olmetehnika. Vähemalt gaasieraldus veevõrku suunatavast veest on vältimatu vajadus. Sellega kaasneb paratamatult toorvee kokkupuute õhuhapnikuga ning „uinunud" bakterirühmad hakkavad veesüsteemis vohama.

Veetöötlusest veevõrku suunatav vesi peab olema mikrobioloogiliselt ohutu ja ideaaljuhul ka bioloogiliselt stabiilne.[16] Bioloogilise stabiilsuse eeldusi ja bakterite kasvu konkurentsitingimustes illustreerib joonis 2.



Joonis 2. Bakterite elutingimused veesüsteemis (Prest 2016)

[16] World Health Organization [WHO] (2006). Guidelines for Drinking Water Quality*: Incorporating First Addendum*. Geneva: World Health Organization

Anaeroobse põhjavee veekihist välja pumpamisel muutub veekihi biokeemiline seisund kiiresti. Kokkupuutel õhuga aktiviseeruvad seni passiivses olekus olnud bakterite rühmad, mille koostis ja arvukus muutub kiiresti kuni vee aeroobseks muutmiseni veetöötlus-protsessis. Bakterite vohamine lakkab, kui oluline osa bakterite toitaineid on oksüdeeritud ning vesi on muudetud aeroobses olekus mikrobioloogiliselt suhteliselt stabiilseks. Vaata joonis 2.

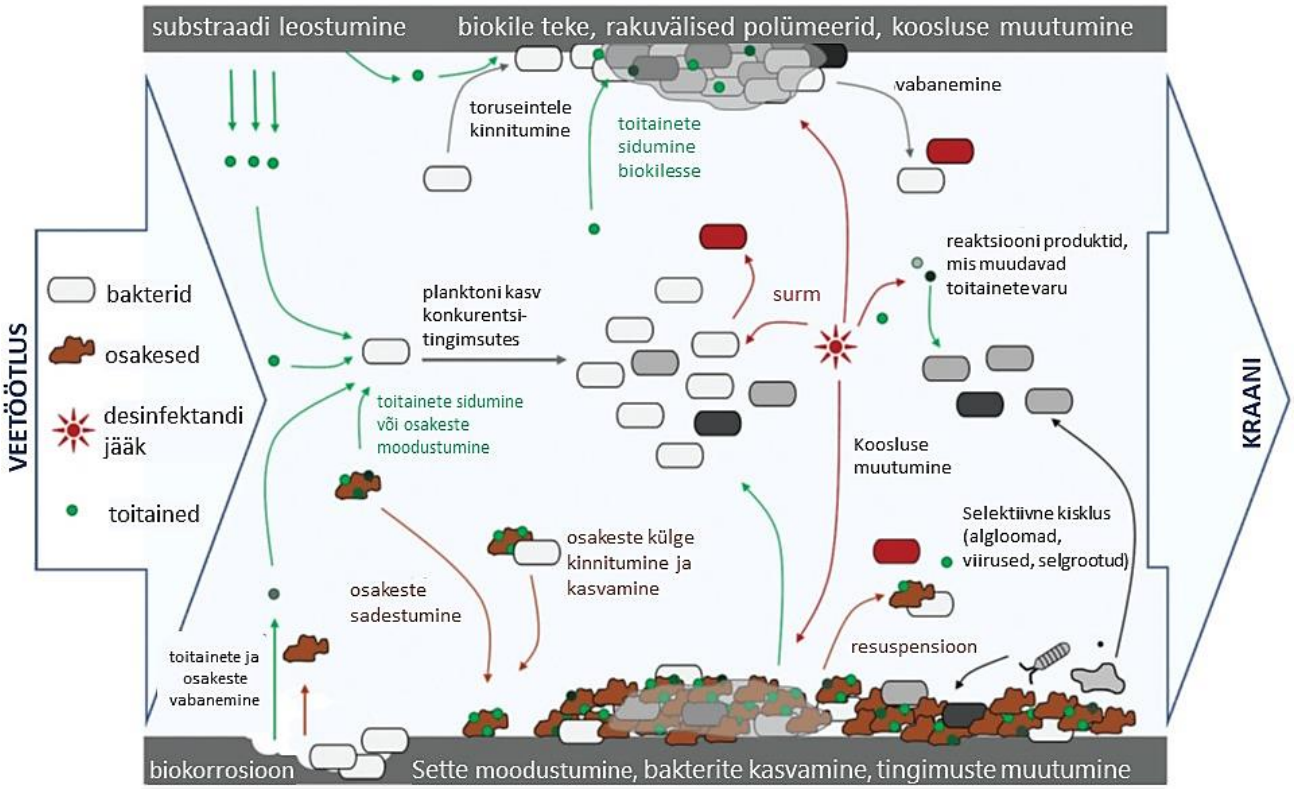
Veesüsteemis liikuva vee stabiilse aeroobsuse tagamiseks peab veevõrku suunatav ja seal liikuv vesi sisaldama piisavas koguses lahustunud hapnikku, et aeroobne vesi jõuaks ka tarbija kraanini torustiku kaugemates osades. Veetöötlusjaama projekteerimisel ja seadistamisel lähtuti peamiselt kahevalentse raua ja mangaani oksüdeerimise eesmärgist. Veepuhastussüsteemi hapnikutarve on arvutuslik lahustunud hapniku kogus, mis on vajalik toorvette lisada vees esinevate ioonide ja orgaanilise aine oksüdeerimiseks ja piisava lahustunud hapniku varu tagamiseks vees. Rapla põhjavee teoreetiline hapniku-tarve on lähedane hapniku lahustuvusega vees (ligikaudu 12 mg/l). Praktikas kõik ained vee liikumisel veesüsteemis lõpuni ei oksüdeeru ja väljuvad osaliselt tarbija kraanis. Raplas näiteks metaan ja ammooniumioon. Viimane oksüdeerus nitraadiks ainult enne reoveepuhasti hoone kraani nädalavahetusel seisvas vees (14.10.2019 veeproov).

