



KESKKONNAMINISTEERIUM



Soolikaoja sisekoormuse uuring (C.7.1)

Tallinn 2021

Töö nimi: Soolikaoja sisekoormuse uuring

Töö autorid: Vallo Kõrgmaa, Allan Allas, Ülle Leisk, Indrek Tamm, Sirje Vilbaste, Peeter Pall, Meelis Kask, Martin Mandel, Mart Thalfelt, Einar Kärjenberg, Hille Alleman, Urmas Kruus, Urmas Anijalg, Mailis Laht, Marek Nurmik



Aruanne on valminud LIFE IP CleanEST projekti raames, mida rahastavad Euroopa Komisjoni LIFE programm ja Eesti riik. LIFE programmi rahastusleping nr LIFE17 IPE/EE/000007. Aruanne kajastab autori seisukohti ja Euroopa Komisjon ei vastuta sisu kasutamise eest.

Sisukord

Summary	6
Kokkuvõte	8
Sissejuhatus.....	10
1 Hüdromorfoloogia	11
1.1 Soolikaoja ülemjooks	12
1.2 Soolikaoja keskosa	14
1.3 Soolikaoja alamjooks.....	15
2 Varasem uuritus	18
2.1 Veekvaliteet	18
2.2 Jääkreostusobjektid	20
2.3 Koormusallikad valgalal	22
2.3.1 Toitainete punktkoormus	23
2.3.2 Teoreetiline hinnang toitainete hajukoormusele valgala maakasutusest lähtuvalt.....	24
2.3.3 Teoreetiline hinnang toitainete koormusele sõnnikuhoidlatest	25
2.3.4 Teoreetiline hinnang kanaliseeritud ja kanaliseerimata elanikkonna poolt avaldatavale koormusele	26
2.3.5 Koormuste jagunemine EstModeli andmetel	27
3 Metoodika	29
3.1 Teoreetiline reostusallika analüüs	29
3.2 Välitööd.....	30
3.2.1 Hüdromorfoloogiline kaardistamine.....	30
3.2.2 Potentsiaalsete reostusallikate kaardistamine	32
3.2.3 Fosfori sisekoormuse määramine	33
3.2.4 Proovivõtt.....	33

4	Analüüsitulemused	37
4.1	Toitained	37
4.1.1	Soolikaoja ülemjooks	40
4.1.2	Toitainete sisekoormust ülemjooksul.....	41
4.1.3	Soolikaoja kanaliseeritud osa.....	46
4.1.4	Soolikaoja alamjooks.....	46
4.1.5	Koormuste bilanss valgalal.....	47
4.2	Ohtlikud ained.....	48
4.2.1	Ohtlike ainete sisaldused pinnavees.....	48
4.2.2	Ohtlikud ained põhjasetetes	53
4.2.3	Võimalik kütusereostus endise TK Kommunaari territooriumilt	60
4.2.4	Pinnasereostus Tehase tänava piirkonnas.....	61
4.2.5	Tõrremäe põllumajandusmürkide ladu	63
4.3	Elustiku analüüsid	64
4.3.1	Kalastik	64
4.3.2	Suurtaimed.....	66
4.3.3	Fütobentos	68
4.3.4	Suurselgrootud.....	69
4.3.5	Ökoloogilise seisundi määrang	70
5	Soolikaoja koormuste ülevaade.....	72
6	Soolikaojale rakendatud meetmed.....	77
7	Looduslähedaste puhastusmeetmete katsetamine nende sobivuse väljaselgitamiseks	81
7.1	Ujuvsaared	81
7.2	Denitrifikatsioonibarjääride kasutuselevõtt nitraadikoormuse vähendamiseks.....	86
7.3	Denitrifikatsiooni suurendamine hüporheilises vööndis	90
7.4	Odra põhu kasutamine eutrofeerumise vähendamiseks.....	92

7.5	Katsete kokkuvõte.....	93
8	Ettepanekud olukorra parendamiseks.....	94
8.1	Tehnilised meetmed hüdro-morfoloogilise ning füüsikalise-keemilise seisundi parendamiseks..	94
8.1.1	Ujuvsaarte ning denitrifikatsioonifiltrite rajamine ülemjooksul	94
8.1.2	Soolikaoja avamine keskjooksul.....	94
8.1.3	Oja juhtimine tagasi looduslikku sängi alamjooksul	97
8.1.4	Rahvaia tiigi truubi avamine ning nitraatide koormuse vähendamine	98
8.1.5	Voolusängi muutmine Kalda tn 3 kinnistul	99
8.1.6	Rändetõkked	100
8.2	Mitteehituslikud meetmed veekvaliteedi parendamiseks	100
8.2.1	Ennetavad meetmed pinna- ja põhjavee toitainesisalduse vähendamiseks	100
8.2.2	Täiendavad uuringud jääkreostusalade kaardistamiseks	101
8.2.3	Heit- ning sademevee järelevalve ning loa tingimuste täitmine	102
8.2.4	Kanaliseerimata elanikkonna toitainete koormuse ohjamine	103
	Viited	104
	LISA 1. Eelprojekt	109
	LISA 2. Tõrremäe pestitsiidilao pinnaseproovide analüüsitulemused	110

Summary

The environmental condition of the Creek Soolikaoja was **poor** (the main reason being chemical status as the bottom sediments of were polluted with anthracene and oil products; an ecological status was poor on the basis of nutrients and benthic fauna). The study revealed that the bottom sediments in the Allika Park dam lake, Süstatiik and Roodevälja area were contaminated with PAHs and petroleum products. High levels of mercury and lead were found from the sediments of Tobia main ditch. In order to specify the spread of soil and groundwater pollution, additional research must be carried out in the area between the former TK Kommunaar and Vesiveski dam lake and in the area of Tehnika Street. It is also necessary to find out the direction of movement of the groundwater pollution in Moonaküla and the resulting risk of pollution to Soolikaoja.

4.8 tons of phosphorus and 332 tons of nitrogen reach the Selja River annually from the Creek Soolikaoja. The upper reaches of the catchment area located in the Nitrate Sensitive Area, where there is intensive agricultural activity. The creek is 30... 90% groundwater-fed and the surface water catchment area does not overlap with the groundwater catchment area. This in turn means that a significant part of the nutrient load is likely to come from outside the Soolikaoja (surface water) catchment area. The creek flows through the city of Rakvere and collects water from several wastewater treatment plants and stormwater discharges. Soolikaoja is mainly fed by groundwater and therefore affected by the high nitrate content of groundwater, to which is added an additional phosphorus load from the effluent outlet of the Rakvere municipal wastewater treatment plant downstream. The dam lakes upstream of the creek are heavily eutrophic, which in turn has a negative impact on aquatic life. In June 2021, ten floating treatment wetlands and an in-stream woodchip bioreactor were installed to the upper part of Soolikaoja. It was not possible to assess the effectiveness of the floating islands in 2021 because the vegetation had not yet grown properly. An in-stream woodchip bioreactor showed good potential for reducing nitrate pollution.

Soolikaoja is a heavily modified water body (HMWB), which has been expanded into several dam lakes in its upper reaches, then led to the underground via pipes and when leaving the city, it flows out of the city in the channelised land improvement system instead of a natural bed. The existing infrastructure does not allow the termination of piping in the middle reaches. The previously proposed solutions are not feasible considering the existing cityscape and will lead to a situation where the stream still remains in the pipe for approx. 650 m. During this study a preliminary design was prepared to restore the hydromorphological condition of the lower course, which will allow a) to lengthen an outlet channel of the Rakvere MWWTP

and thus it amplifies the process of effluent self-treatment and b) create conditions to promote natural self-treatment of the creek. As a result, the N- and P-load reaching the Selja River will be reduced. In addition, it is planned to open the culvert in Rahvaia pond in order to improve fish migration and avoid flooding and to reduce the nitrate load in the ponds.

Kokkuvõte

Soolikaoja koondseisund oli **halb** (peamiseks põhjuseks KESE – Soolikaoja põhjasetted on reostunud antratseeni ning naftasaadustega, ÖSE seisund oli kesine FÜ-KE ja põhjaloomastiku alusel). Uuringu käigus selgus, et Soolikaoja Allika pargi paisjärve, Süstatiigi ning Roodevälja piirkonna põhjasetted on reostunud PAH-ide ja naftasaadustega ning Tobia peakraavi setetes leidub lisaks eelpool nimetatud ühenditele üle EQS-i ka pliidi. Pinnase- ja põhjavee reostuse leviku selgitamiseks tuleb teha täiendatavad uuringud endise TK Kommunaari ning Vesiveski paisjärve vahelisel alal ning Tehnika tänava piirkonnas. Samuti tuleb välja selgitada Moonaküla põhjaveereostuse liikumise suund ning sellest tulenev reostusohu Soolikaojale.

Soolikaojast jõuab Selja jõkke aastas 4,8 tonni fosforit ning 332 tonni lämmastikku. Oja valgala ülemjooks jääb Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlikule alale, kus on intensiivne põllumajanduslik tegevus. Soolikaoja on 30...90 % ulatuses põhjavee toiteline ning pinnavee valgla ei kattu põhjavee valgla. See omakorda tähendab, et suure tõenäosusega pärineb arvestatav osa toitainete koormusest väljaspoolt Soolikaoja (pinnavee) valglat. Oja ise läbib suures ulatuses Rakvere linna territooriumi ning on suublast mitmetele reoveepuhastitele, samuti sademevee väljalaskudele. Soolikaoja on suures osas põhjaveetoiteline ning mõjutatud kõrgetest põhjavee nitraatide sisaldusest, millele lisandub alamjooksul Rakvere linna reoveepuhasti heitvee väljalasust täiendav fosforikoormus.

Oja ülemjooksul asuvad paisjärvad on tugevalt eutrofeerunud, mis omakorda mõjutab negatiivselt vee-elustikku. 2021.a. juunis paigaldati Soolikaoja paisjärvedesse ujuvsaared ning Kirikuaia tiikide vahelisse kanalisse puiduhakkel põhinev denitrifikatsioonifilter. Ujuvsaarte tõhusust 2021.a. veel hinnata ei olnud võimalik, sest taimestik ei olnud veel korralikult kasvama läinud. Puiduhakkel põhinev denitrifikatsioonifilter näitas head potentsiaali nitraadireostuse vähendamiseks.

Soolikaoja on tugevasti muudetud veekogu (TMV), mis on oma ülemjooksul mitmeks tiigiks paisutatud, seejärel maa alla viidud ja linnast väljudes voolab loodusliku sängi asemel maaparandussüsteemi eesvoolus (kraavis). **Olemasolev taristu ei võimalda kanaliseerimise lõpetamist keskjooksul.** Varasemalt väljapakutud lahendused (Urban Mark OÜ, 2009; GeoBaltica OÜ, 2009) ei ole realiseeritavad arvestades olemasolevat linnapilti ning toovad kaasa olukorra, kus ca 650 m ulatuses jääb oja ikkagi torusse. Käesoleva töö raames koostati alamjooksu hüdro-morfoloogilise seisundi taastamiseks eelprojekt, mis võimaldab a) eraldada Rakvere reoveepuhasti heitvee Soolikaojast ning seeläbi pikendada heitvee isepuhastumise protsessi ja b) luua tingimused oja loodusliku isepuhastumise soodustamiseks, mille

tulemusena väheneb Selja jõkke jõudev N- ja P-koormus. Lisaks on plaanis avada Rahvaia tiigi väljavool ning vähendada tiikide nitraadikoormust.

Sissejuhatus

15 000 elanikuga Rakvere linna läbiv Soolikaoja (1075300_1) on tugevasti muudetud veekogu (TMV), mis on oma ülemjooksul mitmeks tiigiks paisutatud, seejärel maa alla viidud ja linnast väljudes voolab loodusliku sängi asemel kuivenduskraavis. Oja valgala ülemjooks jääb Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlikule alale, kus on intensiivne põllumajanduslik tegevus. Oja ise läbib suures ulatuses Rakvere linna territooriumi ning on suublaks mitmetele reoveepuhastitele, samuti sademevee väljalaskudele.

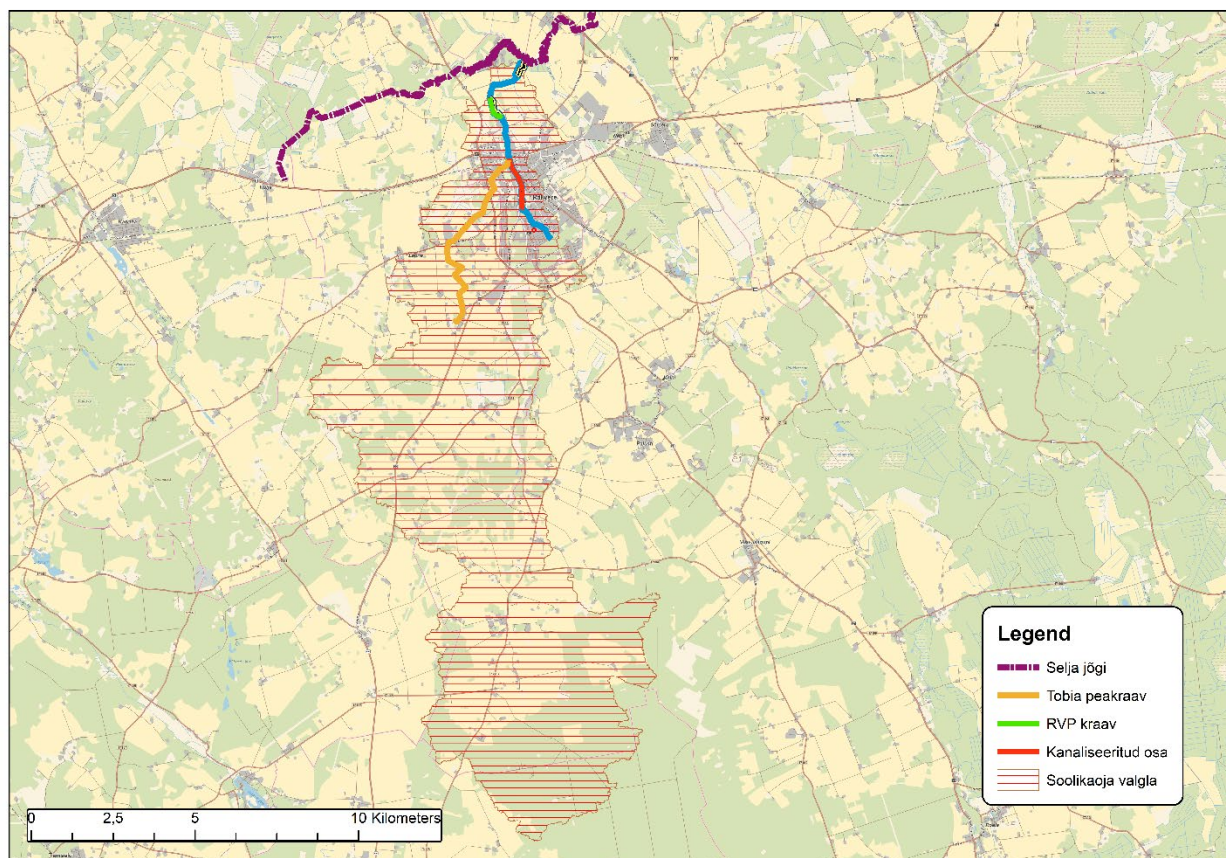
Soolikaoja pakub nii linnale kui ka kogu piirkonnale järgnevaid olulisi teenuseid:

- Heit-, dreeni- ning sademevee ärajuhtimine – Soolikaoja valgalal asub üheksa heit- ning sademevee väljalasku, mille vett Soolikaoja eemale juhib;
- Elupaigad – oja suubub Selja jõkke ning pakub (potentsiaalseid) elupaiku kaladele ning teistele veest sõltuvatele organismidele;
- Toitainete eemaldamine – oja on valdavalt põhjavee toiteline ning aitab puhastada nitraaditundlikult alalt pärinevat nitraadireostust;
- Esteetika ja rekreatsioon – oja paisjärved on oluline osa Rakvere linnaruumist ning pakuvad nii linnaelanikele kui selle külastajatele väärtuslikke vaba aja veetmise võimalusi.

Varasema seisundihindamise kohaselt oli oja seisund (2016. a. andmed) kesine, põhjuseks toitained ning mittehea seisundi näitajad olid N-üld, P-üld, NH₄, T, EPT, ASPT, DSFI. Käesoleva uuringu eesmärgiks oli välja selgitada oja kesise seisundi põhjused ning teha ettepanekuid seisundi parendamiseks.

1 Hüdromorfoloogia

Soolikaoja (Linnaoja) on 7,5 km pikk avalikus kasutuses olev tugevasti muudetud veekogu (tüüp 1B), mis suubub Selja jõkke 32,2 kilomeetril. Soolikaoja on VRD mõistes määratud veekogumiks (tugevasti muudetud veekogu). Soolikaoja valgala (vt ka joonis 1) on 122,1 km². Oja valgala ülemjooks jääb Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlikule alale, kus on intensiivne põllumajanduslik tegevus. Oja ise läbib suures ulatuses Rakvere linna territooriumi ning on suublaks mitmetele reoveepuhastitele, samuti sademevee väljalaskudele. Samuti suubub oja Tobia peakraav (Tobia oja). Selja jõe valgala reostuskoormuse uuringu kohaselt (Kobras, 2015) koormas Soolikaoja Selja_3 veekogumit üldfosfori ja naftasaaduste osas. 2020.a. seisundihinnangu kohaselt on Selja_3 halvas seisundis üldlämmastiku ning kalastiku pärast (EKUK, 2021).



Joonis 1. Soolikaoja valgala

Enamasti jookseb Soolikaoja läbi Rakvere linna ning on suublaks mitmetele reoveepuhastitele ja sademevee väljalaskudele. Oja etendab olulist rolli linna heit- ning sademevee ärajuhtimisel.

Kuigi Soolikaoja on üks veekogu, võib selle jagada kolmeks täiesti erinevaks ökosüsteemiks.

1.1 Soolikaoja ülemjooks

Oja on ülemjooksul peamiselt põhjavee toiteline, mis sisaldab palju nitraate (vt ptk 4.1). Oja pikkus varieerub sõltuvalt aastaajast - vihmaperioodil kogub ülaosa vett kuivenduskraavidest, kuid kuival ajal saab vett ainult allikatest. Pinnasevee tase on püsivalt kõrgel, jäädes vahemikku 0 – 0,3 m maapinnast ning seetõttu juhitakse ojja ka ümberkaudsete elumajade drenaaživett.



Foto 1. Oja ülemjooks (paisjärvedest ülesvoolu)

Linnas on mitu paisu (9070461, 9070462, 9070463 ja 9070464, paisutuskõrgus vahemikus 0,2...0,5 m), mis loovad ulatusliku väikeste järvede võrgustiku, mis on nitraadiga saastatud põhjavee tõttu eutrofeerinud. Kokku on ülemjooksul neli paisjärve:

- **Vesiveski pargi paisjärv**, mis asub Vesiveski ja Karja tänava vahelisel alal. Paisjärve suubub sademevee väljalask LV285 ning neli drenaažitoru ümbritsevatelt kinnistutelt. Paisjärv on madal (alla 0,5 m) ning valdavalt taimestikuga. Põhi on lubjakivi. Paisjärve väljavool on reguleeritud Karja tn poolses otsas asuva paisu abil.
- **Allika pargi paisjärv** asub Karja, Allika, Vee ning Väike-Karja tänavate vahelisel alal. Paisjärv on tugevalt eutrofeerunud. Paisjärve suubub sademeveelask LV286. Paisjärve väljavool on reguleeritud Vee tn poolses osas asuva paisu abil.
- **Supeluse pargi paisjärv** asuvad Vee, Kastani ning L. Koidula tänavate vahelisel alal. Tiigid asuvad oja suhtes külgnevalt ning veevahetust juhitakse Vee tänava poolses osas asuva paisu abil. Paisjärv on tugevalt eutrofeerunud.
- **Süstatiik** asub Kastani ja Silla tänava vahelisel alal. Tiiki juhitakse sademevett Silla tn piirkonnast. Paisjärv on tugevalt eutrofeerunud. Tiigi väljavool on reguleeritud Silla tn poolses osas asuva paisu abil, kust suunatakse vesi torudesse.



Foto 2. Paisjärvede paiknemine (Maa-ameti ortofoto)

Keskkonnaagentuuri tellitud töö „Tõketusrajatiste inventariseerimine vooluveekogudel kalade rändetingimuste parandamiseks“ (Keskkonnaagentuur, 2013) kohaselt hinnati Soolikaoja ülemjooks forellijõe tüüpi veekoguks, kus 1930-ndatest aastatest on teada, et forell seal ka esines ning teda püüti. Viimase poolsajandi jooksul on aga Soolikaoja olnud üks enim reostatud veekogu, osa ojast on viidud maa alla torusse, Soolikaoja paisudest ülesvoolu jääb forellile jt forellijõe koosluse kalaliikidele sobivaid elupaiku napilt, kuna paisud on rajatud oja lähteallikatest vaid veidi allavoolu. Paisude mõju oja kalastikule on aruande kohaselt olemas, kuid see mõju on väheoluline (Keskkonnaagentuur, 2013).

1.2 Soolikaoja keskosa

Linna keskosas Silla tn ja Jaama pst vahel, pikkusega ca 1,7 km, on Soolikaoja suletud torustikku. Oja saab lisavett Vee tn, Pika tn ja C.R.Jakobsoni tn ning Tallinna tn ja Jaama pst vahele jäävatest allikatest. Pinnasevee tase on ürgoru piirides püsivalt kõrgel, jäädes vahemikku 0 – 0,3 m maapinnast. Enne Soolikaoja torustikku sulgemist olid kevadised üleujutused linnas tavalised. Hiljem on üleujutusi esinenud peamiselt Tallinna tn ja Laada tn ristmiku, Lai tn ja Posti tn, Rägavere tee ja Kivi tn ning Seminari tn piirkonnas. Vallseljaku alal ja Näituse tänavast lääne poole jäävas rajoonis on veepind püsivalt ca 2,5 m sügavusel. Vallikraavi tänavast lääne pool asuvatel aladel võib see tõusta 1 – 1,5 m maapinnast (GeoBaltica OÜ, 2009).

Soolikaoja torustiku läbimõõt on 1200 mm, materjaliks betoon. Torustiku rajamissügavus jääb vahemikku 1,7 – 2,8 m. Arvestuslik toru läbilaskevõimeks täistäitel ca 0,9 – 1,2 m³/s. Algselt, enne linna reoveepuhasti valmimist, juhiti kollektoriga kõrvuti Soolikaoja sāngi ka linna reovesi. Tänašeks on reovee väljalask suletud lüüsiga ning seda on võimalik kasutada vaid avariijuhtudel (Eesti Veevärk AS Konsultatsioon, 2005).

Kanaliseeritud osas ei ela kalad ega muud suuremad veeorganismid. See osa ojast kogub kokku suure osa linna sademeveest. Soolikaoja torustikust väljuvat vett käsitletakse heitvee väljalasuna, millele on alates 2017. aastast kehtestatud järgmiste saasteainete suurimad lubatud sisaldused: pH min (6), pH max (9), naftasaadused 5 mg/l, KHT 125 mg/l, BHT₇ 15 mgO₂/l, heljum 40 mg/l, N_{üld} 45 mg/l ja P_{üld} 1 mg/l. Võrdluseks N_{üld} ja P_{üld} osas: Rakvere linna puhasti veelaskme vastavad näitajad 2017. a. 10 mg/l ja 0.5 mg/l (L.VV/328140).

1.3 Soolikaoja alamjooks



Joonis 2. Soolikaoja on alamjooksul kahes lõigus murdnud looduslikust sängist välja

Praktiliselt kohe peale kanaliseeritud lõppu suubub oja Tobia peakraav, mis „lahjendab“ sademevett. Oja on alamjooksul kahes lõigus murdnud looduslikust sängist välja (vt joonis 2) ning voolab mööda kraave – Roodevälja ja Tõrremäe seirepunktide vahelisel lõigul kulgeb oja mööda reoveepuhasti kraavi ning enne Selja jõkke suubumist kulgeb see mööda kuivenduskraavi. Alamjooksul on ka neli (alla 1 m) koprapaisu (vt foto 4).

Tänu ühendusele Selja jõega leidub alamjooksul meriforelli (vt ka foto 3). Tinglikult võib alamjooksu jaotada kolmeks (liikudes vastuvoolu):

- Soolikaoja Tõrremäe (SJA5317000) seirepunktist Selja jõkke suubumiseni – oja kulgeb pooles ulatuses 4-6 m laiust sängi mööda, mida on tõenäoliselt varasemate maaparandustööde käigus sirgendatud. Oja viimane lõik (X: 6584676.20, Y: 633965.49 kuni suubumiseni Selja jõkke) on

juhitud SELJA 1 eesvoolu (maaparandussüsteemi kood 1107460030070), looduslik säng on osaliselt kuiv ning kaladele ligipääsmatu.

- Soolikaoja Roodevälja (SJA9544000) ning Törremäe (SJA5317000) seirepunktide vaheline lõik – oja on valdavalt sirgendatud, ca 700 m lõigul (algus X: 6583425.9, Y: 633420.4 kuni Y: 6583977.7, Y: 633132.3) kulgeb mööda Rakvere RVP heitvee ärajuhtimise kraavi. Reoveepuhastist allavoolu on oja valdavalt 4–6 m laiune, ülesvoolu kitsam (madalvee perioodil min veepeegli laius ca 1,0 m). Lõigul on neli koprapaisu (veetasemete vahega 0,2...0,4 m). Lõigu alumises osas (päikeseenergiajaama läheduses) on põhi valdavalt kivine ja liivane, kuid see põhjasetetes (paksusega 0,1...0,7 m) toimub suure tõenäosusega nii denitrifikatsioon kui ka anaeroobne käärimine, millele viitas välitööde käigus eraldunud gaaside hulk ning kohati tuntav väävelvesiniku lõhn. Piirkonnas oli üks 0,2 m veetasemete vahega koprapais (X: 6584072.0, Y: 633143.4). Päikeseenergiajaamast ülesvoolu on põhi valdavalt kivine, setteid teisest koprapaisust (X: 6583862.1, Y: 633150.9, veetasemete vahe 0,4 m) allavoolu vähe, kuid ülesvoolu 0,2...0,3 m. Teisest koprapaisust ülesvoolu oli paiguti võimalik täheldada anaeroobseid protsesse setetes, lisaks oli ca 300 m pikkune taimestikuvaene piirkond. Reoveepuhasti väljavoolust ca 100 m allavoolu oli kolmas koprapais (X: 6583487.0, Y: 633260.7, veetasemete vahe 0,3 m), millest ülesvoolu oli settekihi maksimaalne paksus 0,8 m ning oli märke anaeroobsetest protsessidest. Puhastist ülesvoolu paiknes neljas koprapais (X: 6583164.9, 633587.9, veetasemete vahega 0,3 m).
- Soolikaoja Tobia peakraavist kuni Roodevälja (SJA9544000) seirepunktini – valdavalt sirgendatud lõik. Põhi on liivane ja mudane (0,2...0,5 m), leidub kive. Taimestikku on lõigul rohkelt. Lõigu alumises osas on üks koprapais (X: 6583053.0, Y: 633604.0).
- Tobia peakraav Oja tänava paisuni – valdavalt ritraalne lõik. Tobia peakraavi suubub Rahvaia tiikidest pärinev vesi. Tobia peakraav on kuni Oja tn paisuni siirdekaladele läbitav, kuid pais ise on ületamatu. Rahvaia tiigid on allikatoitelised ning madalvee perioodil moodustab tiikide väljavool ca 2/3 kogu oja vooluhulgast ning tiikide väljavoolu kaudu juhitakse Soolikaoja hinnanguliselt 54 ... 510 kgN/d nitraate.. Paraku on tiikide väljavool truubi abil, mille vee läbilaskevõime ei ole kõrgveeperioodil piisav ning piirkonnas on esinenud üleujutusi (viimati 2021.a.¹).

¹ <https://virumaateataja.postimees.ee/7213556/rakvere-rahvaaias-uputab>



Foto 3. Surnud meriforell Soolikaoja alamjooksul Roodevälja ning Tõrremäe vahelisel lõigul (22.10.2019.a.).



Foto 4. Koprapais alamjooksul Roodevälja ning Tõrremäe vahelisel lõigul

2 Varasem uuritus

2.1 Veekvaliteet

Selja jõe valgala uuringus (Kobras AS, 2015) järeldati, et Selja jõe valgala pinnaveekogumites määrab lämmastiksisalduse suuresti põhjavee lämmastiksisaldus ning Soolikaojast pärinev reostus koormab Selja_3 veekogumit üldfosfori ja naftasaaduste osas. Uuringu kohaselt oli Soolikaoja seisund üldfosfori ja üldlämmastiku osas väga halvas seisundiklassis. Rakvere puhasti annab olulise osa Soolikaoja fosfori (49%) ja lämmastiku koormusest (46%). Uuringus järeldati, et valdav osa ülejäänud fosforikoormusest on tõenäoliselt Soolikaoja sisekoormus. Fosfor on tõenäoliselt kuhjunud Soolikaoja setetesse. Valdav osa ülejäänud lämmastikukoormusest pärineb tõenäoliselt hajukoormusest, mis on põllumajandusliku väetamise tulemus. Põllumajanduslik hajukoormus jõuab Soolikaoja nii põhjavee kui pinnavee kaudu (Kobras AS, 2015).

Oja seisund oli 2016. a pinnaveekogumite seisundihinnangu põhjal kesine, põhjuseks toitained (vt tabelid 1 ja 2) ning mittehea seisundi näitajad on N-üld, P-üld, NH₄, T, EPT, ASPT, DSFI.

2016.a. operatiivseire (EKUK, 2016) tulemustest on näha, et juba enne Rakvere linna reoveepuhasti väljalasku oli (proovid võetud 26.10.2016) Soolikaoja üldfosfori suhtes kesises seisus ning BHT₅ ja üldlämmastiku suhtes halvas seisus.

Tabel 1. 2016.a. Operatiivseire andmed (EKUK, 2016)

Suubla	RVP	Täpsustus	NH ₄ ⁺ -N	BHT ₅	Lahustunud hapnik		pH	Püld	Nüld
			mg/l	mgO ₂ /l	%	mg/l		mg/l	mg/l
Soolikaoja, 1075300_1, TMV, tüüp 1B	Rakvere Vesi AS, LV28	enne Rakvere linna RVP (LV281) väljalasku	0,017	5,7	27	3,3	7,6	0,085	5,4
		peale Rakvere linna RVP (LV2821) väljalasku	0,063	1,2	49	6,1	7,6	0,19	6,1

Tabel 2. 2016.a. jõgede operatiivseire andmed (FÜ-KE) (EKUK, 2016)

Koht	X	Y	Tüüp	O ₂ %	BHT ₅	NH ₄ ⁺ -N	Nüld	Püld	FÜKE
üp. Tobia pkr.	6582172	633715	TMV/1B	85	4,5	0,24	4,5	0,1	17
üp. linna veelaset	6583081	633612	TMV/1B	45	2,7	0,09	6,7	0,07	17
Tõrremäe	6584382	633435	TMV/1B	58	1,9	0,12	7,2	0,2	14
Tobia pkr. Suue	6582170	633688	1A/1B	91	1,2	0,03	7,1*	0,04	22

* Tobia peakraavi FÜKE oli kesine kõrge N_{üld} sisalduse (5.6-8.2 mg/l) tõttu. Veekogumi tüüp on teadmata, kuid kuulumine kas 1A või 1B tüüpi antud juhul seisundi hinnangut ei muuda. Kõrge N_{üld} sisaldus on seostatav allikatoitelise Tobia peakraavi asumisega nitraaditundlikul alal.

Tabel 3. 2016. aasta jõgede operatiivseire andmed (fütoENTOS ja suurselgrootud) (EKUK, 2016)

Koht	IPS	WAT	100-TDI	fübe_m	T	EPT	H'	ASPT	DSFI	suse_m
Tõrremäe	15,4	16,3	49,6		15	3	2,62	3,93	3	11

Kolmel aastal on võetud proove (4 korda aastas) füüsikalise-keemiliste näitajate osas Soolikaojast ülalpool Rakvere linna heitvee väljalasku (tabel 4):

Tabel 4. FÜ-KE perioodil 2014-2016

aasta	O ₂ %	BHT ₅	NH ₄ -N	N _{üld}	P _{üld}	FÜ-KE
2014	59	3.3*	0.31	5.9	0.13	13
2015	34	1.8	0.62	5.6	0.14	10
2016	45	2.7	0.09	6.7	0.07	17

* BHT₅ asemel on määratud BHT₇.

FÜ-KE oli ülalpool linna veelaset 2014. ja 2016. aastal kesine ja 2015. aastal halb. Seega on Soolikaoja kesine seisund allpool Rakvere linna veelaset (Tõrremäe proovikoht) mõjutatud juba ülalpool Rakvere linna veelaset oleva vee kvaliteedist.

Viiel aastal on võetud proove (4 korda aastas) füüsikalise-keemiliste ja kolmel aastal bioloogiliste näitajate osas Soolikaoja Tõrremäe proovikohast (allpool Rakvere linna veelaset, tabel 5):

Tabel 5. Andmed 2010-2016

aasta	O ₂ %	BHT ₅	NH ₄ -N	N _{üld}	P _{üld}	FÜ-KE	fübe	suse
2010	65	1.2	0.32	7.3	0.36	15	hea ²	hea ¹
2013	67	2.2	0.37	8.8	0.37	13	hea ³	kesine ²
2014	64	3.2*	0.61	7.3	0.35	11	-	-
2015	57	1.8	0.20	6.5	0.16	14	-	-
2016	58	1.9	0.12	7.2	0.20	14	hea ⁴	kesine ³

* BHT₅ asemel on määratud BHT₇.

² Jõgede hüdrobioloogiline seire 2010. a. Aastaruanne. Eesti Maaülikooli PKI Limnoloogiakeskus. Tartu, 2011. 131 lk.

³ Jõgede operatiivseire 2013. a. Lõpparuanne. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu, 2014. 63 lk.

⁴ Operatiivseire 2016. II osa. Rakendatud meetme tõhususe hindamine. Tartu, 2017. 105 lk.

Soolikaoja on Tõrremäe seirepunktis P_üld põhjal püsivalt vastanud väga halvale seisundiklassile (tabel 5). Võrreldes varasema ajaga (2010, 2013, 2014) on siiski toimunud mõningane paranemine (2015, 2016) P_üld sisalduse osas. FÜ-KE seisundiklass oli valdavalt kesine, 2014. aastal aga halb.

Operatiivseire (2016) tulemusena leiti Soolikaojast prioriteetseid ohtlikke aineid:

- Soolikaoja põhjasetetest enne Rakvere linna RVP (LV2821) väljalasku – di-2-etüülheksüülfalaati (DEHP) 1,78 mg/kgKA;
- Soolikaoja põhjasetetest peale Rakvere linna RVP (LV2821) väljalasku – di-2-etüülheksüülfalaati (DEHP) 4,82 mg/kgKA.
- Soolikaoja põhjasetetest peale Rakvere linna RVP (LV2821) väljalasku – dibutüültina-katiooni (DBT) 5,2 µg/kgKA ja tributüültina-katiooni (TBT) 1,1 µg/kgKA.

2.2 Jääkreostusobjektid

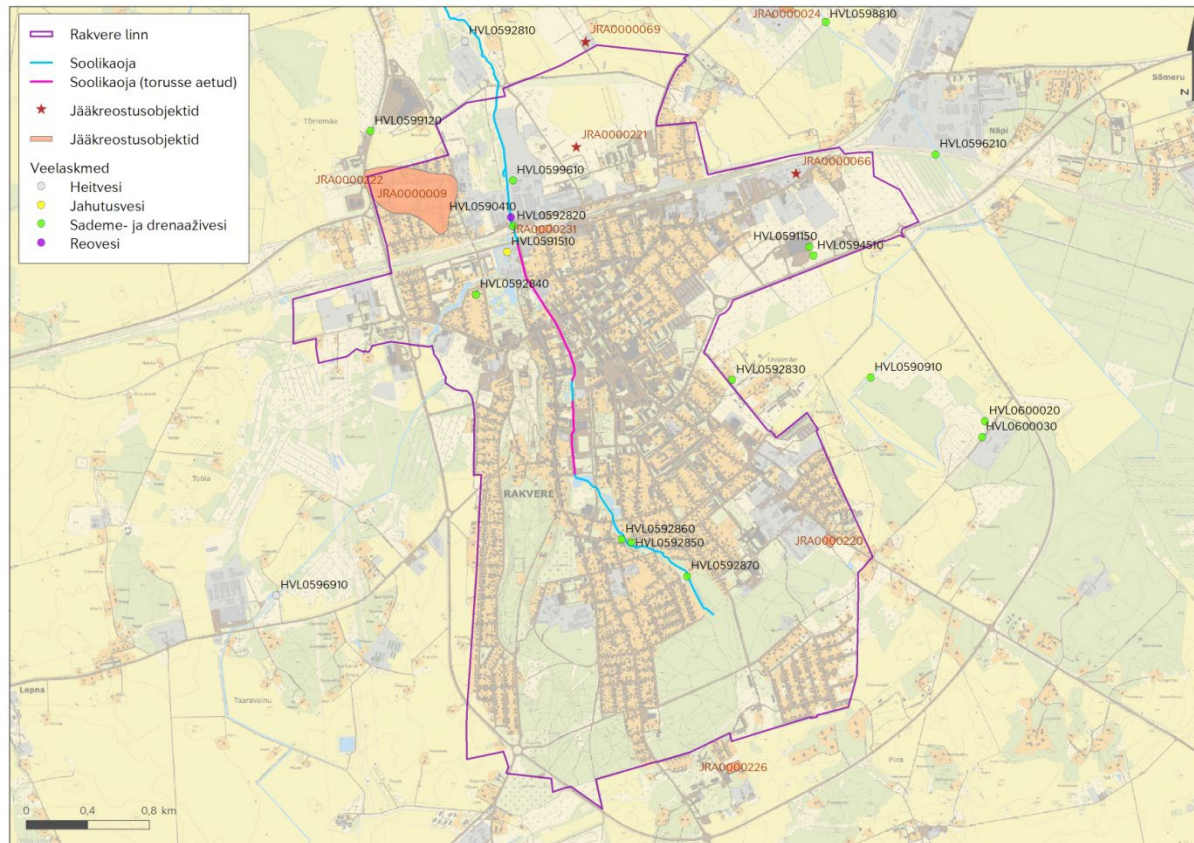
Soolikaoja vahetus naabruses paiknevad mitmed jääkreostusalad nagu Moonaküla põhjaveereostus, endine Rakvere helikopterite lennuväli (vt joonis 3).

Soolikaoja läheduses asuvad jääkreostusobjektid on järgmised:

- **Tõrremäe põllumajandusmürkide ladu** (JRA0000222) - Mürgiladu likvideeriti 2002. Katlamaja, mille kõrvalruumis mürgihoidla asus, lammutati 2014.a. Praegu on ala umbrohtunud, endise mürgilao betoonpõrand on alles. Visuaalseid reostusnähte ei ole tuvastatud. Keskkonnaregistri andmetel on reostus likvideeritud, reostuse olemasolu pinnases või põhjavees vähetõenäoline. Objekti järelkontrolli käigus reostust ei tuvastatud.
- **Moonaküla põhjaveereostus** (JRA0000009) - Rakvere linna Moonaküla linnaosa maapinnalähedane põhjavesi on reostunud masuudi ja põlevkiviõliga alates 1980-ndate aastate algusest. Reostusallikaks oli Kullaaru sovhoosi kasvuhoonete katlamaja piirkond. 1997. a kaardistati reostunud põhjaveega ala ja analüüsiti Moonaküla puurkaevude vees naftaproduktide, polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH) ja 1-aluseliste fenoolide kõrgeid sisaldusi. 2003. aastal ehitati välja Moonaküla linnaosa veevarustuse- ja kanalisatsioonivõrk.
- **Piira katlamaja kütusehoidla** (JRA0000226) - Alal asus 1960-ndatel aastatel rajatud elamute ja asutuste katlamaja. Algselt oli kütusehoidla katlamajast põhja pool maa all, 1974-75.a tehti uus ida poole, kus hoones oli kaks 50 m³ suurust mahutit. 1994.a toimus põlevkivi õli kasutamise tõttu

avarii: õli sattus katlamajas sooja vee süsteemi. Süsteem ja kanalisatsioon puhastati. Katlamaja suleti 1995.a suvel. Hooned lammutati 2000-ndate keskel ja asemele kerkis 2008.a valminud ridaelamu. Reostus on täielikult likvideeritud. Endise kütusehoidla asukohas on ridaelamu, katlamaja asukohas selle õu pallimänguplatsiga.

- **OÜ Rakvere autobaas tankla** (JRA0000220) - 1964.a rajati Rakvere autobaasile tankla, mis on tegutsenud siiani. 1990-ndate lõpus paigaldati uued tankurid ja varikatus. Tegutsev tankla, kes hoiab oma kütust vanades mahutites. Lähiajal on plaanis tankla maha jätta ja tänava ning teenindushoone vahele paigaldada väike kompleksne automaattankla. Tankla pinnas ja eeldatavasti pinnase-põhjavesi on reostunud naftasaadustega. Vajab uuringut ja ilmselt ka puhastamist. Objektile tehakse käesoleva projekti tegevuse C.5. raames uuring reostuse intensiivsuse ja ulatuse selgitamiseks ning objekti ohutustamise eelprojekt.
- **Lääne-Viru TREV-i raudtee bituumeni laadimissõlm** (JRA0000231) - Alal asus 1960-ndatest aastates TREV'i bituumeni laadimissõlm raudteevagunitest koos pumpla ja mahutitega ning autodele laadimise sõlm. Maapealsed mahutid ja torustik on lammutatud, pumbamaja alles ja puhastatud. Raudteeharul on paks hangunud bituumeni kiht (=asfalt), ja ka laiguti pumplast kirdes rohus märgata mõned bituumenilaigud (s.h väike kividega ümbritsetud auk). Keskkonnaregistri andmetel on reostuskolle likvideeritud, kuid pinnas ja põhjavesi puhastamata. Vajab täiendavat uurimist.
- **Rakvere sõjaväelinnaku katlamaja kütusehoidla** (JRA0000221) - 1970-ndatel aastatel rajatud piirivalve sõjaväelinnaku katlamaja ja selle kütuse vastuvõtusõlm. Reostus (s.h mahutid, seadmed, hooned) on likvideeritud.
- **Rakvere helikopterite lennuväli** (JRA0000069) - 1970-ndatel aastatel rajatud piirivalve lennuväli ja selle kütusehoidla koos pumbamajaga. 1993. a uuriti Rakvere lennuvälja kütusehoidlast tekkinud naftareostust. Uuringus võetud proovide järgi on vesi reostunud naftasaaduste ja aromaatsete süsivesinikega. Samal aastal inventariseeriti lennuvälja mahutipark ja kaardistati pinnasereostus ning võeti kordusproovid. Seiret, mis piirdus kolme proovikorraga tehti 1995. a. Mahutid on tühjendatud, kuid mitte likvideeritud. Objektile tehakse käesoleva projekti tegevuse C.5. raames uuring reostuse intensiivsuse ja ulatuse selgitamiseks ning objekti ohutustamise eelprojekt.



Joonis 3. Potentsiaalsed reostusallikad Soolikaoja ümbruses

Jooniselt 3 on näha, et Tõrremäe, Moonaküla ning Lääne-Viru TREV-i jääkreostusobjektid asuvad Soolikaoja vahetus läheduses ning koos Rakvere helikopterite lennuväljal asuva jääkreostusega võivad potentsiaalselt mõjutada Soolikaoja keemilist seisundit. Lisaks on kohalike elanike sõnul jõudnud Soolikaojja ka TK Kommunaari vana maa-aluse masuudihoidla kütuseleke (täpne asukoht teadmata, eeldatavasti kinnistult 66301:017:1220), mille tagajärjel reostusid Karja tn kaevud. Viimase kohta on andmeid vähe ning reostuse fakti on mainitud vaid Maves AS (2004) uuringus.

2.3 Koormusallikad valgalal

Soolikaoja seisundile avaldavad mõju nii rohked punktreostusallikad kui ka hajukoormus, mis omakorda võib jaguneda veel koormuseks põllumajandusmaalt, majandusmetsade ning muude majandavate maade koormuseks, sademetega pinnaveekogudele langevaks koormuseks, hajaasustuse koormuseks ning kanaliseerimata sadevee ja ülevoolude koormuseks (TTÜ, 2010).

2.3.1 Toitainete punktkoormus

Rakveres kogutud sademevee eesvooludeks on Soolikaoja, Maidla oja ning linna kirdeosas paiknevad maaparanduskraavid. Peale allikatoiteliste tiikide on linna rajatud mitmeid tehisveekogusid. Rakvere linna sademevee kanalisatsioon on valdavalt ühisvoolne. Ainus lahkvoolne kollektor on rajatud piki Soolikaoja orgu. Kollektor on projekteeritud linna läbiva Soolikaoja vee juhtimiseks läbi linna ning ojaga seotud liigveeprobleemide lahendamiseks. Soolikaoja kollektorisse juhitakse ka mitmeid Rakvere kesklinnas avanevaid allikaid – Kooli ja Sauna tn, Sauna ja Parkali tn ning Tallinna ja Tiigi tänava vahel. (AS Eesti Veevärk Konsultatsioon, 2005).

Soolikaoja valgatal asub Keskkonnaagentuuri andmetel 11 väljalasku, neist üheksa on aktiivsed (vt ka tabel 6). Välitööde tegemise ajal selgus, et käesoleval ajal ei suunata ojja heitvett ka väljalasust LV151.

Tabel 6. Soolikaoja valgatal asuvad väljalasud.

Veelaskme nimi	Kood	Staatust	Vee kood	Omanik
Arkna tee 1a sademevesi	LV961	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	JELD-WEN Eesti AS
Karja tn sademevesi (Tartu tn suunalt)	LV286	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	Rakvere Vesi AS
Karja tn sademevesi (Vabaduse tn suunalt)	LV285	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	Rakvere Vesi AS
Lepna reoveepuhasti	LV691	Töötav	Heitvesi	OG Elektra Tootmine AS
Mõisavälja sademevesi	LV284	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	Rakvere Vesi AS
Mäe tn sademevesi	LV287	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	Rakvere Vesi AS
Mööblivabriku	LV041	Endine	Reovesi	Virumaa Metsatööstus AS
Rakvere linna reoveepuhasti	LV281	Töötav	Heitvesi	Rakvere Vesi AS
Rakvere PT	LV151	Töötav	Jahutusvesi	Estonian Spirit OÜ
Soolikaoja kollektor	LV282	Töötav	Sademe- ja drenaaživesi	Rakvere Vesi AS
Tõrremäe reoveepuhasti	LV912	Endine	Sademe- ja drenaaživesi	Raktoom AS

Tabelid 7 ja 8 annavad ülevaate Soolikaoja ning Tobia peakraavi juhitavatest koormustest perioodil 2015-2019.a. Veekasutuse aruannetest on näha, et suurima koormuse lämmastiku ning fosfori osas annab ojaale Rakvere linna reoveepuhasti oja alamjooksul.

Tabel 7. Väljalaskudest pärineva lämmastiku koormused Soolikaoja valgalal (KAUR-i andmetel).

Veelaskme nimi	Kood	Nüld kg/a				
		2015	2016	2017	2018	2019
Karja tn sademevesi (Tartu tn suunalt)	LV286	0,0	0,0	5,8	9,0	38,8
Karja tn sademevesi (Vabaduse tn suunalt)	LV285	0,0	0,0	0,0	1,9	12,2
Lepna	LV691	210,3	255,6	345,2	411,8	181,1
Mõisavälja sademevesi	LV284	0,0	0,0	9,1	3,1	12,8
Mäe tn sademevesi	LV287	0,0	0,0	1,3	0,3	1,9
Rakvere	LV281	20 019,7	27 453,6	21 675,5	23 309,8	22 707,2
Soolikaoja kollektor	LV912	0,0	0,0	45,8	21,8	74,8
KOKKU		20 230,1	27 709,1	22 082,7	23 757,6	23 028,8

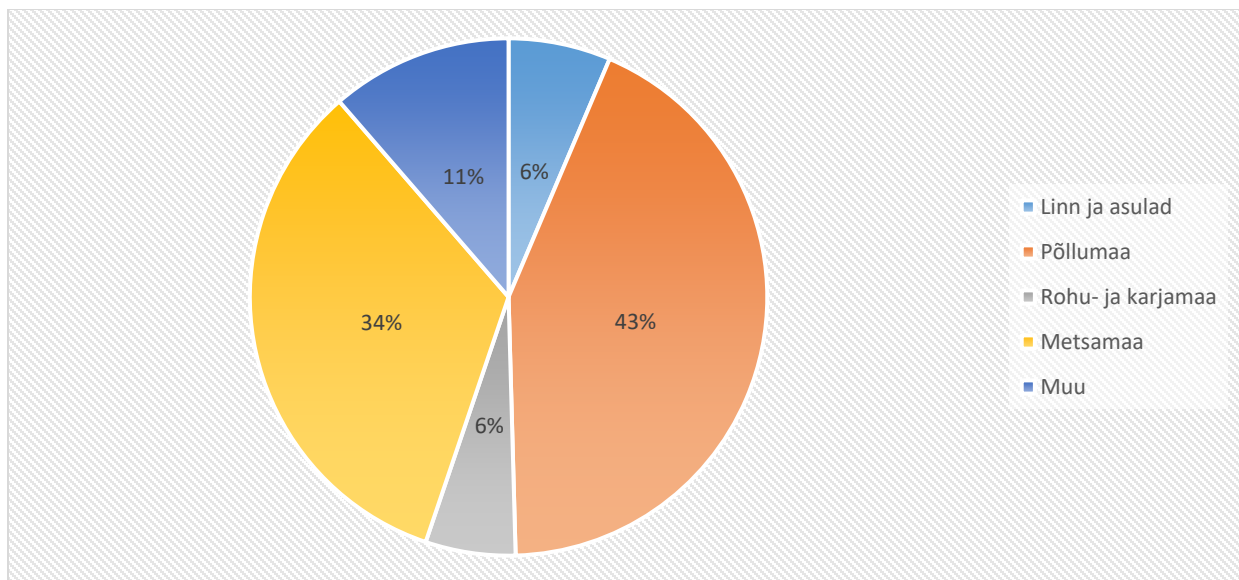
Tabel 8. Väljalaskudest pärineva fosfori koormused Soolikaoja valgalal (KAUR-i andmetel).

Veelaskme nimi	Kood	Püld kg/a				
		2015	2016	2017	2018	2019
Karja tn sademevesi (Tartu tn suunalt)	LV286	0,0	0,0	0,1	0,5	0,7
Karja tn sademevesi (Vabaduse tn suunalt)	LV285	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Lepna	LV691	2,9	11,3	1,8	10,5	1,7
Mõisavälja sademevesi	LV284	0,0	0,0	0,4	0,1	0,3
Mäe tn sademevesi	LV287	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rakvere	LV281	649,3	1 043,5	727,4	831,4	729,9
Soolikaoja kollektor	LV912	0,0	0,0	1,7	0,8	2,2
KOKKU		652,2	1 054,8	731,5	843,2	735,0

2.3.2 Teoreetiline hinnang toitainete hajukoormusele valgala maakasutusest lähtuvalt

Maakasutuse kohaselt (CORINE andmed) on Soolikaoja valgalal domineerivad põllu- ja metsamaad (vt ka joonis 4). Soolikaoja valgala maakasutuse järgi on olulised survetegurid põllumajanduse poole pealt hajukoormus haritavalt maalt, hajukoormus loomakasvatushoonetest ja hajukoormus kuivendussüsteemidest ning kanaliseerimata elanikkonnalt.

Võttes aluseks maakasutuse CORINE 2018 andmed (joonis 4) ning kirjanduse andmed (TTÜ, 2010 ja 2012; Mötte jt, 2017) erinevate toitainete leostumise kohta, pärineb hinnanguliselt 106,5 t/a lämmastikku ning 2,5 t/a fosforit hajukoormusest (tabel 9).



Joonis 4. Maakasutus Soolikaoja valgalal (CORINE 2018 andmete põhjal)

Tabel 9. Teoreetiline lämmastiku ning fosfori hajukoormus maakasutuse järgi

Kood	Corine	Kokku, ha	Osakaal valgalast, %	Hajukoormus	
				N (kg/a)	P (kg/a)
112	Linn ja asulad*	551	5,25%	2 918	463
121	Tööstus ja kaubandus*	52	0,50%	277	44
141	Rohelised linnapiirkonnad	68	0,65%	1 356	23
211	Niisutamata põllumaa	4 577	43,63%	91 534	1 556
231	Rohumaa	357	3,40%	1 071	43
242	Kompleksmaaviljelus	355	3,38%	1 064	43
243	Põllumajanduslik maa loodusliku taimkatte osalusega	1 021	9,74%	3 064	123
311	Laialeheline mets	569	5,43%	854	34
312	Okaspuumets	759	7,24%	1 139	46
313	Segamets	1 469	14,00%	2 203	88
324	Üleminekuline metsamaa-põõsas	712	6,79%	1 068	43
Kokku		10 490	100%	106 547	2 504

*Sademevee koormus arvutati tiheasustusalade, tööstus-kaubandus piirkondade ja maanteedel maakattetüüpide osas eeldades, et sademevesi levib kas hajusalt või suunatakse vettpidavatelt pindadelt lähimaastikele või otse siseveekogudesse. Koormushinnangus arvestati selliste maakattetüüpide pindalaks kokku 603 ha ja ärakande ühikväärtuseks 5,3 kgN/ha ja 0,84 kg P/ha (TTÜ, 2010).

2.3.3 Teoreetiline hinnang toitainete koormusele sõnnikuhoidlatest

PRIA andmetel (2020) kasvatatakse Soolikaoja valgalal kaheteistkümnes ehitises kokku 475 veise, 21 lammast, 11 kitse ning 4753 siga. Lisaks on valgalal ka kümme ehitist, kus peetakse eesleid, hobuseid, kanu ja parte. Viimaste puhul ei ole loomade arvu täpsustatud. Sõnniku kogus, mis jääb võimalikul

karjatamisel karjamaale moodustab põllumajanduskõlvikute hajukoormuse ühe osa ja seetõttu ei arvestata põllumajandusliku punktallikana koormust sõnnikuhoidlast (TTÜ, 2010). Suurimad sõnnikuhoidlad asuvad Nurmetu (veised) ning Inju (sead) külades. Lisaks on valgala vahetus läheduses Vinni biogaasijaam, mille digestaati kasutatakse väetamisel suure tõenäosusega ka Soolikaoja valgalas.

Täpset ülevaadet vedelsõnniku laotamise kohta valgalal ei ole võimalik avalikest andmebaasidest saada, sest Veeseaduse § 162 kohaselt nõutakse väetamisplaani vaid isikutelt, kes kasutavad üle 50 ha maad. Kuigi väetamisplaani andmeid tuleb säilitada 10 aastat, ei ole keskkonnaministri 17.11.2021.a. määruses nr 50 sätestatud muid tingimusi selle kohta kui vaid, et seda võib pidada põlluraamatus. Seega on ainus võimalus saada reaalselt ülevaadet valgalal kasutatud vedelsõnniku koguste kohta vaid füüsilise järelevalve käigus, sest ka põlluraamatute info ei ole elektrooniliselt kättesaadav.

2.3.4 Teoreetiline hinnang kanaliseeritud ja kanaliseerimata elanikkonna poolt avaldatavale koormusele

Rakvere linna ühiskanalisatsiooniga (teenindab Rakvere Vesi AS) liitunud piirkonnad on: Sõmeru, Näpi, Roodevälja, Ussimäe, Taaravainu, Tobia, Tõrma, Tõrremäe, Piira, Rakvere linn. 2020.a. andmetel⁵ oli ühiskanalisatsiooniga liitunud 98 % piirkonna elanikest. Lepna asulas on VK-ga liitunud 95 % elanikkonnast. Rakvere linnas oli vee-ettevõtte aastaaruande (2020.a. andmed) kohaselt VK-ga liitumata elanikke 345. Rakvere valla ning Rakvere linna ÜK-ga liitumata elanike arv on kokku 842.

Ühiskanalisatsiooni teenuseid Soolikaoja valgalal ei kasuta hinnanguliselt ca 1 000 inimest⁶. Võttes eelduseks, et ühe inimese kohta tekib ööpäevas 0,7 g fosforit ning 12 g lämmastikku, võib liitumata elanikkonna poolt lähtuv maksimaalne aastane fosforikoormus ulatuda 255 kgP/a ja lämmastikukoormus 4 380 kgN/a. Rakvere Valla reovee kohtkäitluse ja äraveo eeskiri (RT IV, 03.03.2020, 17) keelab heitvee immutamise ning seab kohustuse reovee kokku kogumiseks (§ 3 lg 1) reoveekogumisalata kompaktse asustusega aladel (näiteks külasüdamed, aiandus- või suvilakooperatiivid vms), kus ei ole võimalik tagada heitvee immutuskoha nõuetekohast kaugust ümbruskonna puur- ja salvkaevudest ja kus on oht puurkaevude vee saastumiseks. Sarnaselt ei ole immutamine ka Rakvere linnas lubatud. Võttes eelduseks, et reovett kokku ei koguta, võiks **maksimaalne kanaliseerimata elanikkonna poolt tekitatav aastane**

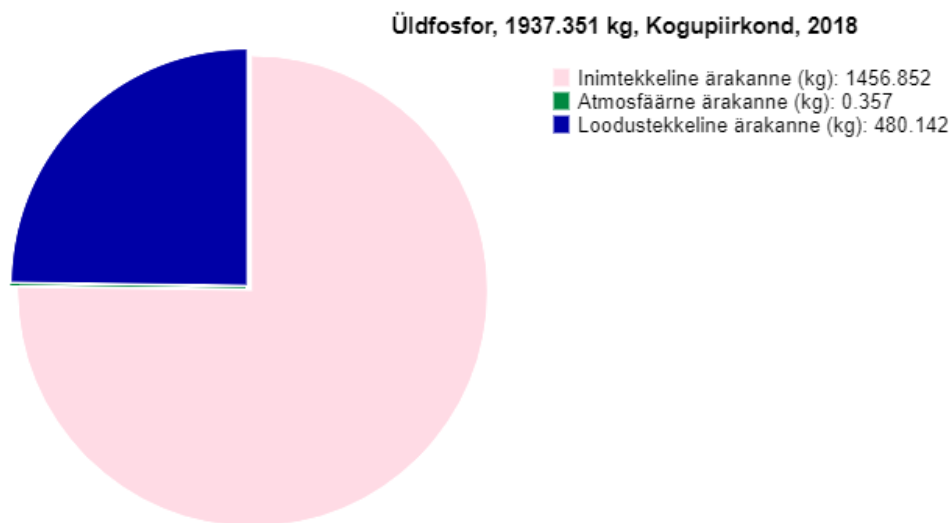
⁵ https://kotkas.envir.ee/annual_reports_registry/view?annual_report_id=27685&pdf=1

⁶ Täpsed andmed hajaasustuses paiknevate elanike arvude kohta puuduvad, kasutatud on hinnangut, millele on liidetud Rakvere valla ja linna ÜK-ga liitumata elanike arvud.

fosforikoormus ulatuda 255 kgP/a ja lämmastikukoormus 4 380 kgN/a. Tegelikuses on see koormus oluliselt väiksem, sest Rakvere Vesi AS aastaaruande kohaselt purgiti Rakvere reoveepuhastisse 2020.a. 10 850 m³/a. Kui võtta aluseks, et linnas on ÜVK-ga liitumata elanikke 345, kes kõik kasutavad vett 87 l/d (Postimees, 2020), peaks linna puhastisse liitumata elanikkonna poolt purgitava reovee kogus olema 10 955 m³/a. Siit johtuvalt võiks eeldada, et Rakvere reoveepuhastisse jõuab 100 % kogu linna ÜVK-ga liitumata elanikkonna reoveest ning liitumata linnaelanike poolt jõuab Soolikaojja 1 922 kgN/a ja 112 kgP/a. Tegelikuses on piirkonna elanikel veel võimalus purgida lisaks Rakvere reoveepuhastile ka Tamsalu ning Haljala reoveepuhastitele ning **kanaliseerimata elanikkonna koormus on valgalal hinnanguliselt marginaalne.**

2.3.5 Koormuste jagunemine EstModeli andmetel

VeeVeebi lisamooduli EstModel abil on võimalik leida Soolikaoja valgalal tekkivaid koormusi. Estmodel annab ligikaudsed hinnangud nii inimtegevusest kui looduslikest protsessidest põhjustatud fosfori ja lämmastiku kogukoormuse osast vesikonnas. Mudel võtab arvesse valgalal asuvaid punktkoormusallikaid (nt, reoveepuhastid, silohoidlad) ning maakasutust (nt, mets, soo, põld).



Joonis 5. Üldfosfori koormus Soolikaojas Estmodeli andmetel

Estmodeli hinnangul jõuab Soolikaojast Selja jõkke lämmastikku 112 tN/a ja fosforit 1,9 tP/a (joonised 5 ja 6), kuid kõrvutades saadud tulemusi reaalsete mõõtmistega (vt peatükk 4.1), võib järeldada, et mudel pigem alahindab lämmastiku koormust tulenevalt sellest, et EstModel ei võta arvesse põhjavee lämmastiku sisaldust.

Üldlämmastik, 111977.205 kg, Kogupiirkond, 2018



Joonis 6. Üldlämmastiku koormus Soolikaojas Estmodeli andmetel

3 Metoodika

Selleks, et välja selgitada Soolikaoja halva seisundi põhjused keskenduti käesolevas töös hajusallikatele (põllumajandus, jääkreostused) ning punktallikatele (ettevõtete heit-, reo- ja sademeveed, sademevee väljalasud, reoveepuhastite väljalasud). Metoodiliselt jaguneb uuring neljaks:

- Teoreetiline reostusallika analüüs – kasutades andmebaase, arhiive, varasemaid uuringuid, kirjanduses saadaval olevat infot
- Vaatlused kohapeal – piirkonna uurimine, informatsioon kohalikelt elanikelt
- Mõõtmised keskkonnas – reostusala täpsustamiseks ja reostustaseme jälgimiseks
- Piirkonna ettevõtete analüüs – ettevõtete tegevuse ning tegevuse käigus kasutatavate võimalike ohtlike aineid sisaldavate toormaterjalide (teoreetiline) analüüs

Võimalike reostusallikate kindlakstegemisel lähtuti olemasolevatest andmetest, reaalsest mõõtmistest ning kohapealsetest vaatlustest. Tehtud tööde hulka kuulusid uuringualale jäävate varasemate uuringute koondamine ning andmete korrastamine, Soolikaoja hüdro-morfoloogiline kaardistamine, saasteainete sisalduste kohta täiendava teabe kogumine (punktallikate mõju, nt sademevee sissevoolud) ning kogutud andmete põhjal kaardikihtide loomine eesmärgiga välja selgitada probleemsemad lõigud.

3.1 Teoreetiline reostusallika analüüs

Teoreetiline reostusallika analüüs hõlmab endas varasemate uuringute läbitöötamist, teadusartiklite uurimist, otsinguid internetis ja piirkonna uuringut. Kohapealne vaatlus aitab otsustada kui tõenäolise allikaga tegu on. Selle liigi (punkt- või hajusallikas) järgi saab valida sobivad proovivõtukohad. Kui analüüsitud proovi tulemus on üle kehtestatud keskkonnakvaliteedi standardi, tuleb teha täiendav uuring. Väheste andmete puhul saab proovivõttu korrata. Andmete piisavuse korral saab otsustada, kas tegu on antud piirkonna reostusallikaga või mitte. Kui reostusallikat ei õnnestu välja selgitada, tuleb vaatluse alla võtta järgmine tõenäoline allikas. Reostusallika väljaselgitamise korral saab rakendada meetmeid reostuse kontrolli alla võtmiseks.

Punktallikate väljaselgitamiseks koguti ning analüüsiti informatsiooni ettevõtete kodulehekülgedelt ja mujalt internetist avalikult kättesaadavatest allikatest. Vaadeldavas piirkonnas tegutsevate ettevõtete ligikaudseks juhiseks tegevuse käigus kasutatavate kemikaalide ning ohtlike ainete kohta saab võtta

väljastatud keskkonnalubasid. Keskkonnalubade infosüsteemist on võimalik saada vajalikku taustainfot nii ettevõtte tegevuskoha kui ka kasutatavate kemikaalide ja nende koguste ning tootmismahdade kohta. Samuti tuleb arvestada, et paljud ettevõtted, kes võivad vaadeldavas piirkonnas reostuse seisukohalt oluliseks osutada, ei ole aga keskkonnaloa kohuslased näiteks tegevusmahdade künnisväärtuste poolest. Antud töö käigus viidi kirjandusandmetele ning varasematele uuringute tulemustele tuginedes kokku võimalikud reostust põhjustavad tegevusvaldkonnad ning vaadeldavas piirkonnas antud valdkondades tegutsevad ettevõtted. Samuti võeti arvesse ettevõtte paiknemist Soolikaoja suhtes, hindamaks reostuse oja jõudmise tõenäosust. Teoreetilise reostusallika analüüsi käigus selgitatakse välja, kas vaadeldavas piirkonnas tegutsev ettevõtte on potentsiaalne reostuse põhjustaja või mitte.

Kuna hajusallikatest pärinevat reostust on väga raske välja selgitada, teostati lisaks mõõtmistele keskkonnas ka valgala analüüs kaardimaterjalide baasil.

3.2 Välitööd

Välitöödega saab koguda praktilist infot, mis annab hea ülevaate olukorrast ja aitab kindlaks teha reostusallikat. Teoreetilisest informatsioonist pole alati abi, kuna tegelik olukord võib sellest erineda. Näiteks punktallikad on alati erinevad ja selleks, et hinnata nende tõenäosust olla reostuse allikaks, tuleb alati objektil kohal käia (EKUK, 2015).

Väga oluline on ka inimeste küsitlemine, kuna tihtipeale saab just neilt olulist informatsiooni kohaliku olukorra kohta. Välitööde käigus on võimalik kaardistada ka piirkonna looduslikke eripärasid, tänu millele saab tuvastada võimalikke reostuse liikumisteid (EKUK, 2015).

Välitööde käigus viidi läbi hüdro-morfoloogiline kaardistamine, potentsiaalsete reostusallikate kaardistamine ning proovivõtt.

3.2.1 Hüdro-morfoloogiline kaardistamine

Hüdro-morfoloogilise kaardistamise läbiviimiseks kasutatakse sarnast elektroonilist andmekogumisvormi nagu seda on tehtud Pärnu jõestiku uuringuks [8], mis võimaldab välitööde käigus kogutavad andmed ühtsel kujul elektrooniliselt sisestada ning otse elektrooniliselt kokku koondada vältimaks paberkandjal protokollide sisestamisega seotud ajakulu. HÜMO andmekogumisvorm koostatakse *KoBoToolbox*

veebikeskkonnas, nii võrgus olles kui ka interneti levi puudumisel, võimaldades andmeid salvestada ning levi taastudes edastada andmebaasi.

HÜMO andmekogumisvorm sisaldab esmalt taustinfona kirjeldatava lõigu algus- ning lõppkoordinaate, kaardistustööde läbiviijate ja kasutatud mõõtevahendite andmeid, kaardistustööde aega ning tööde läbiviimisel valitsenud ilmastiku tingimusi. Teiseks märgitakse üles põhiparameetrid ning neile lisaks vastavalt esinemisele maaparanduse, tõkestatuse ja reostusallikate alane informatsioon. Põhiparameetrite hulka kuuluvad lõigu fotod ning põhiparameetrid jagunevad omakorda vett, kaldaid, põhja, hüdromorfoloogiat, taimestikku ja välitööde käigus nähtud liike kirjeldavateks osadeks.

Vee parameetrite hulka kuuluvad läbipaistvus (meetrites), värvus, heljumi hinnanguline sisaldus (puudub, vähene, rohke), temperatuur (C°), hapnik (mg/l ja %), elektrijuhtivus ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), hapestumus (pH), voolukiirus (m/s), sügavus keskvoolul (m), veepeegli hinnanguline minimaalne, maksimaalne ja domineeriv laius (m) ning voolu iseloom (turbulentne, laminaarne, seisev).

Kallaste kirjeldamiseks hinnatakse nii vasaku kui ka parema (suubla suunas vaadatuna) kalda puhul kaldakaitsevööndi maakatet (0 = mittenaturaalsete materjalidega alade puudumine; 1 = mittenaturaalsete materjalidega alade vähene esinemine kaldakaitsevööndis; 3 = mõõdukalt suurte mittenaturaalsete materjalidega alade esinemine kaldakaitsevööndis; 5 = mittenaturaalne materjal on domineeriv kaldakaitsevööndis), pinnakatet kaldakaitsevööndi taga (sama skaala, mis kaldakaitsevööndi puhul), kalda nähtavat pinnast (liiv, savi, kruus, kivi, muld), veepinna varjatust (varjatud, poolvarjatud, ei ole varjatud), kalda kõrgust (veepinnaga tasa/madal, kõrge kallas) ning kaldaaluste uurete ja juurestiku esinemist.

Vooluveekogu põhja kirjeldamise parameetrite hulka kuuluvad pehme ja kõva põhja näitajad koos täpsustustega põhja substraadi kohta (muda, turvase, liiva, savi, kruusa, rahnude, 6-12 cm veerise, 13-25 cm veerise ja paeplaadi esinemist kirjeldati skaalal: ei leidu, <5%, 5-25 %, 25-50%, 50-75%, >75%). Lisaks põhja substraadi kirjeldamisele märgitakse koordinaatidega üles põikmadalad ja hauakohad ning kirjeldatakse puuprügi leidumist (0 = puuprügi ei leidu; 1 = looduslik või selle lähedane puuprügi olemasolu, ei lisata ega võeta ära; 3 = puiduprügi kogust ja suurust on mõõdukalt muudetud, juhuslik eemaldamine või juurde lisamine; 5 = suured muudatused puiduprügi kogustes ja suuruses, pidevad lisamised või eemaldamised).

Hüdromorfoloogiliste parameetrite hulka kuuluvad jõelõigu voolusäangi tüüp (lausliivane, kiirevooluline, kärestikuline, potamaalne), voolusäangi süvendatus (1 = looduslik või selle lähedane; 3 = osaliselt muudetud jõelõik; 5 = muudatused on teostatud terves ulatuses kas täielikult või peaaegu täielikult).

Taimestiku puhul hinnatakse taimestiku üldkatvust, ujulehtedega taimede ja kõrreliste osakaalu (0%, 1-20%, 21-40%, 41-60%, 61-80% ja 81-100%), taimekasvu hooldatust nagu niitmine või puhastamine (0 = taimekasvu hooldus puudub; 1 = taimekasvu hooldus on väga väike, jäädes alla 10% jõelõigu ulatusest; 3 = keskmise tasemega hooldus, ca 10-50% jõelõigust hooldatud vähemalt iga 2 aasta tagant; 5 = kõrge tasemega hooldus, mille kohaselt jõelõigu ulatusest rohkem kui 50% on hooldatud iga-aastaselt). Lisaks märgitakse taimestiku puhul üles domineeriv liik või liigid ning põhjataimestiku olemasolu.

Nähtud liikide puhul märgitakse tuvastamise korral üles elupaigatüübi nr 3260 “jõesed ja ojad” tüübispetsiifiliste või LD liigi elupaigakriteeriumite jaoks oluliste taimeliikide (oja-haneputk, jõgi-särjesilm, vesikarikas, allikmailane, harilik kuuskhein, mõru jürilill, ruske penikeel, meinhauseni penikeel) leidumine, katvus leiupaigas ning leiukoha koordinaadid. Lisaks taimeliikidele fikseeritakse ka teiste elupaigatüübi tüübispetsiifiliste, LD- ja kaitsealuste loomaliikide vaatlused.

Reostusallikate esinemise ülesmärkimiseks, sisaldab vorm võimalust fikseerida selle koordinaadid ning jäädvustada reostusallikast pildimaterjal.

HÜMO kaardistamise välitöödeks jaotatakse uuringuala 3-5 km lõikudeks, mis omakorda jaotatakse välitööde käigus lühemateks vahelõikudeks (sõltuvalt veekogu hüdromorfoloogilistest iseärasustest), mille kohta HÜMO tingimusi kirjeldavat andmevormi täidetakse.

3.2.2 Potentsiaalsete reostusallikate kaardistamine

Esmane reostusallikate kaardistamine tehakse HÜMO välitööde käigus, kus märgitakse üles nii teadaolevad heit- ja sademevee väljalasud kui ka muud registritesse kandmata toruotsad. Lisaks vaadeldakse Soolikaoja ning Tobia peakraavi ümbruses olevaid tööstusalasid eesmärgiga välja selgitada, kas need võivad potentsiaalselt põhjustada negatiivset survet Soolikaojale. Välitööde tulemusena kogutud materjalide analüüsist lähtuvalt otsustatakse milliseid ettevõtteid ning milliste näitajate osas on mõistlik seirata. Varasemate seirete ja uuringute tulemusena on teada, et Soolikaojale avaldavad survet tinaorgaanilised ühendid, PAH-id, naftasaadused ning ftalaadid.

3.2.3 Fosfori sisekoormuse määramine

Setteproovid võeti setteproovi võtmise seadmega. Seade kujutab endast 8 cm diameetriga 55 cm pikkust pleksiklaasist toru, mille alumine osa on lõikeservaga ja ülemise osa külge on kinnitatud eemaldatav klapiga kork koos pikendatava (kuni 6 m) vardaga. Seadme settesse surumise ajal pääseb klapi kaudu välja sette pinnal olev vesi. Seadme pinnale toomisel klapp sulgub ja sete jääb seadmesse. Seade tõsteti vertikaalselt veepinna lähedusse ja suleti vee all korgiga. Proovide võtmisel fosfori leostumise hindamiseks võeti seadmesse 0-30 cm settekiht, suleti seadme põhi enne veest väljatõstmist korgiga ning eemaldati ülemine klapiga kork koos vardaga. Seejärel suleti ka seadme ülemine osa korgiga. Ülemise korgi sisse oli tehtud ava, mille kaudu pääses üleliigne õhk ja vesi välja ja mis suleti seejärel väikese korgiga. Süstatiigi proovil jäi seadmesse 20 cm settekiht, settekihi peale 13 cm veesammas. Supeluse pargi proovil oli settekihi paksus 10 cm, veesamba kõrgus 27,5 cm. Proovitoru diameeter oli 7,6 cm.

Soolikaoja paisjärvede fosforifraktsioonide määramisel kasutati ühtlustatud fraktsioneerimise meetodit, mis põhineb Williams-i skeemil ja mida eelnimetatud 1996-1998. a. teostatud töö raames täiendati ning modifitseeriti. Soolikaoja setteproovid fosforifraktsioonide analüüsimiseks võeti 0-10 cm, 10-20 cm ja 20-30 cm settekihist.

Ekstraheerimise protseduur oli kolme etapiline:

1. Proovi ekstraheeriti NaOH- ja HCl-ga. NaOH-ga ekstraheerimisel saadi rauaga seotud fosfori sisaldus, HCl-ga ekstraheerimisel saadi kaltsiumiga seotud fosfori sisaldus.
2. Ekstraheerimine kontsentreeritud soolhappega, mille tulemusel saadakse üldfosfori kontsentratsioon.
3. Anorgaanilise ja orgaanilise fosfori osa määramine.

Kontrolliks määrati üldfosfori kontsentratsioon ka proovide autoklaavis lämmastikhappega mineraliseerimise järgselt. Lisaks teostati ekstraktsioon NH_4Cl labiilse fosfori määramiseks.

3.2.4 Proovivõtt

Uuringu läbiviimisel juhinduti proovivõtul keskkonnaministri 03.10.2019 a. määrusest nr. 49 ja kehtivatest rahvusvahelistest standarditest:

- EVS-EN ISO 5667-2 Vee kvaliteet – Proovivõtt. Osa 2: Juhised proovivõtutehnikate kohta.

- EVS-EN ISO 5667-3 Vee kvaliteet – Proovivõtt. Osa 3: Juhised proovide konserveerimise ja käsitlemise kohta.
- EVS-EN ISO 5667-6 Vee kvaliteet – Proovivõtt. Osa 6: Juhend proovivõtuks jõgedest ja ojadest.
- EVS-EN ISO 5667-10 Vee kvaliteet – Proovivõtt. Osa 10: Juhised reoveest ja heitveest proovide võtmiseks
- EVS-EN ISO 5667-12 Vee kvaliteet – Proovivõtt. Osa 12: Põhjasetete proovivõtu juhend.

Fütobentose proovid koguti ja analüüsiti vastavuses keskkonnaministri 16.04.2020 a. määrusega nr. 19 sätestatud korrale. Määruses esineva mõiste „fütobentos” asemel on aruandes kasutatud mõistet „bentilised ränivetikad”, kuna leitud kvaliteedinäitajad põhinevad just sellel liigirikkal fütobentose rühmal.