Bakterite olemasolu põhjavees ja joogivees ei ole iseenesest probleem seni, kuni vees ei leidu haigusi tekitavaid mikroorganisme. Milliliitris vees võib olla tuhandeid kuni miljoneid baktereid ilma, et see kuigivõrd mõjutaks inimese tervist. Soovimatu bakterite vohamine (ja perioodiline lagunemine) veesüsteemis kutsub esile eelkõige tarbijate kaebusi vee organoleptiliste näitajate osas. Kirjanduses on ka viiteid tõvestavate bakterite arvukuse suurenemise kohta ebastabiilse mikrobioloogilise keskkonnaga veesüsteemis (kui sellised mikroorganismid on veesüsteemi sattunud). (Prest &, 2016).

Mikrobioloogilise ebastabiilsuse indikaatoriteks on heterotroofsete bakterite (kolooniate arv 22 °C) arvukuse tõus vees, kahevalentse raua sisalduse suurenemine, orgaanilise aine lagunemisega kaasnev ebameeldiv lõhn ning vee hägusus.

Kolooniate arv 22 °C juures on indikaatornäitaja, mis on maailmas kasutusel olnud pika aja jooksul (alates Robert Kochi asjakohasest artiklist *About Detection Methods for Microorganisms in Water* 1883 aastal). Määratakse heterotroofsete bakterite (kasutavad elutegevuseks olemasolevat orgaanilist ainet, lagundades seda) kolooniate arv söötmel. Tegemist ei ole täpse arvulise kriteeriumiga, kuigi erinevaid piirväärtusi (100 – 500 PMÜ/1ml) on püütud aegade jooksul joogiveele kehtestada. Süsteemselt suured näitajad (üle 500 PMÜ/ml) viitavad mikroorganismide kontrollimatu vohamise ohule veesüsteemis. (WHO 2003 artiklite kogumik).

Bakterite vohamist veesüsteemis soodustab vee füüsikalis-keemilise koostise muu-tumine, mis võimaldab erinevatel bakterite rühmadel tsükliliselt aktiviseeruda ja massiliselt paljuneda. Tsüklite käigus toodetakse orgaanilist ainet ja selle lagunemisel vabanevad omakorda toitained järgmise bakterite grupi vohamiseks. Vaata joonis 3.