Heit- ning sademevee proovid võeti kas keskmistatud proovidena või punktproovidena. Proovivõtumetodi valik tulenes eelkõige analüüsitavate ainete omadustest ning uuritava vee kujunemise iseärasustest. Lähtudes keskkonnaministri 03.10.2019.a. määruses nr 49 kehtestatud nõuetest mõõdeti kõigis proovivõtupunktides veeproovide võtmisel lahustunud hapniku sisaldust, veetemperatuuri, elektrijuhtivust ning pH-d.

Pinnaseproovide võtmiseks rajati uuringupuuraugud. Pinnaseproovide võtmise eesmärgiks oli hinnata, kas väidetav TK Kommunaari maa-aluse masuudihoidla kütuseleke võib ohustada Soolikaoja. Pinnaseproovidest analüüsiti PAH-e, naftasaadusi ning raskemetalle.

Pinnaveeproovid võeti punktproovidena otse pudelisse. Lähtudes keskkonnaministri 03.10.2019.a. määruses nr 49 kehtestatud nõuetest mõõdeti kõigis proovivõtupunktides veeproovide võtmisel lahustunud hapniku sisaldust, veetemperatuuri, elektrijuhtivust ning pH-d.

Põhjasetete proovid võeti settekihi ülemisest osast lähtuvalt püstitatud eesmärgist ja standardis pakutud võimalustest. Setteproovid võeti veekogu põhja ülemisest 0 - 15 cm kihist, arvestades veekogu iseärasusi. Proovivõtuvahenditena olid kasutuses Ekman-Birge tüüpi proovivõtturid. Põhjasetetest analüüsitud näitajad olid: 1-ja 2-aluselised fenoolid, BTEX, naftasaadused, PAH, Hg, Cd, Pb, Ni, As, Zn, Ba, Cu, Cr, Sn, Ftalaadid, pestitsiidid, tributüültina, kuivaine, TOC, üldN, üldP, S ja fosforiühendid (sisekoormuse määramiseks).

Suurselgrootute proovide võtmisel, analüüsimisel ja kvaliteedinäitajate leidmisel lähtuti vastavast standardtööjuhendist (EKUK, 2012). Juhend põhineb standardil EVS-EN 27828 ja pinnavee ökoloogilise

seisundi hindamise metoodilisel juhendil (Timm & Vilbaste, 2010). Kvaliteedinäitajatele ökoloogilise seisundi hinnangu andmisel lähtuti keskkonnaministri 16.04.2020 a. määrusest nr. 19. Määruses esineva mõiste „suurselgrootud” asemel on aruandes kasutatud pigem elupaigale viitavat mõistet „põhjajoomastik”.

Kalastiku uuringutel lähtuti standarditest EVS-EN 14962 ja EVS-EN 14011. Kalastikku seirati vastavuses Keskkonnaministri 16.04.2020. a määrusega nr 19 „Pinnaveekogumite nimekirj, pinnaveekogumite ja territoriaalmeri seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused” sätestatud korrale.

Proovivõtt (suurtaimestiku vaatlus) vastab standardile EN 14184. Seisundi hindamisel lähtuti lepingu „Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamismetoodika arendamine ja ajakohastamine” suurtaimestiku osa tulemustest⁷.

Tabelis 10 on toodud põhilised aruandes kajastatud proovivõtukohad. Lisaks võeti üksikuid proove kohtadest, kus vee kvaliteet vajab täpsustamist (näiteks, Allika pargi paisjärve suubuvast drenaažitorust).

Tabel 10. Aruandes kajastatud proovivõtukohad.

Tunnus	Koha nimetus	X	Y	Pinnavesi	Heitvesi	Sadevesi	Sete
1113902978	Enne Vesiveski parki	6580104	634498	x			x
2096518294	Peale Allika parki	6580261	634362	x			x
2096518294	Allika paisjärv	6580194	634405				x
2096518294	Supeluse park - paisjärve sissevool	6580293	634373	x			
-186495126	Supeluse park - paisjärve väljavool	6580425	634291	x			x
-186495126	Supeluse pargi paisjärv	6580376	634352				x
SJB3511000	Enne kollektorit	6580552	634114	x			x
SJB2963000	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	6582170	633739	x			x
SJB2964000	Tobia pkr: 30 m suudmest	6582170	633688	x			x
SJA9544000	Roodevälja	6583111	633554	x			x
SJA5317000	Tõrremäe	6585003	633608	x			x
1940416878	Kirikuaia tiigid: Väljavool kanalis	6581182	634094	x			
1472991844	Kirikuaia tiigid: Esimese tiigi väljavool (peale andurit)	6581130	634080	x			

⁷ https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/aruanne_mafy.pdf

Tunnus	Koha nimetus	X	Y	Pinnavesi	Heitvesi	Sadevesi	Sete
1472991844	Kirikuaia tiigid: Esimese tiigi väljavool	6581116	634078	x			
472342202	Kirikuaia tiigid: Allikas 1	6581059	634045	x			
1211167374	Kirikuaia tiigid: Allikas 2	6581098	634051	x			
LV281	Rakvere linna RVP: heitvee väljalask	6583399	633397		x		
puudub	Võimalik septiku väljavool	6580255	634335		x		
LV285	Karja tn sademevesi (Vabaduse tn suunalt)	6580130	634477			x	
LV286	Karja tn sademevesi (Tartu tn suunalt)	6580150	634413			x	
SJB2964000	Tobia pkr: Piiritusetehasest ülesvoolu	6581897	633610				x
SJB2964000	Tobia pkr: Piiritusetehasest allavoolu	6582094	633684				x

4 Analüüsitulemused

4.1 Toitained

Keskkonnaministri 16.04.2020.a. määruse nr 19 kohaselt põhinevad füüsikalise-keemilised üldtingimused vooluveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks järgmistel kvaliteedinäitajatel: pH, lahustunud hapniku küllastusaste, biokeemiline hapnikutarve (BHT5), ammooniumioonide sisaldus (NH_4^+), üldlämmastiku (üldN) ja üldfosfori (üldP) sisaldus. Vooluveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel lähtutakse vooluveekogumi tüübist ning vastavale tüübile sätestatud kvaliteedinäitajate väärtustest.

Analüüsitulemustest on näha, et Soolikaoja on lämmastiku osas halvas seisundis juba ülemjooksul. See on põhjustatud kõrge nitraatide sisaldusest vees (vt ka tabel 11), mis on iseloomulik piirkonna põhjaveele. Fosfori osas on ülemjooks heas seisundis, kuid sisaldused tõusevad oluliselt kanaliseeritud osas ning peale Rakvere linna reoveepuhasti heitveeväljalasku. Soolikaoja kanaliseeritud osa kogub kokku suure osa linna sademe- ning dreniveest ning sisaldab võrreldes maapealse osaga kõrgemas kontsentratsioonis fosforit, mida kinnitas ka 08.07.2020.a. võetud proov, mis iseloomustab olukorda, kus Süstatiigist pinnavett kanaliseeritud ossa ei juhitud.

Soolikaojast jõuab Selja jõkke aastas 4,8 tonni fosforit ning 332 tonni lämmastikku, mis on aga võrreldes Kobras AS (2015) hinnanguga oluliselt suurem kogus (kõnealuses töös hinnati Soolikaojast pärineva üldfosfori aastaseks koormuseks 2 tonni ning lämmastiku koormuseks 48 tonni) tänu tõigale, et varasemas uuringus võeti aluseks ainult kuiva aja vooluhulk (170 l/s), kuid mõõtmisperioodi keskmine vooluhulk oli Tõrremäe uuringupunktis (SJA5317000) 537 l/s.

Soolikaoja vooluhulk ja koormused varieeruvad oluliselt aasta lõikes (vt tabelid 11 ja 12) – kõige suurem lämmastiku koormus jõuab Selja jõkke talvise perioodil, mil on ka vooluhulgad suuremad (arvestama peab ka asjaoluga, et peamine lämmastikukoormus tuleneb põhjavee kõrgetest nitraatide sisaldusest), samas fosfori puhul on uuringu tulemustest lähtuvalt kõige väiksem surve Selja jõele vaid suvel. Lisaks põhjaveest tulenevale lämmastikukoormusele pärinevad olulised üldfosfori ning üldlämmastiku koormused ojas (vt tabel 12) Tobia peakraavist ($P = 1,03 \text{ t/a}$ ja $N = 103,5 \text{ t/a}$) ning Rakvere linna reoveepuhasti heitveest (2019.a. veekasutuse aastaaruande kohaselt $P = 0,73 \text{ t/a}$ ja $N = 22,7 \text{ t/a}$, vt ka tabelid 7 ja 8).

Tabel 11. Pinna- ja heitvee proovide analüüsitulemused

Aeg	Proovivõtukoht	NH ₄ -N	BHT ₅	Elektrijuhtivus	Heljum	Lahustunud hapnik		NO ₃ -N	Veetemperatuur	pH	Üld-P	Üld-N	Vooluhulk
		mgN/l	mgO ₂ /l	μS/cm	mg/l	%	mg/l	mgN/l	°C	-	mg/l	mg/l	l/s
okt.19	Mäe tn prk	< 0,01	< 1	729	2	65	7,3	n.t.	10	7,3	< 0,02	7,9	
	Enne Vesiveski parki	0,02	< 1	738	5	77	8,7	n.t.	10	7,4	0,1	7,5	37,1
	Peale Allika parki	0,07	1	765	< 2	94	10,4	n.t.	10	7,5	0,06	7,2	36,4
	Kastani tn	0,08	< 1	772	4	86	9,6	n.t.	10	7,4	0,07	7,1	47,5
	Süstatiigi väljavool	0,06	1,4	764	2	100	11,3	n.t.	9	7,8	0,05	6,8	
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,34	1,9	824	< 2	89	10,1	n.t.	10	7,8	0,17	7,2	72,2
	Tobia pkr. 30 m suudmest	0,02	1,8	705	2	93	10,7	n.t.	9	7,8	0,08	7,6	189,8
	Roodevälja	0,1	< 1	741	3	81	9,3	n.t.	9	7,8	0,08	7,3	330
	Tõrremäe	0,05	1,5	962	7	85	9,6	n.t.	10	7,8	0,27	9,4	382
	Tundmatu toru 1	0,07	< 1	1001	3	7	7,1	n.t.	10	7	0,19	9,9	0,12
	Tundmatu toru 2	0,01	< 1	741	< 2	9	9,2	n.t.	8	7,3	0,09	7,8	0,5
jaan.20	Enne Vesiveski parki	0,02	1,1	695	2	89	10,9	8,9	6	7,7	0,03	10	77,2
	Peale Allika parki	0,01	1	706	< 2	88	10,9	9,5	5	7,7	0,04	10	88
	Supeluse park - paisjärve väljavool	< 0,01	1	703	< 2	96	12,3	9,3	4	8	0,03	9,7	35
	Süstatiigi väljavoo	< 0,01	1,6	706	< 2	96	12,3	9,3	4	8	0,03	9,7	
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,12	2,3	712	28	96	12,3	8,5	4	8,1	0,16	9,4	92
	Tobia pkr. 30 m suudmest	< 0,01	1,7	669	2	99	12,7	n.t.	4	8,2	0,04	11	567
	Roodevälja	0,04	1,3	695	< 2	96	12,3	9,7	4	8,2	0,05	11	714
	Tõrremäe	0,04	3	797	4	96	12,4	9,7	4	8,1	0,1	11	774
	Võimalik septiku väljavool	n.t.	< 3	735	4	n.t.	9,8	n.t.	6	7,6	0,13	11	
	Karja tn sademevesi (Vabaduse tn suunalt)	< 0,01	< 3	694	< 2	n.t.	7,3	9,7	7	7,5	0,05	11	
	Rakvere RVP heitvee väljalask	0,02	< 3	1534	5	n.t.	9,3	13	7	7,5	0,44	14	95,2
apr.20	Enne Vesiveski parki	< 0,01	1	621	3	94	11,5	9,1	7	7,8	0,02	10	128
	Peale Allika parki	< 0,01	1	637	< 2	95	11,8	9	6	7,8	0,04	9,1	179

Aeg	Proovivõtukoht	NH ₄ -N	BHT ₅	Elektrijuhtivus	Heljum	Lahustunud hapnik		NO ₃ -N	Veetemperatuur	pH	Üld-P	Üld-N	Vooluhulk
		mgN/l	mgO ₂ /l	µS/cm	mg/l	%	mg/l	mgN/l	°C	-	mg/l	mg/l	l/s
	Supeluse park - paisjärve väljavool	< 0,01	2	620	< 2	139	16,4	8,6	8	8	< 0,02	8,7	57,7
	Süstatiigi väljavoo	< 0,01	1,4	631	< 2	126	15,4	8,6	7	8,1	< 0,02	9	
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,03	1,6	655	< 2	110	12,8	8,5	9	8,2	0,05	9	176
	Tobia pkr. 30 m suudmest	< 0,01	1,8	647	3	111	12,8	n.t.	9		0,04	11	565
	Roodevälja	< 0,01	1,7	643	4	118	12,8	9,8	12	8,2	0,04	10	715
	Tõrremäe	< 0,01	1,8	750	7	112	12,5	10	10	8,1	0,15	11	823
	Karja tn sademevesi (Tartu tn suunalt)	< 0,01	1	782	< 2	n.t.	12,1	11	7	8	0,12	11	
	Rakvere RVP heitvee väljalask	< 0,01	1	1497	2	n.t.	8,6	11	11	7,3	0,81	11	
juuli.20	Enne Vesiveski parki	0,02	< 1	691	2	83	8,3	7,6	13	7,6	0,03	8,3	73
	Peale Allika parki	< 0,01	2,2	681	4	141	13,4	6,6	15	7,9	0,03	6,9	32
	Supeluse park - paisjärve väljavool	0,05	3,3	590	< 2	211	20,2	4,9	20	8,3	< 0,02	5,6	10
	Süstatiigi väljavoo	0,03	2,4	619	5	191	17,6	5,1	19	8,2	< 0,02	5,5	
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,11	2	686	< 2	86	8,3	6	15	7,9	0,11	6,6	26
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr. *	0,44	3,6	710	11	90	9	6,3	14,1	7,7	0,31	7,7	
	Tobia pkr. 30 m suudmest	0,06	1,6	657	6	107	10,2	n.t.	18	7,9	0,21	7,7	86
	Roodevälja	0,12	1,7	700	14	83	7,6	6,1	19	7,8	0,16	6,7	114
	Tõrremäe	0,06	1,6	989	12	84	7,8	8,1	18	7,9	0,16	9,1	169
	Rakvere RVP heitvee väljalask	0,02	< 1	1516	< 2	n.t.	7,1	8,4	21	7,4	0,1	9,2	

*proov võetud 08.07.2020.a. olukorras, kus Süstatiigi kollektor oli suletud.

Tabel 12. Koormused Soolikaoja uuringupunktides uuringu läbiviimise ajal

Aeg	Koha täpsustus	NH4-N	BHT5	Heljum	NO3-N	üld-P	üld-N	Vooluhulk
		kgN/d	kgO2/d	kg/d	kgN/d	kgP/d	kgN/d	m3/d
okt.19	Enne Vesiveski parki	0,1	2,3	16,0	-	0,3	24,0	3 205
	Peale Allika parki	0,2	3,1	4,4	-	0,2	22,6	3 145
	Supeluse park - paisjärve sissevool	läbivool puudus						
	Supeluse park - paisjärve väljavool							
	Kastani tn	0,3	2,9	16,4	-	0,3	29,1	4 104
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	2,1	11,9	8,8	-	1,1	44,9	6 238
	Tobia pkr: 30 m suudmest	0,3	29,5	32,8	-	1,3	124,6	16 399
	Roodevälja	2,9	20,2	85,5	-	2,3	208,1	28 512
	Törremäe	1,7	49,5	231,0	-	8,9	310,2	33 005
jaan.20	Enne Vesiveski parki	0,1	7,3	13,3	59,4	0,2	66,7	6 670
	Peale Allika parki	0,1	7,6	10,8	72,2	0,3	76,0	7 603
	Supeluse park - paisjärve sissevool	0,0	3,0	4,3	28,1	0,1	29,3	3 024
	Supeluse park - paisjärve väljavool	0,0	4,8	4,3	28,1	0,1	29,3	3 024
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	1,0	18,3	222,6	67,6	1,3	74,7	7 949
	Tobia pkr: 30 m suudmest	0,3	83,3	98,0	-	2,0	538,9	48 989
	Roodevälja	2,5	80,2	87,2	598,4	3,1	678,6	61 690
	Rakvere RVP heitvee väljalask	0,2	17,5	41,1	107,0	3,6	115,2	8 229
	Törremäe	2,7	200,6	267,5	648,7	6,7	735,6	66 874
apr.20	Enne Vesiveski parki	0,1	11,1	33,2	100,6	0,2	110,6	11 059
	Peale Allika parki	0,1	15,5	21,9	139,2	0,6	140,7	15 466
	Supeluse park - paisjärve sissevool	0,0	5,0	7,1	44,9	0,2	45,4	4 925
	Supeluse park - paisjärve väljavool	0,0	10,0	7,1	42,9	0,1	43,4	4 985
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,5	24,3	21,5	129,3	0,8	136,9	15 206
	Tobia pkr: 30 m suudmest	0,3	87,9	146,4	-	2,0	537,0	48 816
	Roodevälja	0,4	105,0	247,1	605,4	2,5	617,8	61 776
	Rakvere RVP heitvee väljalask	0,1	9,3	18,7	102,7	7,6	102,7	9 334
	Törremäe	0,5	128,0	497,8	711,1	10,7	782,2	71 107
juuli.20	Enne Vesiveski parki	0,1	4,5	12,6	47,9	0,2	52,3	6 307
	Peale Allika parki	0,0	6,1	11,1	18,2	0,1	19,1	2 765
	Supeluse park - paisjärve sissevool	0,0	1,9	3,5	5,7	0,0	6,0	864
	Supeluse park - paisjärve väljavool	0,0	2,9	1,2	4,2	0,0	4,8	864
	Väljavool kollektorist, enne Tobia pkr.	0,2	4,5	3,2	13,5	0,2	13,5	2 246
	Tobia pkr: 30 m suudmest	0,4	11,9	44,6	-	1,6	57,2	7 430
	Roodevälja	1,2	16,7	137,9	60,1	1,6	66,0	9 850
	Rakvere RVP heitvee väljalask	0,1	4,4	8,8	52,3	0,6	57,3	6 232
	Törremäe	0,9	23,4	175,2	118,3	2,3	132,9	14 602

4.1.1 Soolikaoja ülemjooks

Kui vaadelda oja paiknemist valgala suhtes, saab eeldada, et suurem osa koormusest pärineb ülemjooksul hajullikatest (Süstatiigi väljavool katab ca 70 % valgast). Kuna piirkonnas on ka neli paisjärve, tekkinud uuringu tegemise käigus küsimus, kas nende sisekoormust võib negatiivselt mõjutada oja seisundit. Sisekoormus on defineeritud kui veekogu toitainete koormuse osa, mis pärineb veekogust endast (nt,

põhjasetetest) (TERMEKI, 2019). Põhjasetetes toimuvad nii anoksilised kui ka anaeroobsed protsessid, milledest esimesed soodustavad lämmastiku vabanemist atmosfääri (väheneb vees oleva lämmastiku sisaldus), teised aga fosfori vabanemist setetest vette (suureneb fosforisisaldus vees). Varasemalt oli Rakvere Linnavalitsuse tellimusel nende järvede settekihi paksust hinnatud 2019.a. jaanuaris. Esitatud aruande kohaselt oli Süstatiigi settekihi paksus vahemikus 0,1 – 1,0 m ning eemaldatava sette maht 3 130 m³. Allika pargis hinnati sama aruande kohaselt settekihi paksuseks 0,1 – 0,5 m ning eemaldatava sette mahuks 1 040 m³. Supeluse pargi tiikide setteid ei ole uuritud, Vesiveski paisjärve settekihi paksus on aga 0 – 0,1 m (tiik on valdavalt paekivi põhjaga).

4.1.2 Toitainete sisekoormust ülemjooksul

Võrreldes kontsentratsioonide muutusi ülemjooksu erinevatel lõikudel (vt ka tabel 13) selgub, et aasta lõikes paisjärved pigem parendasid oja veekvaliteeti:

- Vesiveski ning Allika paisjärvedes vähenes heljumi kontsentratsioon keskmiselt 0,94 mg/l võrra, nitraatide ning üldlämmastiku kontsentratsioonid aga vastavalt 0,17 mgN/l ja 0,65 mgN/l võrra. Fosfori osas oli vähenemist näha oktoobri proovis, kuid jaanuari ning aprilli proovides sisaldused pigem suurenesid. Samuti suurenesid BHT₅ sisaldused oktoobri ja juuli proovides.
- Supeluse pargi paisjärvedes vähenes heljumi kontsentratsioon keskmiselt 0,86 mg/l võrra, nitraatide ning üldlämmastiku kontsentratsioonid aga vastavalt 0,77 mgN/l ja 0,75 mgN/l võrra. Samuti vähenes fosfori sisaldus vees keskmiselt 0,02 mgP/l võrra. BHT₅ ning ammooniumi sisaldused suurenesid aga keskmisel 0,7 mgO₂/l ja 0,01 mgN/l. Paisjärvedest puudus läbivool 2019.a. oktoobris.
- Süstatiigis vähenes heljumi kontsentratsioon keskmiselt 0,25 mg/l võrra, nitraatide ning üldlämmastiku kontsentratsioonid aga vastavalt 0,70 mgN/l ja 0,53 mgN/l võrra. Samuti vähenes fosfori sisaldus vees keskmiselt 0,02 mgP/l võrra. BHT₅ sisaldused suurenesid aga keskmisel 0,47 mgO₂/l. Ammooniumi sisaldustes oli märgata kahanemist oktoobri proovis ning suurenemist juuli proovis.

Tabel 13. Muutused toitainete kontsentratsioonides Soolikaoja ülemjooksul

		NH ₄ -N	BHT ₅	Heljum	NO ₃ -N	üld-P	üld-N
Vesiveski- Allika	Okt.19	0,05	0,29	-3,59	n.t.	-0,04	-0,30
	Jaan.20	-0,01	-0,10	-0,59	0,60	0,01	0,00
	Apr.20	0,00	0,00	-1,59	-0,10	0,02	-0,90

		NH ₄ -N	BHT ₅	Heljum	NO ₃ -N	üld-P	üld-N
	Jul.20	-0,01	1,49	2,00	-1,00	0,00	-1,40
	Keskmine	0,01	0,42	-0,94	-0,17	0,00	-0,65
	Min	-0,01	-0,10	-3,59	-1,00	-0,04	-1,40
	Max	0,05	1,49	2,00	0,60	0,02	0,00
	Stdev	0,03	0,73	2,32	0,80	0,03	0,62
Supeluse pargi paisjärv	Okt.19	n.t	n.t	n.t	n.t	n.t	n.t
	Jaan.20	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,01	-0,30
	Apr.20	0,00	1,00	0,00	-0,40	-0,03	-0,40
	Jul.20	0,04	1,10	-2,59	-1,70	-0,02	-1,30
	Keskmine	0,01	0,70	-0,86	-0,77	-0,02	-0,67
	Min	0,00	0,00	-2,59	-1,70	-0,03	-1,30
	Max	0,04	1,10	0,00	-0,20	-0,01	-0,30
	Stdev	0,03	0,61	1,49	0,81	0,01	0,55
Süstatiik	Okt.19	-0,02	0,69	-2,00	n.t.	-0,02	-0,30
	Jaan.20	0,00	0,60	0,00	-0,20	-0,01	-0,30
	Apr.20	0,00	0,40	0,00	-0,40	-0,03	-0,10
	Jul.20	0,02	0,20	1,00	-1,50	-0,02	-1,40
	Keskmine	0,00	0,47	-0,25	-0,70	-0,02	-0,53
	Min	-0,02	0,20	-2,00	-1,50	-0,03	-1,40
	Max	0,02	0,69	1,00	-0,20	-0,01	-0,10
	Stdev	0,02	0,22	1,26	0,70	0,01	0,59

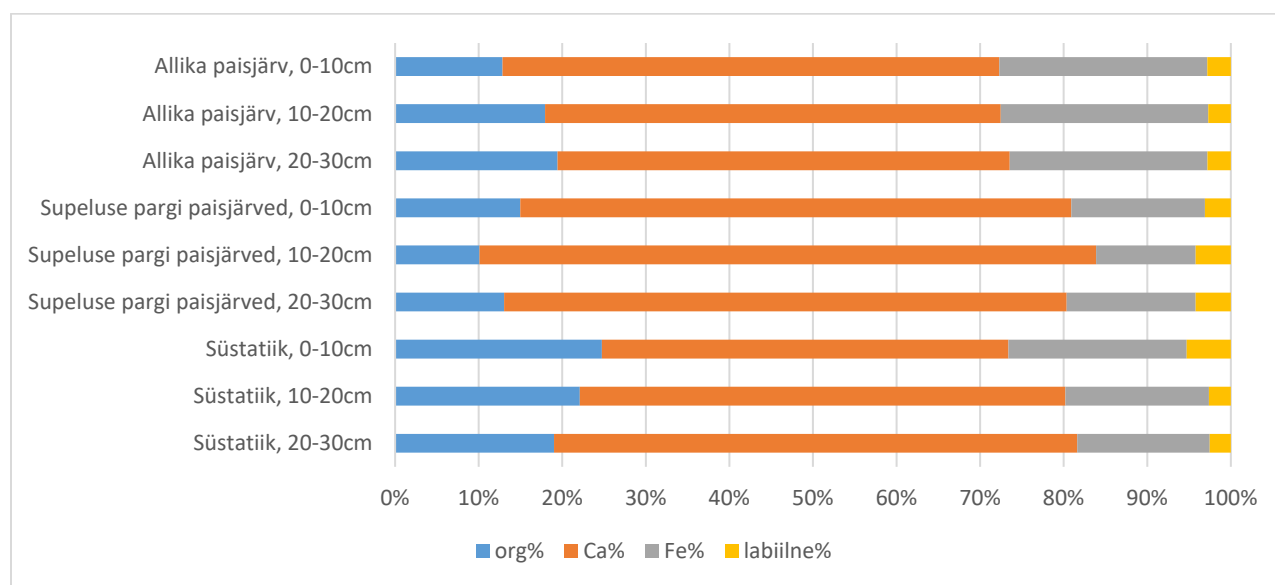
Fosfor on eutrofeerumise võtmekomponendiks. Fosfori sisaldus jõgedes ja järvedes võib olla põhjustatud nii välisest sissekandest kui sisekoormusest, mis lähtub setetest. Fosfor vabaneb setetest sõltuvalt sellest, millises vormis setetes esineb. Enamik sette fosforist esineb seotud vormidena, lahustunud fosforit on mõni protsent üldfosforist. (Lopez-Sanchez, 2017). Fosfori kontsentratsioon järve setetes sõltub kontsentratsioonist vees, lahustunud fosfaatide liikumisest vee ja tahke faasi vahel, adsorptsiooni-desorptsiooni mehhanismist, veekogu redokstingimustest, pH-st. (Kappanen, 2008)

Peamised anorgaanilise fosfori vormid on:

- **labiilne** e. ekstraheeruv fosfor, mis on kergesti vabanev ja kättesaadav (omastatav) vetikate poolt;
- **Al, Fe, Mn ühenditega seotud fosfor**. Fe-ga seotud fosfor on peamine, mis kontrollib fosfori vabanemist setetest;
- Ca-ga seotud e. **apatiitne** fosfor ei ole omastatav ega kergesti vabanev.

Mitte kogu fosfor ei ole biosaadav ja põhjustab seetõttu eutrofeerumist. Ei ole standardset meetodit fosfori eri vormide määramiseks. Peamiselt on kasutusel järjestikuse ekstraktsiooni meetodid. Kuna ei ole standardset meetodit, ei ole tagatud ka erinevate laborite tulemuste võrreldavus. Et seda olukorda parandada algatati Euroopa Komisjoni poolt 1996. a. projekt, et töötada välja ühtlustatud järjestikuse ekstraheerimise meetod ja seda laborite vahelistel võrdluskatsetel testida. (Lopez-Sanchez, 2017)

Sette inkubatsioonikatseid tehti Supeluse pargi paisjärve ning Süstatiigi setetega (vt ka joonised 7 ja 8). Üldfosfori sisaldus 30 cm pindmises kihis oli eri sügavustel sarnane. Kõigi järvede setetes oli suhteliselt kõrge raua sisaldus.



Joonis 7. Fosfori fraktsioonid setetes

Kõige suurem oli fosfori fraktsioonidest Ca-ga seotud fosfori osakaal (56-88%). Kuna Ca-ga seotud fosfor ei ole kergesti settest vabanev, siis suur osa setetes olevast fosforist vee fosforisisaldust oluliselt ei mõjuta. Madal on labiilse fosfori osakaal. Kuna labiilse fosfori puhul on tegemist kergesti vette jõudva, siis ei suurene vee fosfori sisaldus oluliselt ka selle fraktsiooni arvelt, kui see ka soodsatel oludel vabaneb. Fe-ga seotud fosfori osakaal on järvede lõikes 12-25%-ni. Rauaga seotud fosfor võib soodsatel tingimustel, hapnikuvaestes oludes, vabaneda, kuid see ei mõjuta tõenäoliselt väga suures ulatuses vee fosforisisaldust. Orgaanilise ainega seotud fosforit on järvede lõikes 10-29%. Kõige suurem orgaanilistes ühendites sisalduva fosfori osakaal on Süstatiigi pindmises 0-10 cm kihis. Orgaanilise aine lagunemisel võib ka sellest fraktsiooni osast teatud määral fosforit pinnavette sattuda.

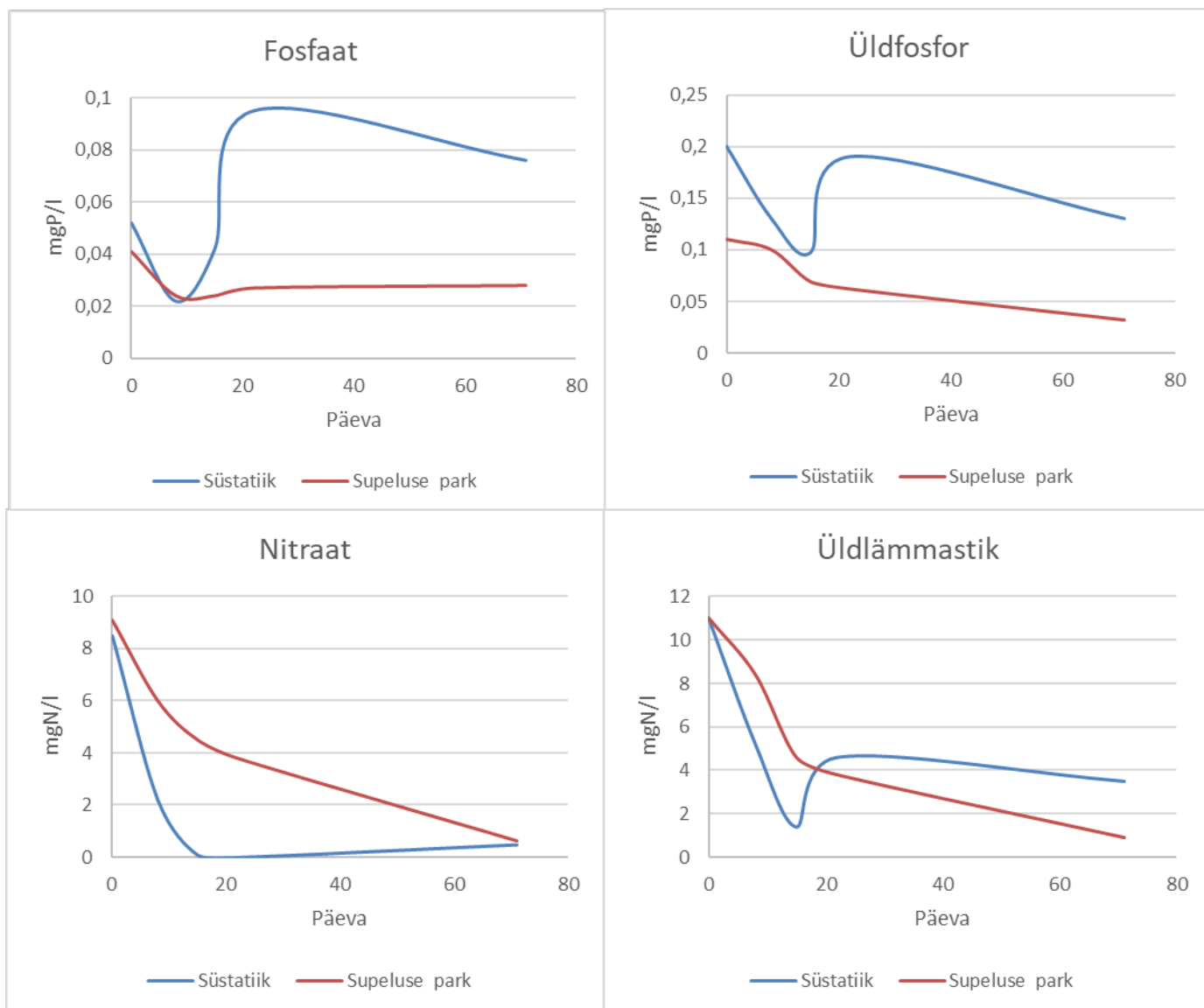
Järvedest kõige madalama fosfori sisaldusega on Supeluse pargi paisjärv, seal on ka kõige kõrgem Ca-ga seotud fosfori osakaal ehk siis kõige väiksem võimalus, et settest fosforit vette leostub (Wang, 2009).

Proovide võtmisel fosfori leostumise hindamiseks võeti seadmesse 0-30 cm settekiht, suleti seadme põhi enne veest väljatõstmist korgiga ning eemaldati ülemine klapiga kork koos vardaga. Seejärel suleti ka seadme ülemine osa korgiga. Ülemise korgi sisse oli tehtud ava, mille kaudu pääses üleliigne õhk ja vesi välja ja mis suleti seejärel väikese korgiga. Süstatiigi proovil jäi seadmesse 20 cm settekiht, settekihi peale 13 cm veesammas. Supeluse pargi proovil oli settekihi paksus 10 cm, veesamba kõrgus 27,5 cm. Proovitoru diameeter oli 7,6 cm.

Esimesed proovid veesambast võeti samal päeval peale proovide laborisse jõudmist. Teine proovivõtt veesambast toimus 7 päeva peale inkubeerimise algust. Süstatiigi fosfaatide sisaldus oli langenud. 14 päeva möödumisel oli fosfaatide kontsentratsioon tõusnud ja kasvas veel 21-päevase inkubatsiooniperioodi järgselt 0,095 mg/l (esialgne kontsentratsioon oli 0,052 mg/l). 71 päeva möödudes vähenes fosfaatide kontsentratsioon lahuse faasis uuesti.

Soolikaoja Supeluse pargi paisjärve fosfaatide sisaldus 7 päeva möödudes langes ja jäi püsima 0,024... 0,028 mg/l. Üldfosfori kontsentratsioon katse jooksul järjest vähenes: 0,21 mg/l-lt 0,032 mg/l-ni. Üldfosfori kontsentratsioon langes 7 päeva möödudes 0,13 mg/l ja edasi 14 päeva möödudes 0,097 mg/l. 21 päeva möödudes üld-P nagu ka fosfaatide sisaldus tõusis ja 71 päeva pärast langes. **Järelikult anaeroobsetes tingimustes ei toimunud fosfaatide vabanemist, vaid sete sidus fosforit.** Fosfori fraktsioonide analüüsimisest on teada, et Supeluse pargi pindmise 0-10 cm kihi fosforist üle 80% on kaltsiumiga seotud. Seetõttu võibki eeldada, et fosfori vette leostumist ei toimu ning protsessid on pigem anoksilised.

Süstatiigi nitraatide ja üld-N sisaldus lahuse faasis oli kõrgem vastavalt 8,5 mg/l ja 11 mg/l. 7 päeva möödudes olid mõlemad kontsentratsioonid vähenenud, sama toimus ka 14 päeva möödudes. 21 päevase inkubatsiooni tulemusel üld-N kontsentratsioon tõusis 14-nda päeva 1,4 mg/l-lt 4,6 mg/l-ni. 71 päeva pärast nitraatide sisaldus tõusis ja üld-N kontsentratsioon mõnevõrra langes. Ühe katse põhjal ei saa öelda, kas nitraatide ja üld-N kontsentratsiooni erinev muutumine viimasel proovivõtuperioodil oli proovivõtust tingitud kõikumine või põhjustasid seda muud asjaolud.



Joonis 8. Inkubatsioonikatse Süstatiigi ning Supeluse pargi paisjärvede setetega

Analüüsitulemustest on näha (joonis 8), et Süstatiigi settest hakkas fosfaat vabanema ca kahe nädalase inkubeerimise järel, mis omakorda oli tingitud olukorrast, kus nitraadid olid veest ära tarbitud (anoksilised tingimused muutusid anaeroobseteks). Tänu keskkonnatingimuste muutusele hakkas aga settesse seotud orgaaniline lämmastik lagunema ning lämmastiku sisaldused vees suurenesid. Supeluse pargi põhjasetete denitrifikatsiooni läbiviimise kiirus oli aga võrreldes Süstatiigiga tunduvalt aeglasem ning anaeroobsed tingimused tekkisid alles inkubatsioonikatse lõpufaasis. Eelnevast saab järeldada, et Süstatiigi põhjasetete denitrifikatsiooni potentsiaal on hea ning tuleks leida võimalused selle maksimaalseks ära kasutamiseks. Supeluse pargi paisjärvede denitrifikatsiooni tõstmiseks aga tuleks sinna näiteks istutada suurtaimi.

4.1.3 Soolikaoja kanaliseeritud osa

Soolikaoja kanaliseeritud osa oli analüütiliselt eraldi hinnata võimalik vaid 08.07.2020.a., kus Süstatiigi kollektor oli suletud. Selle päeva tulemused näitasid võrreldes muude proovidega kõrgemaid BHT₅ ning üldfosfori sisaldusi (vt ka tabel 11), mis omakorda viitab olukorrale, et sademevee kanalisatsiooni jõuab mingil määral ka reovett. Võimalusena ei sa ka välistada, et muutus toitainete sisalduses tuleneb linnaelanike muudest tegevustest (nt väetamisest aiamaal).

4.1.4 Soolikaoja alamjooks

Kohe peale kanaliseeritud osast väljumist liitub Soolikaojaga Tobia peakraav, mille kaudu juhiti uuringuperioodil ojja lämmastikku 103,5 tN/a ja fosforit 1,03 tP/a. Kuna piirkonnas on ka neli koprapaisu, teostati koprapaisude mõju uurimiseks eraldi välitööd (eeldati, et paisude taha koguneb rohkem setteid, mis omakorda võivad hakata fosfaate vabastama), mille käigus jaotati lõik mõtteliselt viieks (vt ka tabel 14).

Tabel 14. Täpsustavad analüüsid Roodevälja-Tõrremäe lõigul (24.09.2020.a.)

Koha täpsustus	Koordinaadid		NH ₄ -N	NO ₃ -N	üld-N	Heljum	PO ₄ -P	üld-P
	X	Y	mgN/l	mgN/l	mg/l	mg/l	mgP/l	mg/l
Roodevälja	6583111	633554	0,1	5,3	5,9	2	0,13	0,18
ca 100 m puhastist allavoolu, enne koprapaisu	6583487	633265	0,06	7,3	7,8	17	0,11	0,19
Teise ning kolmanda koprapaisu vahel	6583605	633212	0,07	7,2	7,9	17	0,11	0,17
Kolmandast koprapaisust 50 m allavoolu	6583914	633139	0,07	6,8	7,6	7	0,12	0,17
Tõrremäe SJA-st 250 m ülesvoolu	6584359	633235	0,08	6,4	7,1	7	0,13	0,17
Tõrremäe	6585003	633608	0,05	7	7,8	< 2	0,12	0,17

Välitööde tulemusena täheldati lõigul ajutist heljumi sisalduse kasvu, mida aga Tõrremäe proovivõtupunktis enam tuvastada ei olnud võimalik. Reoveepuhasti mõjul kasvas küll lämmastiku kontsentratsioon ojas, kuid fosfori osas sisulist muutust ei täheldatud.

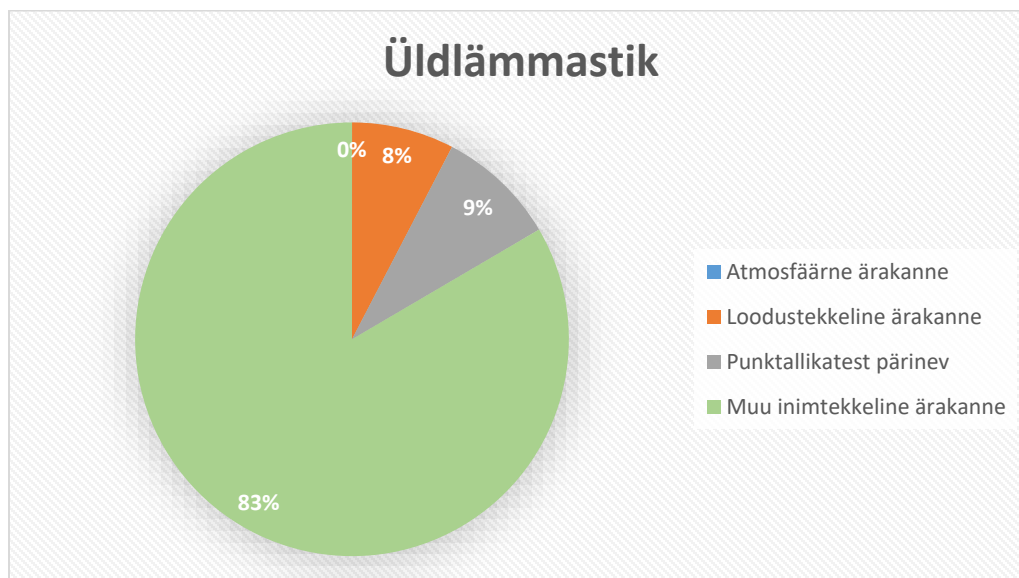
Andmete kõrvutamisel uuringuperioodi lõikes (võrreldes samade päevade analüüsitulemusi, vt ka tabel 12) ilmnes, et proovivõtu ajal oli koormuste bilanss valdavalt tasakaalus. Suurimad erinevused olid jaanuari ning aprilli proovivõturingide BHT₅ ning heljumi bilansis, kus Roodevälja-Tõrremäe lõigul suurenes BHT₅ jaanuari proovis 103 kg/d ja heljumi sisaldus suurenes aprilli proovis 232 kg/d võrra. Nähtust on aga võimalik seletada asjaoluga, et aprillis oli vooluhulk ojas suur (Tõrremäe proovivõtukohas keskmiselt 800 l/s) ning esines sademeid.

4.1.5 Koormuste bilanss valgalal

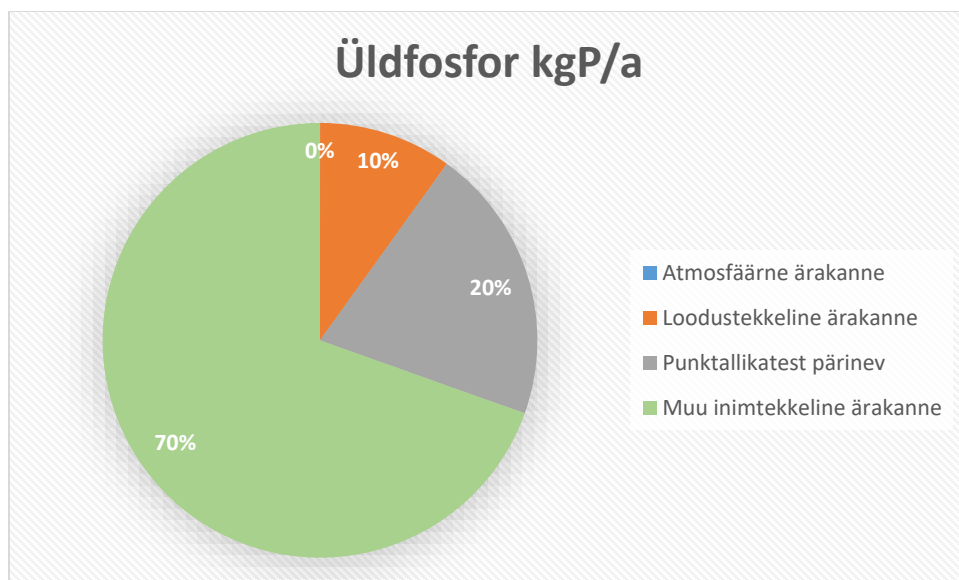
EstModeli andmetel tekib Soolikaoja valgalal aastas 4,8 tonni fosforit ning 332 tonni lämmastikku, mis omakorda jaguneb järgnevalt:

- Atmosfäärne äraanne – üldlämmastik 19,4 kgN/a, üldfosfor 0,4 kgP/a;
- Loodustekkeline äraanne – üldlämmastik 25 320,3 kgN/a, üldfosfor 480,1 kgP/a;
- Punktallikatest pärinev – üldlämmastik 29 608,3 kgN/a, üldfosfor 993,4 kgP/a;
- Muu inimtekkeline äraanne (k.a. põllumajandus ning kanaliseerimata elanikkond) – üldlämmastik 276 881,0 kgN/a, üldfosfor 3 366,0 kgP/a.

Joonistel 9 ja 10 on toodud koormuste jagunemine päritolu kaudu. Joonistelt on näha, et valdav osa koormusest pärineb inimtegevusest ning hajusatest allikatest.



Joonis 9. Üldlämmastiku koormuste jagunemine päritolu järgi.



Joonis 10. Üldfosfori koormuste jagunemine päritolu järgi.

Kõrvutades analüüsitulemuste baasil arvutatud (ptk 4.1) ning teoreetilisi ja teadaolevaid koormusi (ptk 2.3) ilmneb, et analüüsitulemuste baasil arvutatud koormused on ligi 3 korda suuremad (nt, Soolikaoja lämmastiku koormus, mis avaldub Selja jõe on analüüsitulemuste baasil 332 tN/aastas, samas kui EstModeli hinnangul on see 112 tN/aastas ja peatükkides 2.3.1-2.3.4 toodud summaarne koormus 132 tN/aastas). Siin tuleb aga arvesse võtta asjaolu, et **Soolikaoja on 30...90 % ulatuses põhjavee toiteline ning pinnavee valgla ei kattu põhjavee valgla**. See omakorda tähendab, et **suure tõenäosusega pärineb arvestatav osa toitainete koormusest väljaspoolt Soolikaoja (pinnavee) valglat**.

4.2 Ohtlikud ained

4.2.1 Ohtlike ainete sisaldused pinnavees

Ohtlike ainete pinnavee analüüsitulemused on koondatud tabelitesse 15 ja 16.

Tabel 15. Ohtlike ainete analüüsitulemused Soolikaojas ülalpool Tobia peakraavi suubumist (punasega on märgitud sisaldused, mis ületavad keskkonnaministri 24.07.2019.a. määrusega nr 28 kehtestatud piirväärtusi).

Analüüsitava näitaja	Ühik	Enne Vesiveski parki		Peale Allika parki				Süstatiik, enne kollektorit				ülalpool Tobia pkr. suubumist			
		apr.20	juuli.20	okt.19	jaan. 20	apr.20	juuli. 20	okt. 19	jaan. 20	apr.20	juuli. 20	okt.19	jaan. 20	apr.20	juuli.20
2,3-dimetüülfenool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
2,5-Dimetüülresortsinool	µg/l	n.t.	n.t.	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	n.t.
2,6-dimetüülfenool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
3,4-Dimetüülfenool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
3,5-Dimetüülfenool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
5-Metüülresortsin	µg/l	n.t.	n.t.	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	n.t.
Antratseen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	n.t.
Arseen (As) (filtreeritud)	µg/l	0,15	0,19	n.t.	n.t.	0,23	0,19	n.t.	n.t.	0,17	0,22	n.t.	n.t.	0,2	0,46
Atsenafteen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,023	< 0,01	< 0,01	n.t.
Atsenafüleen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,01	< 0,01	n.t.
Baarium (Ba) (filtreeritud)	µg/l	42	51	n.t.	n.t.	40	39	n.t.	n.t.	33	29	n.t.	n.t.	35	61
Benso(a)antratseen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.t.
Benso(a)püreen	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,009	<	n.t.
Benso(b)fluoranteen	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,011	<	n.t.
Benso(g,h,i)perüleen	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,007	<	n.t.
Benso(k)fluoranteen	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	n.t.
Bensüülbutüülfalaat (BBP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Di-2-etüülheksüülfalaat (DEHP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Di-n-oktüülfalaat (DNOP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Di-n-propüülfalaat (DPP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Dibenso(a,h)antratseen	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	n.t.
Dibutüülfalaat (DBP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Dibutüültina-katsoon (DBT)	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	n.t.
Dietüülfalaat (DET)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Diisobutüülfalaat (DIBP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Dimetüülfalaat (DMP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	n.t.
Dioktüültina-katsoon (DOT)	µg/l	n.t.	n.t.	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	< 0,005

Analüüsitava näitaja	Ühik	Enne Vesiveski parki		Peale Allika parki				Süstatiik, enne kollektorit				üalpool Tobia pkr. suubumist			
		apr.20	juuli.20	okt.19	jaan. 20	apr.20	juuli. 20	okt. 19	jaan. 20	apr.20	juuli. 20	okt.19	jaan. 20	apr.20	juuli.20
Ditsükloheksüülfaltaat (DCP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Diundetsüülfaltaat (DUP)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Elavhõbe (Hg) (filtreeritud)	µg/l	< 0,015	< 0,015	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015
Fenantreen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	0,045	< 0,01	n.t.
Fenool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.
Fluoranteen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,022	0,039	< 0,01	n.t.
Fluoreen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	< 0,01	< 0,01	n.t.
Indeno(1,2,3-cd)püreen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Kaadmium (Cd) (filtreeritud)	µg/l	< 0,02	< 0,02	n.t.	n.t.	< 0,02	< 0,02	n.t.	n.t.	< 0,02	< 0,02	n.t.	n.t.	< 0,02	0,04
Kroom (Cr) (filtreeritud)	µg/l	< 0,5	< 0,5	n.t.	n.t.	< 0,5	< 0,5	n.t.	n.t.	< 0,5	< 0,5	n.t.	n.t.	< 0,5	0,53
Krüseen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.t.
Monobutüültina-katsoon (MBT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Monooktüültina-katsoon (MOT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	0,041	0,011	n.t.	< 0,005	0,07	0,022	n.t.	0,013	0,045	0,011	< 0,005
Naftaleen	µg/l	n.t.	n.t.	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,25	0,059	0,031	n.t.
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	µg/l	n.t.	n.t.	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Nikkel (Ni) (filtreeritud)	µg/l	0,32	< 0,1	n.t.	n.t.	0,32	< 0,1	n.t.	n.t.	0,28	< 0,1	n.t.	n.t.	0,22	3,8
PAH summa	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,08	n.t.	n.t.	n.t.	< 0,08	n.t.	n.t.	n.t.	0,46	n.t.	n.t.	n.t.
Plii (Pb) (filtreeritud)	µg/l	< 0,1	< 0,1	n.t.	n.t.	< 0,1	< 0,1	n.t.	n.t.	< 0,1	< 0,1	n.t.	n.t.	< 0,1	1,5
Püreen	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	0,04	< 0,01	n.t.
Resortsiin	µg/l	n.t.	n.t.	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	n.t.
Tetrabutüültina-katsoon (TTBT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tina (Sn) (filtreeritud)	µg/l	< 0,45	< 0,45	n.t.	n.t.	< 0,45	< 0,45	n.t.	n.t.	< 0,45	< 0,45	n.t.	n.t.	< 0,45	2,4
Tributüültina-katsoon (TBT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,001	< 0,001	< 0,001	n.t.	< 0,001	< 0,001	< 0,001	n.t.	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005
Trifenüültina-katsoon (TPHT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tritsükloheksüültina-katsoon (TCyT)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tsink (Zn) (filtreeritud)	µg/l	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	22
Vask (Cu) (filtreeritud)	µg/l	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	n.t.
o-Kresool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.

Analüüsitava näitaja	Ühik	Enne Vesiveski parki		Peale Allika parki				Süstatiik, enne kollektorit				üalpool Tobia pkr. suubumist			
		apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20
p/m-Kresool	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,9	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	n.t.

Tabel 16. Ohtlike ainete analüüsitulemused Soolikaojas allpool Tobia peakraavi suubumist (punasega on märgitud sisaldused, mis ületavad keskkonnaministri 24.07.2019.a määrusega nr 28 kehtestatud piirväärtusi).

Analüüsitava näitaja	Ühik	Tobia pkr. 30 m suudmest				Roodevälja				Tõrremäe			
		okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20
2,3-dimetüülfenool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,55	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2,5-Dimetüülresortsinool	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2,6-dimetüülfenool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,33
3,4-Dimetüülfenool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
3,5-Dimetüülfenool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
5-Metüülresortsiin	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Antratseen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Arseen (As) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	0,16	0,29	n.t.	n.t.	0,17	0,31	n.t.	n.t.	0,2	0,25
Atsenafteen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Atsenafüleen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Baarium (Ba) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	52	51	n.t.	n.t.	46	53	n.t.	n.t.	59	110
Benso(a)antratseen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benso(a)püreen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006
Benso(b)fluoranteen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benso(g,h,i)perüleen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benso(k)fluoranteen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Bensüülbutüülfaltaat (BBP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Di-2-etüülheksüülfaltaat (DEHP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Di-n-oktüülfaltaat (DNOP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Di-n-propüülfaltaat (DPP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Dibenso(a,h)antratseen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dibutüülfaltaat (DBP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Dibutüültina-katsoon (DBT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dietüülfaltaat (DET)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Diisobutüülfaltaat (DIBP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,66	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Dimetüülfaltaat (DMP)	µg/l	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4

Analüüsitava näitaja	Ühik	Tobia pkr. 30 m suudmest				Roodevälja				Tõrremäe			
		okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20	okt.19	jaan.20	apr.20	juuli.20
Dioktüültina-katsoon (DOT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Ditsükloheksüüftalaat (DCP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Diundetsüüftalaat (DUP)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Elavhõbe (Hg) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015	n.t.	n.t.	< 0,015	< 0,015
Fenantreen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015
Fenool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,8	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Fluoranteen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013
Fluoreen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)püreen	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Kaadmium (Cd) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,02	< 0,02	n.t.	n.t.	< 0,02	< 0,02	n.t.	n.t.	< 0,02	< 0,02
Kroom (Cr) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,5	< 0,5	n.t.	n.t.	< 0,5	< 0,5	n.t.	n.t.	< 0,5	< 0,5
Krüseen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Monobutüültina-katsoon (MBT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Monooktüültina-katsoon (MOT)	µg/l	0,009	0,008	0,009	n.t.	0,027	0,021	0,008	0,006	0,006	0,04	< 0,005	0,031
Naftaleen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,035	0,017	0,011	0,09	0,016	0,037	< 0,01	0,02
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	µg/l	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	45	< 20	< 20	< 20
Nikkel (Ni) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	0,24	< 0,1	n.t.	n.t.	0,25	< 0,1	n.t.	n.t.	0,43	0,34
PAH summa	µg/l	< 0,08	n.t.	n.t.	n.t.	< 0,08	n.t.	n.t.	n.t.	< 0,08	n.t.	n.t.	n.t.
Plii (Pb) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,1	< 0,1	n.t.	n.t.	< 0,1	< 0,1	n.t.	n.t.	< 0,1	0,1
Püreen	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015
Resortsiin	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetrabutüültina-katsoon (TTBT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tina (Sn) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 0,45	< 0,45	n.t.	n.t.	< 0,45	< 0,45	n.t.	n.t.	< 0,45	< 0,45
Tributüültina-katsoon (TBT)	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	n.t.	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Trifenüültina-katsoon (TPHT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tritsükloheksüültina-katsoon (TCyT)	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.t.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tsink (Zn) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	3,2	< 1	n.t.	n.t.	2,6	3,1	n.t.	n.t.	4,5	11
Vask (Cu) (filtreeritud)	µg/l	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1	n.t.	n.t.	< 1	< 1
o-Kresool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,42	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
p/m-Kresool	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3

Pinnavee proovides leidis üksikuid keskkonnaministri 24.07.2019.a. määrusega nr 28 kehtestatud piirväärtuste ületamisi peamiselt raskemetallide (Ba, Zn) ja PAH-ide (benso(a)püreeni ja fluoranteeni) osas kanaliseeritud osast (k.a.) allavoolu. 08.07.2020.a. võetud proov, mis kirjeldas Soolikaoja kanaliseeritud osa (Süstatiigi kollektor oli suletud), näitas, et sademeveekanalisatsioonist (proovivõtule eelnevalt sadas vähesel määral vihma) tuleb üle AA-EQSi niklit, mis aga tavatingimustel (kollektor on avatud) lahjendatakse pinna- ja sademeveega.

4.2.2 Ohtlikud ained põhjasetetes

Põhjasette ohtlike ainete analüüsitulemused on toodud tabelis 17. Analüüsitulemustest selgus, et keskkonnaministri 24.07.2019.a. määruses nr 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused“ toodud keskkonnakvaliteedi piirväärtusi ei ületatud vaid Vesiveski ja Supeluse pargi paisjärvede ning Tõrremäe seirepunkti põhjasetetes. Analüüsitulemusi võrreldi ka keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“ toodud näitajate osas eesmärgiga välja selgitada setete eemaldamise vajadus. Kuigi analüüsitulemustest lähtuvalt ei tekkinud kohustust saastunud põhjasetete eemaldamiseks (kõikides uuringupunktides oli saasteainete sisaldus alla keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 toodud piiraevu tööstusmaal), joonistus välja järgnev:

- Vesiveski paisjärves ei ületatud küll ühtki keskkonnakvaliteedi piirväärtust ega pinnase piirarvu, kuid kohalike elanike saadud info kontrollimisel selgus, et suure tõenäosusega jõuab TK Kommunaari vana maa-aluse masuudihoidla kütuselekkest põhjustatud pinnasereostus Soolikaoja. Paisjärve lõunapoolses servas on ka näha (vt foto 5), kuidas maa seest immitseb naftasaadusi. Pinnase saastumist üle keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 toodud piirarvude tuvastati ka piirkonda tehtud puuraukude abil (vt ka ptk 5.2.3).
- Allika paisjärve põhjasetetest leiti üle EQS-i antratseeni (300 µg/kgKA), lisaks ületas naftasaaduste sisaldus piirarvu elumaal (500 mg/kgKA). Paisjärv asub Vesiveski paisjärvest allavoolu.
- Supeluse pargi paisjärvede põhjasetetest piirväärtuste ületamisi ei leitud.
- Süstatiigi põhjasetetest leiti üle EQS-i antratseeni (260 µg/kgKA) ning üle elamumaa piirarvu naftasaaduseid (560 mg/kgKA).

- Soolikaoja ülalpool Tobia pkr. suubumist – põhjasetetes leidis üle elamumaa piirarvu 2,6-dimetüülfenooli (1,3 mg/kgKA) ja naftasaaduseid (990 mg/kgKA).
- Tobia pkr. suubumiskiirkonna põhjasetetest leiti üle EQS-i antratseeni (560 µg/kgKA), benso(a)püreeni (3 300 µg/kgKA) ja pliidi (69 mg/kgKA). Lisaks leidis seal üle elamumaa piirarvu krüseeni (2 700 µg/kgKA) ja naftasaaduseid (620 mg/kgKA).
- Roodevälja põhjasetetest leiti üle EQS-i antratseeni (170 µg/kgKA) ning elamumaa piirarvu ületamisi täheldati naftasaaduste osas (1 500 mg/kgKA). Naftasaaduste kasv lõigul võib olla seostatav Moonaküla (JRA0000009) põhjaveereostuse jõudmisega Soolikaoja kollektori ning Roodevälja vahelisel lõigul.
- Tõrremäe põhjasetetest leiti üle elamumaa piirarvu naftasaadusi (520 mg/kgKA).

Kokkuvõtlikult võib tõdeda, et PAH-ide ning naftasaaduste reostus ülemjooksul on tõenäoliselt seostatav TK Kommunaari vana maa-aluse masuudihoidla kütuselekkest põhjustatud pinnasereostusega (vt ka ptk 4.2.3 ja foto 5) ning alamjooksul pärineb suur osa reostusest Tobia peakraavist ja/või selle vahetus läheduses asuvast pinnasereostusest Tehase tänava piirkonnas (vt ka ptk 4.2.4).



Foto 5. Vesiveski paisjärve lõunapoolsest kaldast immitseb Soolikaoja naftasaadusi.

Tabel 17. Ohtlike ainete sisaldused Soolikaoja põhjasetetes (punasega on märgitud sisaldused, mis ületavad keskkonnaministri 24.07.2019.a. määrusega nr 28 kehtestatud piirväärtusi, oranzil taustal sisaldused, mis ületavad keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 toodud piirarve elumaa pinnases)

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstusmaal	Vesiveski paisjärv	Allika paisjärv	Supeluse pargi paisjärv	Süstatiik	Soolikaoja ülalpool Tobia pkr. suubumist	Tobia pkr. 30m suudmest	Roodevälja	Tõrremäe
1,2,3,4-Tetraklorobenseen	µg/kg KA		500	30000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,3,5-/1,2,4,5-Tetraklorobenseen	µg/kg KA		500	30000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,3-Triklorobenseen	µg/kg KA		500	30000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,4-Triklorobenseen	µg/kg KA		500	30000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,3,5-Triklorobenseen	µg/kg KA		500	30000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2,3-dimetüülfenool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
2,4-D 2-EHE	µg/kg KA		500,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2,5-Dimetüülresortsinool	mg/kg KA		1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,6-dimetüülfenool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	1,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
3,4-Dimetüülfenool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
3,5-Dimetüülfenool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
5-Metüülresortsiin	mg/kg KA				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Aklonifeen	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Alakloor	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Aldriin	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Antratseen	µg/kg KA	160	5 000,00	50 000,00	67	300	37	260	150	560	170	93
Arseen (As)	mg/kg KA		30,00	50,00	1,1	2,8	2,5	1,9	1,3	3,2	2,6	1,9
Atrasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Atsenafteen	µg/kg KA		4 000,00	40 000,00	91	34	< 5	11	38	43	20	10
Atsenafüleen	µg/kg KA				30	210	28	200	82	370	150	98
Baarium (Ba)	mg/kg KA		750,00	2 000,00	66	170	120	120	200	110	150	100
Benseen	mg/kg KA		0,50	5,00	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benso(a)antratseen	µg/kg KA				92	670	38	250	200	1900	420	160
Benso(a)püreen	µg/kg KA	2497	1 000,00	10 000,00	88	920	99	330	300	3300	590	250
Benso(b)fluoranteen	µg/kg KA				140	780	95	470	270	2300	690	290
Benso(g,h,i)perüleen	µg/kg KA				160	670	180	520	330	2100	710	300
Bensüülbutüülfataat (BBP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bifenoks	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Bifentriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Boskaliid	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Deltametriin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Di-2-etüülheksüülfataat (DEHP)	mg/kg KA	100			< 0,05	0,4	0,1	0,29	0,91	0,08	2,4	0,71
Di-n-oktüülfataat (DNOP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstus- maal	Vesiveski paisjärv	Allika paisjärv	Supeluse pargi paisjärv	Süstatiik	Soolikaoja üalpool Tobia pkr. suubumist	Tobia pkr. 30m suudmest	Roodevälja	Tõrremäe
Di-n-propüülfaltaat (DPP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Diasinoon	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dibenso(a,h)antratseen	µg/kg KA				21	170	33	140	83	550	60	130
Dibutüülfaltaat (DBP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	1,4	0,15	0,06
Dibutüültina-katsoon (DBT)	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,7	< 5
Dieldriin	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Dietüülfaltaat (DET)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Diflufenikaan	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diisobutüülfaltaat (DIBP)	mg/kg KA				< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,28	0,07
Diklobeniil	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Diklorofoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dikofool	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dimetakloor	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimetüülfaltaat (DMP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dioktüültina-katsoon (DOT)	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	5,1	< 5	5	< 5
Ditsükloheksüülfaltaat (DCP)	mg/kg KA				< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Diundetsüülfaltaat (DUP)	mg/kg KA				< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Elavhõbe (Hg)	mg/kg KA		2,00	10,00	0,033	0,071	0,027	0,08	0,082	1	0,13	0,11
Endosulfaansulfaat	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Endriin	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Epoksikonasool	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Esfenvaleraat	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Etüülbenseen	mg/kg KA		5,00	50,00	0,054	0,072	0,036	0,062	0,044	0,034	0,035	0,044
Fenantreen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	190	600	64	200	440	2500	350	170
Fenitrotioon	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenool	mg/kg KA		1,00	10,00	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,39	< 0,03	0,044	< 0,03
Fenpropatriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenpropidiin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenpropimorf	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenvaleraat	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fluoranteen	µg/kg KA				290	1200	140	530	410	3700	930	490
Fluoreen	µg/kg KA				79	91	14	53	74	130	52	28
Flutsütrinaat	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fosfamidoon	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Heksaklorobenseen	µg/kg KA		5 000,00	25 000,00	5,7	3,8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Heksaklorobutadien	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstus- maal	Vesiveski paisjärv	Allika paisjärv	Supeluse pargi paisjärv	Süstatiik	Soolikaoja üalpool Tobia pkr. suubumist	Tobia pkr. 30m suudmest	Roodevälja	Tõrremäe
Heptakloor-eksoepoksiid	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Heptakloor-endoepoksiid	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Heptakloor	µg/kg KA				< 1	< 10	< 1	< 10	< 1	< 1	< 1	< 10
Indeno(1,2,3-cd)püreen	µg/kg KA				77	790	110	490	230	2000	420	190
Isobensaan	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Isodriin	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Kaadmium (Cd)	mg/kg KA		5,00	20,00	0,16	0,82	0,16	0,28	0,082	0,47	0,53	0,31
Kinoksüfeen	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Klorofenvinfoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Kloropürifoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Klorotoleroon	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Krimidiin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Kroom (Cr)	mg/kg KA		300,00	800,00	7,6	120	13	180	8	45	32	25
Krüseen	µg/kg KA		2 000,00	20 000,00	170	800	130	520	330	2700	740	310
Kvintoseen	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Malatioon	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Metabenstiasuroon	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metakrifoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Metamitroon	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metasakloor	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Metoksükloor	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Metolakloor	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Metribusiin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mireks	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Monobutüültina-katioon (MBT)	µg/kg KA				< 5	6,5	< 5	< 5	23	< 5	6,6	< 5
Monooktüültina-katioon (MOT)	µg/kg KA				< 5	9,2	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Naftaleen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	28	67	9,2	29	120	130	58	40
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	mg/kg KA		500,00	5 000,00	120	500	200	560	990	620	1500	520
Nikkel (Ni)	mg/kg KA		150,00	500,00	3,8	8,8	6,4	8,9	4,4	8,8	12	8,4
Oksüklordaani	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
PCB-101	µg/kg KA		Σ = 5 000	Σ = 10 000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-105	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-114	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-118	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-123	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-126	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstusmaal	Vesiveski paisjärv	Allika paisjärv	Supeluse pargi paisjärv	Süstatiik	Soolikaoja ülalpool Tobia pkr. suubumist	Tobia pkr. 30m suudmest	Roodevälja	Tõrremäe
PCB-138	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	< 1
PCB-153	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,6	< 1	< 1
PCB-156	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-157	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-167	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-169	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-180	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-189	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-194	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-28	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	19	4,5
PCB-52	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,8	< 1
PCB-77	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-81	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Pentaklorobenseen	µg/kg KA	400	500,00	30 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Permetriin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Plii (Pb)	mg/kg KA	53,4	300,00	600,00	9,1	33	8,6	29	7,8	69	26	15
Prometriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Propaam	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Propasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Propikonasool	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Protiokonasool-destio	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Püreen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	230	1300	150	590	510	3700	840	320
Resortsiin	mg/kg KA		1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sebutüülasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Simasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Stüreen	mg/kg KA		50,00	300,00	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,022	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Terbutriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Terbutüülasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tetrabutüültina-katioon (TTBT)	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tina (Sn)	mg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tolueen	mg/kg KA		3,00	100,00	0,15	0,18	0,12	0,18	0,12	0,086	0,15	0,17
Triallaat	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tributüültina-katioon (TBT)	µg/kg KA	0,02			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Trifenüültina-katioon (TPHT)	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Trifluralin	µg/kg KA	3140			< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tritsükloheksüültina-katioon (TCyT)	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstus- maal	Vesiveski paisjärv	Allika paisjärv	Supeluse pargi paisjärv	Süstatiik	Soolikaoja ülalpool Tobia pkr. suubumist	Tobia pkr. 30m suudmest	Roodevälja	Tõrremäe
Tsink (Zn)	mg/kg KA		500,00	1 000,00	73	150	63	120	75	220	290	150
Tsüaanasiin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tsübutriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tsüflutriin	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tsüpermetriin (isomeeride segu)	µg/kg KA				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Vask (Cu)	mg/kg KA				8,4	22	12	18	11	35	31	19
Väävel (S)	mg/kg KA				1500	4300	4000	5000	930	2400	2900	1900
alfa-Endosulfaan_	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
alfa-Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	10,3	200,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
alfa-Klordaani	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
beeta-Endosulfaan_	µg/kg KA				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
beeta-Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	10,3	200,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
delta-Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	10,3	200,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
epsilon-Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	10,3	200,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
gamma-Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	10,3	200,00	2 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
gamma-Klordaani	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
lambda-Tsühalotriin	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
m/p-Ksüleen	mg/kg KA		5,00	30,00	0,097	0,14	0,086	0,12	0,07	0,074	0,05	0,082
metüül-Kloropüriifoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
metüül-Pirimifoss	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
o,p'-DDD	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6	< 5	< 5
o,p'-DDE	µg/kg KA				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
o,p'-DDT	µg/kg KA		500,00	5 000,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
o-Kresool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
o-Ksüleen	mg/kg KA		5,00	30,00	0,029	0,057	0,03	0,035	0,021	0,021	0,021	0,021
p,p'-DDD	µg/kg KA				< 1	1,6	< 1	< 1	< 1	5,5	< 1	< 1
p,p'-DDE	µg/kg KA				< 1	3,8	1,3	2,7	< 1	6	3,9	1,9
p,p'-DDT	µg/kg KA		500,00	5 000,00	1,6	4,6	< 1	1,5	< 1	10	1,3	< 1
p/m-Kresool	mg/kg KA		1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	1,8	< 0,03	< 0,03	< 0,03
TOC	mg/kg KA				68000	110000	44000	91000	55000	84000	110000	57000
Märkused					Õlilaigud setteproovi võtmisel.				Tugev naftasaaduste lõhn.		Naftasaadused sette pinnal (õlilaigud).	

4.2.3 Võimalik kütusereostus endise TK Kommunaari territooriumilt

Kohalike elanike sõnul on Soolikaojja jõudnud ka TK Kommunaari vana maa-aluse masuudihoidla kütuseleke, mille tagajärjel reostusid Karja tn kaevud. Käesoleval ajal on selle reostuse kohta andmeid vähe ning reostuse fakti on mainitud vaid Maves AS 2004.a. uuringus (Maves AS, 2004). Pinnaseproovide võtmiseks rajati uuringupuuraugud. Pinnaseproovide võtmise eesmärgiks oli hinnata, kas väidetav TK Kommunaari maa-aluse masuudihoidla kütuseleke võib ohustada Soolikaoja. Analüüsitulemused on toodud tabelis 18 ning joonisel 11.



Joonis 11. Pinnase proovivõtukohtade ning võimaliku reostusallika paiknemine.

Analüüsitulemustest (tabel 18) on näha, et Karja tänavast lõuna suunas tehtud puuraukudest tuvastati PAH-ide tööstusmaa piirarvude ületamist ning naftasaaduste elumaa piirarvude ületamist. Kuna kõnealuse jääkreostuse kohta rohkem infot ei ole ning põhjasetete analüüsitulemused näitavad Allika paisjärves sarnaselt pinnaseproovidega kõrgeid benso(a)antratseeni, benso(a)püreeni, benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleeni jt polüaromaatsete süsivesinike kõrgeid kontsentratsioone, võib eeldada, et piirkonna põhjasetete reostus kiildub Soolikaojja Karja tänavast lõuna suunas.

Analüüsitulemuste kohaselt on Soolikaoja ülemjooksu setete reostus suure tõenäosusega põhjustatud raskete kütteõlide poolt, ES20000734 ja ES20000735 puhul on tegemist kergete kütteõlidega (tõenäoliselt põlevkiviõli) ja ES20000736 on vana kütteõli.

Tabel 18. Pinnase analüüside tulemused Vesiveski ning Allika pargi paisjärvede lähedal.

	Akti nr.	ES20000738	ES20000734	ES20000735	ES20000736	ES20000737
	Nr	1	2	3	4	5
	Sügavus (m)	1,65-2,50	0,45-0,75	0,55-0,80	0,75-1,25	1,0-1,25
	X	6580148	6580098	6580101	6580124	6580159
	Y	634422	634451	634444	634444	634401
Antratseen	mg/kg KA	0,053	14	6,2	0,26	0,017
Atsenafteen	mg/kg KA	0,021	7,9	2,3	0,041	< 0,005
Atsenaftüleen	mg/kg KA	0,11	5,8	4,6	0,3	0,027
Benso(a)antratseen	mg/kg KA	0,26	7,9	18	0,83	0,061
Benso(a)püreen	mg/kg KA	0,39	3,4	21	0,84	0,063
Benso(b)fluoranteen	mg/kg KA	0,36	2,3	20	0,76	0,07
Benso(g,h,i)perüleen	mg/kg KA	0,32	0,92	17	0,59	0,053
Benso(k)fluoranteen	mg/kg KA	0,21	1,5	16	0,56	0,044
Dibenso(a,h)antratseen	mg/kg KA	0,049	0,37	2,2	0,13	0,01
Fenantreen	mg/kg KA	0,13	43	50	0,5	0,072
Fluoranteen	mg/kg KA	0,65	14	89	1,6	0,16
Fluoreen	mg/kg KA	0,023	14	8,1	0,14	0,006
Indeno(1,2,3-cd)püreen	mg/kg KA	0,39	1,1	17	0,68	0,073
Krüseen	mg/kg KA	0,23	8,7	26	0,85	0,058
Naftaleen	mg/kg KA	0,031	0,081	1,2	0,051	0,006
Püreen	mg/kg KA	0,48	21	71	1,5	0,088
PAH summa	mg/kg KA	3,71	145,97	369,60	9,63	0,81
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	mg/kg KA	290	4500	500	990	110

4.2.4 Pinnasereostus Tehase tänava piirkonnas

Tehase tänava teetööde käigus avastati 08.10.2020.a.kinnistult (Tehase tänav L1, katastri tunnusega 66301:001:0341) võimalik pinnasereostus (foto 6), mis paiknes Tobia peakraavi ning Soolikaoja ühinemiskohta ligiduses. Teetööde käigus rajatud kaeviku lähima punkti kaugus Tobia peakraavile oli 90 meetrit ning kaugus Soolikaojast 125 m. Kaeviku põhja kogunenud vee pinnal oli näha naftasaaduste kihti ning pinnases paiknes ca 40 cm paksune reostunud pinnase kiht 0,4 ... 1,0 meetri sügavusel, kusjuures vooluveekogudele lähemas kaeviku osas oli reostus sügavamal.

Reostuse iseloomustamiseks võeti kaevikust kaks proovi (ES20000925 – lähim punkt Tobia peakraavile, pinnas segunenud liiva ja reostunud veega; ES20000924 – kaeviku seinast sügavusel 1,00-1,40 m). Analüüsitulemustest selgus, et kuigi pinnases leidub nii PAH-e kui ka naftasaadusi, ei ületanud need sisaldused keskkonnaministri 28.06.2019.a. määrusega nr 26 kehtestatud piirarve tööstusmaal.

Samuti oli tegemist pigem kergete kütteõlidega, samas kui Tobia peakraavi ning Soolikaoja setted on reostunud vanade raskete kütteõlidega.



Foto 6. Tehase tn ehitustööde kaevikust leitud reostus (Foto: Riin Sikka).

Tobia peakraavi setete täiendav analüüs näitas, et reostunud setted paiknevad ca 60 m pikkusel lõigul enne Tobia peakraavi suubumist Soolikaoja (vt ka tabel 19), see aga annab omakorda indikatsiooni, et reostusallikas paikneb suure tõenäosusega Jaama pst ning Soolikaoja vahelisel alal.