Joonis 3. Mikrobioloogia dünaamika veetorutikus (Prest 2016)

Tüüpiline on mikroaerofiilsete rauabakterite vohamine veevõrgu piirkondades, kus vee hapnikusisaldus langeb alla 2 mg/l. Kui vees on piisavalt lahustunud hapnikku, on anaeroobsete ja mikroaeroobsete bakterite tegevus maha surutud.

Analoogiliselt toimivad ka mitmed muud bakterite grupid, kes võivad oma paljunemiseks vajaliku energia saada muude muutuva valentsiga elementide reaktsioonidest või orgaanilisest ainest. Bakterid suudavad toitaineid kasutada ka nende väga väikeste kontsentratsioonide juures, mis võivad jääda väiksemaks veelaboratooriumide tavalisest määramistäpsusest.

Konkreetses veesüsteemis esinevate mikroorganismide elutegevuse ja nende toitainete biokeemiliste reaktsioonide kvantitatiivne kirjeldamine bakterite üksikliikide tasemel on väga mahukas teadusprojekt.

Tänapäeval on analüüsimeetodid arenenud ning DNA-põhiste analüüsidega (sekveneerimine) on võimalik mikroorganismide kohta rohkem infot saada, kuid need analüüsid on kallid ning vee mikrobioloogilise muutlikkuse tõttu ajas ja veesüsteemi eri osades tuleb mõõtmisi teha paljudes punktides ja korduvalt. Sarnaste uurimiste tegemine on põhjendatud, kui veesüsteemi seadistamine füüsikalis-keemiliste näitajate ja odavamate mikrobioloogiliste uurimismeetodite info alusel ei anna tulemusi.

Esmalt saame tugineda eelkõige lahustunud hapnikusisalduse ja rauaühendite näitajatele, osadel juhtudel ka lämmastiku- ning väävliühendite sisalduse määrangutele. Oluline on omada informatsiooni metaani olemasolu kohta põhjavees.

Käesoleva töö lahustunud hapniku ja bakterite esinemise määrangud näitasid, et veesüsteemi tupikutes või seisva veega torustiku osades elavad ja paljunevad mikro-organismid edasi ka ülejäänud süsteemis liikuva vee piisava (üle 5 mg/l) lahustunud hapnikusisalduse ja isegi kloordioksiidi kasutamise korral. Hapnikusisaldus langeb vees ka veetarbimise seisakute ajal, sest töödeldud vette jääb piisavalt oksüdeerumata aineid.

7 VEE BIOLOOGILISE STABIILSUSE SAAVUTAMISE VÕIMALUSED

Mikroorganismide elutegevust põhjavees ja veesüsteemis ei ole võimalik lõpetada. Teoreetiliselt oleks vee steriliseerimine võimalik veetöötlusjaamas autoklaavides kuumutamisega üle 130 °C temperatuuri juures või klooriühendite suures koguses lisamise abil, seadmed ja torustikud tuleks asendada steriilsetega, süsteemi lisatav õhk peab olema steriilne jne.

Reaalseks eesmärgiks on toorvee mikrobioloogilise stabiilsuse saavutamine veetöötlusjaamas ja hoidmine kuni tarbija kraanini. Selleks tuleb vältida mikroorganismide vohamiseks soodsa keskkonna teket süsteemis liikuvas vees. Lahustunud hapniku sisalduse langus koos bakterite vohangutega Rapla veesüsteemis oli seotud eelkõige:

- Õhu segunemist vette on raske tõhusalt reguleerida.
- Kontaktaeg ei ole piisav ammooniumiooni oksüdeerumiseks?
- Vee seisakutega süsteemis, tupikutes.

Põhjavee mikrobioloogilist ebastabiilsust soodustab ammooniumiooni ja metaani esinemine vees (ka metaan tõenäoliselt laguneb osaliselt mikrobioloogiliselt ja see protsess kasutab veest hapnikku). Praeguse tehnoloogiaga ei ole võimalik metaani piisavalt (soovitatav sisaldus 10 µg/l[17]) eemaldada.

Bakterite keskkonnatingimusi saame praeguse tehnoloogiga kontrollida eelkõige lahustunud vee hapnikusisalduse osas, mõnevõrra ka toitainete (kahevalentne raud ja mangaan, sulfiidid, ammooniumioon, orgaaniline aine) osas. Töödeldava vee hapnikusisaldust saab paremini kontrollida tänapäevaste õhupihustite või jugapumpade kasutamisel. Õhu pihustamine süsteemi loob ka paremad tingimused hapniku kiireks lahustumiseks vees. Hapnik oksüdeerib ka eelnimetatud bakterite toitaineid. Veesüsteemi bioloogilise stabiilsuse tagamiseks ei tohi lahustunud hapniku tase vees oluliselt kõikuda (peaks olema üle 5 mg/l).

Raplas oksüdeeritakse põhjavees väheses koguses esinevad kahevalentne raud ja mangaan ning sulfiidid kloordioksiidiga juba Uusküla puurkaevu veepuhastusjaama vahelises veetorus.

Uurimistöö ajal mõõdeti vee-ettevõtte poolt kloordioksiidi sisaldust veevõrgus ja perioodiliselt hapnikusisaldust veesüsteemides. Mõõtmiste tulemusi kasutas vee-ettevõte kompessori tootlikkuse täpsustamiseks. Seadistamise olemasoleva tehnoloogiaga võimalik optimaalsele lähedane hapnikusisaldus veevõrku suunatavas vees.

[17] Wessels, Peter H. 2014. A Novel Approach to Anaerobic Groundwater Treatment: Mitigating the effect of methane on the biological stability of drinking water. MSc Thesis | Faculty of Civil Engineering and Geosciences | Delft University of Technology

Käesoleval ajal toimub kahevalentse raua ja mangaani eraldamine veepuhastusjaamas hästi. Linna minevas vees on nende sisaldus alla määramispiiri. Lahustunud hapniku sisaldus linna minevas vees on alates oktoobrist 7,9 – 8,9 mg/l, tööpäevadel jõuab hapnikurikas vesi ka reoveepuhasti kraanini torustiku kaugemas osas.

Lahustunud metaani mõõdetud (3 mõõtmist) sisaldus puurkaevudes oli 0,9 – 1,7 mg/l.

Metaani sisaldus võib veevõrgus väheneda. 2020. aasta märtsis tehtud mõõtmise alusel vähenes metaani sisaldus teel veepuhastusjaamast reoveepuhasti viilhallini (võrgu ühe suuna lõpp-punkt,) 0,17mg/l kuni 0,08 mg/l-ni. Võib eeldada, et metaan osaleb torustikus toimuvas mikrobioloogilises aineringes, muutes selle komplitseeritumaks.

Vees lahustunud metaani ei saa teadaolevalt välja filtreerida ega keemiliselt eemaldada. Surve all aereerimine ei anna metaani puhul häid tulemusi. Metaani tõhusa eemaldamise ainus meetod on aereerimine atmosfäärirõhu juures. See võimaldab metaanil lenduda atmosfääri. See tähendab, et veekäitlussüsteemis kaob rõhk ning vajalik on lisapumpade (ja survepaakide) paigaldamine.

Metaani aereerimise soovitusi:

- Eelfilter vältimaks pihustite ummistumist.
- Toorvee desinfitseerimine võib olla vajalik biokile tekke vältimiseks.
- Metaan tuleb ventileerida mahutist väliõhku sädemevaba puhuriga.[18]

Erinevaid valmis aeratsiooni torne (Aeration Towers, Degasifiers) pakuvad mitmed firmad. Konkreetse lahenduse peab esitama asjatundlik insener.

Meetmed

Praeguses olukorras on mõistlik jätkata vee tootmist olemasoleva seadistatud tehnoloogiaga jälgides selle toimimist. Kui tekivad probleemid lahustunud hapniku püsiva tagamisega veesüsteemis, peab kaaluma õhu vette suunamise tõhustamist asjakohaste pihustite lisamisega kompressoritele või jugapumpade lisamist.

Tulevikus on soovitatav kaaluda metaani eraldamise seadme rajamist - aeratsioonitorn või kompressoriga õhk-vesi jugapump koos gaasi eraldumise mahutiga atmosfäärirõhu juures. (Viimane on seni ainult firma Mazzei teoreetiline soovitus.)