Tabel 19. Tobia peakraavi põhjasetete analüüsitulemused

Analüüsitav näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstus-maal	Tobia pkr: piiritusetehase st ülesvoolu	Tobia pkr: piiritusetehase st allavoolu	Tobia pkr. 30m suudmes t
Antratseen	µg/kg KA	160	5 000,00	50 000,00	< 5	17	560
Atsenafteen	µg/kg KA		4 000,00	40 000,00	< 5	< 5	43
Atsenaftüleen	µg/kg KA				< 5	29	370
Benso(a)antratseen	µg/kg KA				< 5	35	1900
Benso(a)püreen	µg/kg KA	2497	1 000,00	10 000,00	14	65	3300
Benso(b)fluoranteen	µg/kg KA				8	40	2300
Benso(g,h,i)perüleen	µg/kg KA				12	39	2100
Dibenso(a,h)antratseen	µg/kg KA				< 5	9	550

Analüüsitava näitaja	täpsustus	EQS	Piirarv elumaal	Piirarv tööstus-maal	Tobia pkr: piiritusetehase st ülesvoolu	Tobia pkr: piiritusetehase st allavoolu	Tobia pkr. 30m suudmes t
Elavhõbe (Hg)	mg/kg KA	0,47	2,00	10,00	< 0,01	< 0,01	1
Fenantreen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	< 5	47	2500
Fluoranteen	µg/kg KA				5	45	3700
Fluoreen	µg/kg KA				< 5	13	130
Indeno(1,2,3-cd)püreen	µg/kg KA				7	25	2000
Kaadmium (Cd)	mg/kg KA		5,00	20,00	< 1	< 1	0,47
Krüseen	µg/kg KA		2 000,00	20 000,00	< 5	37	2700
Naftaleen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	< 5	14	130
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	mg/kg KA		500,00	5 000,00	110	230	620
Plii (Pb)	mg/kg KA	53,4	300,00	600,00	5,2	5	69
Püreen	µg/kg KA		5 000,00	50 000,00	6	71	3700
Tsink (Zn)	mg/kg KA		500,00	1 000,00	22	20	220

4.2.5 Tõrremäe põllumajandusmürkide ladu

Tõrremäe põllumajandusmürkide ladu (JRA0000222) paikneb Soolikaoja valgala Tõrremäe külas, Rakvere vallas. Varasemast on info jääkreostusobjekti kohta puudulik, teada on vaid, et Vene ajal asus Tõrremäe aiandi katlamaja põhjakülje ääres aiandi väetiste ja kemikaalide ladu. 2014-2015.a. läbi viidud kontrolli käigus selgus, et katlamaja, mis pikki aastaid seisis kasutuseta ja muutus varisemisohhtlikuks, oli kokku lükatud, mingit ladu pole näha, samuti kemikaalide või väetiste jääke⁸. Mürgiladu likvideeriti 2002.a. ning katlamaja, mille kõrvalruumis mürgihoidla asus, lammutati 2014.a. Praegu on ala umbrohtunud, endise mürgilao betoonpõrand on osaliselt alles. Visuaalseid reostusnähte ei tuvastatud. Varasemast on teada veel, et 2002.a. teisaldati objektilt 1997 kg pestitsiide⁹.

Pinnasereostuse väljaselgitamiseks võeti 11.08.2020.a. objektilt pinnase proovid, millest analüüsiti raskemetalle (As, Cr, Cu, Hg), fenoole, naftasaadusi, PAH-e ja pestitsiide. Puuraukude asukohad olid järgmised:

- PA-1 (XY: 6582455.9, 632644.7);
- PA-2 (XY: 6582461.9, 632622.0);
- PA-3 (XY: 6582455.8, 632596.0).

⁸ <https://infoleht.keskkonnainfo.ee/GetFile.aspx?id=1007394444>

⁹ <https://infoleht.keskkonnainfo.ee/GetFile.aspx?id=1950073014>

Analüüsitulemuste põhjal (vt Lisa 2) reostust ei tuvastatud.

4.3 Elustiku analüüsid

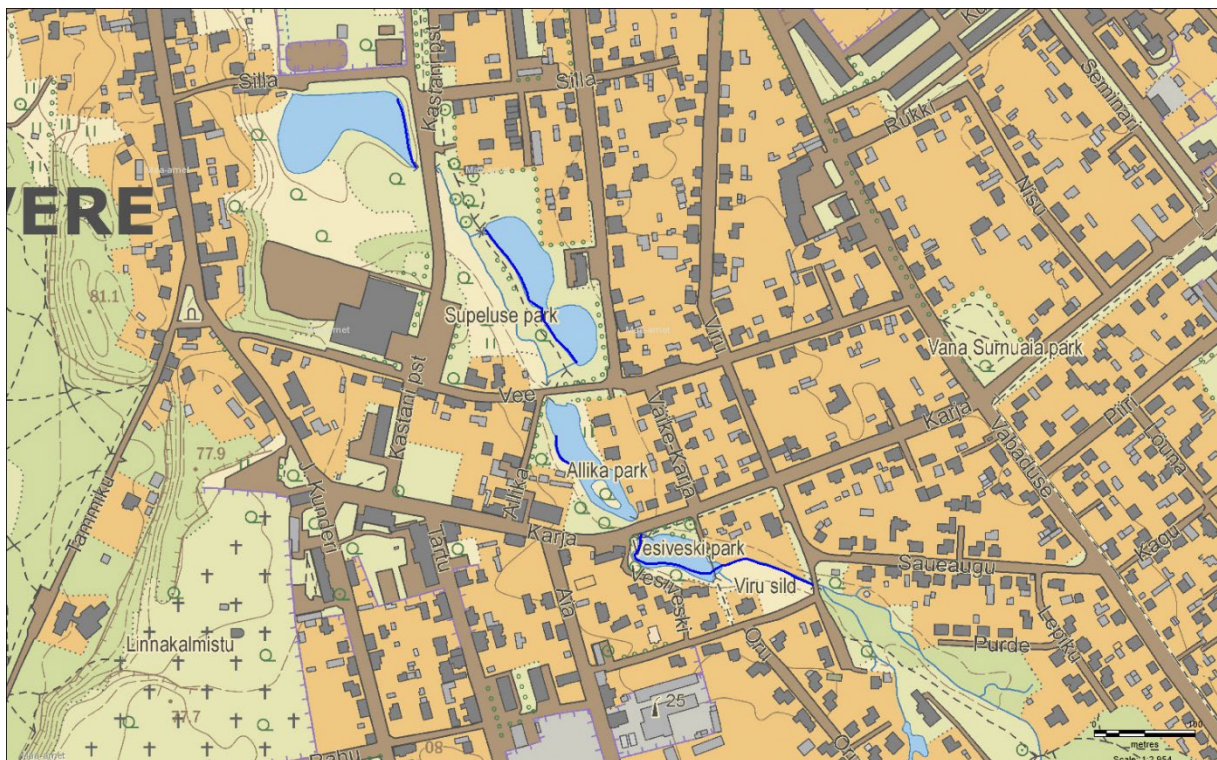
Välitööde käigus analüüsiti Soolikaoja kalastikku (vt ptk 4.3.1), suurtaimi (vt. ptk 4.3.2), fütobentost (ptk 4.3.3) ja suurselgrootuid (ptk 4.3.4)

4.3.1 Kalastik

Varasemate uuringute käigus on oja elustikku uuritud vähe. Soolikaoja ülemjooks forellijõe tüüpi veekogu ning 1930-ndatest aastatest on teada, et forell seal ka esines ning teda püüti (Keskkonnaagentuur, 2013). Viimase poolsajandi jooksul on aga Soolikaoja olnud üks enim reostatud veekogu (Rakvere linna heitvete suubla), osa ojast on viidud maa alla torusse, Soolikaoja paisudest ülesvoolu jääb forellile jt forellijõe koosluse kalaliikidele sobivaid elupaiku napilt, kuna paisud on rajatud oja lähteallikatest vaid veidi allavoolu (Keskkonnaagentuur, 2013). Paisude mõju oja kalastikule on olemas, kuid see mõju on väheoluline (Keskkonnaagentuur, 2013). 2002.a. tabati alamjooksul haugi ning 2007.a. katsepüüki ojal ei tehtud, kuna tehtud hinnangu kohaselt oja alam- ja keskjooks forelli elupaigaks ei sobinud (EMÜ PKI Limnoloogiakeskus ja TÜ Eesti Mereinstituut, 2008).

Soolikaoja seisundi hindamise ja seisundi parandamise tegevuste ettevalmistamiseks viidi läbi Soolikaoja kalastiku uuringud Rakvere linnas asuval jõelõigul ja tiikidel (joonised 13 ja 14) ning Tõrremäe seirepunktis. Kalastiku uuringud toimus 10.06.2020.a. (Tõrremäe) ja 08.07.2020.a. Püügimeetodiks oli püük elektripüügiagregaadiga, püük toimus kahlates.

Joonistel 13 ja 14 on toodud kalastiku uuringu asukohad Rakvere linnas. Uuringu ala tähistatud tumesinisega. Vooluveelisel lõigul toimus püük kogu lauses, tiikides kaldavööndis 3-4 m laiusel alal.



Joonis 12. Kalastiku uuringu ala Soolikaoja ülemjooksul

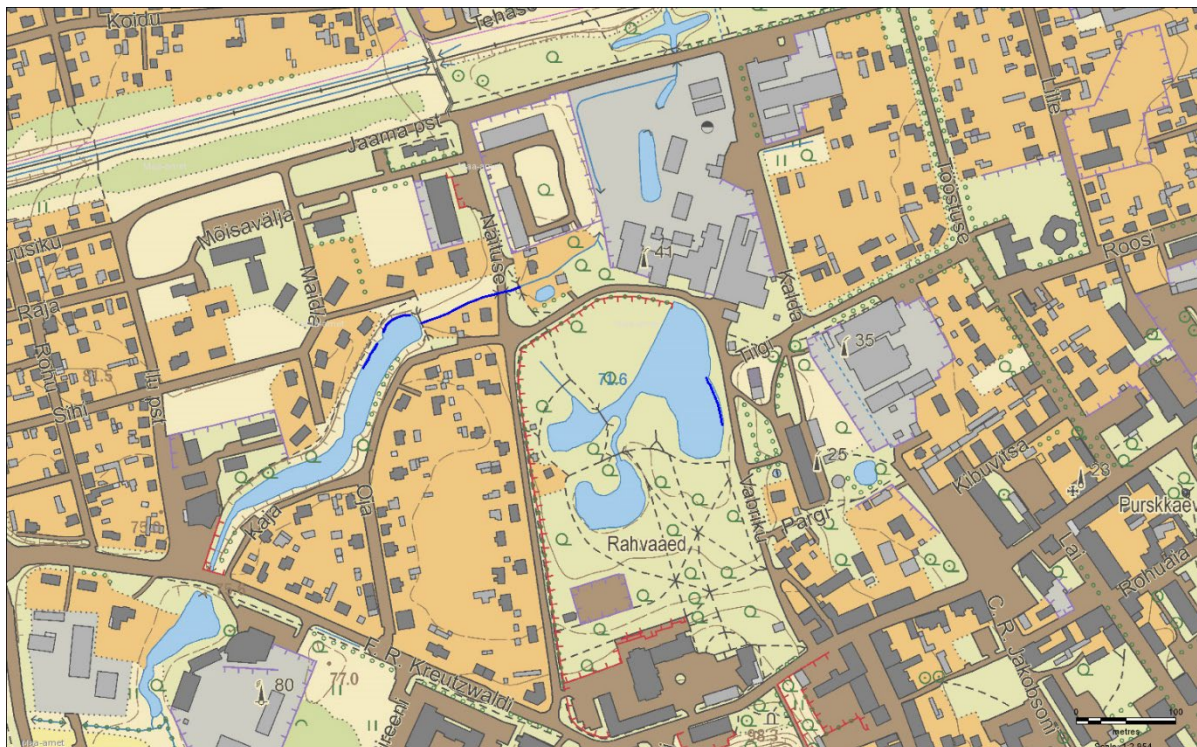
Soolikaoja ülemjooks (joonis 12):

- Soolikaoja Vesiveski paisust ülesvoolu kuni Viru tn sillani – püügitingimused väga head. Püügil tabati ohtralt luukaritsat ja üks hõbekoger;
- Vesiveski pargi tiik – püügitingimused väga head. Püügil tabati vähesel määral luukaritsat;
- Allika pargi tiik – püügitingimused halvad, tiigil järsud kaldad, tiigis tihe taimestik ja pind kaetud lemledega. Tiigis vohas taimestik ja vetikate mass. Tunda oli ka reostuse lõhnat. Ei tabatud ühtegi kala;
- Supeluse pargi tiik – püügitingimused keskmised. Püük raskendatud, ohtralt vetikaid. Tabati hõbekokre, haugi ja luukaritsat;
- Süstatiik - püügitingimused kehvad, palju vetikaid. Paisjärv oli äsja teadmata põhjusel teadmata isikute poolt alla lastud. Püügil tabati vähesel määral luukaritsat.

Tobia peakraav ning Rahvaaja tiik (joonis 13):

- Tiik pargis Rahvaaed – püük toimus Vabriku tänava poolses kaldas. Püügitingimused kehvad järsu kaldavööndi, sogase vee ja vetikate vohamise tõttu. Püügil tabati vähesel määral luukaritsat;
- Tobia pkr. Oja tänava tiik – püügitingimused kehvad, järsk kallas, tihe taimestik. Pais Oja tänava tiigi väljavoolul on kaladele ületamatu. Püügil tabati ohtralt luukaritsat ja hõbekokre;

- Tobia pkr. Oja tn tiigist allavoolu – püügitingimused väga head, püük kogu laiuses. Püügil tabati luukaritsat ja forell (vanuserühm 2+). Veel ebameeldiv lõhn;
- Soolikaoja alamjooks:
- Tõrremäe – forell, trulling, luukarits, võldas.



Joonis 13. Soolikaoja kalastiku uuringu ala Rakvere linnas Näituse tänavaga ristuväljäl jõelõigil ja läheduses asuvatel tiikidel

Uuringu tulemusena saab järeldada, et käesoleval ajal on parema ujumisvõimega kaladel olnud võimalik asustada Soolikaoja ning Tobia peakraavi kuni Oja tänava tiigi väljavooluni.

Kalastiku seisundi parandamiseks on vaja eemaldada rändetõkked võimalikul pikal jõelõigil, et tagada ligipääs potentsiaalsetele elupaikadele ka kehvema ujumisvõimega siirdekade liikidele (nt, jõesilm). Kalastiku seisundi parandamiseks Soolikaoja Selja jõe ja Rakvere linna Oja tn tiigi vahelises lõigus tuleks taastada looduslik voolusäng ja hüdroloogiline režiim oja alam ja keskjooksul. Võimalikud tiikide hoolduse ja korrastamise tööd tõenäoliselt oja linnas paikneva lõigu ja selle tiikide kalastikule suurt negatiivset mõju ei oma.

4.3.2 Suurtaimed

Seirekoht paiknes oja alamjooksul Tõrremäel. Taimestiku üldkatvus oli 74%. Kokku tuvastati 14 taksonit suurtaimi, sealhulgas üks makrovetikataksion. Helofüüte oli 8 ja hüdrofüüte 5 taksonit. Ülekaalukalt domineeris väikeseviljane jõgitakjas (*Sparganium erectum* subsp. *microcarpum*). Veidi

ohtramalt esinesid ka liht-jõgitakjas (*Sparganium emersum*) ja allikmailane (*Veronica anagallis-aquatica*). Taimestikuindeksite järgi oli seirekoha seisund **kesine**.

Varem ei ole selles seirekohas suurtaimestikku seiratud.



Foto 7: Supeluse tiigis esines ohtralt rohevetikaid.



Foto 8: Süstatiigi suurtaimestikus domineerisid niitrohevetikad ning ujuv penikeel.

Lisaks tehti taimestikuvaatlused ka Rakvere linnas Soolikaojal paikneval kahel tiigil – Supeluse tiigil (foto 6) ja Süstatiigil (foto 7) ning vaatlejate initsiatiivil ka Supeluse tiigi möödavoolul, ehk Soolikaoja Allika pargi paisjärvede ning Süstatiigi vahelisel lõigul. Tiikide seisundi hindamisel lähtuti keskkonnaministri 16.04.2020.a. määrusest nr 19.

Supeluse tiigi suurtaimestiku taimekoosluses domineerisid rohevetikad (*Mougeotia* sp, *Spirogyra* sp) ning kaasdominantideks olid mändvetikad (*Chara* sp). Väike lemmel (*Lemna minor*) esines kohati väikeste kogumikena. Ujuv penikeel (*Potamogeton natans*) esines siin-seal mõõdukalt hulgal. Kalgiveeliste järvede (juhtivus $>400\mu\text{S}/\text{cm}$) seisundi hindamise metoodika järgi vastas suurtaimede ÖKS väärtus (0,6) veekogu ökoloogilise potentsiaali (tehisveekogudel hinnatakse ökoloogilist potentsiaali) kvaliteediklassile **hea**, kuid on praktiliselt **hea/kesine** piiril. **Süstatiigi** suurtaimestiku taimekoosluses domineerisid niitrohevetikad (*Spirogyra* sp) ning kaasdominantideks olid ujuv penikeel (*Potamogeton natans*) ja harilik kuuskhein (*Hippuris vulgaris*). Mändvetikad praktiliselt puudusid. Hulgajuurine vesilääts (*Spirodela polyrrhiza*) ja väike lemmel (*Lemna minor*) esinesid kohati väikeste kogumikena. Kalgiveeliste järvede seisundi hindamise metoodika järgi vastas suurtaimede ÖKS väärtus (0,45) kvaliteediklassile **kesine**.

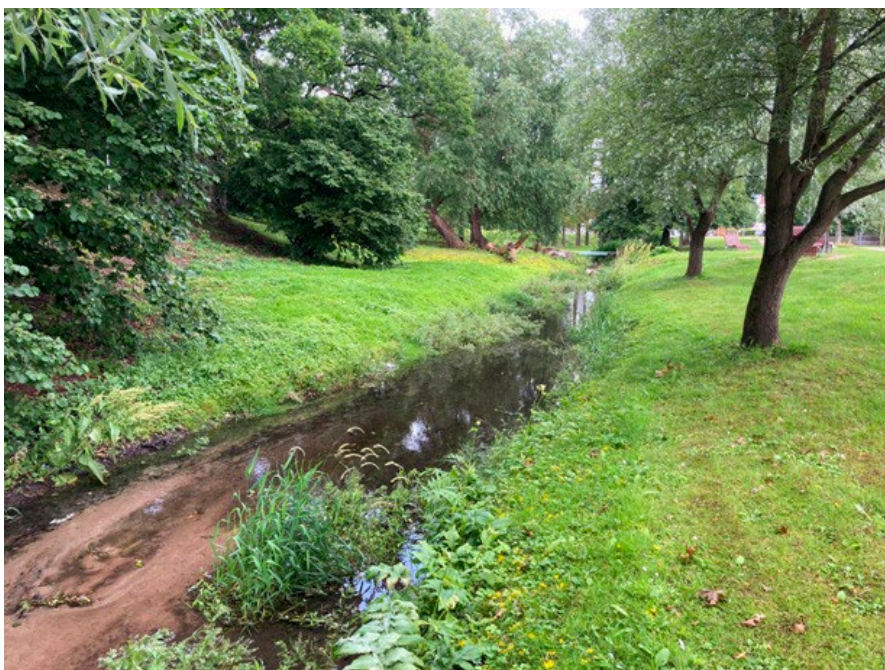


Foto 9: Soolikaoja Supeluse tiigi möödavooluna.

Lisaks vaadeldi ja hinnati vooluveekogude meetodi lähtuvalt **Soolikaoja** vooluveelist osa (foto 8), mis läheb mööda Supeluse tiigist. Suurtaimestiku üldkatvus oli 56%. Kokku registreeriti 21 taksonit suurtaimi, sealhulgas 5 makrovetikataksone. Soontaimedest oli hüdrofüüte 4 taksonit ning helofüüte 12 taksonit. Domineeris allikmailane (*Veronica anagallis-aquatica*). Ohtralt esines ka rohevetikaid (peamiselt *Mougeotia* sp ja *Spirogyra* sp). Taimestikuindeksitest andsid MIR_EE seisundihinnanguks **kesine** ning ITEM **hea**. Kokkuvõttes oli seisund siiski **kesine** (**hea** piiri lähedal).

4.3.3 Fütobentos

Tabel 20. Soolikaoja fütobentose kvaliteedinäitajad ja nende seisundihinnangud.

Seirekoht	ränivetikaindeksid			fübe_m	varasem fübe_m ÖKS
	IPS	WAT	100-TDI	ÖKS	
Kastani pst	15.3	14.1	44.9	0.76	puudub
ülalpool Tobia peakraavi	15.1	16.3	45.7	0.80	puudub
Roodevälja	15.7	16.1	46.7	0.81	puudub
Tõrremäe	13.8	14.4	44.0	0.74	0.83 (2016)

Kastani pst seirekohas oli **fübe_m** kolme indeksi alusel **hea** (tabel 20). Kõik kolm ränivetikaindeksist näitasid head seisundit. Kokku määrati 39 taksonit benthilisi ränivetikaid. Domineeris *Achnantheidium minutissimum* kompleks (26%). Arvukalt esinesid *Amphora pediculus* (24%) ja *Staurosirella pinnata* (14%). Võrreldava metoodika järgi ei ole varem selles seirekohas fütobentost uuritud.

Ülalpool Tobia peakraavi suubumist oli **fübe_m** kolme indeksi alusel **hea** (tabel 20). Kolmest ränivetikaindeksist näitasid IPS ja TDI head sesiundit ning WAT väga head seisundit. Kokku määrati 33 taksonit benthilisi ränivetikaid. Domineeris *Achnanthydium minutissimum* kompleks (41%). Arvukalt esines *Amphora pediculus* (22%). Võrreldava metoodika järgi ei ole varem selles seirekohas fütobentost uuritud.

Roodevälja seirekohas oli **fübe_m** kolme indeksi alusel **hea** (tabel 20). Kolmest ränivetikaindeksist näitasid IPS ja WAT väga head sesiundit ning TDI head seisundit. Kokku määrati 39 taksonit benthilisi ränivetikaid. Domineeris *Achnanthydium minutissimum* kompleks (41%). Arvukalt esines *Amphora pediculus* (19%). Võrreldava metoodika järgi ei ole varem selles seirekohas fütobentost uuritud.

Tõrremäe seirekohas oli **fübe_m** kolme indeksi alusel **hea** (tabel 20). Kõik kolm ränivetikaindeksist näitasid head seisundit. Kokku määrati 53 taksonit benthilisi ränivetikaid. Dominanti ei eristunud. Arvukalt olid esindatud *Achnanthydium minutissimum* kompleks (24%) ja *Amphora pediculus* (13%).

2010. ja 2013. aastal oli seisund Tõrremäe seirekohas ränivetikate alusel praegusele metoodikale ümberhinnatuna hea (fübe_m ÖKS vastavalt 0.76 ja 0.78) ja 2016. aastal väga hea (tabel 20) (EMÜ, 2010; EKUK, 2014 ja 2016).

2010. aastal domineeris *Achnanthydium minutissimum*, arvukalt esines *Amphora pediculus*. 2013. aastal domineeris *Amphora pediculus*, arvukalt esines *Achnanthydium minutissimum*. 2016. aastal domineerisid *Cocconeis placentula* ja *Achnanthydium minutissimum* (EMÜ, 2011; EKUK, 2014 ja 2016).

Fütobentose ja suurtaimestiku koondmäärangu alusel oli seisund **Tõrremäe** seirekohas **hea** (tabel 21).

Tabel 21. Soolikaoja suurtaimestiku ja fütobentose kvaliteedinäitajad ja seisundihinnangud.

	mafü indeksid		mafü_m	fübe_m ja mafü_m	varasem mafü_m	varasem fübe_m
Seirekoht	MIR_EE	ITEM	ÖKS	ÖKS	ÖKS	ja mafü_m ÖKS
Tõrremäe	35.28	6.41	0.637	0.69	puudub	puudub

4.3.4 Suurselgrootud

Tabel 22. Soolikaoja suurselgrootute kvaliteedinäitajad ja nende seisundihinnangud.

	põhjaloostastiku indeksid					suse_m	varasem
Seirekoht	T	EPT	H'	ASPT	DSFI	ÖKS	suse_m ÖKS
Kastani pst	41	8	3.41	4.72	4	0.64	puudub
ülalpool Tobia peakraavi	14	1	1.16	3.36	3	0.16	puudub
Roodevälja	28	8	0.74	4.63	4	0.48	puudub
Tõrremäe	25	9	2.73	4.94	4	0.60	0.52 (2016)

Kastani pst seirekohas oli **suse_m kesine** (tabel 22). Vool oli kiire, proovikoht asus lubja aluspõhjal. Arvukaim liik oli *Gammarus pulex* (30%). Arvukalt esinesid ka *Caenis horaria* ja *Asellus aquaticus*. DSFI esimese klassi võtmerühma liikidest leiti mardikalise *Limnius volckmari* üks isend.

Ülalpool Tobia peakraavi suubumist oli **suse_m väga halb** (tabel 22). Vool oli kiire, proovikoht asus lubjakivi aluspõhjal. Arvukaim liik oli *Gammarus pulex* (82%). Liike esines vähe. EPT liikidest leiti ainult üks *Cloeon sp* vastne. DSFI esimese klassi võtmerühma liike ei leitud. Proovikoht oli elupaigaliselt vaene: kunstlikus sängis voolava oja liivasel-klibusel põhjal esines vaid makrovetikaid. Kuna Soolikaoja pikkus truubi väljavoolust kuni Tobia peakraavi suubumiseni on ligikaudu 20 m, siis ei olnud sobivamat kohta proovi võtmiseks võimalik ka valida. Väga halb määrang põhjaloomastiku alusel iseloomustabki vaid seda oja lühikest lõiku.

Roodevälja seirekohas oli **suse_m kesine** (tabel 22). Vool oli kiire, proovikoht asus lubja aluspõhjal. Arvukaim liik oli *Gammarus pulex* (91%). DSFI esimese klassi võtmerühma liikidest leiti mardikalise *Limnius volckmari* üks isend.

Tõrremäe seirekohas oli **suse_m kesine** (tabel 22). Vool oli kiire, proovikoht asus lubja aluspõhjal. Varasematel aastatel on proovikoht põhja iseloomu alusel hinnatud aeglaseveeliseks (põhja katab liiv või muda). Seirekohas oli jõesäangi hiljuti süvendatud ja õgvendatud ning oja põhi oli kivine, mistõttu vool hinnati 2020. aastal kiireks.

Arvukaim liik oli *Gammarus pulex* (31%). Arvukalt esinesid ka *Potamopyrgus antipodarum* ja *Elmis aenea*. DSFI esimese klassi võtmerühma liike ei leitud.

2010. aastal oli seisund selles seirekohas hea (ÖKS suse_m 0.76). 2013. aastal oli seisund praegusele meetodikale ümberhinnatuna kesine (ÖKS suse_m 0.44), nagu ka 2016. aastal (tabel 22) (EKUK, 2014 ja 2016).

4.3.5 Ökoloogilise seisundi määrang

Ökoloogilise seisundi hinnangul lähtuti 16.04.2020 a. määrusega nr. 19 sätestatud korrast.

Tabel 23. Soolikaoja ÖSE kvaliteedielementide määrangud.

Seirekoht	FÜKE ÖKS	fübe_m ja mafü_m ÖKS	suse_m ÖKS	kala_m ÖKS	2020 ÖSE	2016 ÖSE [3]
Kastani pst	0.84	puudub	0.64	puudub	kesine	puudub
ülalpool Tobia peakraavi	0.60	puudub	0.16	puudub	väga halb	puudub
Roodevälja	0.72	puudub	0.48	puudub	kesine	puudub
Tõrremäe	0.64	0.69	0.60	0.67	kesine	kesine

Kastani pst, Roodevälja ja Tõrremäe seirekohas oli **ÖSE** hinnang **kesine**, kuna seisund FÜKE ja põhjaloomastiku alusel oli kesine. Seirekohas **ülalpool Tobia peakraavi** oli **ÖSE** hinnang **väga halb**, kuna seisund põhjaloomastiku põhjal oli väga halb (tabel 23).

Võrdlusandmeid varasemate aastate kohta on olemas üksnes **Tõrremäe** seirekohast.

2010. aastal oli ÖSE kesine, kuna FÜKE määrang oli kesine (EKUK, 2010). 2013. ja 2016. aastal oli ÖSE samuti kesine ja siis oli seisund kesine nii FÜKE, kui ka suse_m alusel (EKUK, 2014 ja 2016).

5 Soolikaoja koormuste ülevaade

Olulised veemajandusprobleemid on jaotatud kümnesse kategooriasse (Maves, 2019a), mille mõju omakorda on hinnatud kolmes kategoorias skaalal „Väga oluline“–„Oluline“–„Vähemoluline“.

Veemajanduskavade kontekstis jaotatakse koormused kolme suurde gruppi: a) punkt- ja hajukoormus, b) veevõtust tingitud koormus ja c) vee vooluhulga muutmisest või hüdro-morfoloogilisest kõrvalekaldest tingitud koormus. Need omakorda jagunevad veel 35 alamkategooriasse (Maves, 2019b).

Soolikaoja koormuste ülevaade on toodud tabelis 24.

Tabel 24. Soolikaoja koormuste kokkuvõte.

Koormuse kood VMK meetme-programmis	Koormus	Olulisus	Kommentaar
1	Punktkoormus		
1.1	reoveepuhastist	Väga oluline	
1.1.a	üle 2000 i.e. reoveekogumisalal olevast asula reoveepuhastist heitvee juhtimine vette	Väga oluline	Rakvere RVP-st tuleb ca 7 % N ja 15 % P-koormusest. Mõju alamjooksul lokaalne.
1.1.b	muust punktkoormusest, nt väikeasulast või väikeselt reoveekogumisalalt, mis võib põhjustada olulist mõju pinnavee seisundile. Heitvesi mis juhitakse suublasse väljalaskme kaudu, mis ei kuulu ühegi eelneva alla ning mis ei ole seotud üle 2000 ie reoveekogumisalaga	Väheoluline	Lepna reoveepuhasti, Rakvere piiritusetehase jahutusvesi.
1.2	sademevee ülevooludest ja sademevee väljalaskmetest. Erakorraliste või tavapärasest suuremate sademete korral reoveepuhastist mööda juhitud lahjendatud reo- ja sademevesi, et tagada reoveepuhasti töö. Samuti tavaliste sademevee väljalaskmete kaudu suublasse juhitud heitvesi	Oluline	2019.a. juhiti Soolikaoja nelja sademeveeväljalasu (LV285, LV286, LV284, LV287) kaudu 66 kgN/a ja 1 kgP/a (sademevee koormus oli alla 0,1 % valgala koormusest, kuid mõju on lokaalne). Soolikaoja kollektorisse juhitakse aga sadevett kuuest piirkonnast, mille tulemusena fosfori kontsentratsioon oli 08.07.2020 proovis 0,31 mgP/l (Süstatiigist 08.07.2020.a. pinnavett kollektorisse ei juhitud).
1.3	keskkonna kompleksloa alusel tegutsevast käitisest heitvee suublasse juhtimine	Väheoluline	LV961 kaudu juhiti Soolikaoja 2019.a. 2 644 m³/a.
1.4	muust käitisest, välja arvatud keskkonnakompleksloa alusel tegutsevast käitisest (va p 1.3). Mitte üle 2000 ie reoveekogumisalal oleva asulareovee puhastist ja mitte kompleksloa alusel tegutsevast käitisest tekkiv ning suublasse juhitud heitvesi (näiteks jahutusvesi, vesiviljeluse heitvesi, jt)	Teadmata	Piirkonnas asuvale seakasvatusele on väljastatud ainult veeluba L.VV/325990 veevõtuks (11 000 m³/a).
1.5	saastunud alad/mahajäetud tööstuspiirkonnad	Väga oluline	Soolikaoja põhjasetted on reostunud PAH-ide, naftasaaduste, Hg ning Pb-ga.
1.6	jäätmete ladustamisest/prügilast	Puudub	Heitveelasud puuduvad.

Koormuse kood VMK meetme-programmis	Koormus	Olulisus	Kommentaar
1.7	kaevandusest	Teadmata	Piirkonnas 8 kaevandust, info heitveelaskude kohta puudub. Võimalik mõju põhjavee reostumise kaudu.
1.8	kalakasvatused	Puudub	Kalakasvatuse piirkonnas ei ole.
1.9	muu punktkoormusallikas	Puudub	Koormust ei tuvastatud
2	Hajukoormus		
2.1	sademevee ülevoolust, juhul kui koormust ei ole võimalik täpsemate andmete puudumise tõttu punktkoormusena arvestada, või teedelt ja tänavatelt äravoolavast sademeveest	Oluline	Hinnanguliselt on sademevee koormus 3,2 tN/a ja 0,5 tP/a. Linn ja asulad (112) ning tööstus ja kaubandus (121) moodustavad Corine järgi 6,4% valgala pindalast.
2.2	põllumajandusest	Väga oluline	Hinnanguliselt pärineb 83 % lämmastiku- ning 70 % fosforikoormusest inimtekkelisest ärakandest (k.a. põllumajandus ning kanaliseerimata elanikkond)
2.2.a	põllumajandustegevuse tõttu pinnaveele avaldub koormus mitmesuguste ainete vette leostumise tõttu haritavalt maalt	Väga oluline	48,8 % valgala maakasutusest on seotud põllumajandusega.
2.2.b	loomakasvatushoonete (laudad, sõnnikuhoidlad) kasutamise tõttu neist tekkiv koormus võimalike lekete tõttu pinnavette	Teadmata	PRIA andmetel (2020) kasvatatakse Soolikaoja valgalal kaheistkümnnes ehitises kokku 475 veise, 21 lammast, 11 kitse ning 4753 siga. Lisaks on valgalal ka kümme ehitist, kus peetakse eesleid, hobuseid, kanu ja parte. Viimaste puhul ei ole loomade arvu täpsustatud.
2.2.c	põllumajandustegevuse tõttu pinnaveele avaldub koormus mitmesuguste ainete edasikandumise tõttu kuivendussüsteemide kaudu	Teadmata	Põllumajanduse mõju pinnaveele avaldub põhjavee reostumise kaudu.
2.2.d	väetiste kasutamisel pinnaveele avaldub koormus, mis tekib leostunud väetise edasikandumise tõttu kuivendussüsteemide kaudu	Teadmata	Põllumajanduse mõju pinnaveele avaldub põhjavee reostumise kaudu.
2.2.d.1	mineraalväetise kasutus	Teadmata	Täpsed andmed väetiste kasutamise kohta puuduvad.
2.2.d.2	orgaanilise väetise kasutus	Väga oluline	Vedelsõnniku laotamisplaan taotluse nr 3648 kohaselt laotati Soolikaoja valgalal veiste vedelsõnnikut 2020.a. 84 169 t/a (261 tN/a ja 36,2 tP/a) ning 2019.a. (taotlus nr 530) 80 307 t/a vedelsõnnikut (257 tN/a ja 44,2 tP/a). 2020.a. laotati vedelsõnnikuga toitaineid põllule keskmiselt 120 kgN/ha ja 17 kgP/ha.
2.3	metsamajandusega seotud tegevuste tõttu pinnaveele avaldub koormus mitmesuguste ainete edasikandumise tõttu metsakuivendussüsteemide kaudu	Teadmata	Põllumajanduse mõju pinnaveele avaldub põhjavee reostumise kaudu.
2.4	kanalisatsiooniga ühendamata - heidetest olmereovee kogumise või töötlemisega seotud rajatistest piirkondades, kus puudub reoveekogumissüsteem, näiteks tekivad lekkes septikutest jms	Oluline	Maksimaalne kanaliseerimata elanikkonna poolt tekitatav koormus Soolikaoja valgalal on 345 kgP/a ja 4 600 kgN/a (sh liitumata linnaelanike poolt jõuab Soolikaoja hinnanguliselt 2 280 kgN/a ja 132 kgP/a).

Koormuse kood VMK meetme-programmis	Koormus	Olulisus	Kommentaar
2.5	transpordivahenditest ning transpordivahenditega seotud infrastruktuuridest pärinevast koormusest, sh laevadelt, rongidelt, autodelt, lennukitelt ning nendega seotud, kuid linnapiirkonnast väljaspool asuvatest infrastruktuuridest lähtuvast koormusest	Teadmata	Olulisus teadmata.
2.6	koormus, mis avaldub endistest tööstusala-dest või endiste tööstusobjektide tõttu tekkinud reostuse tõttu (ainete ärakanne tööstusala-lt, ainete leostumine vette, ainete eraldumine setetest veekogusse, jms)	Väga oluline	Valgalal on 7 jääkreostusobjekti, mis on arvele võetud keskkonnaregistris, neist 2 on teadaolevalt ohutustatud. Lisaks tuli uuringu käigus välja kolm seni arvele võtmata reostuskollet.
2.7	atmosfäärist	Puudub	Atmosfäärise koormuse osakaal < 1 %.
2.8	muu hajukoormus	Teadmata	Koormust ei tuvastatud
3	Veevõttust tingitud koormus		
3.1	niisutuseks - põllumajandustegevuse tõttu tekkivast koormusest, sh niisutuseks kasutatav vesi	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.2	ühisveevärgi jaoks - ühisveevärgi tarbeks võetava vee tõttu tekkivast koormusest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.3	tootmiseks - tööstuse tõttu tekkivast koormusest	Oluline	L.VV/328009 alusel on lubatud pinnavee veevõtt 196 000 m³/a.
3.4	elektrienergia tootmiseks (sh jahutusvesi) - elektri tootmise tarbeks võetava jahutusvee tõttu tekkivast koormusest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.5	veevõtt kalakasvanduste tarbeks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.6	veevõttust hüdroenergia tootmise tarbeks, kuid mitte jahutusveeks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.7	veevõtt maaapealsete kaevanduste tarbeks (karjäärid, avatud kivisöe kaevandused)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.8	veevõtt navigatsiooni tarbeks, näiteks laevatatavate veekogude jaoks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.9	veevõtt vee edasikandmiseks eri otstarbel (vee mujale juhtimine)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
3.10	muu veevõtt	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4	Vee vooluhulga muutmisest või hüdro-morfoloogilisest kõrvalekaldest tingitud koormus		
4.1	üleujutuse kaitse tamm, kanal, piire	Väga oluline	Süstatiigi "nutikas" truup üleujutuste vältimiseks.
4.2	koormus, mis avaldub pinnaveele hüdroenergia tootmise tagajärjel maismaa pinnaveekogus tekkinud vooluhulga muutuste tõttu	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.2.a	koormus, mis avaldub pinnaveele hüdroenergia tootmise tagajärjel maismaa pinnaveekogus tekkinud vooluhulga muutuste tõttu lõhejõgedel	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.2.b	koormus, mis avaldub pinnaveele hüdroenergia tootmise tagajärjel maismaa pinnaveekogus tekkinud vooluhulga muutuste tõttu mitte lõhejõgedel	Puudub	Koormust ei tuvastatud

Koormuse kood VMK meetme-programmis	Koormus	Olulisus	Kommentaar
4.3	koormus, mis avaldub pinnaveele vee vooluhulkade muutumise tagajärjel, mis on vajalik veevarustuse reservuaaris piisava koguse vee olemasolu tagamiseks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.4	paisrajatised	Oluline	Piirkonnas kokku 13 paisu (08.10.2020 seisuga).
4.4.a	muud paisud ja veekogu tõkestamine rekreatsiooni eesmärgil	Oluline	Piirkonnas 8 paisu.
4.4.b	muud paisud ja veekogu tõkestamine niisutusvee saamiseks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.4.c	muud paisud ja veekogu tõkestamine tööstuse tarbeks	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.5	koprapiisud - kopraste tegevuse tõttu pinnaveekogudel	Oluline	Piirkonnas 5 paisu (08.10.2020 seisuga).
4.6	vee kõrvalejuhtimisest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.7	veesiirdest ühest valgalast teise	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.8	vesiviljelusest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.9	koormus, mis avaldub pinnaveele põhjavee toitmise tagajärjel tekkinud muutuste tõttu maismaa pinnaveekogu vooluhulgas	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.1	veekogu kalda aladelt pinnasevee vaba liikumise takistamine (land sealing in riparian area/zones and flood plains)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
4.11	muu vee vooluhulga muutmisest või hüdro-morfoloogilisest kõrvalkaldest tingitud koormus	Puudub	Koormust ei tuvastatud
5	Vooluveekogude kasutamisel avalduv koormus		
5.1	põllumajanduslikud keskkonnaprojektid - põllumajanduse eesmärkidel	Teadmata	Koormust ei tuvastatud
5.2	infrastruktuur - Infrastruktuuride ehitusest (teede/sildade ehitus)	Teadmata	Koormust ei tuvastatud
5.3	süvendamine	Teadmata	Rakvere LV on hooldustööde käigus puhastanud paisjärvi setetest.
5.4	füüsiliste omaduste muutmisest ja kanalite tegemisest	Väga oluline	Soolikaoja on keskjooksul kanaliseeritud ning alamjooksul kahel lõigul looduslikust sängist eemale juhitud tänu kuivenduskraavide süvendamisele.
5.5	Insenertehnilised tegevused	Puudub	Koormust ei tuvastatud
5.6	kalapüügi suurendamisest (<i>fisheries enhancement</i>)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
5.7	muu vooluveekogude kasutamisel avalduv koormus	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6	Siirde- või rannikuvee kasutamisel avalduv koormus		
6.1	mererajatisest, laevatehasest, sadamatest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6.2	lainete, üleujutuste tõkestamine - tõkestusrajatisest, mis on rajatud tõusulainete tõkestamiseks, sh üleujutuste eest kaitsmiseks.	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6.3	suudmeala / rannikualade süvendamisest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6.4	maaparandusest ja poldritest	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6.5	rannikuala täitmine liivaga (ohutuse tagamiseks)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
6.6	muu siirde- ja rannikuvee kasutamisel avalduv koormus	Puudub	Koormust ei tuvastatud
7	Võõrliigid/kasvandused		

Koormuse kood VMK meetme-programmis	Koormus	Olulisus	Kommentaar
7.1	sissetoodud võõrliigid ja haigused	Puudub	Koormust ei tuvastatud
7.2	veekogu vaesumine, floora/fauna eemaldamine (tööstuslik kalandus, rekreatsioon/sport, tööstuslik taimestiku kogumine/eemaldamine)	Puudub	Koormust ei tuvastatud
8	Muu koormus		
8.1	koormus ebaselge	Puudub	Koormust ei tuvastatud
8.2	veekogu kasutamisest rekreatsiooni eesmärgil tingitud koormus	Puudub	Koormust ei tuvastatud
8.3	ohtlikud ained	Väga oluline	Soolikaoja põhjasetted on reostunud PAH-ide, naftasaaduste, Hg ning Pb-ga.

6 Soolikaojale rakendatud meetmed

Veemajanduskava 2015-2021 meetmeprogrammis oli Soolikaoja valgalale kavandatud 19 pinnavee meetet ning 21 põhjavee meetet. Valdav osa meetmetest on suunatud eelkõige reostuse ennetamisele, kuid tehti ka mõningaid praktilisi tegevusi. Keskkonnaameti koostatud ülevaate kohaselt (Keskkonnaamet, 2020) on kuue pinnavee meetme ning kuue põhjavee meetme rakendamine kas alustamata või pooleli (mitmed neist on LIFE IP CleanEST tegevused). Ülejäänud meetmed on rakendatud (vt tabel 25).

Tabel 25. Meetmete rakendamine Soolikaoja valgalal (Keskkonnaamet, 2020)

Oluline koorumus	Meetme kood	Meetme liigitus	Põhimeede/ täiendav meede	Tegelik rakendaja	Staatus	Algus	Lõpp	Selgitus
9	19	20	21	24	25	26	27	28
1.1.a.	PRV01	Administratiivne	Keskkonnaloa tingimuste üle vaatamine ning asjakohasusel veeseaduse § 24 kohaste tingimuste (sõltuvalt veekogumist kuni 30% rangemate nõuete) seadmine > 2000 ie reoveepuhastil	KeA	Rakendatud	2018	2019	Veeluba üle vaadatud, rangemaid nõudeid ei seatud.
1.1.a.	PRV02	Administratiivne	Järelevalve õigusaktide nõuete ja loa tingimuste täitmise üle > 2000 ie reoveepuhastil	KKI	Rakendatud		2020	Kontrollitud, tehtud märkused piirdeaia ja reoveepäeviku puudumise kohta.
1.1.a.	PRV03	Tehniline	Üle 2000 ie reoveepuhasti heitvee väljalasu seatud nõuetega (nii väljalasu kui suubla vee kvaliteedi tagamine) vastavusse viimine	KeA	Hinnatud, meede ei ole vajalik		2019	Vee erikasutaja tegevus vastab loa nõuetele.
1.4.	PRV09	Administratiivne	Täiendav järelevalve õigusaktide nõuete ja vee-erikasutusloa tingimuste täitmise üle (heitvee väljalask)	KKI	Rakendatud		2018	Kontrollitud, vastab nõuetele.

Oluline koorumus	Meetme kood	Meetmeliigitus	Põhimeede/ täiendav meede	Tegelik raken-daja	Staatuse	Algus	Lõpp	Selgitus
2.2.a	HPM05	Nõustamine	Toitainete bilansi koostamise alane nõustamine põllumajandustootjatele	MeM	Pooleli	2017		MeM-is töötatakse välja algoritmi ja sisu. Töövahendit veel ei ole.
2.2.a	HPM13	Tehniline	Talvine taimkate haritaval maal	maa-kasutajad	Rakendatud		2018; 2019	Sellel valgalal on antud keskkonnasõbraliku majandamise toetust. Taotlused on aastapõhised. Üldjuhul taotletakse toetust igal aastal.
2.2.a	HPM14	Tehniline	Viljavahelduse jälgimine haritaval maal	maa-kasutajad	Rakendatud		2018; 2019	Sellel valgalal on antud keskkonnasõbraliku majandamise toetust. Taotlused on aastapõhised. Üldjuhul taotletakse toetust igal aastal.
2.2.b	HLK06	Administratiivne	Täiendav keskkonnanõuete (pinna- ja põhjavee kaitse meetmed) täitmise järelevalve loomakasvatushoonetes	KKI	Rakendatud		2018	Kontrollitud, vastab nõuetele.
2.2.b	HLK01	Administratiivne	Sõnnikuhoidlate olemasolu ja keskkonnanõuetele vastavuse kontroll	KKI	Rakendatud		2018	Kontrollitud, vastab nõuetele.
2.2.b	HLK03	Nõustamine	Loomapidajate nõustamine teadlikkuse tõstmiseks ja keskkonnasäästliku tootmise edendamiseks (s.h hea põllumajandustava juurutamiseks)	EPKK, Tartumaa Põllumeeste liit	Rakendatud	2018	2019	2018.a Veeseaduse infopäevad põllumeestele Kärulas, Pärnus, Sakus, Jõgeval, Viljandis. Kaks väetusplaani koostamise koolitust põllumeestele. 2019.a 13 põllumajandustootjatele suunatud seminari/koolitust (sh ettekande tegemine üritusel) seoses veeseaduse ja määruste muutumisega.

Oluline koorumus	Meetme kood	Meetmeliigitus	Põhimeede/ täiendav meede	Tegelik raken-daja	Staatust	Algus	Lõpp	Selgitus
2.2.c	HPK01	Tehniline	Eesvoolude hoiutööd (voolutakistuste eemaldamine, voolusängide puhastamine ristust ja settest, eesvoolude kallaste korrashoid)	PMA	Rakendatud	2017	2017	Tobia peakraavi võsa, voolutakistuste, koprapaisude (3) ja sette eemaldamine piketidel 2,11-2,99 (0,88 km)
2.2.c	HPK02	Tehniline	Eesvooludel kavandatud keskkonnameetmete (settebasseinid, lodud) rajamine põllumajandusmaal					
2.4.	HKÜ01	Administratiivne	Nõuetele mittevastavate heitvee väljalaskude kindlakstegemine, loastamise või likvideerimise nõuete seadmine		Pooleli	2020		Kuulub valimisse ja kontrollitakse Life IP CleanEST projekti raames.
2.4.	HKÜ02	Administratiivne	Reovee kohtkäitluse eeskirja koostamine ja kehtestamine	KOV	Rakendatud osaliselt		2017	Rakvere linnas eeskiri olemas, uuel Rakvere vallal puudub (viidatakse seni kehtivatele Rakvere ja Sõmeru valla eeskirjadele).
2.4.	HKÜ03	Administratiivne	Reovee kohtkäitluse eeskirja täitmise järelevalve	KOV; KeA	Rakendatud/ Pidev	2019		Järelevalve vastavalt kaebustele, pistelise kontrollina. 2019: Life IP CleanEST projekti raames nõustatakse KOV-isid reovee kohtkäitluse eeskirja järelevalve ja nõusetekohase reovee käitluse teemal.
2.4.	HKÜ04	Nõustamine	Nõustamine nõuetekohaseks reovee käitluseks	KeA, KeM	Rakendatud; Pooleli	2016; 2019	2017	15.08.2017 Pärnus, 16.08.2017 Tallinnas ja 23.08.2017 Tartus infopäev. 2019: 2019: Life IP CleanEST projekti raames nõustatakse KOV-isid reovee kohtkäitluse eeskirja järelevalve

Oluline koorumus	Meetme kood	Meetmeliigitus	Põhimeede/ täiendav meede	Tegelik raken-daja	Staatuse	Algus	Lõpp	Selgitus
								ja nõusetekohase reovee käitluse teemal.
2.4.	HKÜ05	Administratiivne	Järelevalve veeseaduse § 24 nõuete (reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasde juhtimise nõuded) täitmise üle		Pooleli	2020		Kuulub valimisse ja kontrollitakse Life IP CleanEST projekti raames.
2.4.	HKÜ06	Tehniline	Reovee kohtkäitluse korrastamine (reovee kogumine või väikepuhasti rajamine toitainete koormuse vähendamiseks)	omanik	Rakendatud	2018	2018	
4.4.	VHP01	Administratiivne	Täiendav järelevalve ja ettekirjutused ebaseadusliku tegevuse lõpetamiseks ja kalade läbipääsu tagamiseks (loastamata tõkestusrajatis)	KeA	Rakendatud		2018	KeA otsus 14-6/18/12631-5 vee erikasutusloa mittevajalikkuse kohta.

Tabeli 25 kõrvutamisel nii uuringutulemuste kui ka NTA põhjaveeseirega ilmneb, et kuigi 14 pinnavee ning 16 põhjavee meetet on suunatud toitainete hajukoormuse vähendamiseks, on nitraatide sisaldus aja jooksul põhjavees ning põhjaveetoitelises¹⁰ Soolikaojas pigem kasvanud (muutust Soolikaoja toitainete sisalduses saab näha ka tabelitest 1-5 ja 11). Sarnast lämmastikusisalduste kasvutrendi põhjavees täheldati ka TalTech (2020) uuringus.

¹⁰ Võttes aluseks Vallneri 1970.a. koostatud kaardid põhjaveetoitelisuse kohta, saab järeldada, et oja vooluhulgast (169-823 l/s uuringuperioodil) moodustab põhjavee äravool (tulenevalt sademete hulgast) Soolikaoja suudmepiirkonnas 158-249 l/s.

7 Looduslähedaste puhastusmeetmete katsetamine nende sobivuse väljaselgitamiseks

Rakvere paikneb nitraaditundlikul alal ning Soolikaoja nitraadireostus pärineb põhjaveest (oja on 30...90 % ulatuses põhjavee toiteline). Nitraaditundlikule alale on hajureostuse ohjamiseks varasemalt rakendatud erinevaid meetmeid (vt ptk 6 ja NTA tegevuskava aastani 2012¹¹ ja 2016-2020¹²), kuid nende tulemuslikkust nitraadireostuse ohjamisel on hinnatud senini pigem puudulikuks – nitraadireostus ei ole vähenenud (Maves AS, 2014; ELLE, 2020).

Tehniliste meetmete kavandamisel muutub üheks oluliseks piiravaks teguriks oja paiknemine linnaruumis. Kuigi ajalooliselt on Soolikaoja voolusäng olnud Rakverest lõuna suunas¹³ ligikaudu 10 km võrra pikem, saab oja tänapäeval alguse linna piirest, mis omakorda tähendab, et ruumi oja ümbruses on väga vähe ning (tehniliste) meetmete valik on selle võrra juba piiratud.

Sellest johtuvalt tuleb pigem eelistada *in situ* tervendamismeetodeid. Bioremediatsioon on saasteainete elimineerimine keskkonnast mikroorganismide või taimede abil (ITRC, 2009). Võttes arvesse Soolikaoja suurt toitainete sisaldust ning tõika, et Soolikaoja põhjasetted on suutelised nitraate pinnaveest küllaltki edukalt ärastama (vt ptk 4.1.2), on kõige mõistlikum pinnavee kvaliteedi parendamiseks kasutada märgalapuhastuses levinud võtteid (Donoso *et al.* 2017; Greipsson, 2011; ITRC, 2009; Masters, 2020; Veeart, 2011; Wang, 2020).

Võttes arvesse linnaruumist tulenevaid piiranguid tasub oja ülemjooksul Süstatiigi, Allika pargi ning Supeluse pargi paisjärvede puhul kaaluda kombineeritud lähenemist, mis hõlmab endas nii ujuvsaarte (ptk 7.1.1) kui ka denitrifikatsioonifiltrite (ptk 7.1.2) kasutamist. Oja alamjooksul, kus ruumi ehitustöödeks on rohkem, on mõistlik kasutada võtteid isepuhastusvõime suurendamiseks (vt ptk 7.1.3). Lisaks kaaluti võimaliku meetmena eutrofeerumise kontrolli alla saamiseks odra põhu lisamist (ptk 7.1.4).

7.1 Ujuvsaared

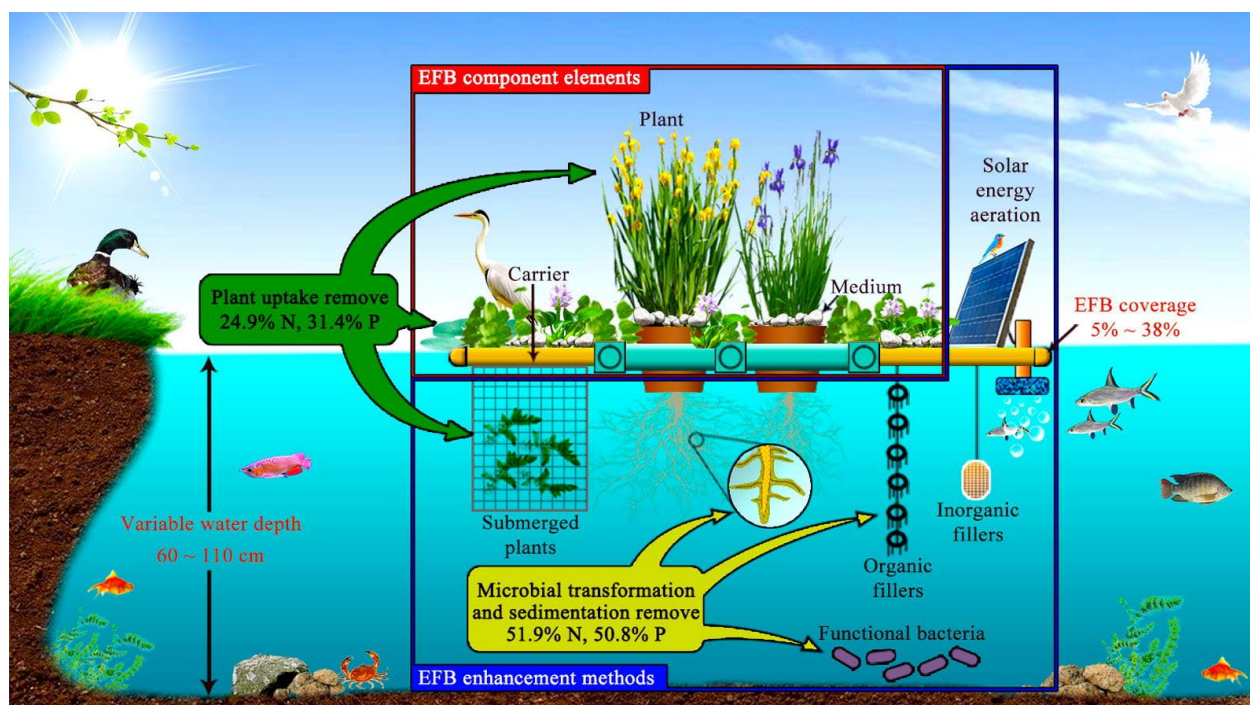
Ujuvsaared tehakse kergest ujuvmaterjalist (nt kookosmatt, puitsõrestik), ning nad hulbivad vabalt veepinnal ning tõusevad-laskuvad veetaseme muutudes. Ujuvsaared võivad olla mitmesuguse kujuga

¹¹ <https://envir.ee/media/863/download>

¹² <https://envir.ee/media/861/download>

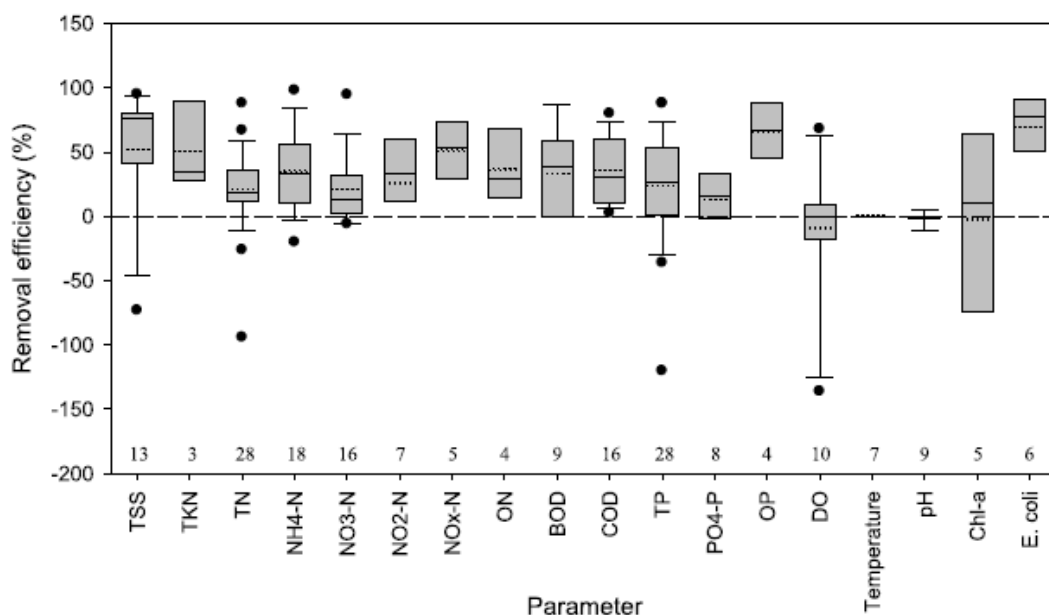
¹³ Maa-ameti ajalooliste kaartide kohaselt (EV topo 50T, 1935-1939) sai Soolikaoja alguse lõuna suunas Mäetaguse talu (XY: 6571688.42, 633740.95) juurest. Vt ka <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/ajalooline>

ja suurusega, sõltuvalt sellest millised on selle eesmärgid (Heinla, 2006). Taimse biomassi regulaarne koristamine ja ümberistutamine tagab saasteainete tõhusa eemaldamise ökosüsteemist, katkestades toitaineringe ja energivoolu (Bi *et al.*, 2019). Lisaks saasteainete omastamisele taimedes kogub risosfääri pinnale tekkiv biokile saasteaineid oma biomassi või muundab saasteained väliste ensümaatiliste protsesside kaudu ühenditeks, mida taimed võivad omastada (Bi *et al.*, 2019). Hõljuvained eemaldatakse efektiivselt settimise ja filtreerimise teel risosfääris.



Joonis 14. Pinnavee puhastamiseks kasutatav ujusaar (Wang *et al.*, 2020)

Ujuvsaarte disain (ja nende tõhusus) sõltub paljuski eesmärgist, milleks neid kasutatakse. Suured seisvad veekogud, mille saasteainete kontsentratsioon on suhteliselt madal, võivad suurte vihmade ajal kannatada saasteainete ootamatu lisandumise tõttu. Siin saab ujusaaari kasutada veekogu stabiliseerimiseks nende kõikumiste vastu ja sageli piisab tavapärase kujunduse valimisest kohalike mitmeaastaste taimeliikidega (Bi *et al.*, 2019). Kunstlike biokilekandjate lisamine suurendab veelgi saasteainete eemaldamise määra. Jõgedes ja kanalisatsioonis, kus (hüdrauliline viibeag ja) saasteainetega kokkupuuteaeg on lühem ning osakesed hõljuvad kauem kui seisvates veekogudes, võib suur kokkupuutepind võimaldada lühemat kokkupuuteaega (Tanner ja Headley, 2011). Seetõttu parandab suure risosfääri ja peene juurega taimede valimine või kunstlike biokilekandjate lisamine saasteainete eemaldamise määra. Joonisel 15 on toodud erinevate saasteainete eemaldamise efektiivsused.



Joonis 15. Saasteainete eemaldamise tõhusus ujuvsaarte abil (Bi et al., 2019 – number joonise all näitab artiklite arvu, kust info pärineb)

Kuigi ujuvsaarte abil ei pruugi olla nitraatide eemaldamine veest väga tõhus (joonis 15), on lahendus olnud küllaltki edukas muude toitainete eemaldamisel. See tähendab, et kombineerides ujuvsaari muude meetoditega (nt denitrifikatsioonifilter), on võimalik ka maandada ohte, mis võivad esile kerkida liiga eduka denitrifikatsiooni toimumisega (fosfaatide vabanemine), sest saartel kasvav taimestik tarbib veest fosfaate (Bi et al., 2019). Lisaks tagavad ujuvsaared elurikkust soodustava elupaiga ja varjutavad vett, mis aitab reguleerida vee temperatuuri ja piirata päikesevalguse hulka vetikate ulatuslikuks kasvuks (Bi et al., 2019).

Tabel 26. Ujuvsaarte eelised ja puudused (Rozkošný et al., 2014)

Eelised	Puudused
- Keskondlik ja looduslik iseloom; - Võimalik kujundada esteetiliselt lahendusi; - Ei pea kartma ummistumisi; - See haarab lahustumatuid aineid, mis suures koguses langevad põhja; - Ammoniaagi, nitraadi, nitriti ja lämmastiku oluliselt parem eemaldamine on võimalik vahelduvate sektsioonide abil ujuvate taimedega ja ilma; - Taimedega kaetud veetase takistab vetikate kasvu vees - taimed takistavad päikesevalguse tungimist vee alla.	- Kui juurte kasvuprotsess ei ole piisav, ei ole puhastusefektiivsus rahuldav; - Vabalt hõljuvate taimede puhul on taimede ühtlane jaotumine veepinnal vajalikul alal keeruline; - Talvisel ajal väheneb puhastusvõime, juured külmuvad ning taimestik ei aita puhastusprotsessile kaasa - Liigne biomass tuleb eemaldada, et vältida toitainete vabanemist vette

Ujuvsaarte katsetamiseks paigaldati ajavahemikus 04.-08. juuni 2021.a. Soolikaoja ülemjooksule Rakvere linna Kirikuaia (3 ristküliku kujulist saart kogupindalaga 18 m²), Supeluse (5 kaheksanurkset saart kogupindalaga 96,5 m²) ning Allika parkide (3 kaheksanurkset saart kogupindalaga 57,9 m²) paisjärvedele kokku 11 ujuvsaart, mille kogupindala on 172,4 m².



Foto 10. Ujuvsaarte paigaldamine

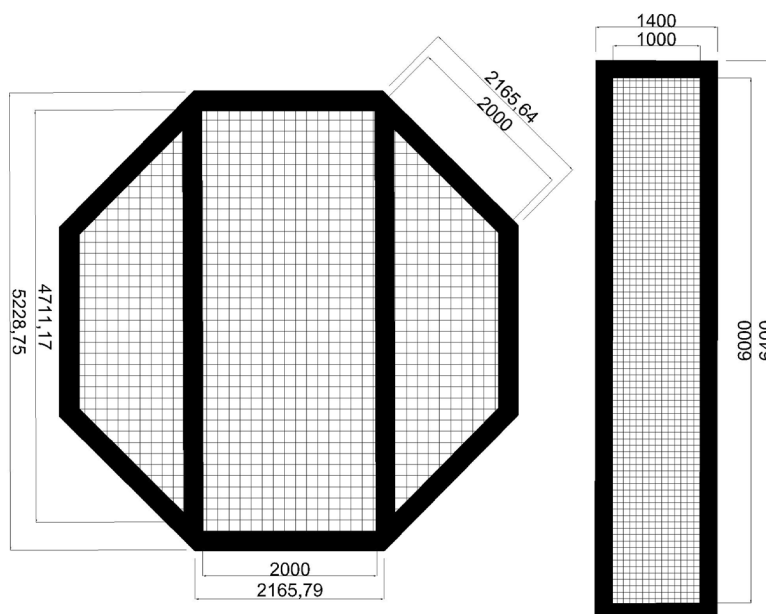
Ujuvsaarte raam ehitati 200 mm PEM torudest (vt joonis 16). Ujuvsaare kasulik pindala ehk taimedega kaetav ala on ristküliku kujulistel saartel 6 m² ning kaheksanurksetel saartel a' 19,3 m². Saare põhjaks kasutati kaubandusest kättesaadavat¹⁴ metallvõrku, mis kinnitati torudest moodustatud serva külge. Taimede kindlustamiseks ja kasvupinnase loomikseks asetati võrgule kookosmatt ja kivivill.

Ujuvsaarte taimed valiti sellised vee- ja kaldataimed, mis tarbivad nitraate. Taimede valikul võeti arvesse ka nende juurte eeldatavat pikkust (vältimaks olukorda, kus juured ulatuvad põhjani ning hakkavad põhjaseteid üles keerutama). Ujuvsaartele istutati järgmisi taimi:

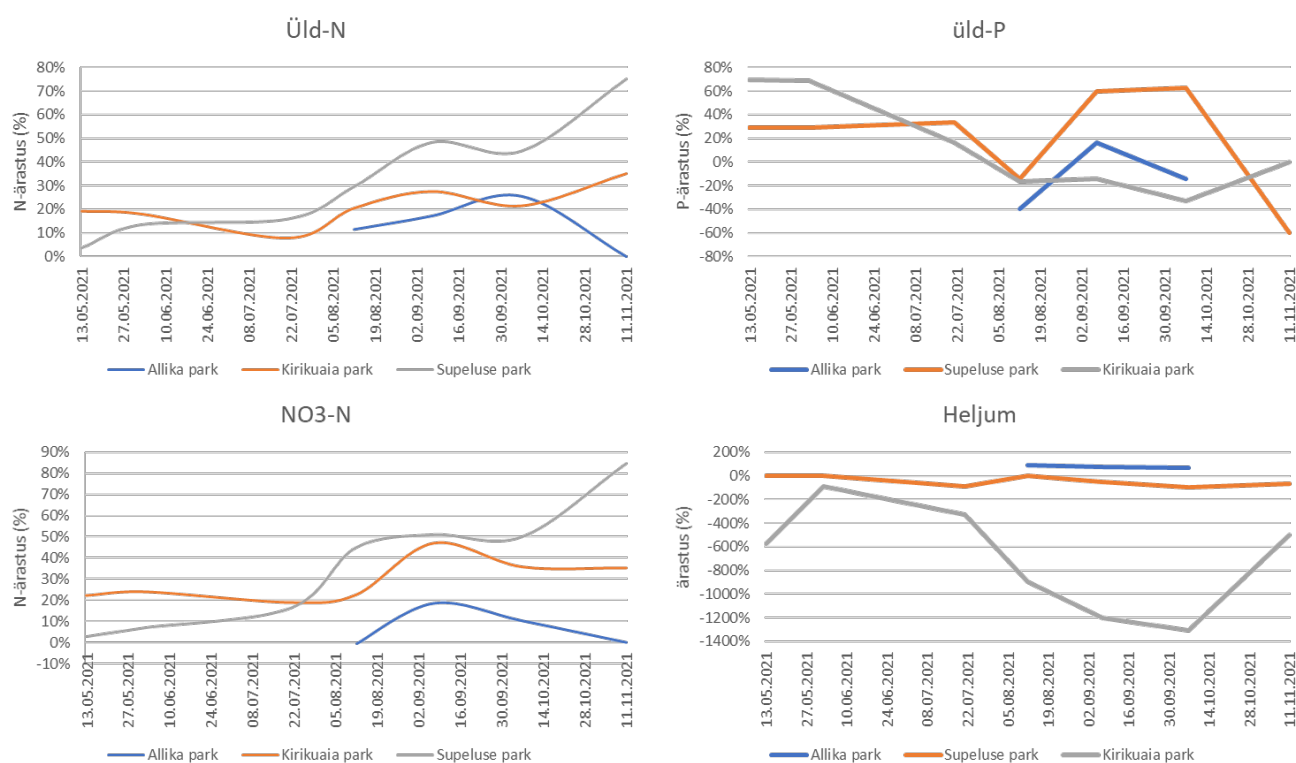
- *Eriophorum angustifolium*
- *Typha gracilis*
- *Typha minima*
- *Iris pseudacorus* 'Variegata'
- *Juncus effusus* 'Spiralis'
- *Pontederia cordata* 'White Spike'
- *Iris sibirica* 'Blue King'
- *Iris sibirica* 'Weisser Orient'

Taimed istutati kivivilla sisse nii, et juurestik ulatuks vette.

¹⁴ Ujuvsaarte rajamine sattus aega, mil oli ehitusmaterjalide kättesaadavus tänu COVID-19 piirangutele oluliselt raskendatud



Joonis 16. Ujuvsaarte konstruktsioon



Joonis 17. Ujuvsaarte tõhususe hinnang 2021.a. võib olla eksitav, sest saartel ei olnud taimestik veel välja kujunenud ning ei ole võimalik hinnata nende puhastusvõimet.

Paraku ei ole võimalik käesoleva aruande kirjutamise ajal veel hinnata ujuvsaarte tõhusust pinnavee puhastamisel, sest tänu suhteliselt hilisele paigaldamisajale (vegetatsiooniperioodi algusest oli möödunud ca 3 kuud) ei jõudnud valdaval osal saartest korralik taimestik välja kujuneda. Joonisel 17 on kujutatud mõningate toitainete eemaldamise tõhusused paisjärvedes, kuhu ujuvsaared paigaldati.

Jooniselt on näha küll lämmastikuühendite vähenemist, kuid see võib olla osaliselt põhjustatud ka paisjärvede põhjasetetes toimuvast denitrifikatsioonist. Fosfori ning heljumi sisalduste suurenemine on suuresti seotud aga suvise vetikate vohamisega.

Ujuvsaarte tõhususele saab anda parema hinnangu 2022.a. seire tulemustele põhinedes.

7.2 Denitrifikatsioonibarjääride kasutuselevõtt nitraadikoormuse vähendamiseks.

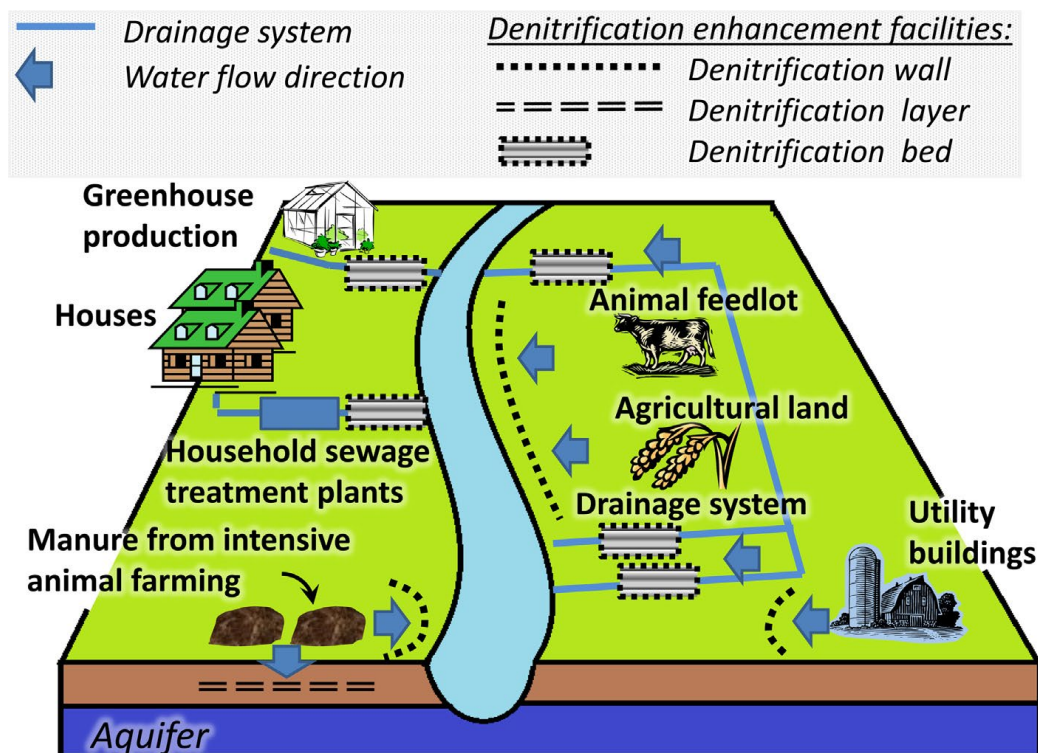
Kuigi denitrifikatsiooni suurendab looduskeskkonnas leiduv süsinik, saab seda täiendavalt lisada ka väliste süsinikuallikate kasutuselevõtu abil (Bedarnek *et al.*, 2014; Lopez-Ponnada *et al.*, 2017; Schmidt ja Clark, 2012). Maismaakeskkonnas võib seda saada looduslikest allikatest (nt, õled multš, saepuru, hakkepuut) või tehislikust lisamisest (nt, metanool, etanool). Üks maapinnalähedases põhjavees denitrifitseerimisprotsessi tõhustamise meetoditest on tänapäeval üha enam populaarsust kogunud süsinikurikaste denitrifikatsioonibarjääride ehitamine (Bedarnek *et al.*, 2014).

Põhjavees lahustunud lämmastikuühendid võivad sattuda pinnavett läbi maapinna äravooluprotsesside. Seal toimub setetes looduslik denitrifikatsioon, kuid see ei suuda üleliigseid lämmastikuühendeid täielikult eemaldada. Ainult rannikualade üleujutused, ajutiselt üleujutatud lammid ja kaldapiirkonnad võivad mõjutada denitrifikatsiooni protsessi orgaanilise aine suurema kogunemise, süsinikuallika ja anaeroobsete tingimuste laiendamise kaudu (Bedarnek *et al.*, 2014).

Seetõttu on pinnaveekogumite eutrofeerumise eest kaitsmise üheks strateegiaks denitrifikatsiooniprotsessi tõhustamine valgalas, et minimeerida veekogudesse leostuvaid toitaineid (Bedarnek *et al.*, 2014; Schipper *et al.*, 2010).

Võimalikud lahendused on järgnevad (Bedarnek *et al.*, 2014; Schipper *et al.*, 2010):

- **Denitrifikatsiooniseinad** - ehitatud süsinikurikastest materjalidest ja paigutatud vertikaalselt maapinnalähedasse põhjavette, risti voolu suunaga (nt, põllu ja kuivenduskraavi vahele);
- **Denitrifikatsioonipeenrad** - süsinikurikka materjaliga täidetud mahutid;
- **Denitrifikatsioonikihid** - süsinikurikkad horisontaalsed materjalikihid;
- **Pinnavette paigaldatavad denitrifikatsioonireaktorid** - veekogu põhja paigaldatud tahke süsinikurikka materjaliga mahuti.



Joonis 18. Denitrifikatsioonibarjääride soovitatav rakendamine valgalal (Bedarnek et al., 2014).

Bedarnek et al. (2014) pakkus välja optimaalse kontseptsiooni, kuidas pinnavee valgaladel denitrifikatsioonibarjääre rakendada (vt joonis 15). Nimetatud lahenduste suurimaks eeliseks on lämmastiku eemaldamise madal hind. Denitrifikatsiooniseina materjalide ja ehituse maksumus oli umbes 20 000 USD (Schmidt ja Clark, 2012). Eeldades, et konservatiivne eluiga on 15 aastat ja et nitraatide eemaldamise määr, mis on mõõdetud 1 aasta pärast paigaldamist, jääb stabiilseks, oleks N eemaldamise hind 15-aastase perioodi jooksul 0,79 USD/kgN (Schmidt ja Clark, 2012). Bedarnek et al. (2014) kohaselt on N-ärastuse maksumus suurem muude puhastussüsteemide puhul – nt, olmereovee puhastamine (40 USD /kgN), märgalad (3,26–8,90 USD/kg N), kalda puhvrivöönd (26 USD/kgN) ja muud bioreaktorid (2,39–15,17 USD/kgN).

Schmidt ja Clark (2012) näitasid, et vooluveekoguga külgnevate denitrifikatsiooniseinte paigaldamine võimaldab põhjavee lämmastikusisalduse vähenemist enne tundlike pinnaveekogudeni jõudmist. Ehkki sein hõlmas nende uuringus ainult 10–11% kogu uuritava perimeetri servast, vähenes kogu N-koormus 65% võrra. Arvestama peab aga, et paigaldamisjärgselt võib pinnavees suurened lühiajaliselt BHT ja KHT sisaldused tänu C-leostumisele.

Tabel 27. Denitrifikatsioonibarjääride eelised ja puudused (Bedarnek et al., 2014).

Eelised	Puudused
• Neid on võimalik paigutada maastikule sõltuvalt saasteallikast ja selle suuruselt; • Erinevaid kergesti kättesaadavaid kohalikke materjale saab kasutada süsinikuallikana;	• Mitte kõik denitrifitseerivate materjalidena kasutatavad süsinikuallikad ei anna pikaajalist mõju. On vaja täiendavaid uuringuid, millised

Eelised	Puudused
• Minimaalne sekkumine maastikku, kui kasutatakse õiget kujundust; • Pikaajaline töö põllul. Mäni saepuru suudab pakkuda aktiivset substraati vähemalt 15 aastat. Kolmele kohale, mis sisaldasid 15–20 mahuprotsenti saepuru, arvutati igapäevane pikaajalise nitraatide eemaldamise määr 0,7–2,6 mgL/d. • Madal hind.	• materjalid (eelistatavalt jäätmematerjalid) pakuvad denitrifikatsiooniks pikaajalist tuge; • Rakenduse efektiivsus sõltub kohalikest hüdroloogilistest tingimustest – suuremate voolukiiruste juures on protsess ebaefektiivsem; • Oma osa mängib ka veetase. Denitrifitseerivaid baktereid on madalamates mullakihtides kuni 2 m sügavusteni tavaliselt palju ning sügavamate denitrifikatsioonibarjäärade ehitamine võib olla ebaökoonoomne; • Denitrifikatsiooni jaoks olulised abiootilised parameetrid, nagu temperatuur ja lahustunud hapnik, on korrelatsioonis hüdroloogiliste ja kliimatingimustega.

Rakvere Kirikuaia pargi kahe tiigi vahelisse kanalisse paigaldati 07.07.2021.a. puiduhakke filter *in situ* denitrifikatsiooni läbiviimiseks.



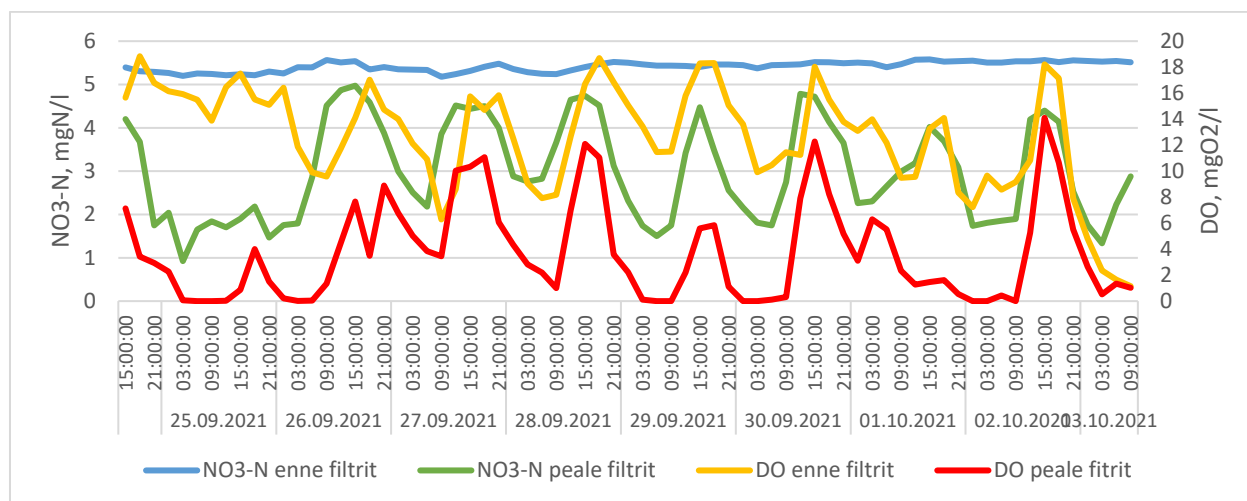
Foto 11. Puiduhakke filtri paigaldamine Kirikuaia parki

Selleks paigaldati kanali (14 x 3 m) põhja 7,5 m³ hakkepuitu, mis oli pakitud 40 liitristesse kottidesse. Kotid kinnitati üksteise külge kaablivitsade abil nii, et kogu kanali põhi oli ühtlaselt kaetud (foto 10). Puiduhakke kottide kinnitamiseks ning uputamiseks asetati kottide peale kümme armatuurvõrku (10x1500x3000 mm), mille otstesse paigutati lisaraskuseks õõnesplokid (190x190x390 mm).

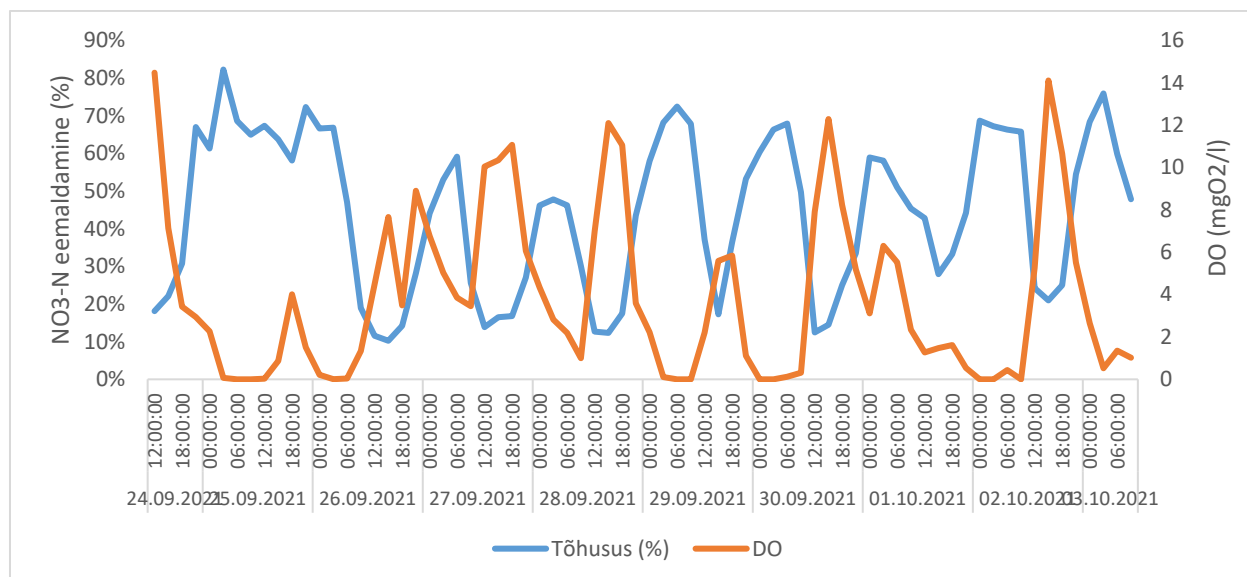
Filtri hüdrauliline viibeaeg (HRT) on 5...7,5 h (sõltuvalt vooluhulgast).

Filtri tõhususe määramiseks paigaldati automaatseirejaamad, mis määravad lahustunud hapniku, nitraatide sisaldusi ning veetemperatuuri:

- Kirikuaia-1 (XY: 6581118.2, 634078.2) ja
- Kirikuaia-2 (XY: 6581132.8, 634079.5).



Joonis 19. Lahustunud hapniku (DO) ja nitraatide (NO3-N) sisaldused enne ja peale filtrit



Joonis 20. In situ denitrifikatsioonifiltri tõhusus sõltub lahustunud hapniku sisaldusest

Analüüsitulemustest (joonised 19 ja 20) on näha, et denitrifikatsioonifiltri nitraatide eemaldamise tõhusus on lineaarses negatiivses seoses (Pearsoni $p = -0,5$) lahustunud hapniku sisaldusega vees (p -väärtus $< 0,05$), mis tähendab, et tingimustes, kus fotosüntees on väga intensiivne, saavutavad filtril kasvueelise heterotroofsed organismid ning denitrifikatsioon on limiteeritud. Analüüsitulemustest

lähtuvalt saab siiski järeldada, et filtri keskmine nitraatide eemaldamise määr on 53,3 gN/m³ puiduhakke kohta, kusjuures maksimaalne denitrifikatsiooni määr limiteeritud hapniku tingimustes (öösel või pilvise ilmaga) ulatub 99,3 gN/m³ puiduhakke kohta. **Kirikuaia tiikide vahelises kanalis eemaldati uuringuperioodil keskmiselt nitraate 400 gN/d (maksimaalselt 744 gN/d, võrdluseks keskmine filtrisse juhtiv nitraadikoormus oli 718 gN/d) ning keskmine lämmastiku ärastuse tõhusus oli 55 % (maksimaalselt 78,5 %).**

Puiduhakkel põhinevad filtrid pakuvad suure potentsiaaliga lahendust nitraadireostuse vähendamiseks nii pinna- kui ka põhjavees.

Omaette probleemiks siinkäsitletud *in situ* lahenduse korral (puiduhake paigaldatakse otse veekogusse kottide sees) on veekogu ristustamine mittebiolaguneva materjaliga (kottidega). Selleks, et prügi veekokku viimist vältida, paigaldati 09.11.2021.a. Allika pargi paisjärve 7,5 m³ puiduhaket kottide kimpudena paisjärve eri osadesse. Kotid kinnitati kettide külge, millele omakorda kinnitati ca 5 m tagant 10 kg kiviplakid. Kevadel (kui puiduhake on vett täis imunud) eemaldatakse puiduhake kottidest ning laotatakse laiali paisjärve setetesse eesmärgiga lisada süsinikku denitrifikatsiooni läbiviimiseks. Käesoleval ajal on kaalumisel ka lahendus, mille kohaselt puistatakse 2022. aasta suvel Kirikuaia tiikide vahelise kanali filtermaterjal ülemisse tiiki (eelistatult võimalikult allikate lähedale).

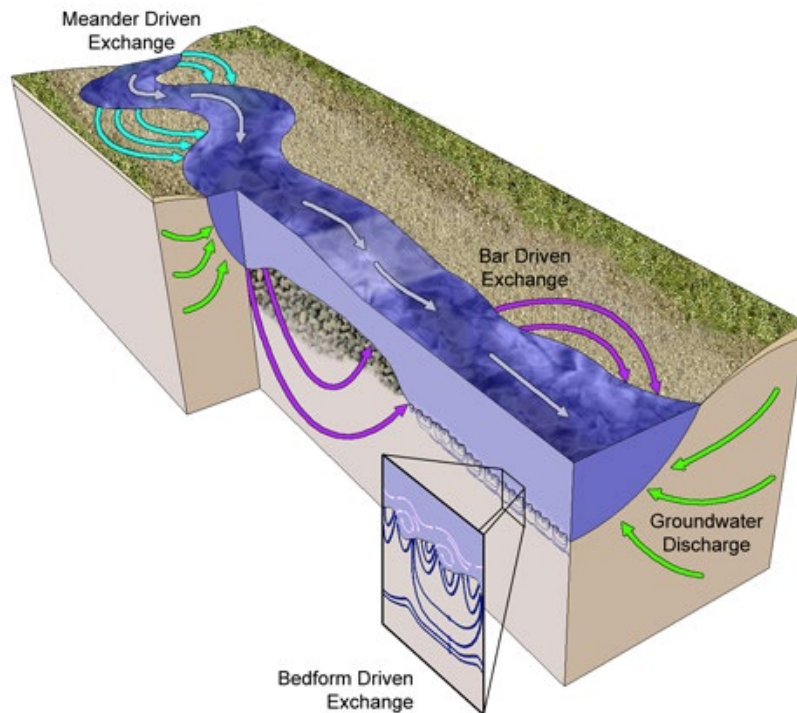
7.3 Denitrifikatsiooni suurendamine hüporheilises vööndis

Hüporheiline vöönd on jõesärgi põhjast allpool olev piirkond, kus pinnavesi ja põhjavesi puutuvad kokku ning segunevad¹⁵. Hüporheilist voolu mõjutavad tugevalt voolukiirus, oja kallak ja topograafiline varieeruvus, sette läbilaskvus ja põhjavee survetase, mis kõik mõjutavad hüporheilist vahetust reguleerivaid survetaset ja raskusjõul põhinevaid jõude (Harvey *et al.*, 2013). Vööndit iseloomustavad järsud redoksgradiendid, intensiivne mikroobide mitmekesisus ja kõrge voolukiirus ning seetõttu peetakse neid mõnikord (hüdrodünaamiliselt juhitavateks) bioreaktoriteks, mis ühteagu nii akumulereivad kui ka eemaldavad toitaineid (Lewandowski *et al.*, 2019).

Denitrifikatsiooni ja nitrifikatsiooni kutsuvad esile peamiselt nitraadi, lahustunud orgaanilise süsiniku ja hapniku kontsentratsioonid, mistõttu hüporheilisel vööndil on suur potentsiaal reguleerida vooluveekogu nitraatide sisaldust (Lewandowski *et al.*, 2019). Hüporheilistel vööndil on denitrifikatsiooniks sageli soodsad tingimused (Harvey *et al.*, 2013). Kaasaegsed jõgede majandamise meetmed ei keskendu mitte ainult taimestiku ja loomastiku taastamisele, vaid nende eesmärk on

¹⁵ <https://term.eki.ee/iframe/concept/view/1202212444/>

parandada N-ärastust, suurendades hüporheilist ühenduvust ja optimeerides hüporheilise viibimise aega ning kuigi võime vähendada nitraadikoormust üksiku oja korral võib olla väike, võib soodsates keskkonnatingimustes kumulatiivne nitraatide eemaldamise võime valgala mastaabis olla märkimisväärne (Lewandowski et al., 2019).



Joonis 21. Hüporheiline vahetus jõgedes toimub kõigis 3-teljelistes suundades ja seda mõjutavad põhjavee tasemed, veesisesed struktuurid (nt., palgitammid), asukohaspetsiifiline ja üldine jõemorfoloogia (gradient ja looklevus) ning jõgede heitetasemed¹⁶

Gordon et al. (2013) soovitas ressurside paremaks kasutamiseks keskenduda väiksematele, tihedamalt paiknevatele põhjavormide heterogeensuse põhjustajatele, näiteks suurtele puidujäätmetele.

Hüporheiliste protsesside suurendamiseks on võimalik rakendada näiteks selliseid tehnoloogiaid (Bakke et al., 2019):

- süvendamine ja puhta killustikuga täitmine;
- basseinikonstruktsioonid;
- maa-alused veevoolud;
- hüporheilised palgid ja taskupõhised palgid.

¹⁶ <http://susa.stonedahl.com/research.html>

Soolikaoja kontekstis on siiani kõige tõhusamalt denitrifikatsiooni läbiviimist hüporheilises vööndis soodustanud kobraste tegevus, kes koprapaisusid ehitades ühteaegu suurendavad denitrifikatsiooniks kättesaadava süsiniku hulka (oksad, palgid jm ehitusmaterjaliks kasutatav), loovad basseinikonstruktsioone (aeglustavad vee voolu ning seeläbi pikendavad reaktsiooniaega) ning soodustavad paisude ümbruses maa-aluste veevoolude teket.

7.4 Odra põhu kasutamine eutrofeerumise vähendamiseks

Üheks võimalikuks meetmeks paisjärvede eutrofeerumise vähendamiseks on odra põhu kasutamine (Ball et al., 2001; Farmer, 1997; McComas, 2003; O'hUallacháin & Fenton, 2010). Odra põhu aeroobse lagunemise käigus tekivad fenoolsed ühendid ja peroksiidid, mis omakorda pärsivad eutrofeerumist põhjustavate vetikate fosfori omastamise võimet (McComas, 2003).

Soovituslikud annused on järgmised (Farmer, 1997):

- Järved ja tiigid: 2,5 g/m² veepinna kohta. Juhul, kui eutrofeerumine on väga intensiivne, võib esialgse doosina kasutada ka 50 g/m².
- Jõed: 20 kg (üks põhupall) iga 30...50 m kohta piki jõge.

Suurema efekti saamiseks võib põhku kasutada kombineerituna ujuvsaarte paigaldamisega, sest põhu aeroobse lagunemise käigus tarbivad heterotroofsed organismid hapnikku, mille tulemusena võib hapniku sisaldus vees mingil määral langeda.

Käesolevas töö raames katsetati odra põhku akvaariumi tingimustes (V=160 liitrit, põhjaks Soolikaoja setted ning taimestik Soolikaojast), kuhu pandi elama kolm ahvenat (L=10...13 cm). Peale põhu lisamist (50 g/m²) omandas vesi akvaariumis pruunikas-kollase tooni ning kalad hakkusid. Kalade hukkumise põhjuseks oli hapnikupuudus, sest põhu intensiivse aeroobse lagunemise käigus tarbisid aeroobsed mikroorganismid veest hapnikku, mille tulemusena langes lahustunud hapniku sisaldus vees 0,2 mgO₂/l-ni. Peale aeraatori lisamist lahustunud hapniku tase tõusis ning uute kalade suremust ei täheldatud.

Edasistest *in situ* katsetustest loobuti, sest tegemist ei ole pikaajalist mõju (uue põhu lisamine on vajalik igal vegetatsiooniperioodil) avaldava meetmega ning esineb võimalik oht anoksia tekkeks.

7.5 Katsete kokkuvõte

2021.a. juunis paigaldati Soolikaoja paisjärvedesse ujuvsaared ning Kirikuaia tiikide vahelisse kanalisse puiduhakkel põhinev denitrifikatsioonifilter. Ujuvsaarte tõhusust 2021.a. veel hinnata ei olnud võimalik, sest taimestik ei olnud veel korralikult kasvama läinud. Puiduhakkel põhinev denitrifikatsioonifilter näitas head potentsiaali nitraadireostuse vähendamiseks. Siiski, katsetatud lahenduse (puiduhakke filtri asetamine otse veekogu põhja) edasisel kasutamisel peab olema ettevaatlik, sest denitrifikatsioon saab toimuda vaid keskkonnas (nt põhjasetetes), kus lahustunud hapnikku vees ei ole või on selle kontsentratsioonid väga madalad (tekib anoksia oht, mis võib kaasa tuua vee-elustiku suremise). Kuigi käesoleva uuringu ajal Kirikuaia tiikides anoksiat ei täheldatud, on enamikes paisjärvedes nitraadikoormused, mida peaks eemaldama, oluliselt suuremad ning sellest johtuvalt ka vajadus puiduhakke koguste osas suurem. Denitrifikatsioonifiltrite paigaldamisel tuleb eelistada lahendusi (vt nt Bedarnek *et al.*, 2014), mis ei paikne otse pinnaveekogumis (vt ka välja pakutud lahendusi ptk 7.2 ja LISA 1). Alternatiivselt (katsetatakse Allika paisjärves, eelkõige eesmärgiga vähendada nitraatidest põhjustatud eutrofeerumist) võib kaaluda põhjasetete rikastamist süsinikuga (puiduhakke baasil), mille tulemusena väheneb C-defitsiit põhjasetetes ning paraneb denitrifikatsioonipotentsiaal. Lahenduse miinuseks on, et lisatava puiduhakke kogused on piisavalt väikesed, et vältida anoksia ohtu, kuid ei suuda ka eemaldada nitraate koguses, mis on vajalik hea seisundi saavutamiseks (võrdluseks – Allika paisjärves on võimalik puiduhakke abil eemaldada maksimaalselt 750 gN/d, samas kui paisjärve koormus on vahemikus 18...139 kgN/d).

Eelnevast tulenevalt on Soolikaoja alamjooksu taastamise eelprojektis (LISA 1) ette nähtud:

- Soolikaoja sängi kujundamine märgalataimedega taimestatuks ja mitmeastmeliseks – mitmeastmeline taimestikuga kaetud voolusäng võimaldab saavutada suurema tõhususe vooluveekogu isepuhastumisel ning aitab vähendada erosiooniohtu;
- puiduhakkega kaetud (denitrifikatsioonikihi) põhjapaisude rajamine – puiduhakke kasutamine võimaldab alandada nitraatide sisaldusi pinnavees;
- Soolikaoja põhja karestamine puitmaterjaliga – elupaikade mitmekesistamiseks ning hüporheiliste protsesside paremaks läbiviimiseks;
- puiduhakke paigaldamine pinnasesse (passiivsed denitrifikatsiooni filtrid / seinad) – tegemist on denitrifikatsiooniseintega, mis võimaldavad vähendada pinnavee nitraadisisaldusi.

Rahvaia tiigi avamise projektilahenduses (käesoleva aruande osana esitatud eskiislahendus, vt ptk 8.1.4) on pinnavee nitraadisisalduse vähendamiseks võetud kasutusele denitrifikatsiooniseinad ning reguleeritava läbivooluga filtrid.

8 Ettepanekud olukorra parendamiseks

Selleks, et saavutada Soolikaojas hea seisund tuleb rakendada nii tehnilisi (ptk 8.1) kui ka mittetehnilisi (ptk 8.2) meetmeid. Meetmete planeerimisel on aluseks võetud kaardistatud koormused (vt ptk 5) ning loodustlähedaste puhastusmeetmete katsete tulemused (vt ptk 7).

8.1 Tehnilised meetmed hüdro-morfoloogilise ning füüsikalise-keemilise seisundi parendamiseks

8.1.1 Ujuvsaarte ning denitrifikatsioonifiltrite rajamine ülemjooksul

2021.a. juunis paigaldati Soolikaoja paisjärvedesse ujuvsaared ning Kirikuaia tiikide vahelisse kanalisse puiduhakkel põhinev denitrifikatsioonifilter. Ujuvsaarte tõhusust 2021.a. veel hinnata ei olnud võimalik, sest taimestik ei olnud veel korralikult kasvama läinud. 2022.a. jätkatakse seirega ning selle tulemustest lähtuvalt tehakse edasised ettepanekud ujuvsaarte paigaldamise vajaduse kohta.

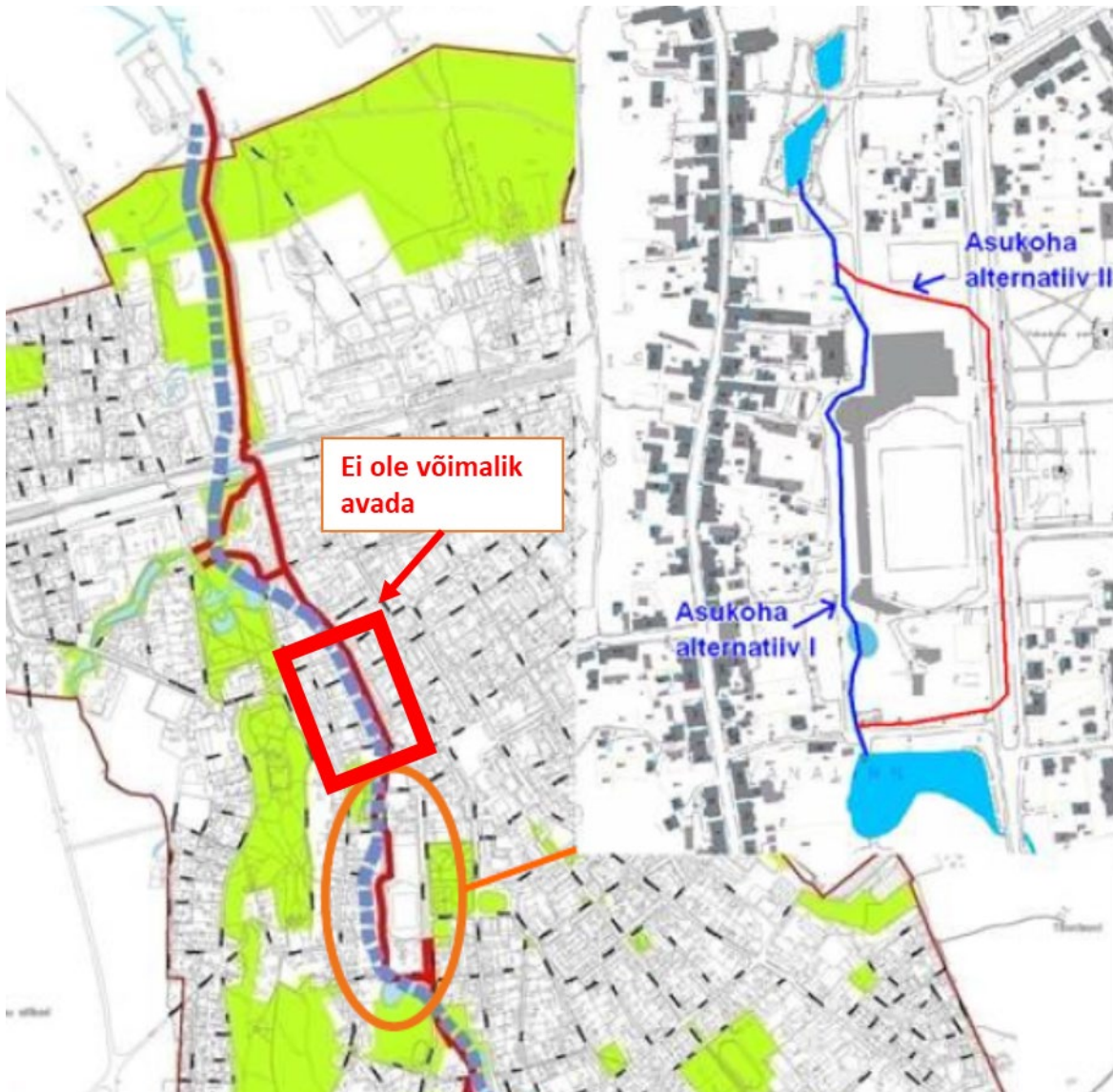
Ülemjooksu nitraadikoormuse vähendamiseks on kaalumisel põhjasetete rikastamine süsinikuga (puiduhakke baasil) Supeluse pargi paisjärvedes ning Süstatiigis. Vastavad lahendused pakutakse välja 2022.a. teises pooles, kui on selgunud Allika pargi lahenduse edasise kasutamise perspektiivsus.

8.1.2 Soolikaoja avamine keskjooksul

Nii Rakvere linna üldplaneeringuga (Urban Mark OÜ, 2009; GeoBaltica OÜ, 2009) kui ka linna arengukavaga (Rakvere Linnavalitsus, 2018) on eesmärgiks võetud avada torustikus kulgeva Soolikaoja lõik nii, et oja saaks paralleelselt voolata nii torustikus ja lahtises kanaliseeritud kraavituses (GeoBaltica OÜ, 2009). Avamise kohta on tehtud keskkonnamõju strateegiline hindamine, kus on kaalutud kahte asukoha alternatiivi (GeoBaltica OÜ, 2009).

Olemasolev taristu ei võimalda Soolikaoja kanaliseerimise lõpetamist keskjooksul. Väljapakutud lahendused (joonis 22) ei ole täielikult realiseeritavad arvestades olemasolevat linnapilti (olukorrale juhiti tähelepanu ka KSH aruandes, lk 69-70) ning toovad kaasa olukorra, kus ca 650 m ulatuses jääb oja ikkagi torusse (lõik C.R.Jakobsoni tänaval Kirikuaia pargi ning Tallinna tänava vahel, mis on kohati liiga kitsas kanali rajamiseks, või on tegemist parklaaladega, kust on kanali läbijuhtimine praktiliselt võimatu).

Üleujutuste ohu maandamiseks paigaldati 2020.a. NOAH projekti¹⁷ raames Süstatiiki „tark lüüs“, mis võimaldab kontrollida linna sademeveesüsteemi hüdraulilist koormust.



Joonis 22. Soolikaoja avamise trajektoor (sinine katkendlik joon) ning kaks erinevat asukoha alternatiivi oja avamiseks (GeoBaltica OÜ, 2009).

Kuigi keskjooksu taastemeetmetel võib olla positiivne mõju üleujutusohu vähendamisele linnas, ei anna need kalastiku ega muu vee-elustiku seisukohast olulist võitu, sest ülemjooksul paiknevad valdavalt järvelised elupaigad.

VRD artikkel 4.3 kohaselt võivad liikmesriigid lugeda pinnaveekogu **tugevasti muudetuks**, kui hea ökoloogilise seisundi saavutamiseks vajalikud muudatused veekogu hüdro-morfoloogilistes omadustes avaldaksid märkimisväärset negatiivset mõju inimeste muule võrdselt tähtsale püsivale

¹⁷ <https://sub.samk.fi/projects/noah/>

arendustegevusele (tegemist on kesklinna alaga). **TMV testi** (tabel 28) kohaselt tuleb Soolikaoja ka edaspidi määratleda tugevasti muudetud veekoguna ning sätestada sellele Veeseaduse § 40 lõike 1 kohased leebemad veekaitse eesmärgid.

Tabel 28. Soolikaoja TMV test

	Nr	Küsimus	jah	ei	Vastus/kirjeldus
	1.	Kas tegemist on kogumiga?	2.		
Eelhindamine (muutused hüdro-morfoloogias)	2.	Kas veekogu on tehisk?	8.1.	3.	
	3.	Kas on muutusi veekogu hüdro-morfoloogias? Kui jah, siis kirjeldada hüdro-morfoloogilisi muutusi.	5.	määrata LV-ks	Soolikaoja on keskjooksul kanaliseeritud (1,7 km ulatuses) ning alamjooksul kahel lõigul looduslikust süngist eemale juhitud tänu kuivenduskraavide süvendamisele. Ülemjooksul 5 paisjärve.
	5.	Kas on võimalik, et veekogum ei saavuta head ökoloogilist seisundit tänu muutustele hüdro-morfoloogias?	6.	määrata LV-ks	Soolikaoja on ühenduses Selja jõega ning meriforell liigub üles kuni kanaliseeritud osani, mis on elustikule läbimatu.
	6.	Kas veekogu tunnused on inimtegevusest tingitud füüsiliste muutuste tõttu oluliselt muutunud?	TMV kandidaat, liigu küsimus 7.1.	määrata LV-ks	Soolikaoja on keskjooksul kanaliseeritud (1,7 km ulatuses) ning alamjooksul kahel lõigul looduslikust süngist eemale juhitud tänu kuivenduskraavide süvendamisele. Ülemjooksul paisjärv.
Taastameetmete kirjeldus	7.1.	Kas on võimalik rakendada meetmeid hea ökoloogilise seisundi saavutamiseks?	7.1.a	7.1.a	Oja looduslikku süngi tagasijuhtimiseks ning Rahvaia tiikidega ühenduse tegemiseks on koostatud eelprojekt, mille elluviimisel paraneb oja isepuhastusvõime ning kalastikule tekib võimalus pääseda Rahvaia tiikidesse. FÜKE parandamiseks, eutrofeerumise vähendamiseks ning elupaikade loomiseks on paigaldatud ülemjooksu paisjärvedesse ujuvaareid ning puiduhakke filtrid. Oja kanaliseerimist keskjooksul ei ole võimalik lõpetada seoses pikaajaliste muutustega linnapildis. Soolikaoja loodusliku süngi taastamine alamjooksul võimaldab a) eraldada Rakvere reoveepuhasti heitvee Soolikaojast ning seeläbi pikendada heitvee isepuhastumise protsessi ja b) luua tingimused oja loodusliku isepuhastumise soodustamiseks, mille tulemusena väheneb Selja jõkke jõudev N- ja P-koormus.
	7.1.a	Kas füüsilised muutused on seotud praeguse veekasutusega?	7.2.	7.3.	Oja kanaliseeriti kunagi üleujutusohu vähendamise eesmärgil. Paisjärved rajati rekreatsioonilistel eesmärkidel. Oja üks peamisi teenuseid, mida ta linnale pakub, on liigvee eemalejuhtimine.
	7.2.	Kas taastameetmetel on oluline negatiivne mõju praegusele veekasutusele?	8.1.	7.3.	Paisjärvede kuivendamine muudab oluliselt linnapilti ning ei ole teostatav linnaelanike vasasseisu tõttu. Üleujutuste ohu maandamiseks paigaldati 2020.a. NOAH projekti raames Süstatiiki „tark lüüs“, mis võimaldab kontrollida linna sademeveesüsteemi koormust.

	Nr	Küsimus	jah	ei	Vastus/kirjeldus
	7.3.	Kas taastemeetmetel on oluline negatiivne mõju muule keskkonnale?	8.1	määrata LV-ks	Kanaliseerimise lõpetamine tooks kaasa olulise negatiivse mõju inimeste muule võrdselt tähtsale püsivale arendustegevusele (tegemist on kesklinna alaga).
Taastemeetmete rakendatavus	8.1.	Kas vee kasutamisest saadavat hüve on võimalik alternatiivsel viisil saavutada?	8.2.	määrata TMV-ks	Olemasolev taristu ei võimalda kanaliseerimise lõpetamist keskjooksul. Väljapakutud lahendused ei ole täielikult realiseeritavad arvestades olemasolevat linnapilti ning toovad kaasa olukorra, kus ca 650 m ulatuses jääb oja ikkagi torusse (lõik C.R.Jakobsoni tänaval Kirikuaia pargi ning Tallinna tänava vahel, mis on kohati liiga kitsas kanali rajamiseks, või on tegemist parklaaladega, kust on kanali läbijuhtimine praktiliselt võimatu).
	8.2.	Kas alternatiivsed viisid on tehniliselt teostatavad?	8.3.	määrata TMV-ks või TV-ks	
	8.3.	Kas alternatiivsed viisid on üldise keskkonnamõju seisukohast paremad?	8.4	määrata TMV-ks või TV-ks	
	8.4.	Kas alternatiivsed viisid on ebaproportsionaalselt kulukamad?	8.5	määrata TMV-ks või TV-ks	
	8.5.	Kas alternatiivsete viiside rakendamisel on võimalik saavutada hea ökoloogiline seisund?	määrata LV-ks	9	
	9.	Kas hea ökoloogilise seisundi mitteraavutamise põhjuseks on vee kasutusest põhjustatud füüsikalised muutused?	määrata TMV-ks või TV-ks	määrata LV-ks	

8.1.3 Oja juhtimine tagasi looduslikku sängi alamjooksul

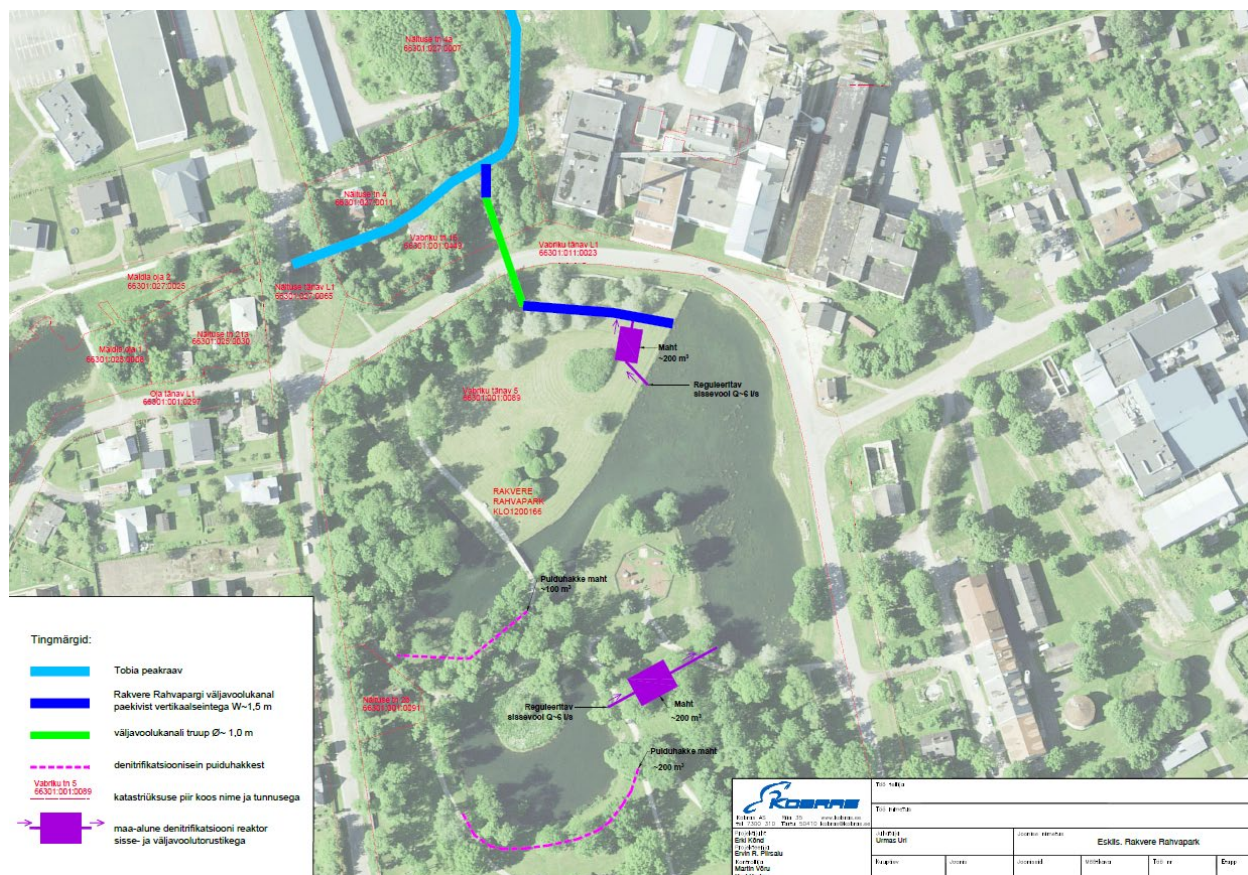
Soolikaoja loodusliku sängi taastamine alamjooksul võimaldab a) juhtida Soolikaoja välja Rakvere reoveepuhasti heitvee kraavist ning seeläbi pikendada heitvee isepuhastumise protsessi ja b) luua tingimused oja loodusliku isepuhastumise soodustamiseks, mille tulemusena väheneb Selja jõkke jõudev N- ja P-koormus.

Soolikaoja alamjooksu taastamiseks koostati AS Kobras poolt eelprojekt, mis on esitatud käesoleva aruande Lisas 1.

Tööde hinnanguline maksumus on 800 000 eurot.

8.1.4 Rahvaia tiigi truubi avamine ning nitraatide koormuse vähendamine

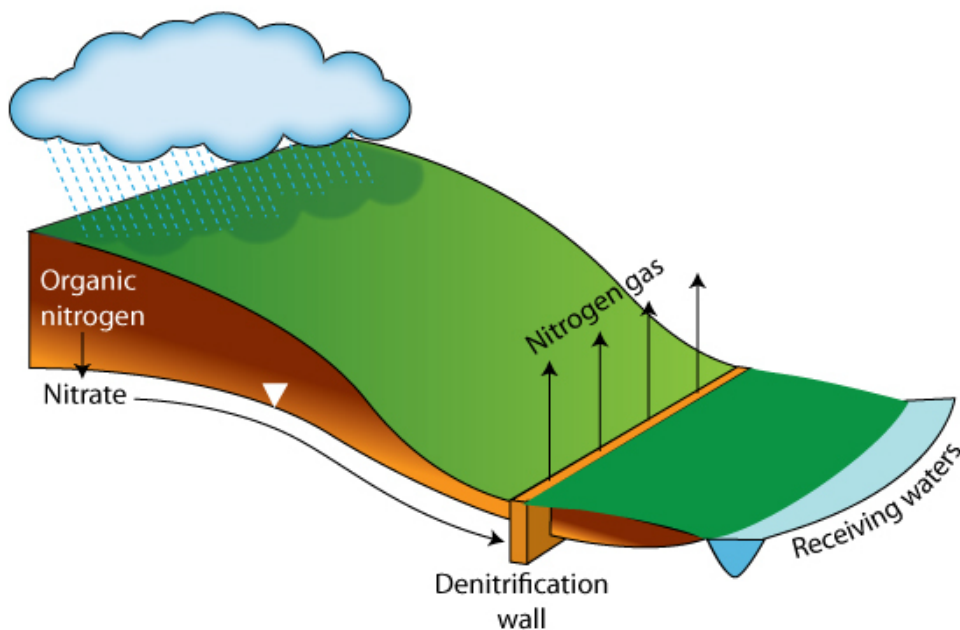
Seoses ülejutustega Rahvaia tiigi piirkonnas (viimati 2021.a.), tuleb asendada olemasolev truup lahtise väljavoolukanaliga (vt joonis 23).



Joonis 23. Rahvaia tiigi avamise eskiislahendus

Lisaks tiigi väljavoolu füüsilisele avamisele on vaja vähendada tiikidesse jõduvat nitraadikoormust. Rahvaia tiikide väljavool moodustab kuni 2/3 Soolikaoja vooluhulgast ning tiikide väljavoolu kaudu juhitakse Soolikaoja hinnanguliselt 54 ... 510 kgN/d nitraate. Nitraadikoormuse vähendamiseks on plaanis Rahvaia parki rajada kaks denitrifikatsiooniseina (puiduhakke maht 300 m³, vt ka näidet joonisel 24) ning kaks reguleeritava pealevooluga denitrifikatsioonifiltrit (a' 200 m³). Võttes aluseks Kirikuaia filtrite maksimaalse¹⁸ denitrifikatsioonimäära (99 gN/m³ puiduhakke kohta), on selliste filtrite abil võimalik eemaldada nitraate hinnanguliselt 69 kgN/d (14 ... 100 % Soolikaoja jõudvast NO₃-N koormusest). Reguleeritav läbivool võimaldab suuremate filtrite puhul neid ka vajadusel sulgeda, mis omakorda võimaldab ennetada anoksia ohtu ning minimeerida täieliku denitrifikatsiooniga kaasnevat fosfaatide põhjasetetest vabanemise ohtu.

¹⁸ Maa-aluste filtrite puhul saab eeldada, et hapniku inhibitsioon on nende lahenduste puhul minimaalne.



Joonis 24. Denitrifikatsiooniseina näol on tegemist puiduhakke filtriga (bioreaktor), mis eemaldab maapinnalähedasest põhjaveest nitraadid enne vee suubumist pinnavette¹⁹.

Tööde hinnanguline maksumus (täpsustub eelprojekti valmimisel märtsis 2022) on 350 000 eurot.

8.1.5 Voolusäingi muutmine Kalda tn 3 kinnistul

Estonian Spirit OÜ on antud keskkonnaluba (KL-509275) Maidla oja (Tobia peakraavi) suunamiseks läbi Kalda tn 3 kinnistul oleva tiigi, sest detailplaneeringu alusel on kavandatud Kalda tn 3 kinnistu muuta elamu- ja ärimaaks, kus maa-ala jagatakse kruntideks.

Detailplaneering näeb ette Tobia peakraavi osalist suunamist läbi truupide kinnistu piires. Tegemist on eraomanduses oleva kinnistuga ning tööde eesmärgiks on elamupiirkonna loomine. Maidla oja juhtimisel läbi truupide tuleb leida lahendused, mille puhul on tagatud vee äravool – eelistada tuleb kas (pealt kinniseid) kanaleid või truupe, mille läbimõõt on minimaalselt 1 m.

¹⁹ Pilt pärineb: <https://www.sciencelearn.org.nz/images/886-denitrification-wall-diagram>

8.1.6 Rändetõkked

Soolikaoja alamjooksul leidub mitmeid potentsiaalseid elupaiku ka kehvema ujumisvõimega siirdekala liikidele (vt ka ptk 4.3.1). Likvideerida tuleb oja alamjooksul paiknevad koprapaisud (vt Lisa 1) ning võtta kasutusele meetmed kobraste asurkonna reguleerimiseks.

Soolikaoja üelmjooksul paisudest 9070461, 9070462, 9070463 ja 9070464 ülesvoolu on forellile jt forellijõe koosluse kalaliikidele sobivaid elupaiku napilt, kuna paisud on rajatud oja lähteallikatest vaid veidi allavoolu. Paisude mõju oja kalastikule on ekspertide poolt hinnatud väheoluliseks (Keskkonnaagentuur, 2013) ning vajadus nende likvideerimiseks puudub.

Võimaliku reostusohu ennetamiseks tuleb paisudele ka edaspidi rakendada VeeS § 174-175 ja § 186-195 nõudeid (kus asjakohane) ning rakendada VeeS § 250-254 kohast järelevalvet.

8.2 Mitteehtuslikud meetmed veekvaliteedi parendamiseks

Oja veekvaliteedi paremaks muutmiseks on võimalik kaks lähenemist – tagajärgedega tegelemine ning ennetamine. Seniste hajureostuse meetmete ülevaatamine (ptk 7) ei andnud paraku kinnitust rakendatud ennetavate meetmete tõhususe kohta.

8.2.1 Ennetavad meetmed pinna- ja põhjavee toitainesisalduse vähendamiseks

Sügisene orgaanilise väetise põllule laotamine toob sageli kaasa nii lämmastiku kui ka fosfori leostumise maksimumi sügisperioodil (PMK, 2019). Dreeniäravoolule on iseloomulik suur sesoonne varieeruvus, kus hilistalvel-varakevadel ja taas sügisperioodil võib suurenenud äravoolu tingimustes 3-4 kuu vältel minema kanduda 60-70% või isegi enam aastasest toitaine kogusest (TTÜ, 2011). Põllumajandusuuringute Keskuse 2018.a. uuringus leiti, et sügistalvisel perioodil (november-jaanuar) leostus põldudelt 60-90 % ja aprillis vaid kuni 16 % aastasest lämmastiku kogusest (PMK, 2018). Ka 2019.a. uuringus leiti, et sügistalvisel perioodil (oktoober-detsember) leostus põldudelt sama palju kui varakevadisel perioodil (veebruari-märts), mis sel seireperioodil algas seoses ilmastikuga väga vara (PMK, 2019). Bedarnek *et al.* (2014) kohaselt jõuab ca 50 % lämmastikväetistest, mida põllukultuurid ei kasuta, põhjavette. Optimaalne denitrifikatsioon toimub olukordades, kus anaeroobsus on tagatud ning orgaaniline aine on väga kättesaadav. Rohumaadel väheneb protsessi kiirus kiiresti sügavusel > 0,6 m ja põllumaal > 0,4 m. Kuivendamine kiirendab lämmastiku tsükli hüdroloogilise tsükli kiirendamise kaudu drenaažisüsteemides, kuna drenivee suhteliselt kiire transport vähendab looduslike protsesside toimumise aega. Kriitiliseks muutub ka orgaanilise süsiniku kättesaadavus.

Kindlasti tasub toitainete kao vähendamiseks ning põllumajandusliku tootmise kulutõhusamaks muutmiseks võtta kasutusele toitainete bilansi kalkulaatorid. Bilansi põhjal saab hinnata, mil määral võib erinevate keskkonna nõuete täitmine vähendada toitainete leostumise riski pinna- ja põhjavette, kuivõrd efektiivselt ettevõtte tasandil toiteelemente kasutatakse, kui suure üle- või puudujäägiga majandatakse. Ülevaadet erinevatest toitainete bilansi uuringutest on võimalik saada Põllumajandusuuringute Keskuse [lehelt](#) ning Eesti Maaülikooli koostatud kalkulaatorid on leitavad [siit](#).

Sügisese orgaanilise väetise laotamise põhjus ei peitu sageli mitte kasvatatavate põllukultuuride toitainevajaduses, vaid rajatud sõnnikuhoidlate mahutavuses. Veeseaduse § 164 lõike 2 kohaselt peab sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla mahutama peetavate loomade vähemalt **kaheksa kuu** sõnniku ja virtsa ning vajaduse korral, sõltuvalt loomapidamishoones kasutatavast tehnoloogiast, ka sealt pärit reovee. Investeeringud sõnnikuhoidlate rajamisse on tulenenud praegusel ajal eelkõige VeeS nõuetest (suuremad mahutid nõuavad suuremaid investeeringuid, mistõttu on investeeringute tegemisel lähtutud minimaalsest lubatud mahust), mis omakorda seab põllumehed sageli sundseisu – võttes arvesse sõnnikulaotamise keeluaega, peaksid olema hoidlad tühjad august-septembri seisuga. Paraku on aga sügis-talv perioodil taimede toitainete vajadus väike ning toitainete kadu on suurim.

Soolikaoja valgalal tuleb nitraadireostuse ohjamiseks rakendada „Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundliku ala tegevuskava 2021–2024²⁰” peatükis 2.2 kirjeldatud meetmeid sõnnikuhoidlate kaasajastamiseks ning meetmeid, mis töötatakse välja LIFE IP CleanEst tegevuse C.10 raames.

Võimaliku reostusohu ennetamiseks tuleb põllumajanduslikule tegevusele ka edaspidi rakendada VeeS § 155-171 ja asjakohasusel kas VeeS § 186-195 või THS §25-48 nõudeid ning rakendada kas VeeS § 250-254 või THS § 155-161 kohast järelevalvet.

8.2.2 Täiendavad uuringud jääkreostusalade kaardistamiseks

Uuringu käigus selgus, et Soolikaoja Allika pargi paisjärve, Süstatiigi ning Roodevälja piirkonna põhjasetted on reostunud PAH-ide ja naftasaadustega ning Tobia ojas setetes leidub lisaks eelpool nimetatud ühenditele üle EQS-i ka elavhõbedat ja pliidi.

Suure tõenäosusega on Allika paisjärve ning Süstatiigi setete reostumine põhjustatud TK Kommunaari vana maa-aluse masuudihoidla kütuselekke poolt. Tobia peakraavi ja Roodevälja vahelise lõigu põhjasetete reostumine on suure tõenäosusega seostatav Moonaküla põhjaveereostuse kiildumisega

²⁰ <https://envir.ee/media/864/download>

Soolikaoja ning Tobia peakraavi suunas (võimalik on ka mõne siiani kaardistamata reostuse olemasolu piirkonnas).

Pinnase- ja põhjavee reostuse leviku selgitamiseks tuleb teha täiendavad uuringud endise TK Kommunaari ning Vesiveski paisjärve vahelisel alal ning Tehnika tänava piirkonnas. Samuti tuleb välja selgitada Moonaküla põhjaveereostuse liikumise suund ning sellest tulenev reostusohu Soolikaojale.

Täiendavate uuringute tulemusena on võimalik selgitada välja reostuse maht ja oht keskkonnale. Uuringute käigus tuleb kindlaks teha põhjavee liikumise suund ja kiirus, ning milline on seetõttu pinnases paikneva reostuse leviku suund ja kiirus. Lisaks tuleb uuringu käigus analüüsida ja hinnata, kas ja kui pikaajaliselt võib uuritud alal reostus levida ning milline on selle mõju Soolikaoja põhjasetete kvaliteedile.

Kui uuringu tulemusel selgub, et objektil ületab pinnasereostuse tase tööstuspiirkonnas lubatud naftasaaduste ja PAH-ide piirkontsentratsioone, tuleb uuringu tulemuse alusel koostada eelprojekt (Ehitusseaduse mõistes) reostuse likvideerimiseks. Eelprojekti mahus tuleb kaaluda vähemalt kahte majanduslikult ja keskkonnakaitseliselt soodsamat alternatiivi reostuse likvideerimiseks. Kirjeldada tuleb mõlema alternatiivi tehnoloogiline lahendus reostuse likvideerimistööde teostamiseks. Samuti peab alternatiivide analüüs sisaldama alternatiivide elluviimise maksumust.

Uuringute hinnanguline maksumus on 50 000 eurot.

8.2.3 Heit- ning sademevee järelevalve ning loa tingimuste täitmine

Soolikaoja valgalal asub 11 väljalasku, neist üheksa on aktiivsed. **Võimaliku reostusohu ennetamiseks tuleb nimetatud väljalaskudele ka edaspidi rakendada VeeS § 124-129 ja § 186-195 nõudeid (kus asjakohane) ning rakendada VeeS § 250-254 kohast järelevalvet.**

Rakvere reoveepuhasti heitveeväljalasu kontekstis ei ole mõistlik sotsiaal-majanduslikel põhjustel kehtestada rangemaid heitvee piirväärtusi fosfori suhtes, pigem peaks siin rakendada VeeS § 40 kohast erandit. Lisaks, oja tagasijuhtimisel looduslikku sängi taastatakse algne olukord, kus heitvee kraav pikkusega 700 m suubub oja varasemas asupaigas (XY: 6583975, 633129). Oja alamjooksu taastamise eelprojektiga (Lisa 1) on AS Rakvere Vesi reoveepuhasti heitvee kraavile plaanis rajada madalad põhjapaisud, et rahustada kraavi voolukiirust ning suurendada väljavoolukraavi heitvee isepuhastumise protsessi viibeaja pikenemise läbi. Nii luuakse paremad tingimused oja isepuhastumise soodustamiseks enne selle suubumist Soolikaojja.

8.2.4 Kanaliseerimata elanikkonna toitainete koormuse ohjamine

Ühiskanalisatsiooni teenuseid Soolikaoja valgalal ei kasuta hinnanguliselt *ca* 1 000 inimest. **Võimaliku reostusohu ennetamiseks tuleb ka edaspidi rakendada VeeS § 104-105 nõudeid ning rakendada VeeS § 250-254 kohast järelevalvet.** Konkreetsemad ettepanekud tehakse tegevuse C.7.3 raames.

Viited

- Bakke, P.D., Hrachovec, M., Lynch, K.D (2020) Hyporheic Process Restoration: Design and Performance of an Engineered Streambed. *Water*, 12:425
- Ball, A.S., Williams, M., Vincent, D., Robinson, J. (2001) Algal growth control by a barley straw extract. *Bioresource Technology* 77: 177-181
- Bednarek, A., Szklarek, S., Zalewski, M. (2014) Nitrogen pollution removal from areas of intensive farming—comparison of various denitrification biotechnologies. *Ecological Engineering*, 14: 132-141.
- Bi, R., Zhou, C., Jia, Y., Wang, S., Li, P., Reichwaldt, E.S., Liu, W. (2019) Giving waterbodies the treatment they need: A critical review of the application of constructed floating wetlands. *Journal of Environmental Management*, 238: 484-498.
- Donoso, N., Gobeyn, S., Boets, P., Goethals, P.L.M., De Wilde, D., Meers, E. (2017) Assessing the Integration of Wetlands along Small European Waterways to Address Diffuse Nitrate Pollution. *Water*, 9, 369.
- Eesti Maaülikool (2010) Jõgede hüdrobioloogiline seire 2010. a. Aastaruanne. Eesti Maaülikooli PKI Limnoloogiakeskus.
- Eesti Veevärk AS Konsultatsioon (2005) Rakvere sademevee kanalisatsiooni arengukava [WWW] <https://rakvere.kovtp.ee/documents/821815/2896951/maj.+SADEMEVEE+KANALISEERIMISE+ARENGUKAVA.doc/12d61a0e-d7a5-48d2-8ea9-6400e2583bb9>
- EKUK (2010) Väikejärvede ja jõgede hüdrokeemilised uuringud 2010. a. Väikejõgede hüdrokeemiline seire. Aruanne. Tartu, 2010. 15 lk.
- EKUK (2012) Standardtööjuhend (STJ nr H1) „Suurselgrootute põhjaloomade proovide võtmise ja proovide analüüsimeetodika“, OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus
- EKUK (2013) Jõgede operatiivseire 2013. a. Lõpparuanne. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- EKUK (2015) Prioriteetsete ohtlike ainete allikaanalüüs Pärnu jões reostusallika kindlaks määramiseks ning reostuse lõpetamiseks. Leping nr. 3-2_3/1124/2013
- EKUK (2016) Operatiivseire 2016. II osa. Rakendatud meetme tõhususe hindamine.
- EKUK (2021) Jõgede hüdrokeemiline ülevaateseire 2020. Leping nr. 4-4/20/7
- Elias, K. (2020) Läbi Rakvere linna voolav Soolikaoja tekitab teadlastes palju küsimusi. Novaator. [WWW] <https://novaator.err.ee/1125319/labi-rakvere-linna-voolav-soolikaoja-tekitab-teadlastes-palju-kusimusi>
- ELLE (2020) Nitraaditundliku ala tegevuskava 2016-2020 rakendamise analüüs ning tegevuskava meetmete efektiivsuse hindamine. Töö nr 20/SL/30 [WWW] <https://envir.ee/media/860/download>
- EMÜ PKI Limnoloogiakeskus (2011) Jõgede hüdrobioloogiline seire 2010. a. Aastaruanne. Tartu. 131 lk.

- EMÜ PKI Limnoloogiakeskus ja TÜ Eesti Mereinstituut (2008) Eesti meriforelli kudejõgede taastootmispotentsiaali hindamine ning võimalikud rehabilitatsioonimeetmed. Töövõtuleping nr 18-20/421
- Farmer, A. (1997) Managing environmental pollution. Routledge, New York, lk 130-131
- GeoBaltica OÜ (2009) Rakvere linna üldplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine. [WWW] <http://www.rakvere.ee/yldplaneering2030/KSH/KSH%20Lopparuanne.pdf>
- Gordon, R.P., Lautz, L.K., Daniluk, T.L (2013) Spatial patterns of hyporheic exchange and biogeochemical cycling around cross-vane restoration structures: Implications for stream restoration design. *Water Resources Research*, 49(4): 2040-2055
- Greipsson, S. (2011) Phytoremediation. *Nature Education Knowledge* 3(10):7
- Harvey, J.W., Böhlke, J.K., Voytek, M.A., Scott, D., Tobias, C.R. (2013) Hyporheic zone denitrification: Controls on effective reaction depth and contribution to whole-stream mass balance. *Water Resources Research*, 49(10): 6298-6316
- Heinla, A. (2006) Taimestatud ujuvsaare rajamine Laguja prügila tiigi nõrgvee puhastamiseks ja selle toimekindluse uurimine. Eesti Maaülikool.
- Hosomi, M., Okada, M., Sudo, R. (1982) Release of phosphorus from lake sediments. *Environment International*, 7, 2, 93-98
- ITRC (2009) Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees, Revised [WWW] <https://www.itrcweb.org/Guidance/GetDocument?documentID=64>
- Kapanen, G. (2008) Phosphorus fractionation in lake sediments. *Estonian Journal of Ecology*, 57, 4, 244-255
- Keskkonnaagentuur (2013) Tõkestusrajatiste inventariseerimine vooluveekogudel kalade rändetingimuste parandamiseks. Koondaruanne. Leping nr 3-3T/30. Koostajad: Eesti Veeprojekt OÜ, Projekteerimisbüroo Maa ja Vesi AS, Inseneribüroo Urmas Nugin OÜ, Piiber Projekt OÜ, Projektbüroo Koda OÜ, Maves AS, Kobras AS, Merin OÜ, Ökokonsult OÜ. [WWW] <https://keskkonnaagentuur.ee/media/1957/download>
- Keskkonnaamet (2020) Tegevuskava 2018-2019 [WWW] <https://keskkonnaamet.ee/media/807/download>
- Kobras AS (2015) Selja jõe valgala reostuskoormuse uuring. Töö nr 2015- 089 [WWW] <https://keskkonnaamet.ee/media/3121/download>
- L.VV/328140. Vee erikasutusluba lisa 1 (veevõtt/veeheid) [WWW] <https://eteenus.keskkonnaamet.ee>
- Lewandowski J., Arnon S., Banks E., Batelaan O., Betterle A., Broecker T., Coll C., Drummond J.D., Gaona Garcia J., Galloway J., Gomez-Velez J., Grabowski R.C., Herzog S.P., Hinkelmann R., Höhne A., Hollender J., Horn M.A., Jaeger A., Krause S., Löchner Prats A., Magliozzi C., Meinikmann K., Mojarrad B.B., Mueller B.M., Peralta-Maraver I., Popp A.L., Posselt M., Putschew A., Radke M., Raza M., Riml J., Robertson A., Rutere C., Schaper J.L., Schirmer M., Schulz H., Shanafield M., Singh T.,

- Ward A.S., Wolke P., Wörman A., Wu L. Is the Hyporheic Zone Relevant beyond the Scientific Community? *Water*. 2019; 11(11):2230.
- Lopez-Ponnada, E.V., Lynn, T.J., Peterson, M., Ergas, S.J., Mihelcic, J.R. (2017) Application of denitrifying wood chip bioreactors for management of residential non-point sources of nitrogen. *Journal of Biological Engineering*, doi:10.1186/s13036-017-0057-4
- Masters, B. (2020) The ability of vegetated floating Islands to improve water quality in natural and constructed wetlands: A review. *Water Practice & Technology* 7(1):1-9
- Maves AS (2004) Ohtlike jääkreostuskollete kontroll ja uuringud. Aruanne. Leping nr: K-11-1-2003/1658. [WWW] http://www.maves.ee/Projektid/2004/OJRK_aruanne_nr_3116.pdf
- Maves AS (2014) Nitraaditundliku ala tegevuskava aastani 2015 rakendamise analüüs ning tegevuskava meetmete efektiivsuse hindamine. Töö nr: 14109 [WWW] <https://envir.ee/media/862/download>
- Maves OÜ (2019a) Olulised veemajandusprobleemid [WWW] <https://envir.ee/media/771/download>
- Maves OÜ (2019b) Vesikonna pinnavett mõjutava inimtegevuse koormuse ülevaade [WWW] <https://envir.ee/media/747/download>
- McComas, S. (2003) Lake and pond management. Guidebook. CRC Press, Boca Raton, lk 91-96
- Mötte, M., Kauer, K., Värnik, R., Aro, K., Lillemets, J., Väljataga, K., Lind, S., Ansbaek, J., Doktorova, J., Maiceikaite, V. (2017) Veekaitseõuete riikidevaheline võrdlev analüüs ja nõuete tõhususe hindamise mudel. [WWW] https://www.riigikantselei.ee/sites/default/files/content-editors/uuringud/veekaitseouete_riikidevaheline_vordlev_analuus_loppraport_2017.pdf
- Niirberg, G.K. (1984) Phosphorous release from anoxic sediments: what we know and how we can deal with it. *Linnnetca*, **10**, I, 1-4
- O'hUallacháin, D. Fenton, O. (2010) Barley (*Hordeum vulgare*)-induced growth inhibition of algae: a review. *J Appl Phycol* 22:651–658
- Ogdahl, M.E., Steinman, A.D., Weinert, M.E. (2014) Laboratory-determined Phosphorus Flux from Lake Sediments as a Measure of Internal Phosphorus Loading. *J Vis Exp.*, 85. doi: 10.3791/51617
- PMK (2018) Põllumajandusliku keskkonnatoetuse veeseire hindamise raames veekvaliteediga seotud uurimistööd (taimetoiteelementide kontsentratsioon drenivees) 2018. a [WWW] <https://pmk.agri.ee/sites/default/files/2019-10/2018-veeuuring-2-1-vesi.pdf>
- PMK (2019) Põllumajandusliku keskkonnatoetuse veeseire hindamise raames veekvaliteediga seotud uurimustööd (taimetoiteelementide kontsentratsioon drenivees) 2019. aastal [WWW] https://pmk.agri.ee/sites/default/files/2020-04/vesi_2019.pdf
- Postimees (2020) Keskkonnaagentuur: Eesti inimene kasutab aastas 213 vannitäit vett [WWW] <https://www.postimees.ee/7075553/keskkonnaagentuur-eesti-inimene-kasutab-aastas-213-vannitait-vett>
- PRIA (2020) andmepäring 23.09.2020.a. (e-kiri)

- Psenner, V.R., Pucsko, R., Sager, M. (1984) Fractionation of organic and inorganic phosphorous compounds in lakes sediments. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 70, 111-155
- Rakvere Linnavalitsus (2018) Rakvere linna arengukava aastateks 2018-2030. [WWW] [https://rakvere.kovtp.ee/documents/821815/18954490/Rakvere linna +arengukava +aastateks +2018-2030.pdf/e9c1a47c-b36d-4da3-bcb4-09f712c8f9d9](https://rakvere.kovtp.ee/documents/821815/18954490/Rakvere+linna+arengukava+aastateks+2018-2030.pdf/e9c1a47c-b36d-4da3-bcb4-09f712c8f9d9)
- Rozkošný, M., Kriška, M., Šálek, J., Bodík, I., Istenič, D (2014) Natural technologies of wastewater treatment [WWW] https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/natural-treatment.pdf
- Schipper, L.A., Robertson, W.D., Gold, A.J., Jaynes, D.B., Cameron, S.C. (2010) Denitrifying bioreactors - An approach for reducing nitrate loads to receiving waters. *Ecological Engineering*, 36:1532-1543
- Schmidt, C.A., Clark, M.W. (2012) Evaluation of a Denitrification Wall to Reduce Surface Water Nitrogen Loads. [WWW] <https://soils.ifas.ufl.edu/wetlands/publications/PDF-articles/381.Evaluation%20of%20a%20denitrification%20wall%20to%20reduce%20surface%20water%20nitrogen%20loads.%20Journ.%20Environ.pdf>
- Taltech (2020) Hüdrogeoloogiline uuring nitraatide ja pestitsiidide kõrgendatud sisalduse põhjuste ja leviku ulatuse väljaselgitamiseks Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas. [WWW] <https://envir.ee/media/4057/download>
- TERMEKI (2019) Limnoloogia sõnastik. Sisekoormus. [WWW] <https://term.eki.ee/termbase/view/4988712/et/en/?initial=S#/concept/view/1508167381/>
- Timm, H. & Vilbaste, S. (2010) Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Lepingu 4 – 1.1/166 aruanne.
- TTÜ (2010) Fosfori- ja lämmastikukoormuse uuring punkt- ja hajureostuse allikatest. Fosforvæetistes kaadmiumi reostusohu hindamine. Koostajad: Loigu, E., Iital, A., Pachel, K., Leisk, Ü. [WWW] <https://envir.ee/media/4851/download>
- TTÜ (2011) Põllumajanduse hajukoormuse piiramise meetmete väljatöötamine ja nende tõhususe hindamine. Hinnang pinnaja põhjavee hea seisundi saavutamise ja veesäasta võimaluste kohta [WWW] <https://envir.ee/media/4795/download>
- TTÜ (2012) Piiriveekogude loodusliku ja inimtekkelise koormuse arvutamine Eesti territooriumilt. Koostajad: Loigu, E., Piirimäe, K., Iital, A., Pachel, K. [WWW] <https://www.kik.ee/sites/default/files/364.pdf>
- Urban Mark OÜ (2009) Rakvere linna üldplaneering. [WWW] http://www.rakvere.ee/yldplaneering2030/2010_01_28_Rakvere_SELETUSKIRI.pdf
- Wang, H., Weiss, P.T., Gulliver, J.S (2009) Phosphorus Release from Sediments in Lake Winona [WWW] <https://core.ac.uk/download/pdf/211358028.pdf>

- Wang, W.H., Wang, Y., Sun, L.Q., Zheng, Y.C., Zhao, J.C. (2020) Research and application status of ecological floating bed in eutrophic landscape water restoration. *Science of The Total Environment*, 704, 135434
- Veraart, A.J., de Bruijne, W.J.J., de Klein, J.J.M., Peeters, E.T.H.M., Scheffer, M. (2011) Effects of aquatic vegetation type on denitrification. *Biogeochemistry* 104:267–274

LISA 1. Eelprojekt

Kobras OÜ poolt koostatud eelprojekt „Soolikaoja alamjooksu taastamine“ esitatakse eraldi dokumendina.

LISA 2. Tõrremäe pestitsiidilao pinnaseproovide analüüsitulemused

Parameeter	Ühik	Keskkonnaministri (28.06.2019) määrus nr 26		EE20002721	EE20002723	EE20002725	EE20002724
Puuraugu number				PA-1	PA-2	PA-2	PA-3
Proovivõtu sügavus	m			0,2...1,6	0...1,2	1,2...2,8	0...1,3
		Piirarv elu- maal	Piirarv tööstus- maal				
1,2,3,4-Tetraklorobenseen	µg/kg KA	500	3 000	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,3,5-/1,2,4,5-Tetraklorobenseen	µg/kg KA	500	3 000	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,3-Triklorobenseen	µg/kg KA	5 000	50 000	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,4-Triklorobenseen	µg/kg KA	5 000	50 000	< 1	< 1	< 1	< 1
1,3,5-Triklorobenseen	µg/kg KA	5 000	50 000	< 1	< 1	< 1	< 1
2,3-Dimetüülfenool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
2,4-D 2-EHE	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
2,4-D	µg/kg KA	500	2 000	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
2,5-Dimetüülresortsinool	mg/kg KA	1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,6-Dimetüülfenool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
3,4-Dimetüülfenool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
3,5-Dimetüülfenool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
5-Metüülresortsiin	mg/kg KA	1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
AMPA	µg/kg KA			< 2	< 2	< 2	< 2
Aklonifeen	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Alakloor	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Aldriin	µg/kg KA	1 000	5 000	< 1	< 1	< 1	< 1
Ametrüün	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Amidosulfuroon	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Antratseen	µg/kg KA	5 000	50 000	14	160	< 5	55
Arseen (As)	mg/kg KA	30	50	2,1	4	2,5	3,5
Asitromütsiin	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Atrasiin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Atseetamipriid	µg/kg KA			< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Atsenafteen	µg/kg KA	4 000	40 000	14	11	< 5	< 5
Atsenaftüleen	µg/kg KA			14	210	< 5	99
Benso(a)antratseen	µg/kg KA			39	290	< 5	190
Benso(a)püreen	µg/kg KA	1 000	10 000	23	180	< 5	120
Benso(b)fluoranteen	µg/kg KA			39	270	< 5	290
Benso(g,h,i)perüleen	µg/kg KA			14	110	< 5	110
Benso(k)fluoranteen	µg/kg KA					< 5	
Bentasoon	µg/kg KA			< 4	< 4	< 4	< 4
Bifenoks	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Bifentriin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Boskaliid	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10

Parameeter	Ühik	Keskkonnaministri (28.06.2019) määrus nr 26		EE20002721	EE20002723	EE20002725	EE20002724
Puuraugu number				PA-1	PA-2	PA-2	PA-3
Proovivõtu sügavus	m	Piirarv elu- maal	Piirarv tööstus- maal	0,2...1,6	0...1,2	1,2...2,8	0...1,3
Deltametriin	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Desetüül-atrasiin	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Diasinoon	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Dibenso(a,h)antratseen	µg/kg KA			6,9	76	< 5	42
Dieldriin	µg/kg KA	500	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
Diflubensuroon	µg/kg KA			< 2	< 2	< 2	< 2
Diflufenikaan	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Dikamba	µg/kg KA			< 30	< 30	< 30	< 30
Diklobeniil	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Diklofenak	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Diklorofoss	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Dikloroprop-P	µg/kg KA			< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Dikofool	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Dimetakloor	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Dimeteenamiid-P	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Dimetooat	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dimoksüstrobiin	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Diuroon	µg/kg KA			< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Elavhõbe (Hg)	mg/kg KA	2	10	0,025	0,023	0,0073	0,028
Endosulfaansulfaat	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Endriin	µg/kg KA	1 000	5 000	< 1	< 1	< 1	< 1
Epoksikonasool	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Erütromütsiin	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Esfenvaleraat	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Ethopropos	µg/kg KA			< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Etofeenproks	µg/kg KA			< 4	< 4	< 4	< 4
Fenantreen	µg/kg KA	5 000	50 000	56	360	5	200
Fenitrotioon	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Fenool	mg/kg KA			< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fenpropatriin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Fenpropidiin	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Fenpropimorf	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Fenvaleraat	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Fluoranteen	µg/kg KA			23	72	< 5	160
Fluoreen	µg/kg KA			19	34	< 5	19
Fluoksüüpüür	µg/kg KA			< 4	< 4	< 4	< 4
Flutsütrinaat	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Fosfamidoon	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5

Parameeter	Ühik	Keskkonnaministri (28.06.2019) määrus nr 26		EE20002721	EE20002723	EE20002725	EE20002724
Puuraugu number				PA-1	PA-2	PA-2	PA-3
Proovivõtu sügavus	m	Piirarv elu- maal	Piirarv tööstus- maal	0,2...1,6	0...1,2	1,2...2,8	0...1,3
Glüfosaat	µg/kg KA			< 2	< 2	< 2	6,2
Heksaklorobenseen	µg/kg KA	5 000	25 000	< 1	< 1	< 1	< 1
Heksaklorobutadieen	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Heptakloor-eksoepoksiid	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Heptakloor-endoepoksiid	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Heptakloor	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Imidaklopriid	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Indeno(1,2,3-cd)püreen	µg/kg KA			47	160	< 5	170
Isobensaen	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Isodriin	µg/kg KA	1 000	5 000	< 1	< 1	< 1	< 1
Isoprokarb	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Isoproturoon	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kinoksüfeen	µg/kg KA			< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Klaritromütsiin	µg/kg KA			< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Kloormekvaat kloriid	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Klopüraliid	µg/kg KA			< 30	< 30	< 30	< 30
Kloridasoon-desfenüül	µg/kg KA			< 3	< 3	< 3	< 3
Kloridasoon	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Klorofenvinfoss	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Kloroksuroon	µg/kg KA			< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Kloropüriifoss	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Klorotoluroon	µg/kg KA			< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Klotianidiin	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Krimidiin	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Kroom (Cr)	mg/kg KA	300	800	8,2	23	8,3	13
Krüseen	µg/kg KA	2 000	20 000	38	420	< 5	220
Kvintoseen	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Linuroon	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
MCPA	µg/kg KA			< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Malatioon	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mepikvaat kloriid	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Metabenstiasuroon	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Metakrifoss	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Metamitroon	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Metasakloor	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Metiokarb	µg/kg KA			< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Metobromuroon	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Metoksuroon	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Metoksükloor	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1

Parameeter	Ühik	Keskkonnaministri (28.06.2019) määrus nr 26		EE20002721	EE20002723	EE20002725	EE20002724
Puuraugu number				PA-1	PA-2	PA-2	PA-3
Proovivõtu sügavus	m	Piirarv elu- maal	Piirarv tööstus- maal	0,2...1,6	0...1,2	1,2...2,8	0...1,3
Metolakloor	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Metribusiin	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Mireks	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Monolinuroon	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Naftaleen	µg/kg KA	5 000	50 000	10	78	< 5	16
Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	mg/kgA	500	5 000	160	770	75	220
Napropamiid	µg/kg KA			< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Nikosulfuroon	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Oksüklordaani	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Ometoaat	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-138	µg/kg KA			n.d	7,5	n.d	n.d
PCB-153	µg/kg KA			n.d	6,4	n.d	n.d
PCB-180	µg/kg KA			n.d	11	n.d	n.d
PCB-28	µg/kg KA			n.d	6,9	n.d	n.d
Pentaklorobenseen	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Permetriin	µg/kg KA			< 10	43	< 10	1200
Pinoksadeen	µg/kg KA			< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Prometriin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Propaam	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Propakvisaafop	µg/kg KA			< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Propamokarb- hüdrokloriid	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Propasiin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Propikonasool	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Protiokonasool-destio	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Püreen	µg/kg KA	5 000	50 000	49	240	< 5	200
Resortsiin	mg/kg KA	1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sebutüülasiiin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Simasiin	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Spiroksamiin	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
Tebukonasool	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Teflubensuroon	µg/kg KA			< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Terbutriin	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Terbutüülasiiin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Tiaklopriid	µg/kg KA			< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Tiametoksaam	µg/kg KA			< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Triadimenool	µg/kg KA			< 0,2	< 0,2	< 0,2	7,5
Triallaat	µg/kg KA			< 10	< 10	< 10	< 10
Trifluraliin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5

Parameeter	Ühik	Keskkonnaministri (28.06.2019) määrus nr 26		EE20002721	EE20002723	EE20002725	EE20002724
Puuraugu number				PA-1	PA-2	PA-2	PA-3
Proovivõtu sügavus	m	Piirarv elu- maal	Piirarv tööstus- maal	0,2...1,6	0...1,2	1,2...2,8	0...1,3
Tritosulfuroon	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tsüaanasiin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
Tsübutriin	µg/kg KA			< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tsüflutriin	µg/kg KA			< 10	45	< 10	160
Tsüpermetriin (isomeeride segu)	µg/kg KA			< 10	95	< 10	230
Vask (Cu)	mg/kg KA	150	500	3,7	42	3	7,8
alfa-Endosulfaan	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
alfa- Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	200	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
alfa-Klordaani	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
beeta-Endosulfaan	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
beeta- Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	200	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
delta- Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	200	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
epsilon- Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	200	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
gamma- Heksaklorotsükloheksaan	µg/kg KA	200	2 000	< 1	< 1	< 1	< 1
gamma-Klordaani	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
lambda-Tsühalotriin	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	7,2
metüül-Kloropüriifoss	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
metüül-Pirimifoss	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	14
o,p'-DDD	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
o,p'-DDE	µg/kg KA			< 5	< 5	< 5	< 5
o,p'-DDT	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
o-Kresool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
p,p'-DDD	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
p,p'-DDE	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
p,p'-DDT	µg/kg KA			< 1	< 1	< 1	< 1
p/m-Kresool	mg/kg KA	1	10	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
PAH summa	µg/kg KA	20 000	200 000	271,9	1851	5	1301
PCB summa	µg/kg KA	5 000	10 000	n.d	31,8	n.d	n.d
Pestitsiidide summa	µg/kg KA	5 000	20 000	n.d	183	n.d	1624,9