Seejärel on tõenäoliselt võimalik kloordioksiidi pidevast kasutamisest loobuda.

[18] Pure Water Products, LLC http://www.purewaterproducts.com/water-problems/methane

Soovitused praeguses olukorras:

Kasutada seadmeid võimalikult statsionaares režiimis. Sealhulgas kaaluda samade puurkaevude võimalikult stabiilsel režiimil kasutamise võimalust.

- Seisnud veega süsteemi osade veevõrku lülitamisel need igakordselt läbi pesta kuni vee kvaliteedi stabiliseerumiseni.
- Tupikuid perioodiliselt saastunud veest tühjendada.
- Katsetada võib puurkaevude desinfitseerimist kloordioksiidiga.

Esmased kontrollnäitajad:

- Vees lahustunud hapnik;
- Fe_2^+;
- Vee värvus ja hägusus.

8 KOKKUVÕTE

Lahenduse asjakohasus. Rapla veetöötlusjaama valitud tehnoloogia ei ole parim anaeroobse ja metaani sisaldava toorvee käitlemiseks. See soodustab mikrobioloogilist ebastabiilsust, mille mahasurumiseks kasutatakse pidevalt kloordioksiidi lisamist vee-süsteemi puurkaevuse juures.

Seire. Soovitatav on jälgida lahustunud hapniku sisaldust enne ja pärast filtreid ja tarbijale suunatavas vees. Probleemide ilmnemisel kaaluda õhutussüsteemi tõhustamist.

Probleemi põhjus. Kasutatava põhjavee käitlemiseks on parim lahendus toorvee esmane käitlemine aeratsioonitornis piisava õhu ja vee vahekorraga. See tagab süvaaeratsiooni ühes metaani ligi sajaprotsendilise eraldamise ja samaaegselt vees sisalduvate ainete oksüdeerumise ning vee küllastumise lahustunud hapnikuga. Olemasoleva tehnoloogiga on osutunud võimalikuks hoida nõuetekohast joogivee kvaliteeti, kuid see nõuab rohkem igapäevast mõtte- ja hooldustööd. Välistada ei saa kolooniate arvu 22 °C juures juhusisaldusi üle 100 PMÜ/1ml torustiku kaugemate osade vees.

Meetmed. Jätkata vee tootmist olemasoleva seadistatud tehnoloogiaga, jälgides selle toimimist. Vastavalt tulemustele otsustada veepuhastusjaama ümberehitamise vajadus ning asuda kavandama uut toorvee süvaaeratsiooniga lahendust, milleks võib olla:

1. Rakvere eeskujul aeratsioonitorni rajamine,
2. valmis aeratsioonitorni ostmine ja paigaldamine
3. või gaas/vesi jugapumba kasutamine atmosfäärirõhul koos metaani ja teiste gaaside eemaldamise mahutiga.

Kõigi variantide korral lisanduvad täiendavad pumbad vee tõstmiseks filtritele.

Võtmeküsimuseks on asjatundliku inseneri kaasamine.

Protsessi jooksvaks kontrollimiseks oleks soovitav perioodiliselt määrata süsteemi (PK-trass-VPJ-trass-tarbija) punktides vähemalt ClO_2 ja O_2 jääksisaldused, bakterite kolooniad PMÜ/ml, pH ja temperatuuri.

9 VIIDATUD KIRJANDUSE LOETELU

Biological Activity Reaction Test BART™ User manual. Droycon Bioconcepts Inc. 2004. http://www.dbi.ca/BARTs/PDFs/Manual.pdf

Environmental Protection Agency (Ireland) 2011. Water Treatment Manual: Disinfection

Karu, Jaan 2016. Veevärk. Tallinna tehnikaülikool. Keskkonnatehnika instituut

Keskkonnalahendused OÜ 2018. Rakvere linna ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kava aastateks 2018-2030. Rakvere linnavalitsus

Künnis-Beres, Kai 2014. AS Rapla Linna Uusküla veehaarde puurkaevude ja veepuhasti vee mikrobioloogiline uuring

Künnis-Beres, Kai 2017. AS Rapla Vesi veevarustussüsteemist ja veepuhastusprotsessist võetud veeproovide mikrobioloogiline uuring

Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

Maves AS 2015. Rapla linna Uusküla veehaarde uuring

Maves AS 2016. Rapla linna Uusküla veehaarde rekonstrueerimine, Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjaveevaru arvutus Rapla arvestuspiirkonnas

Mazzei 2011. Technical Bulletin No.2, Removal of Iron and Manganese by aeration. http://mazzei.net/sites/default/files/files/Tech%20Bulletin%202_Removal%20of%20Iron%20and%20Manganese%20by%20Aeration_v01-2011.pdf

Munter, Rein 2017. Ekspertarvamus Rapla Veepuhastusjaama tehnoloogia kohta. OÜ Loiteh

Munter Rein 2019. Eksperthinnang Rapla ja Sillamäe VPJ-de probleemide kohta. OÜ Loiteh

Põhjaveekomisjon 2005. Eesti Põhjavee kasutamine ja kaitse

Prest EI, Hammes F, van Loosdrecht MCM and Vrouwenvelder JS (2016) Biological Stability of Drinking Water: Controlling Factors, Methods, and Challenges. Front. Microbiol. 7:45.doi: 10.3389/fmicb.2016.00045

Pure Water Products, LLC http://www.purewaterproducts.com/water-problems/methane

Raidla, Valle & 2019. Origin and formation of methane in groundwater of glacial origin from the Cambrian-Vendian aquifer system in Estonia. Geochimica et Cosmochimica Acta 251 (2019) 247–264

Recommended Standards For Water Works 2012. MEMBER STATES AND PROVINCE Illinois Indiana Iowa Michigan Minnesota Missouri New York Ohio Ontario Pennsylvania Wisconsin

Schutte, Erik 2006. Handbook for the operation of water treatment works. The Water Research Commission The Water Institute of Southern Africa

Sotsiaalministri 02.01.2003 määrus nr 1. Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded *(kehtetu alates 01.10.2019. Ei ole kavas uuendada)*

Sotsiaalministri määrus 24.09.2019 nr 61. Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid

SWECO Projekt 2017. Haapsalu ühisveevärgi ja –kanalisatsiooni arengukava aastateks 2014...2025. Haapsalu Veevärk AS

Wessels, Peter H. 2014. A Novel Approach to Anaerobic Groundwater Treatment: Mitigating the effect of methane on the biological stability of drinking water. MSc Thesis | Faculty of Civil Engineering and Geosciences | Delft University of Technology

WHO 2003. Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety. Edited by J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker, A. Glasmacher. World Health Organization 2003

World Health Organization [WHO] (2006). Guidelines for Drinking Water Quality: Incorporating First Addendum. Geneva: World Health Organization

LISA 1 REIN MUNTERI ARVAMUS VEEKÄITLUSEST, KOKKUVÕTE

Võrreldes omavahel kahte peamiselt mikrobioloogiliste probleemidega veetöötlusjaama, Rapla VPJ ja Sillamäe VPJ, saab tuua välja erinevusi nende probleemide iseloomus ja lahendusteedes. Rapla VPJ-s on olnud kasutusel tugev desinfitseerija ClO_2, millega on puhastatud torustik ning seadmed varasema orgaanikarikka põhjavee kasutamisest tingitud rauasettest ning bakterite kolooniatest. Peamiseks ülesandeks Raplas on tagada põhjavee intensiivne aeratsioon/degaseerimine, mis tagaks aeroobse keskkonna (O_2 > 5 mg/l) kuni tarbija kraanini.

Mazzei GDT protsess on optimeeritud eeskätt gaaside vette viimise eesmärgil. Vees lahustunud gaaside eraldumine on sellega kaasnev protsess, mis ei toimu optimaalsetes tingimustes.

Omaette probleemiks on metaani sisaldus toorvees (Raplas kuni 2 mg/l) Firma Mazzei Corporation on uurinud erinevate gaaside (sh ka metaani) eraldamist GDT protsessis nii olenevalt gaas/vee (G/L) mahulisest suhtest, kui ka vee tsirkulatsioonide arvust läbi GDT seadme. Selgus, et kui G/L = 1 m^3/m^3, siis oli CH_4 eraldusaste ca 95%, G/L = 2 m^3/m^3 puhul ca 98% ja G/L = 4,5 m^3/m^3 korral ligi 100%.

20.11.2019 Sillamäel tehtud metaani analüüsid puurkaevus ja veepuhastusjaama järel näitasid ainult 40%-list eraldusastet. Metaani eraldusastme tõstmiseks on järgmised võimalused. Metaani eraldub seda paremini, mida suurem on G/L suhe (see peaks olema vähemalt 2 m^3/m^3). Seda suhet on tavapärases GDT süsteemis põhjavee töötlemisel raske saavutada. Injektori õhutorusse tuleks anda kompressoriga õhku juurde. Sama või veel olulisem on GDT süsteemi vasturõhk, mis peaks degaseerimisel ideaalina olema õhurõhk (1at). Et seda saavutada, tuleks installeerida atmosfääri rõhul olev vahepaak koos pumbaga, mis suunab degaseeritud vett edasi filtritele. Injektor tuleks installeerida vertikaalselt selle paagi peale, väljuv vee/õhu segu voolab paaki veepinnale, kust gaasid rõhuvabalt eralduvad. Enne, kui seadmeid ümber ehitada, oleks mõistlik määrata, kui palju paraneb metaani eraldusaste, kui anda injektori õhutorussse kompressoriga õhku juurde.

Alternatiivne protsess vee rikastamiseks hapnikuga ning lahustunud gaaside eraldamiseks oleks aeratsioonitorn (nõrgkolonn) mingi täidise või vahepõhjadega (*Enn Tõnisbergi tehnoloogia*). Sel juhul oleks V_G/V_L = 20…60 m^3/m^3 (gaas on pidev faas ja vesi dispergeeritud faas) ning loodud ideaalsed tingimused just lahustunud gaaside eraldumiseks veest. Seega metaani paremaks eraldamiseks põhjaveest tuleks kasutada aeratsioonitorni.

Rein Munter

OÜ LOITEH

Juhatuse liige

12.12.2019

LISA 2 AS RAPLA VESI VEELOA MUUTMISE ETTEPANEK

Rapla Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveemaardlas (põhjaveevaruga alal) on keskkonnaministri käskkirjaga 26.07.2016 nr 1-2/16/743 põhjaveevaruks (T_1 joogivesi) kinnitatud 1800 m^3/ööpäevas.[19]

Põhjaveevaru uuringu aruandes (2016) eeldati veevõtu jätkamist olemasolevatest töötavatest puurkaevudest (katastri nr 1679 ja 8365) ja lisanduvat veevõttu Uusküla veehaarde rekonstrueerimistööde raames rajatud uutest kaevudest (katastri nr 54730 ja 54871). Kaevude arvutuslikud veevõtud olid seejuures a´600 m^3/d kaevudel katastri numbriga 54730 ja 54871 ja a´300 m^3/d kaevudel katastri numbriga 1679 ja 8365. Põhjaveevaru selline jaotus soovitati põhjaveevarude uuringuga juhuks, kui Rapla Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveemaardla põhjaveevarude 1800 m^3/ööpäevas kasutamine peaks kujunema eeltoodud maksimumi lähedaseks.

Uued puurkaevud katsetati põhjaveevarude uuringu ajal töörežiimil pumpamistega Uusküla II uues puurkaevus (54730) suurusjärgus 1000 m^3/d ja Pihlaka uus (54871) 600 m^3/d.[20] Vee-ettevõte on viimastel aastatel perioodiliselt kasutanud Uusküla II uut puurkaevu ligikaudu 1000 m^3/d toodanguga, kusjuures probleeme vee kvaliteedi ja veetasemega ei ole ilmnenud. Kui pumbati kaks nädalat toodanguga 1060 m^3/ööpäevas oli veetaseme alandus puurkaevus stabiilselt 61 m (89 m manteltoru servast, manteltoru pikkus on 200,5 m, kaevu sügavus 237 m). Veevõtu raskuskeskme muutus ei mõjuta oluliselt teiste samast veekihist vett võtvate kaevude veevõtutingimusi, kuna nad asuvad Rapla Vee kaevudest kaugel.

Keskkonnaregistris (VEKA) on puurkaevu 54730 soovitatavaks tootlikkuseks märgitud 1080 m^3/d ja puurkaevul 54871 600 m^3/d (vaadatud 19.03.2020).

Rapla Veel on vee erikasutuslubade nr L.VV/331836[21] ja nr L.VV/332973[22] alusel lubatud võtta Rapla Ordoviitsium-Kambriumi põhjaveemaardlast vett kolme puurkaevuga katastri numbritega: 54730, 54871 ja 1679 kokku põhjavett 547000 m^3 aastas, mis on aastakeskmisena 1500 m^3 ööpäevas ja puurkaevude lõikes vastavalt 600, 600 ja 300 m^3/d. Nii nagu põhjaveevarude aruandes on soovitatud. Puurkaevust on 8365 AS Solbritt veeloa nr L.VV/328149[23] alusel lubatud võtta põhjavett 4000 m^3 aastas (aastakeskmisena 11 m^3 ööpäevas).

---

[19] Keskkonnaministri käskkiri 26.07.2016 nr 1-2/16/743. Rapla põhjaveemaardla põhjaveevaru kinnitamine Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihtides

[20] Maves AS 2016. Rapla linna Uusküla veehaarde rekonstrueerimine, Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjaveevaru arvutus Rapla arvestuspiirkonnas

[21] Keskkonnaamet 2018. Vee erikasutusluba nr L.VV/331836. Aktsiaselts Rapla Vesi

[22] Keskkonnaamet 2019. Vee erikasutusluba nr L.VV/332973. Aktsiaselts Rapla Vesi

[23] Keskkonnaamet 2016. Vee erikasutusluba nr L.VV/328149. AS Solbritt

Aastakeskmine veevõtt Rapla Ordoviitsium-Kambriumi põhjaveemaardlast kokku oli 2017 aastal 819 m^3/d ja 2018 aastal 831 m^3/d.[24]

Ordoviitsium-Kambriumi anaeroobse põhjaveekihi vee kasutamine joogiveena on osutunud oodatust keerukamaks. Stabiilse kvaliteediga joogivee tootmine on tõhusam vee kasutamisega ühest puurkaevust. Puurkaevude paralleelne ja vaheldumisi kasutamine soodustab mikroorganismide vohanguid veesüsteemis ning raskendab vee stabiilset aereerimist ja desinfitseerimist. 2019-2020 a. tehtud uurimistöö soovitab peamise veeallikana kasutada Uusküla II uut puurkaevu (54730)[25].

Ettepanek muuta Vee erikasutusluba nr L.VV/331836 järgmiselt:

5.11 Lubatud veevõtt Uusküla II uuest puurkaevust (54730) 365000 000 m^3 aastas (aastakeskmisena 1000 m^3 ööpäevas).

5.11 Lubatud veevõtt Pihlaka uuest puurkaevust (54871) 73000 m^3 aastas (aastakeskmisena 200 m^3 ööpäevas).

Loa muutmine on kooskõlas varude kinnitamise käskkirjaga, mille kohaselt Rapla Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveevaruga ala kinnitatud põhjaveevaru on 1800 m^3/ööpäevas.[26] Loa muutmise järgselt oleks lubatud ööpäevane põhjaveevõtt kinnitatud põhjaveevaruga alal järgmine: puurkaev nr 54730 veevõtt 1000 m^3/ööp; nr 54871 veevõtt 200 m^3/ööp, nr 1679 veevõtt 300 m^3/ööp ning nr 8365 veevõtt 11,1 m^3/ööp (kokku 1511,1 m^3/ööp).

Madis Metsur

Maves OÜ hüdrogeoloog

06.04.2020

[24] Olesk, Kristiina 2019. 2018. aasta põhjaveevaru bilanss. Keskkonnaagentuur

[25] Metsur, Madis 2020. Põhjavee, filtritäidiste ja filtreeritud põhjavee mikrobioloogiline rakendusuuring, Rapla. Maves OÜ, EVEL

[26] Keskkonnaministri käskkiri 26.07.2016 nr 1-2/16/743. Rapla põhjaveemaardla põhjaveevaru kinnitamine Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihtides