



EESTI  
GEOLOOGIATEENISTUS

# Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019





Kaanefoto: Ratva toruallikad. Foto: A. Marandi

Soovitav viitamine: Marandi, A., Karro, E., Osjamets, M., Polikarpus, M., Hunt, M. 2020. Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019. EGF 9416. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9416>

KINNITATUD  
Eesti Geoloogiateenistuse  
Teadusnõukogu otsusega nr 20-9

# Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019

UURIMISTÖÖ ARUANNE

Töögrupi juht: Andres Marandi

Töögrupi liikmed: Enn Karro, Madis Osjamets,  
Maile Polikarpus, Marlen Hunt

## Sisukord

Tabelite nimekiri.....	6
Jooniste nimekiri .....	6
Lisade nimekiri.....	7
Kasutatud lühendid ja mõisted.....	8
Annotatsioon .....	10
1. Sissejuhatus.....	11
2. Metoodika .....	12
2.1. Töös kasutatud andmed .....	12
2.1.1. Lähteandmete allikad.....	12
2.1.2. Lähteandmete kvaliteedikontroll ja parandus .....	12
2.1.3. Põhjaveekogumite seisundi hindamiseks kasutatud andmekoosseisu kirjeldus.....	13
2.1.4. Üleantavate andmetabelite kirjeldused.....	15
2.1.5. Soovitused EELISE andmete kvaliteedi parandamiseks .....	15
2.2. Testide läbiviimise metoodika .....	15
2.2.1. Põhjaveekogumi taustainformatsioon ja test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks (Test 1) .....	16
2.2.2. Test 1. Test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks.....	22
2.2.3. Test 2. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt. ....	23
2.2.4. Test 3. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt .....	24
2.2.5. Test 4. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt.....	27
2.2.6. Test 5. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks joogiveest lähtuvalt .....	28
2.2.7. Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt .....	29
2.2.8. Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt .....	30
2.2.9. Test 8. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt.....	31
2.2.10. Test 9. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt .....	31
3. Põhjaveekogumite seisundi hindamise tulemused ja arutelu .....	34
3.1. Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum (PVK 1) .....	36
3.2. Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum (PVK 2) .....	36
3.3. Kambriumi-Vendi põhjaveekogum (PVK 3).....	37
3.4. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 4) .....	38
3.5. Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5a) .....	38

3.6.	Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5b).....	39
3.7.	Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum (PVK 6) .....	39
3.8.	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (PVK 7) .....	40
3.9.	Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum (PVK 8).....	41
3.10.	Siluri Saaremaa põhjaveekogum (PVK 9) .....	42
3.11.	Siluri–Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum (PVK 10) .....	42
3.12.	Siluri–Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum (PVK 11) .....	42
3.13.	Siluri–Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum (PVK 12).....	42
3.14.	Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 13) .....	43
3.15.	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 14) .....	43
3.16.	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 15) .....	43
3.17.	Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum (PVK 16) .....	43
3.18.	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 17).....	44
3.19.	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (PVK 18) .....	44
3.20.	Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum (PVK 19) .....	44
3.21.	Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum (PVK 20) .....	44
3.22.	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 21) .....	45
3.23.	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 22).....	46
3.24.	Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 23).....	46
3.25.	Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 24) .....	46
3.26.	Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas (PVK 25).....	46
3.27.	Ülem-Devoni põhjaveekogum (PVK 26).....	46
3.28.	Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum (PVK 27).....	47
3.29.	Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum (PVK 28) .....	47
3.30.	Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum (PVK 29) .....	48
3.31.	Kvaternaari Prangli põhjaveekogum (PVK 31) .....	48
4.	Kokkuvõte ja soovitused .....	49
5.	Lisad.....	52
6.	Kasutatud kirjandus.....	53

## Tabelite nimekiri

Tabel 1. Põhjaveekogumi keemilise seisundiklassi määramisel arvesse võetavate põhjavett ohustavate saasteainete kvaliteedi piirväärtused (KeM 2019a) .....	17
Tabel 2. Põhjavett ohustavad saasteained ning põhjavee keemilise seisundiklassi määramisel kasutatavad saasteainete läviväärtused (KeM 2019a) .....	17
Tabel 3. Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused (piirarvud) (KeM 2019b) .....	21
Tabel 4. Põhjaveekogumite seisundi 2020. a üksikute testide tulemused, 2014. (Türk 2014a, b; Perens et al. 2015) ja 2020. a testide koondtulemused, ning 2019. a. ohustatuse hinnang (Marandi et al. 2019) .	34
Tabel 5. Põhjaveekogumite seisundi 2020. üksikute testide usaldusväärsus .....	35

## Jooniste nimekiri

Joonis 1. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise esimese etapi teostamise skeem (taustainfo kogumine ja test 1 põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks) .....	16
Joonis 2. Thiessen'i polügooni meetodi abil genereeritud seirepunktide mõjuulatused PVK nr. 13 (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas) näitel .....	22
Joonis 3. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt (test 2) .....	24
Joonis 4. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt (test 3) .....	26
Joonis 5. Ebasoodsas seisundis olevad põhjaveest sõltuvad vooluveekogud põhjaveekogumite kaardil	26
Joonis 6. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt (test 4) .....	27
Joonis 7. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem joogiveest lähtuvalt (test 5).....	28
Joonis 8. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt (test 6).....	29
Joonis 9. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt (test 7) .....	30
Joonis 10. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt (test 8) .....	31
Joonis 11. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt (test 9) .....	32
Joonis 12. Kloriidide sisalduse ajaline muutus vaatluskaevus 2207 .....	36
Joonis 13. Kloriidide sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi 2014-2019 jooksul. ....	37

Joonis 14. Aasta keskmised SO <sub>4</sub> sisaldused Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi seirekaevude vees .....	39
Joonis 15. NH <sub>4</sub> sisalduse ajaline muutus seirekaevus 19028 vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul.....	40
Joonis 16. Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogumi seirevõrk ning kloriidide muutus seirekaevus 13714.....	41
Joonis 17. NH <sub>4</sub> sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul .....	45
Joonis 19. NH <sub>4</sub> ja PHT <sub>Mn</sub> sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul .....	47
Joonis 20. PVK 31 keemilise hapnikutarbe väärtuste ajaline muutus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul .....	49

## Lisade nimekiri

- Lisa 1. Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum (PVK 1)
- Lisa 2. Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum (PVK 2)
- Lisa 3. Kambriumi-Vendi põhjaveekogum (PVK 3)
- Lisa 4. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 4)
- Lisa 5. Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5a)
- Lisa 6. Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5b)
- Lisa 7. Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum (PVK 6)
- Lisa 8. Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (PVK 7)
- Lisa 9. Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum (PVK 8)
- Lisa 10. Siluri Saaremaa põhjaveekogum (PVK 9)
- Lisa 11. Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum (PVK 10)
- Lisa 12. Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum (PVK 11)
- Lisa 13. Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum (PVK 12)
- Lisa 14. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 13)
- Lisa 15. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 14)
- Lisa 16. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 15)
- Lisa 17. Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum (PVK 16)
- Lisa 18. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 17)
- Lisa 19. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (PVK 18)

- Lisa 20. Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum (PVK 19)
- Lisa 21. Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum (PVK 20)
- Lisa 22. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 21)
- Lisa 23. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 22)
- Lisa 24. Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 23)
- Lisa 25. Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 24)
- Lisa 26. Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas (PVK 25)
- Lisa 27. Ülem-Devoni põhjaveekogum (PVK 26)
- Lisa 28. Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum (PVK 27)
- Lisa 29. Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum (PVK 28)
- Lisa 30. Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum (PVK 29)
- Lisa 31. Kvaternaari Prangli põhjaveekogum (PVK 31)
- Lisa 32. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud keemilise seisundi andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 33. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tasemete andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 34. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tarbimise andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 35. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud komponentide ajaliste muutuste joonised põhjaveekogumite ja seirekaevude kaupa (kokkupakitud failide kaust)

## Kasutatud lühendid ja mõisted

**EELIS** – Eesti Looduse Infosüsteem

**EPN** – Euroopa Parlament ja Nõukogu

**FÜBE** – benthilised ränivetikad, kvaliteedielement pinnaveekogumite ökoloogilise seisundi (ÖSE) hindamisel

**FÜKE** – vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**FÜPLA** – fütoplankton, kvaliteedielement pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**HÜMO** – hüdro-morfoloogilised parameetrid pinnaveekogumite seisundi hindamisel

**KALA** – kalastik, kvaliteedielement pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**karstiaala** – karsti (karstihetrid, -nõod, -järved, -koopad, -jõesed) leviku piirkond, kus puudub ajutiselt või alaliselt sademevee pindmine äravool vooluveekogusse

**KAUR** – Keskkonnaagentuur

**KeM** – Keskkonnaministerium

**KESE** – Keskkonnaseire infosüsteem

**LT** – lähtetase



**LV** – läviväärtus

**lähtetase** – aastatel 2007–2009 põhjavee seire käigus mõõdetud seirekaevu või põhjaveekogumi keskmine saasteainesisaldus

**läviväärtus** – põhjavee kvaliteedistandard, mis kehtestatakse liikmesriikide tasandil saasteainetele, saasteainete rühmadele ning reostuse näitajatele, mida liikmesriigi territooriumil peetakse sellisteks, et nende ületamisel saab põhjaveekogumeid või põhjaveekogumite rühmi pidada ohustatuks

**MAFÜ** – suurtaimed, kvaliteedielement pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**NTA** – nitraaditundlik ala

**piirväärtus** – põhjavee kvaliteedi piirväärtus on üldine keskkonnavaliteedi standard, mis väljendub teatava saasteaine, saasteainete rühma või reostuse näitaja kontsentratsiooni põhjavees, mida ei tohiks inimeste tervise ja keskkonna kaitsmise huvides ületada. Käesoleva töö kontekstis mõistetakse piirväärtuse all keskkonnaministri määruse 01.10.2019 nr 48 (KeM 2019a) § 9 lõikes 1 loetletud põhjaveekogumi keemilise seisundiklassi määramisel arvesse võetavate põhjavett ohustavate saasteainete kvaliteedi piirväärtusi ja § 7 lõikes 1 loetletud kvaliteedinäitajate väärtusi ning ohtlike ainete puhul keskkonnaministri määruses 04.09.2019 nr 39 (KeM 2019b) sätestatud piirarve

**pinnaveekogum** – selgelt eristuv ja oluline osa pinnaveest, nagu järv, veehoidla, jõgi, oja või kanal, jõe-, oja- või kanaliosa, siirdevesi või rannikuvee osa

**pinnavesi** – maismaavesi, välja arvatud põhjavesi, ning siirdevesi, rannikuvesi ja keemilise seisundi hindamisel ka territoriaalvesi

**PSMÖS** – põhjaveest otseselt sõltuvad maismaaökosüsteemid

**PV** - piirväärtus

**PVK** - põhjaveekogum

**põhjavee saasteainesisalduse kasvusuundumuse langusele pööramise punkt** – näitab, et ohustatud põhjaveekogumi saasteainesisaldus on tõusnud 75 protsendini saasteainesisalduse läviväärtusest või põhjavee kvaliteedi piirväärtusest ning saasteainesisalduse olulise või püsiva kasvusuundumuse langusele pööramiseks tuleb rakendada asjakohaseid meetmeid

**põhjavee saasteainesisalduse püsiv kasvusuundumus** – saasteainesisalduse kasv, mille lineaarse kasvutrendi usaldusväärsus on üle 95% ( $p$  väärtus  $< 0,05$ )

**põhjaveekogum** – põhjaveekihi või -kihtides selgesti eristatav veemass

**põhjavesi** – maapõues sisalduv vesi, mineraalvesi on põhjavee alaliik

**seirepunkti mõjuulatus** – põhjaveekogumite pindalalise analüüsi (Thiessen'i polügooni meetod) tulemusena defineeritud ala keemilises seires oleva seirepunkti ümbruses

**SPETS** – vesikonnaspetsiifilised saasteained, kvaliteedielement pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**SUSE** – suurselgrootud põhjaloomad, kvaliteedielement pinnaveekogumite ÖSE hindamisel

**TLÜ** – Tallinna Ülikool

**VPRD** – Veepoliitika Raamdirektiiv

**ÖSE** – pinnaveekogumi ökoloogiline seisund

## Annotatsioon

23. oktoobril 2000. a. võeti vastu Euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, millega kehtestati ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik (edaspidi VPRD). VPRD artikli 4 kohaselt on direktiivi keskkonnaeesmärk muuhulgas ka põhjaveekogumite vee hea seisundi saavutamine ning iga 6 aasta järel põhjaveekogumite seisundite hindamine. Käesoleva töö eesmärk on hinnata põhjaveekogumite seisund veemajanduskava (2014-2019) vältel kogutud põhjaveekogumite riikliku seirevõrgu andmete põhjal.

Kuigi Terviseameti ning Keskkonnaameti andmebaasid sisaldasid paljude kaevude andmeid, siis põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamise aluseks võeti vaid nendest puurkaevudest määratud näitajaid, mis kuulusid või on kuulunud põhjaveekogumite seiresse. Erandiks on nitraaditundlikul alal paiknevad põhjaveekogumid (Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas, Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas ja Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum), kus kasutati keemilise seisundi hindamisel ka põhjaveekogumi alal paiknevaid nitraaditundliku ala põhiseire kaevude veeproovide andmeid.

Tehtud tööde käigus parandati, puhastati ja süstematiseeriti andmebaas, töötati välja meetodika 9 testile põhjaveekogumite keemilise ja koguselise seisundite hindamiseks, hinnati põhjaveekogumite seisund ning esitati soovitused järgmise veemajanduskava meetmekavasse.

Läbi viidud testide tulemusena liigitus 31 põhjaveekogumist 8 (põhjaveekogumid nr 2, 6, 7, 11, 15, 24, 27 ja 31) koondseisnud halvaks. Heas, kuid ohustatud, koondseisundis on 11 põhjaveekogumit (1, 3, 4, 8, 9, 12, 20, 21, 24, 28 ja 29). Vastavalt meetodikale hinnati iga testi usaldusväärsus. Testide usaldusväärsus on valdavalt madal.

Keemilistest elementidest olid suurimad halva või ohustatud seisundi põhjustajad NH<sub>4</sub> iooni sisaldus ja PHT näitajad. Halb koguseline seisund oli põhjustatud Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumis (7) seoses põlevkivikaevanduste veeärastusega võrreldes põhjaveekogumi üldisesse loodulikku ressursi ning Kvaternaari Vasavere põhjaveekogumis (27) seoses veevõtu mõjuga Martiska ja Kuradi järvedele.

Lisaks muudele töö lõpus tehtud soovitustele tuleks järgmise veemajanduskava raames eelkõige selgitada ülemistes põhjaveekogumites toimuv PHT ja NH<sub>4</sub> suurenemise põhjused ning täiustada ja uuendada olemasolevat põhjaveekogumite seirevõrku. Tulenevalt hüdrogeoloogilistest tingimustest tuleks kaaluda PVK 17 ja 21 ning 18 ja 22 ühendamist, kuna need on hüdrodünaamiliselt samad veekihid ning nende varusid on põhimõtteliselt võimatu eraldada. See võimaldaks korrastada seiresüsteemi ning tõsta selle esinduslikkust ja usaldusväärsust. Tuleviku veehaardeid rajades ei tohi Voronka ja Gdovi põhjaveekogumite piires lubada rajada puurkaeve mis avavad mõlemat põhjaveekogumit.

## 1. Sissejuhatus

23. oktoobril 2000. a. võeti vastu Euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ (EPN 2000), millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik (edaspidi VPRD). VPRD artikli 4 kohaselt on direktiivi keskkonnanäesmärk muuhulgas ka põhjaveekogumite vee hea seisundi saavutamine. Direktiivi kohaselt võib põhjaveekogumi seisund olla hea või halb ja hinnatakse nii selle keemilist kui ka koguselist seisundit. Põhjaveekogum on heas seisundis juhul, kui nii selle keemiline kui ka koguseline seisund on hea. Vastasel juhul on põhjaveekogumi seisund halb. Põhjaveekogumi seisundit hinnatakse vastavalt 2013. aastal koostatud põhjaveekogumite seisundi hindamise meetodikale, mille koostas Keskkonnaministeeriumi tellimusel Infragate Eesti AS ning Euroopa Komisjoni vastavale juhisele (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013)

Põhjaveekogumite vee seisundi hindamiseks, kaitse ja kasutamise korraldamiseks on Eestis levivatest veekihtidest moodustatud põhjaveekogumid. Põhjaveekogumite arv Eestis on ajas muutunud ning iga veemajanduskava perioodil vaadatakse üle põhjaveekogumite arv ja piirid. Viimane põhjaveekogumite inventuur, mille käigus muudeti põhjaveekogumite arvu ning piire ja koostati kõigi põhjaveekogumite kontseptuaalsed mudelid, toimus 2019. aastal (Marandi et al. 2019).

VPRD kohaselt tuleb hinnata kõikide põhjaveekogumite seisund. Põhjaveekogumi seisundi hindamise aluseks on nii eelpoolmainitud meetodika, kui ka põhjaveekogumite kontseptuaalsed mudelid, kus on kirjeldatud põhjaveekogumi kaitse eesmärgid ning koormusallikad. Kui põhjaveekogumi seisundi hindamise tulemusel saadakse teada, et põhjaveekogum ei ole hea seisundis või selle hea seisund on ohustatud, siis tuleb rakendada VPRD artiklit 11.

Põhjavee seisundi hinnangu töö tulemused on aluseks veemajanduskava meetmeprogrammile. VPRD artikli 11 alusel koostab iga liikmesriik keskkonnanäesmärkide ehk põhjaveekogumi hea seisundi saavutamiseks meetmeprogrammi. Meetmeprogramm peab sisaldama vee kasutamise ja kaitse meetmeid, mida tuleb arvestada kohaliku omavalitsusüksuse üld- ja detailplaneeringute ning ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavade koostamisel, uuesti läbi vaatamisel ja muutmisel. Meetmeprogrammi meetmete rakendamise tõhusust hinnatakse pideva põhjaveeseire ja põhjaveekogumite seisundi hindamise abil.

Käesolev aruanne koosneb aruande põhiosast (töös kasutatud põhjaveekogumite seisundi hindamise meetodika, hindamise peamised tulemused ning võrdlus eelmise perioodiga) ja aruande lisadest. Parema loetavuse ning informatsiooni leidmise eesmärgil on iga põhjaveekogumi keemilise ja koguselise seisundi hindamise tulemused esitatud aruande põhitekstis, kuid kõigi testide detailid on esitatud põhjaveekogumite kaupa vastavates tekstilisades (Lisad 1-31). Lisaks tekstilisadele on aruandega kaasas ka testide läbiviimise aluseks olnud andmete (keemia, veetasemed ja veevõtt) tabelid ning kõigi põhjaveekogumite kohta käivate oluliste komponentide muutuste aegriidade joonised.

## 2. Metoodika

### 2.1. Töös kasutatud andmed

#### 2.1.1. Lähteandmete allikad

Töö käigus analüüsitud andmestik sisaldab nii põhjavee koguselisi näitajad (veetase, veevõtt) kui ka keemilisi ja füüsikalisi näitajaid, mida koguvad Keskkonnaamet, Terviseamet ning Keskkonnaministeerium läbi Keskkonnaagentuuri (KAUR).

Keskkonnaministeeriumi poolt korraldatud põhjaveekogumite koguselise (veetase) ja keemilise seisundi seire, ohtlike ainete seire ning nitraaditundliku ala seire andmed on koondatud KAUR-i poolt hallatavasse Keskkonnaseire andmebaasi KESE (<https://kese.envir.ee/kese/>). Terviseamet kogub vee-ettevõtjatelt joogivee kontrollikava alusel andmeid põhjavee veekvaliteedi kohta ning peab selleks oma andmebaasi ([http://vtiav.sm.ee/index.php/?active\\_tab\\_id=A](http://vtiav.sm.ee/index.php/?active_tab_id=A)). Keskkonnaamet kogub vee-ettevõtjalt keskkonnalooga nõutud veeanalüüside andmeid, mis 2020. aastani andmebaasisse jõudnud ei ole, kuid mis on osaliselt sisestatud Exceli tabelisse. Veevõtu andmeid esitavad vee-ettevõtted läbi veekasutuse aruannete Keskkonnaametile (alates 01.01.2020 läbi infosüsteemi Kotkas). Veekasutuse aruannete põhjal koostab KAUR iga-aastase põhjavee bilansi aruande koos koondatud andmetabelitega.

#### 2.1.2. Lähteandmete kvaliteedikontroll ja parandus

Põhjaveekogumite seisundi hindamise aluseks olevad andmed saadi mitmest eri allikast, siis oli ka andmete struktuur ning kvaliteet erinev. Terviseameti ja Keskkonnaameti andmetes oli palju andmete kattuvusi, sest tavapäraselt esitatakse sama analüüsitulemus mõlemale asutusele. Dubleeritud näitajate väärtused andmetöötuse käigus eemaldati. Andmetest kõrvaldati kõik laboris „OÜ GL Grover“ määratud näitajad, sest varasema uuringu (Raidla et al. 2019) käigus ilmnes, et sellel laboril puuduvad akrediteeringud paljude oluliste näitajate määramiseks ning labori määrangud pole usaldusväärsed.

Andmetöötuse käigus vajasis ühtlustamist määratud näitajate tähistused („Sulfaat“, „SO4“, „Sulfaat(SO4)“, „HCO3“, „vesinkarbonaat“, hüdrokarbonaat“ jms ) ning mõõtühikud (mg, µg, ng). Lähteandmetes ilmnes palju trükivigu, eriti keeruliste ohtlike ainete nimetustes ja vigaseid mõõtühikuid.

Elektrijuhtivus on oluline põhjavee indikaator, kuid seda parameetrit ei saanud hindamisel kasutada, sest andmebaasis puudub mäрге, mis temperatuuri juures on näit registreeritud. Elektrijuhtivuse näit sõltub temperatuurist.

Töötlemist ja parandamist vajasis ka puurkaevude asukohakoordinaadid ja puurkaevudega seotud põhjaveekogumi nimetused. Kuna mitmest erinevast andmeallikast tulid kaasa ka puurkaevude koordinaadid ning seotud põhjaveekogumi nimetused, siis tihti esines olukordi, kus ühe puurkaevu kohta oli esitatud mitmeid erinevaid koordinaate. Kuna ilma kohapealse kontrollita polnud võimalik õigeid koordinaate välja selgitada, siis võeti andmetöötuse aluseks Eesti Looduse Infosüsteemi (EELISE) koordinaadid ja kui EELISes need mingil põhjusel puudusid, siis kasutati algallika koordinaate.

Töötuse käigus kontrolliti üle kõikide puurkaevude seosed põhjaveekogumitega. Kõik nende Kvaternaari põhjaveekogumite kaevud, mille kogumid liideti kontseptuaalsete mudelite töö soovitusel aluspõhjaliste põhjaveekogumitega (Marandi et al. 2019), said omale seose uue põhjaveekogumiga.

Kui seirekaevude ja põhjaveekogumite vahel olevad seosed olid üldjuhul õiged, siis veevõtutabelis olid tarbekaevude ja põhjaveekogumite seosed ebaühtlasemad ja parandusi oli vaja teha rohkem. Eraldi võib välja tuua probleemi Voronka (nr 2) ja Gdovi (nr 1) põhjaveekogumitega olukorras, kus tarbekaev avab mõlemat põhjaveekogumit (nt Kohtla-Järve piirkond), sellisel juhul oli mõni kaev ekslikult seotud põhjaveekogumiga nr 3 Kambriumi-Vendi põhjaveekogumiga, mis aga kaevu piirkonnas ei levi. Virumaal

paiknevatele ja mitut kogumit avavatele puurkaevudele lisati juurde vastava märke. Probleem esines peamiselt veevõtuandmetes.

Veetasemeseire kaevudega märkimisväärseid probleeme polnud, v.a. Sillamäe seirekaev (katastri number 2207), kus juba varasem uuring (Raidla et al. 2019) viitas ebakorreksetele andmetele ajavahemikus 2015-2017 aasta ja mis tuleb KESE andmebaasist eemaldada.

### 2.1.3. Põhjaveekogumite seisundi hindamiseks kasutatud andmekoosseisu kirjeldus

Kuigi Terviseameti ning Keskkonnaameti andmebaasid sisaldasid paljude kaevude andmeid, siis põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamise aluseks võeti vaid nendest puurkaevudest määratud näitajaid, mis kuulusid või on kuulunud põhjaveekogumite seiresse. Erandiks on nitraaditundlikul alal paiknevad põhjaveekogumid (Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas, Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas ja Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum), kus kasutati keemilise seisundi hindamisel ka põhjaveekogumi alal paiknevaid nitraaditundliku ala põhiseire kaevude veeproovide andmeid.

Andmete koondamise käigus keemilised näitajad klassifitseeriti – põhikomponent, makrokomponent, mikrokomponent, pestitsiidid, lenduvad orgaanilised ühendid, PAH-id jne. Ohtlike ainete nimistust oli nimetuste rohkuse ja nende kirjapiltide varieeruvuse tõttu kõige keerulisem välja selgitada pestitsiidide rühma kuuluvad proovid.

Andmetöötluse tulemusel liigitatud näitajad koos mõõtühikutega on toodud Lisa 32 Exceli tabeli töölehel „klassifikaator“.

On tugevalt soovitatav kirjeldatud klassifikaatorit kasutada ka edaspidi KESE andmebaasis ja rakendada seda vahetult andmete sisestamisel, siis on mistahes hilisemal andmetöötlusel lihtne vajalike näitajaid välja filtreerida.

Töö tellija ja teostaja vahel toimunud töökoosolekul lepiti kokku, et alla labori määramispiiri olevate näitajate väärtuste puhul kasutatakse andmete analüüsimisel poolt määramispiiri väärtust. Tehniliselt tähendab see seda, et kõigil sellistel näitajatel eemaldati analüüsitud väärtustelt „väiksem kui“ märk ja arvuline väärtus jagati kahega. Selleks, et vältida keskmiste sisalduste arvutamisel allapoole määramispiiri jäävate proovide tekitatud ebaõigeid kõrgeid väärtusi, eemaldati andmestikust naftasaaduste määrangud, millel oli kõrge määramispiir (<170 µg/l).

Koguselise seisundi hindamiseks kasutati seirekaevude veetasemeid aastatel 2014-2019 (KESE) ning 2019. a põhjaveebilansi andmeid. Kõikide näitajate kohta arvutati aastakeskmise väärtus puurkaevus, 6 aasta keskmine väärtus puurkaevus ning vastavad väärtused iga põhjaveekogumi kohta ning joonistati vajalikud graafikud ja koostati tabelid.

Andetöötlemiseks kasutati peamiselt andmebaasi Postgre 9, kaartide kujundamiseks kaarditarkvara QGIS3, graafikute genereerimiseks ning statistiliste näitajate: lineaarse trendi ning selle usaldusväärus (p-väärtus) arvutamiseks analüüsitarkvara R.

Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud keemilise seisundi andmestik koosneb näitajatest, mis on määratud aastatel 2014-2019 ja 2007-2009. 2007-2009 a. andmeid kasutati saasteainete lähtetaseme määramiseks. Töös kasutatakse analüüsimiseks järgmisi näitajaid: fenoolid (1-aluselised) (µg/l), mis andmetöötluse käigus summeeriti (v.a. fenoolid), As (µg/l), benseen (µg/l), Cd (µg/l), Cl (mg/l), Hg (µg/l), naftasaadused (µg/l), NH<sub>4</sub> (mg/l), NO<sub>3</sub> (mg/l), O<sub>2</sub> (mg/l), PAH summa (µg/l) - kasutati labori poolt määratud summat, Pb (µg/l), pH, PHT või KHTMn (mgO/l), SO<sub>4</sub> (mg/l), tetrakloroeteen (µg/l), trikloroeteen (µg/l), pestitsiidid (µg/l).

Pestitsiidide puhul ei kasutatud laboris määratud pestitsiidide summat. Põhjaveekogumite testide infolehtedel (Lisad 1-31) Joonisel 1 toodud pestitsiidide summa on töö käigus kokku liidetud üksikute üle määramispiiri mõõdetud tulemuste summa.

Antud aruande kontekstis on olulised ühealuselise fenoolid, mille summale on määratud 15 põhjaveekogumis läviväärtuseks 1 µg/l.

1-aluseliste fenoolide hulka kuuluvad 7 näitajat: 2,3-dimetüülfenool; 2,6-dimetüülfenool; 3,4-dimetüülfenool; 3,5-dimetüülfenool; fenool; o-kresool; p,m-kresool (4 ja 3-metüülfenool)

Hindamisperioodil 2014-2019 analüüsitud ühealuseliste fenoolide üksikkomponentide laborite määramispiir oli 0,3 µg/l, ühel juhul proovis (PRK0021269\_2019-07-22\_kese\_pv\_2019) 1,5 µg/l.

Lisaks eelloetletuile leiduvad näitajate loetelus ka nimetused „Fenoolide summa“ ja „1-aluslised fenoolid“. Andmete võrdlemisel näib nende mõlema sisuks olevat 1-aluseliste fenoolide summa.

Nimetus „1-aluslised fenoolid“ leidub 2014-2017 a. andmestikus. Aastatel 2014-2015.a on määratud vaid „1-aluslised fenoolid“ ning üksikkomponente määratud pole. Määramispiir on valdavalt 1 µg/l.

Nimetust „Fenoolide summa“ on kasutatud 2017. a. analüüsitulemustes samaaegselt samas proovis nimetusega „1-aluslised fenoolid“ ja peamiselt on antud summa siis, kui kõik üksikkomponendid on alla määramispiiri. Samast aastast leidub üks näide puurkaevust PRK0019028\_2017-08-10\_kese\_seire\_pv\_w määratud fenoolsete ühendite puhul, kus 1-aluseliste fenoolide summas ei kajastu kõik määramispiiri ületanud üksikkomponendid.

2018. ja 2019 .a. andmetes ei ole näitajat „1-aluslised fenoolid“ ja „Fenoolide summa“. „1-aluslised fenoolid“ on esitatud üksikkomponentidena. Määramispiir on 0,3 µg/l.

Lähtuvalt ajas muutuvast labori määramistäpsusest, töödeldi algandmeid järgmiselt.

- Andmetöötles ei kasutatud näitajat, mille nimetus on „**Fenoolide summa**“.
- Kui 1-aluseliste fenoolide üksikväärtused olid määratud, siis leiti 1-aluseliste fenoolide summa arvutuslikult liites kokku kõik üle määramispiiri olevate komponentide väärtused.
- Kui 1-aaluseliste fenoolide kõik üksikkomponendid on alla määramispiiri, siis kasutatakse edaspidises andmetöötles keskmist üksikkomponendi määramispiiri, mis jagatakse kahega, nagu kõigi alla määramispiiri olevate komponentide korral.
- Kokku liitmine toimub ka siis, kui lisaks üksikkomponentidele on juba olemas „1-aluslised fenoolid“, sest nii mõnelgi juhul on näha, et see summa ei sisalda *p,m-kresool (4 ja 3-metüülfenool)* väärtust.
- Kui 1-aluseliste fenoolide üksikkomponendid ei ole määratud, siis kasutatakse näitajat „1-aluslised fenoolid“. Kui vastav näitaja on alla määramis piiri, siis kasutatakse edasistes arvutustes poolt määramispiiri väärtust.
- Näide:

2,3-dimetüülfenool	<0,3	<0,3		
2,6-dimetüülfenool	<0,3	<0,3		
3,4-dimetüülfenool	<0,3	<0,3		
3,5-dimetüülfenool	<0,3	<0,3		
Fenool	<0,3	1		
o-kresool	<0,3	1,2		
p,m-kresool (4 ja 3-metüülfenool)	<b>&lt;0,3</b>	0,5		
1-aluslised fenoolid			<1	1,2
<b>Fenoolid( 1-aluselised ) (summa)</b>	<b>0,15</b>	<b>2,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>

#### 2.1.4. Üleantavate andmetabelite kirjeldused

Kõik lähteanded, mis on antud töös kasutatud, on esitatud kolme Exceli failina:

Lisa 32. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud keemilise seisundi andmestik (Lisa 32 Aastakeskmised keemilised näitajad seirekaevus 2014-2019.xlsx).

Andmestik koosneb nii algandmete üksikväärustest kui ka agregeeritud aastakeskmistest väärtustest eraldi töölehtedel. Täpne töölehtede ja andmeväljade kirjeldus on toodud eraldi töölehel „loe\_mind“:

Lisa 33. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tasemete andmestiku allikas on KESE. Neis andmeis parandusi ei tehtud. Algandmete põhjal arutati veetaseme keskmine, miinimum ja maksimum väärtused puurkaevus iga aasta kohta. Andmed on esitatud Exceli failina Lisa 33 Aastakeskmised veetasemed puurkaevus 2014-2019.xlsx, täiendavad tabelite kirjeldused leiab Exceli töölehelt „loe\_mind“.

Lisa 34. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tarbimise andmestiku allikas on põhjaveebilansi aruande lisad (Olesk 2019, Oleks 2018). Parandatud ja lisatud on puurkaevu ja põhjaveekogumi seoseid. Samuti seoti kõik karjäärid ja kaevanduse veevõttud põhjaveekogumitega. Tabel sisaldab 2017. ja 2018. aasta keskmisi veevõtu andmeid puurkaevude kaupa. Andmed on failis Lisa 34 Veevõtt\_2017\_2018.xlsx, täiendavad tabelite kirjeldused leiab Exceli töölehelt „loe\_mind“.

#### 2.1.5. Soovitused EELISE andmete kvaliteedi parandamiseks

Puurkaevude registrisse kandmisel on viimasel kümnendil peetud oluliseks luua seos põhjaveekogumiga ning veekihti või veekompleksi ei ole enam oluliseks peetud. Edaspidi peaks siiski alati ära märkima ka veekihi, sest põhjaveekogum on veevarude majandusüksus, mille piirid ning vertikaalne ulatus võivad aja jooksul muutuda. Veekiht aga kirjeldab konkreetset hüdrogeoloogilist üksust, mille paksus ja levik ajas ei muutu. Seeläbi oleks lihtsam põhjaveekogumite liitmise või lahutamise korral puurkaev uue kogumiga siduda.

Selguse mõttes tuleks teha parandus maapinnalt esimeste aluspõhjaliste põhjaveekogumite nimedes, sest põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite töö käigus liideti suurem osa väljaeraldatud Kvaternaari põhjaveekogumeid lamavate aluspõhjaliste kogumitega. Seega tuleks kõigi nende kogumite ette lisada sõna „Kvaternaari-“, nt Kvaternaari-Kesk-Devoni põhjaveekogum.

Fikseerida käesolevas töös kasutatud andmed EELISes, et tulevikus oleks võimalik töös kasutatud andmekoosseisu luua, et ei tekiks situatsiooni, kus järgmine põhjavee seisundi hindaja ei saa eelmise hindamise tulemusi kasutada, sest algandmete kogu ei ole taastatav.

EELISes tuleb fikseerida igal aastal kehtiv seireprogramm. Kõik seireprogrammis tehtavad muutused tuleb fikseerida EELISes koos põhjendustega.

## 2.2. Testide läbiviimise meetodika

Selleks et hinnata, kas põhjaveekogum vastab kõigile hea seisundi omistamiseks vajalikele kriteeriumidele, on välja töötatud viis keemilise ja neli koguselise seisundi hindamise testi. Iga põhjaveekogumi (PVK) puhul määratakse üldine keemiline seisund viiest keemilise seisundi testist kõige madalama testi tulemuse põhjal ning üldine koguseline seisund neljast koguselise seisundi testist kõige madalama testi tulemuse põhjal. Seega kui ühe testi tulemus näitab halba seisundit, klassifitseeritakse põhjaveekogumi seisund ka üldiselt halvaks. Lisaks esitatakse teave halvima tulemusega testi usaldusväärsuse kohta (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013).

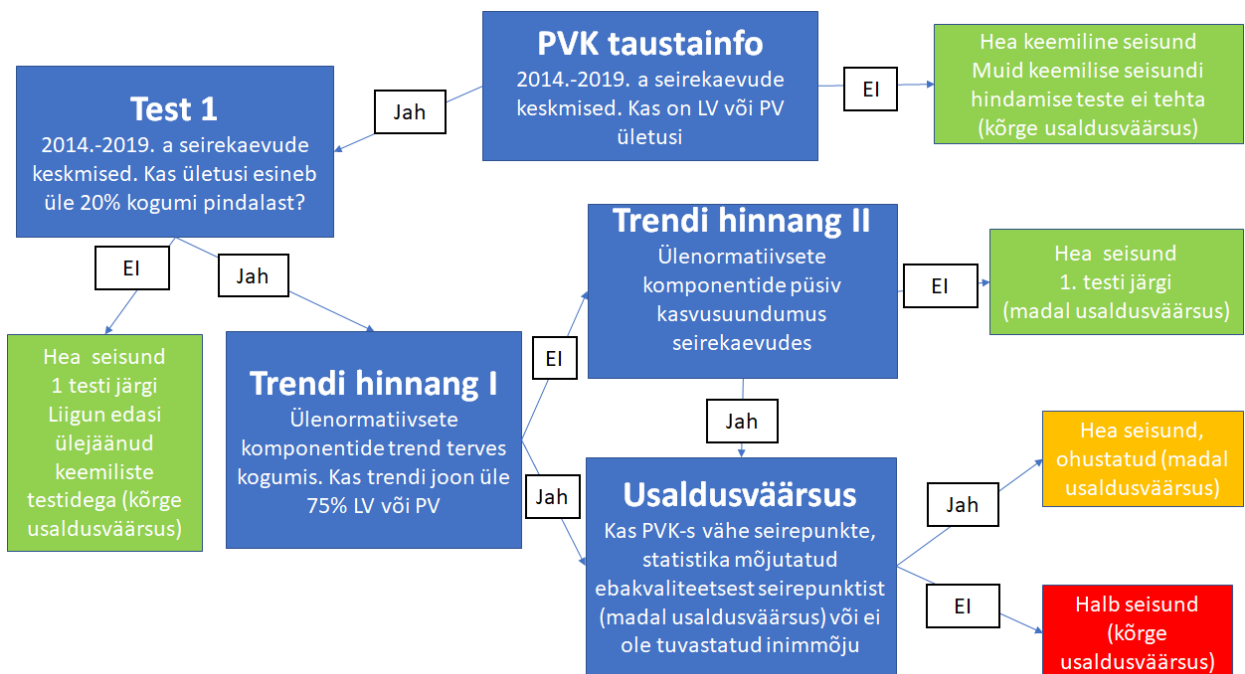
### 2.2.1. Põhjaveekogumi taustainformatsioon ja test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks (Test 1)

Keemilise seisundi hindamine on kahe-etapiline menetlus ((European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013). Esimese etapi käigus tehakse kindlaks põhjavee kvaliteedinäitajate läviväärtuste või piirväärtuste ületamine kõikides seirepunktides. Kui üheski seirepunktis pole vastavaid norme ületatud, on põhjaveekogumi keemiline seisund hea ja ülejäänud keemilise seisundi hindamise teste selle põhjaveekogumi kohta ei tehta. Kui aga läviväärtust või piirväärtust on ühel (või mitmel) juhul ületatud, tuleb läbi viia edasised keemilise seisundi hindamise testid.

Põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamisel kasutatakse nii riikliku põhjaveekogumite keemilise seisundi seire, ettevõtte omaseire, nitraaditundliku ala (NTA) põhjavee seire kui ka 2018. aasta ohtlike ainete uuringu käigus kogutud analüütilist andmestikku, kuid vaid seirepunktidest, mis kuuluvad põhjaveekogumite keemilise seisundi seire kaevude nimistusse. Viimane tagab seireandmete aegriidade järjepidevuse ja andmete ühetaolisuse ja võrreldavuse erinevate hindamisperioodide lõikes. Kokkuleppel tellijaga arvestati nitraaditundlikul alal paiknevate põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamisel neid NTA põhjaveeseire põhivõrgu jaamade seiretulemusi, mis asusid põhjaveekogumite piirides (kokku 49 seirepunkti).

Esimese sammuna (Joonis 1, PVK taustainfo) teostatakse seireandmete koondamine ja arvutatakse oluliste saasteainete kohta kogu vaatlusperioodi (2014-2019. a.) aastakeskmised sisaldused põhjaveekogumi kõikides seirepunktides ning võrreldakse neid vastavate läviväärtuste (LV) või piirväärtustega (KeM 2019b, a).

Vastavalt keskkonnaministri määrusele 01.10.2019 nr 48 (KeM 2019a) on põhjaveekogumi keemilise seisundiklassi määramiseks kasutatavateks kvaliteedinäitajateks põhjavee kvaliteedi piirväärtused, põhjavee saasteainesisalduse läviväärtused, elektrijuhtivus, pH, lahustunud hapniku sisaldus, keemiline hapnikutarve, ammoniumi, kloriidide, sulfaatide ning ohtlike ainete, sealhulgas arseeni, kaadmiumi, plii, elavhõbeda, trikloroeteeni, tetrakloroeteeni ja sünteetiliste ainete kontsentratsioon.



Joonis 1. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise esimese etapi teostamise skeem (taustainfo kogumine ja test 1 põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks)



Põhjavee kvaliteedi piirväärtus on üldine keskkonnakvaliteedi standard, mis väljendub teatava saasteaine, saasteainete rühma või reostuse näitaja kontsentratsiooni põhjavees, mida ei tohiks inimeste tervise ja keskkonna kaitsmise huvides ületada (EPN 2006). Põhjavee kvaliteedistandardid on esitatud põhjaveedirektiivi lisas I ja on Eestis kehtestatud Keskkonnaministri määrusega 01.10.2019 nr 48 (KeM 2019a) (Tabel 1).

Tabel 1. Põhjaveekogumi keemilise seisundiklassi määramisel arvesse võetavate põhjavett ohustavate saasteainete kvaliteedi piirväärtused (KeM 2019a)

Saasteaine	Kvaliteedi piirväärtus
Nitraadid	50 mg/l
Pestitsiidide toimeained, sealhulgas nende metaboliidid, lagunemis- ja reaktsioonisaadused <sup>1</sup>	0,1 µg/l 0,5 µg/l (kokku <sup>1</sup> )
<sup>1</sup> Kokku tähendab kõigi seire käigus tuvastatud ja kvantifitseeritud pestitsiidide, sealhulgas nende metaboliidide lagunemis- ja reaktsioonisaaduste koguste summat.	

Läviväärtused on põhjavee kvaliteedistandardid, mis kehtestatakse liikmesriikide tasandil saasteainetele, saasteainete rühmadele ning reostuse näitajatele, mida liikmesriigi territooriumil peetakse sellisteks, et nende ületamisel saab põhjaveekogumeid või põhjaveekogumite rühmi pidada ohustatuks (EPN 2006; European Commission 2009). Läviväärtused on vajalikud põhjaveekogumi seisundi määratlemiseks ning nende kehtestamisel tuleb lähtuda sellisest ainetest ja näitajatest, mis on seotud põhjaveekogumi seisundit ohustavate koormusallikatega (European Commission 2009). Eesti põhjaveekogumitele hetkel kehtivad läviväärtused (KeM 2019a) on esitatud Tabel 2.

Tabel 2. Põjavett ohustavad saasteained ning põhjavee keemilise seisundiklassi määramisel kasutatavad saasteainete läviväärtused (KeM 2019a)

Põhjaveekogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees
1	Kambriumi-Vendi Gdovi	Kloriidid	mg/l	500
2	Kambriumi-Vendi Voronka	Kloriidid	mg/l	250
3	Kambriumi-Vendi	Kloriidid	mg/l	250
4	Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Kloriidid	mg/l	250
5a	Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Sulfaadid	mg/l	100
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1
5b	Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Kloriidid	mg/l	350
6	Ordoviitsiumi Ida-Viru	Sulfaadid	mg/l	50

Põhjavee- kogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees		
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
7	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini	Sulfaadid	mg/l	250		
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
		8	Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa	Kloriidid	mg/l	250
				Naftasaadused	µg/l	20
				Benseen	µg/l	1
Summa PAH	µg/l			0,1		
9	Siluri Saaremaa	Kloriidid	mg/l	250		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
10	Siluri-Ordoviitsiumi Harju	Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
11	Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu	Kloriidid	mg/l	250		
12	Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu	Kloriidid	mg/l	250		
13	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
14	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
15	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		
16	Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum	Ühealuselised fenoolid	µg/l	1		
		Naftasaadused	µg/l	20		
		Benseen	µg/l	1		
		Summa PAH	µg/l	0,1		

Põhjavee- kogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läbiväärtus põhjavees
17	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas	Kloriidid	mg/l	250
19	Kesk-Alam-Devoni Ruhnu	Kloriidid	mg/l	250
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1
20	Kesk-Alam-Devoni Kihnu	Kloriidid	mg/l	450
24	Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1
27	Kvaternaari Vasavere	Sulfaadid	mg/l	100
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1
28	Kvaternaari Meltsiveski	Kloriidid	mg/l	60
		Sulfaadid	mg/l	50
		Nitraadid	mg/l	38
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1
29	Kvaternaari Männiku-Pelguranna	Kloriidid	mg/l	250
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1

Ühealuseliste fenoolide esitamine käesoleva töö aluseks olevates lähteandmetes ei ole läbivalt ühtlane. Aeg-ajalt esitatakse ühealuseliste fenoolide summat, aeg-ajalt eraldi nende 7 komponenti (o-kresool; 2,3-dimetüülfenool; 2,6-dimetüülfenool; 3,4-dimetüülfenool; 3,5-dimetüülfenool, fenool, p,m-kresool (4 ja 3-metüülfenool) ja p-/m-kresool). Põhjaveekogumi keemilist koostist puudutava taustainformatsiooni koondamisel ja põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamisel kasutatakse eraldi seirepunkti keskmist ühealuseliste fenoolide summat (kui on laboritulemustes antud) või keskmist üksikkomponendi sisaldust.

Alla määramispiiri jäävate sisalduste puhul võetakse vastavalt juhendmaterjalile ja kokkuleppele tellijaga keskmiste väärtuste arvutamisel sisalduseks pool labori määramistäpsust. Naftasaaduste puhul on toorandmetes olevast 359-st määrangust 42 sellised, millede puhul on väärtus alla määramispiiri (170 µg/l). Kuna määramistäpsus on nende tulemuste puhul 8,5 korda piirväärtusest (20 µg/l) kõrgem, annaks poole määramistäpsuse kasutamine keskmiste arvutamisel kallutatud tulemuse. Nii madal

määramistäpsus ei sobi põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamiseks ja eelpool nimetatud 42 proovi naftasaaduste keskmiste väärtuste arvutamisel ei kasutatud.

Lisaks põhjavee kvaliteedistandarditele ja läviväärtustele peab heas seisundis põhjaveekogum vastama Keskkonnaministri määruse 01.10.2019 nr 48 § 7 lõikes 1 loetletud kvaliteedinäitajatele (KeM 2019a):

- 1) kloriidide ja sulfaatide kontsentratsioon ning elektrijuhtivuse kaudu mõõdetud lahustunud ainete kontsentratsioon ei näita kasvusuundumust, mis viitaks inimtegevusest tingitud saastatusele või soolase vee sissevoolule;
- 2) pH on vahemikus 6-9;
- 3) lahustunud hapniku sisaldus ei näita inimtegevusest tingitud vähenemise suundumust või keemiline hapnikutarve on  $\leq 5$  mg/l O<sub>2</sub> või kvaliteedinäitaja väärtuse ületamise korral on tõestatud lahustunud hapniku sisalduse looduslik päritolu põhjavees;
- 4) ammooniumi sisaldus ei ületa looduslikult aeroobses põhjavees 0,5 mg/l või ei ületa looduslikult anaeroobses veekeskkonnas 1,5 mg/l või kvaliteedinäitaja väärtuse ületamise korral on tõestatud ammooniumi looduslik päritolu põhjavees;
- 5) puuduvad ohtlikud ained, sealhulgas arseen, kaadmium, plii, elavhõbe, trikloroeteen, tetrakloroeteen, sünteetilised ained, või nende kontsentratsioon ei ületa ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtusi või kui nende ohtlike ainete põhjavees esinemise korral on kindlaks tehtud nende ainete looduslik päritolu;
- 6) saasteainete kontsentratsioon ei takista põhjaveekogumiga seotud pinnavee suhtes sätestatud keskkonnanormide saavutamist ega põhjusta märkimisväärset kahju pinnavee ökoloogilisele ega keemilisele seisundile või otseselt sellest põhjaveekogumist sõltuvatele maismaaökosüsteemidele.

Käesoleva töö kontekstis loetakse aeroobseteks selliseid põhjaveekogumeid, mis hõlmavad endas maapinnalt loetuna esimest põhjaveekihti ning nende puhul on ammooniumi piirväärtuseks 0,5 mg/l. Aeroobse põhjaveega on põhjaveekogumid nr. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 ja 31. Sügaval lasuvates põhjaveekogumites (nr. 1, 2, 3, 4, 5a, 5b, 17, 18 ja 21) eksisteerivad anaeroobsed tingimused ja neis on ammooniumiooni sisalduse piirväärtuseks 1,5 mg/l.

Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtust väljendatakse piirarvu ja künnisarvu kaudu (KeM 2019b). Künnisarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millega võrdse või millest väiksema väärtuse korral loetakse piirkonna põhjavee kvaliteet heaks. Piirarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millest suurema väärtuse korral loetakse põhjavesi saastunuks ja tuleb rakendada meetmeid saastatuse likvideerimiseks ja põhjavee kvaliteedi parandamiseks, välja arvatud juhul, kui on tegemist loodusliku saastatusega. Ohtlike ainete puhul (Tabel 3) on tellijaga kokkuleppel põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamisel kasutatud keskkonnaministri määruses 04.09.2019 nr 39 (KeM 2019b) sätestatud piirarve.

Kui põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise esimese etapi käigus selgub, et üheski seirepunktis ei ole seirekaevudest analüüsitud parameetrite 2014-2019 a. keskmised väärtused üle vastavate lävi- ja piirväärtuste, on põhjaveekogumi keemiline seisund **hea** ja ülejäänud keemilise seisundi hindamise teste selle põhjaveekogumi kohta ei tehta (Joonis 1). Mistahes lävi- või piirväärtuse ületamise korral jätkub seisundi hinnang keemiliste seisundi testide teostamisega, mille käigus hinnatakse muuhulgas põhjavee seisundit mõjutavate saasteainete sisalduste muutlikkust hindamisperioodi (2014-2019 a.) jooksul ning varieeruvust lähtetasemete suhtes.

Lähtetase on aastatel 2007–2009 põhjavee seire käigus mõõdetud põhjaveekogumi vee keskmine saasteainesisaldus (Riigikogu 2019). Põhjavee keemilise seisundi hindamise testides kasutatud keemiliste parameetrite lähtetasemete väärtused on arvutatud Eesti Geoloogiateenistuse poolt põhjavee kogumite töö (Marandi et al. 2019) käigus kogutud andmete alusel. Juhul kui saasteaine kohta pole seirepunktis

varasemast ajast andmeid on lähtetasemeks võetud esimene hindamisperioodil mõõdetud aastakeskmise sisaldus.

Tabel 3. Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused (piirarvud) (KeM 2019b)

Ohtlik aine		Piirarv, µg/l
Arseen (As)		100
Kaadmium (Cd)		10
Elavhõbe (Hg)		2
Plii (Pb)		200
Klooritud alifaatsed süsivesinikud	Trikloroeteen (C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> )	70
	Tetrakloroeteen (C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )	70

Keemilise seisundi testides ning tulemuste raporteerimisel hinnatakse, kas põhjavee saasteainete sisaldustes esineb hindamisperioodil statistiliselt usaldusväärne kasvusuundumus (püsiv kasvusuundumus). Veeseadus määratleb, et „*põhjavee saasteainesisalduse oluline või püsiv kasv näitab saasteainesisalduse statistiliselt usaldusväärset ja keskkonna seisukohast olulist kasvu ohustatud põhjaveekogumis.*“ Saasteainesisalduse kasvu korral tuleb kehtestada põhjavee saasteainesisalduse vähendamise künnis (mis näitab, et ohustatud põhjaveekogumi saasteainesisaldus on kasvanud 75% põhjavee saasteainesisalduse läviväärtusest või kvaliteedi piirväärtusest), peatada saasteainesisalduse kasv või vähendada saasteaine sisaldust (Riigikogu 2019).

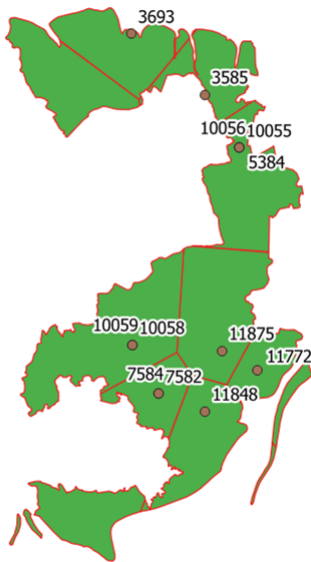
Põhjavee saasteainesisalduse oluline kasv on aasta keskmise saasteainesisalduse kasv ohustatud põhjaveekogumis kahe järjestikuse aasta jooksul üle 20 protsendi lähtetasemest (Riigikogu 2019). Keskkonna seisukohast olulist saasteainesisalduse kasvu ei õnnestunud antud definitsiooni järgi hindamisel rakendada. Näiteks ei ole keskkonna seisukohalt oluline 20 protsendiline kloriidide tõus juhul kui kloriidide lähtetase on vaid 3 mg/l. Oluliseks muutub indikaatornäitaja sisalduse kasv sel juhul kui see hakkab lähenema põhjaveekogumi läviväärtusele. Kokkuleppel tellijaga leiti, et keskkonna seisukohalt oluline kasv tuleb seadusandluses ümber defineerida ning sel korral kasutatakse trendide hindamisel vaid püsiva kasvusuundumuse kriteeriumit. Üheks võimaluseks on edaspidi lugeda keskkonna seisukohalt oluliseks kasvuks saasteaine vähendamise künnist (75% läviväärtusest) ületav tõus. Saasteaine vähendamise künnise kasutamine lisakriteeriumina oli vajalik, selleks, et välja sõeluda madalate lähtetasemete ja loodusliku põhjaveekeemia varieeruvuse poolt tekitatud suured protsentuaalsed kõikumised.

Põhjavee saasteainesisalduse püsiv kasv on Veeseaduses määratletud kui aasta keskmise saasteainesisalduse kasv ohustatud põhjaveekogumis kuue järjestikuse aasta jooksul lähtetasemega võrreldes (Riigikogu 2019). Euroopa Komisjoni põhjaveekogumite hindamise juhendi soovitusel loeti seisundi hindamisel püsivaks kasvusuundumuseks vaid saasteainesisalduse kasv, mille lineaarse kasvutrendi statistiline usaldusväärsus on üle 95% (p väärtus < 0,05) (European Commission 2009). Püsiv kasvusuundumust on kohustus hinnata oluliste saasteainetel ning ohustatud kogumites. Hindamisel loeti kogumit ohustavateks need saasteained millele on põhjaveekogumis määratud läviväärused. Lisaks on Keskkonnaministri 01.10.2019 määruses nr 48 § 9 on eraldi välja toodud NO<sub>3</sub> ja pestitsiidid kui põhjavett ohustavad saasteained. Seega vaadati kõikides kogumites NO<sub>3</sub> kasvusuundumust (lisaks kogumi läviväärtustega ainetele). Põhjaveekogumite seires on pestitsiidide jälgimine olnud trendide vaatlemiseks liiga muutlik. Määratud on eri pestitsiidide erinevatest vaatluskaevudest ning seega pole sel hindamisperioodil veel võimalik statistiliselt usaldusväärseid kasvusuundumusi jälgida. Seirekaevudes leitud oluline kasvusuundumus on tähistatud musta täpiga iga põhjaveekogumi hindamistulemuse joonisel.

### 2.2.2. Test 1. Test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks.

Testi 1 läbiviimine kattub osaliselt põhjaveekogumi keemilist koostist puudutava taustainformatsiooni kogumisega ehk kaheetapilise menetluse 1. etapi tegevustega (Joonis 1). Saasteainete lävi- või piirväärtuste ületamise korral jätkub seisundi hinnang vastavalt joonisel esitatud sammudele.

Kõigepealt hinnatakse nende seirekaevude osakaalu põhjaveekogumist, kus esines saasteainete 2014-2019 a. keskmiste väärtuste puhul lävi- või piirväärtuste ületamisi (Joonis 1, Test 1). Seisundi hindamise juhendi (European Commission 2010) järgi on saasteainete levik märkimisväärne siis, kui see esineb 20% või enam põhjaveekogumi pindalast või mahust. Nimetatud ulatuse hindamiseks teostatakse põhjaveekogumite pindalaline analüüs ehk selgitatakse välja, mitu % põhjaveekogumi pindalast iseloomustab keemilises seires olev seirepunkt. Selleks kasutatakse seirepunktide asukoha ruumianalüüsi, mille käigus leitakse pinnagenereerimise meetodiga Thiessen'i polügoon (Schumann 2006) seirepunktidele mõjuulatused. Seirekaevude mõjuulatused PVK pindalast on esitatud põhjaveekogumite seisundi teste kirjeldavates lisades (Lisad 1-31) põhjaveekogumite keemilist taustainformatsiooni koondavates ülevaattetabelites suurkaevu koodi taga. Thiessen'i meetodika rakendamise tulemusena liigendub PVK pindalaliselt väiksemateks ja suuremateks üksusteks (Joonis 2), mis iseloomustavad mingi kindla seirekaevu mõjuulatust. Osades põhjaveekogumites asuvad sama kogumi eri veekihte avavad seirekaevud lähestikku, nende kaevude puhul on mõjuala suurus arvestatud samaks (näitejoonisel kaevud 10056, 10055 ja 5384). Seetõttu võib ühe kogumi seirekaevude mõjualade summa ületada 100% kogumi pindalast.



Joonis 2. Thiessen'i polügooni meetodi abil genereeritud seirepunktide mõjuulatused PVK nr. 13 (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas) näitel

Juhul, kui saasteaine lävi- või piirväärtuste ületamise puhul jääb seirekaevu mõjuulatust alla 20% PVK pindalast, on PVK testi 1 põhjal heas seisundis ning analüüs jätkub järgmiste seisundit iseloomustavate testide teostamisega. Kui aga seireperioodil on mingi saasteaine LV või PV ületav keskmine sisaldus täheldatav seirepunktis, mille mõjuraadius on üle 20% põhjaveekogumi pindalast, hinnatakse ülenormatiivsete saasteainete ajalisi trende põhjaveekogumis kui tervikus (Joonis 1, Trendi hinnang I). Trendi hindamine toimub aastase sammuga ning kui lineaarne trendijoon ületab 75% põhjaveekogumile kehtestatud lävi- või piirväärtusest, on põhjaveekogum halvas keemilises seisundis. Samas tuleb tähelepanu pöörata seirevõrgu usaldusväärsusele (Joonis 1, Usaldusväärsus), mis tähendab seda, et kui põhjaveekogumis on vähe seirepunkte, põhjaveekogumi saasteainete sisaldused ja nende kasvutrendid

on mõjutatud ebakvaliteetsetest seirepunktidest või ei ole selgelt tuvastatud inimõju, loetakse põhjaveekogumi keemiline seisund heaks, kuid ohustatuks.

Olukorras, kui põhjaveekogumi kõikide seirekaevude vaatlusaluse saasteaine keskmise sisalduse trend ei ületa 75% lävi- või piirväärtusest, hinnatakse järgmises etapis saasteaine püsivat kasvusuundumust nendes vaatluskaevudes, kus 2014-2019 perioodi keskmine saasteaine sisaldus on üle lävi- või piirväärtuse (Joonis 1, Trendi hinnang II). Kui vaatluskaevus on saasteaine aastakeskmise sisaldus püsivas kasvusuundumuses, loetakse põhjaveekogum usaldusväärse seirevõrgu ja analüütiliste andmete põhjal halvas keemilises seisundis olevaks (kõrge usaldusväärsus). Juhul, kui seireandmete statistika on mõjutatud vähestest või ebakvaliteetsetest seirepunktidest ning ei ole tuvastatav inimõju, loetakse põhjaveekogum heaks, kuid ohustatud seisundis olevaks. Sellise hinnangu usaldusväärsus on madal, sest järgmisel vaatlusperioodil tuleb välja selgitada, kas saasteaine kõrge sisaldus nimetatud vaatluskaevus on kohaliku iseloomuga või kujutab endast ohtu kogu põhjaveekogumile. Seega, ka antud juhul tuleb seisundi hinnangu andmisel lähtuda konkreetse seirekaevu ning vastavate seireandmete kvaliteedist ning põhjaveekogumi kui terviku seirevõrgu konfiguratsioonist.

Kui aga ülenormatiivse saasteaine sisalduse kasvusuundumus konkreetsetes vaatluskaevudes ei ole püsiv, loetakse põhjaveekogum käesoleva testi puhul heas seisundis olevaks, kuid hinnangu usaldusväärsus jääb madalaks.

### 2.2.3. Test 2. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt.

Test soolase või muu vee sissetungi ohu tuvastamiseks ning selle mõju hindamiseks põhjaveekogumi keemilisele seisundile teostatakse nendes põhjaveekogumites, kus vee sissetungi iseloomustavatele kloriididele ja sulfaadile on kehtestatud läviväärtused (KeM 2019a). Testi teostamiseks kasutatakse riikliku põhjaveekogumite keemilise seisundi seire, ettevõtte omaseire ja nitraaditud ala (NTA) põhjavee seire käigus kogutud analüütilist andmestikku, kuid vaid punktidest, mis kuuluvad põhjaveekogumite keemilise seisundi seire kaevude nimistusse. Testi teostamise põhimõtteline skeem on esitatud Joonis 3.

Testi teostamise esimese etapina hinnatakse, kas põhjaveekogumi riiklike keemilise seisundi seirekaevude aastakeskmistes kloriidide ja sulfaatide sisaldustes (PVK kui tervik) esineb püsiv kasvusuundumus ning kas seirekaevu põhiselt on hindamisperioodi keskmine soolade sisaldus on ületanud kehtestatud Cl või SO<sub>4</sub> läviväärtusi. Kui saasteainete kasvutrend puudub ja üksikutes seirekaevudes arvatud keskmised väärtused jäävad alla läviväärtuste, on põhjaveekogum antud testi järgi heas keemilises seisundis.

Kui kloriidide või sulfaatide põhjaveekogumi põhistes aastakeskmistes väärtustes esineb kasvutrend, kontrollitakse, kas trendijoon ulatub üle 75% läviväärtusest (Joonis 3, Trendi hinnang I). Kui trendijoon jääb viimasest madalamaks, on põhjaveekogum soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt heas keemilises seisundis, kuid ohustatud. Kui aga kloriidide või sulfaatide tõusutrend ulatub üle 75% läviväärtusest ja/või esineb põhjaveekogumis seirekaevu, mille hindamisperioodi keskmine saasteaine sisaldus on üle läviväärtuse, liigutakse edasi seirekaevu põhisele trendihindamisele (Joonis 3, Trendi hinnang II).

Edasisel hindamisel tehakse kindlaks, kas seirekaev, kus läviväärtuse ületamine on aset leidnud või kus trendijoon ületab 75% läviväärtusest, iseloomustab põhjaveekogumi pindalast 20%-st suuremat või väiksemat ala. Kui tegemist on seirekaevuga, mille mõjuulatus on alla 20% PVK pindalast, on saasteaine püsiva kasvusuundumuse korral tegemist heas seisundis, kuid ohustatud põhjaveekogumiga. Vastupidisel juhul loetakse põhjaveekogum antud testi põhjal halvas seisundis olevaks.



Joonis 3. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt (test 2)

Eestis on mitmeid soolase vee sissetungist potentsiaalselt mõjutatud põhjaveekogumeid, kus seirepunktide arv on väike ning sellest tulenevalt ühe seirepunkti osakaal hinnangu andmisel väga kõrge (näiteks saarte põhjaveekogumid). Vältimaks olukorda, kus ühe kõrge soolasisaldusega seirekaevu andmete põhjal kvalifitseerub põhjaveekogum halvasti oleval seisundis olevaks, tuleks alternatiivina süveneda seirevõrgu iseärasustesse (Joonis 3, Trendi hinnang III). Juhul kui sellise kõrge Cl või SO<sub>4</sub> sisaldusega ja suure pindalalise osakaaluga kaevus ei eksisteeri saasteainete aastakeskmiste väärtuste tõusutrendi ning saasteaine kõrge sisaldus on looduslik, on kogumi seisund nimetatud testi järgi hea ja edasise uuringuga tuleb selgitada antud seirekaevu sobivust seiresse ning optimeerida seirekaevude pindalist konfiguratsiooni PVK piires.

#### 2.2.4. Test 3. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Testi eesmärgiks on hinnata kas põhjavee keemilised kvaliteedinäitajad võivad tekitada põhjaveest toituvate pinnaveekogumite ebasoodsat seisundit. Hindamise põhimõtteline skeem on toodud Joonis 4. Põhjaveest sõltuvate pinnaveekogumite seosed põhjaveekogumitega on välja toodud Tallinna Ülikooli (TLÜ) Ökoloogia instituudi 2015. aasta töös. TLÜ uuringus valiti välja 197 põhjaveekogumitest sõltuvat seisuveekogu, 26 karstiobjekti, 154 vooluveekogumit ((Terasmaa et al. 2015). Kuna võrreldes 2015. aastaga on osad Kvaternaari põhjaveekogumid liidetud lasuvate aluspõhjaliste põhjaveekogumitega, oleme oma analüüsi aluseks võtnud põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite töös (Marandi et al. 2019) toodud põhjaveekogumite põhised kokkuvõtvad nimekirjad nendega seotud pinnaveekogumitest. Kontseptuaalsete mudelite töös on põhjaveekogumitega seostatud neist sõltuvate vooluveekogumite arv 116, osad vooluveekogumid nendest seostuvad mitme põhjaveekogumiga. Kui põhjaveekogumiga seotud pinnaveekogumid puuduvad (näiteks sügavate põhjaveekogumite puhul) on põhjaveekogum test 3 alusel heas seisundis. Esimese etapina märgiti vooluveekogumite hinnangu tabelis need 116 kogumit, mis on põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite töös põhjaveest oluliselt sõltuvaks nimetatud.



Järgnevalt lisati seostati pinnaveekogumite seisundi hinnangu tabel seotud põhjaveekogumi numbri ja nimega. Osad vooluveekogumid on seotud kahe põhjaveekogumiga. Sama protsess viidi läbi seisuveekogudega. Analüüsi tulemusel selgus, et 197 põhjaveest sõltuvast järvest (Terasmaa et al. 2015) vaid 36 on määratletud kui seisuveekogumid, mille seisundit on süsteemselt hinnatud.

Kui põhjaveekogumi alal esineb sellega seotud pinnaveekogumeid, vaadatakse testis järgmise sammuna pinnaveekogumite seisundihinnangut. Testis võetakse pinnaveekogumite seisundi lähteandmeteks 16.10.2019 Keskkonnaagentuurilt saadud pinnaveekogumite seisundi 2018. aasta ajakohastatud vahehindangud, täpsemalt VMK 2013-2018 keemilise ja ökoloogilise seisundi hinnang (Altoja et al. 2019).

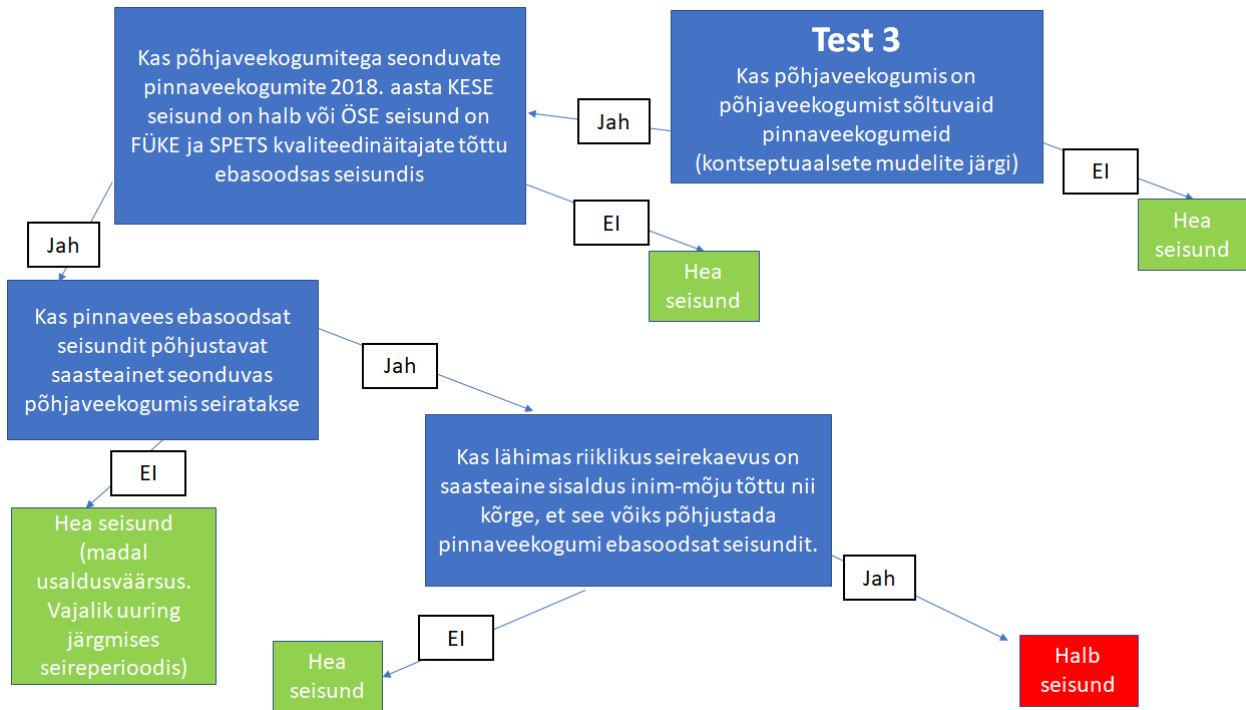
Pinnaveekogumitel on veemajanduskavade käigus hinnatud ökoloogilist (ÖSE) ja keemilist (KESE) seisundit, mille põhjal on neile omistatud koondseisund. Pinnaveekogumite keemilise seisundi hinnangul võrreldakse saasteainete sisaldusi keskkonnanormidega, mis on toodud KeM 24.07.2019 määruses nr 28 (KeM 2019c). Nendes põhjaveest sõltuvates vooluveekogumites, kus keemiline seisund on hinnatud halvaks (KESE perioodi 2013-2018 hinnang veemajanduskavas), vaadatakse, kas pinnavees halba seisundit põhjustavat saasteainet on põhjaveekogumite seirekaevudes vaatlusperioodil määratud (põhjavees vaadatakse seirepunktide aastakeskmisi sisaldusi aastatel 2014 kuni 2019). Kui põhjavees on samade saasteainete kohta andmeid, siis analüüsitakse edasi põhjavee seirepunktide ning vooluveekogumite ja nende valgalade ruumilist paiknemist ning vooluveekogu toite osakaalu põhjaveest. Juhul kui olemasolevad seireandmed seda võimaldavad, antakse testis tehtud analüüsi tulemusel põhjaveekogumile seisundihinnang ja selle usaldusväärsus.

Põhjaveekogumitega seostatud 116 vooluveekogumist 7 (Jägala\_6, 1083500\_6; Keila\_2, 1096100\_2; Pirta\_4, 1089200\_4; Purtse\_3, 1068200\_3 ; Purtse\_4, 1068200\_4; Pärnu\_3, 1123500\_3; Selja\_4, 1074600\_4) on KESE hinnangu põhjal halvas seisundis. Peamiseks halva KESE seisundi põhjustajaks on toodud elavhõbe vees ja elustikus.

Vooluveekogumite ÖSE hindamisel kasutatakse üheksat kvaliteedielementi:

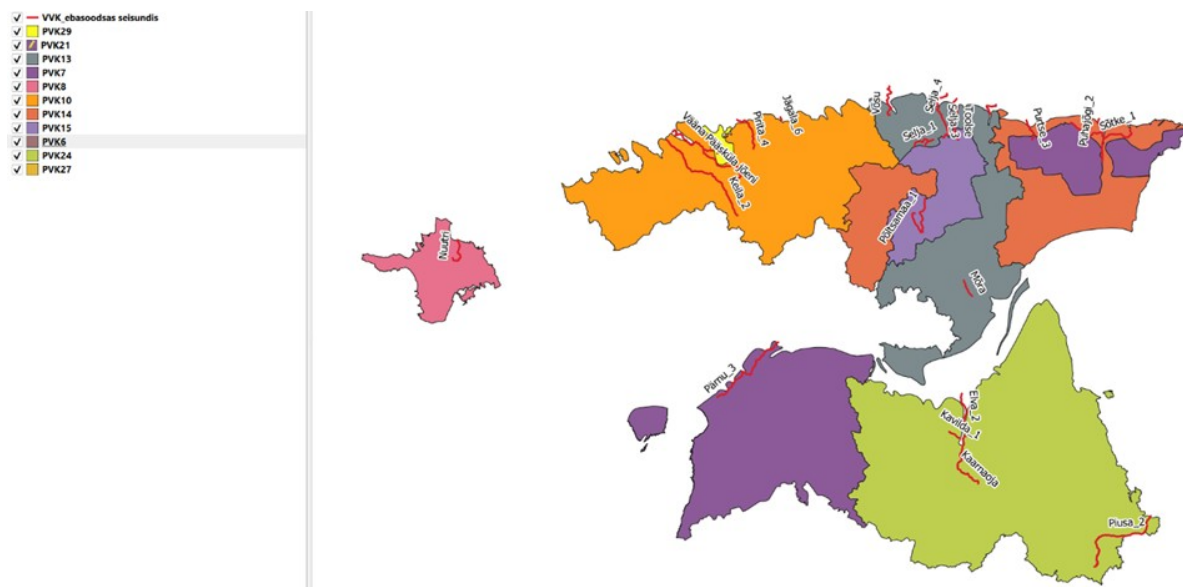
- 1) fütoplankton (seisuveekogumid, rannikuveekogumid) – lühend FÜPLA;
- 2) bentilised ränivetikad (vooluveekogumid) - lühend FÜBE;
- 3) kaldataimestik (vooluveekogumid, seisuveekogumid) – lühend MAFÜ;
- 4) põhjataimestik (rannikuveekogumid) – lühend MAFÜ;
- 5) suurselgrootud põhjaloomad (vooluveekogumid, seisuveekogumid, rannikuveekogumid) – lühend SUSE;
- 6) kalad (vooluveekogumid, seisuveekogumid) – lühend KALA;
- 7) vee füüsikalise-keemilised üldtingimused (vooluveekogumid, seisuveekogumid, rannikuveekogumid) – lühend FÜKE;
- 8) vesikonnaspetsiifilised saasteained (vooluveekogumid, seisuveekogumid, rannikuveekogumid) – lühend SPETS;
- 9) hüdro-morfoloogiline seisund (vooluveekogumid, seisuveekogumid, rannikuveekogumid) – lühend HYMO.

Vooluveekogumite ja seisuveekogumite ökoloogilise seisundi kvaliteedielementidest saab põhjaveekogumite seisundi hindamise testis 3 arvestada FÜKE (toiteained, peamiselt P<sub>üld</sub> ja N<sub>üld</sub>) ja SPETS (peamiselt Ba ja Hg) elakvaliteedielemente. Nendes pinnaveekogumites, kus FÜKE ja SPETS kvaliteedielemendid põhjustavad ebasoodsat seisundit (halvem kui hea), vaadatakse põhjaveekogumi seireandmetest, kas lähimas riiklikus seirekaevus on saasteaine sisaldus inimõju tõttu nii kõrge, et see võiks põhjustada pinnavee ebasoodsat seisundit.



Joonis 4. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt (test 3)

Põhjaveekogumitega seostatud 116 vooluveekogumist 22 (Elva\_2, 1036500\_2 ; Kaarnaoja, 1036800\_1; Kavilda\_1, 1036200\_1; Kunda\_1, 1072900\_1; Möra oja, 1025100\_1; Nuutri, 1164000\_1; Piusa\_2, 1000200\_2; Purtse\_4, 1068200\_4; Põltsamaa\_1, 1030000\_1; Pärnu\_3, 1123500\_3 ; Pääsküla, 1095500\_1; Pühajõgi\_1, 1067000\_1 ; Pühajõgi\_2, 1067000\_2; Selja\_1, 1074600\_1; Selja\_3, 1074600\_3; Sõtke\_1, 1066500\_1; Sõtke\_3, 1066500\_3; Toolse\_1, 1074100\_1; Vasavere, 1067700\_1; Võsu, 1077100\_1; Väana\_1, 1094500\_1; Väana\_2, 1094500\_2) on FÜKE ja SPETS kvaliteedielementide põhjal ebasoodsas ökoloogilise seisundis (ÖSE perioodi 2013-2018 hinnang veemajanduskavas) (Joonis 5).



Joonis 5. Ebasoodsas seisundis olevad põhjaveest sõltuvad vooluveekogud põhjaveekogumite kaardil

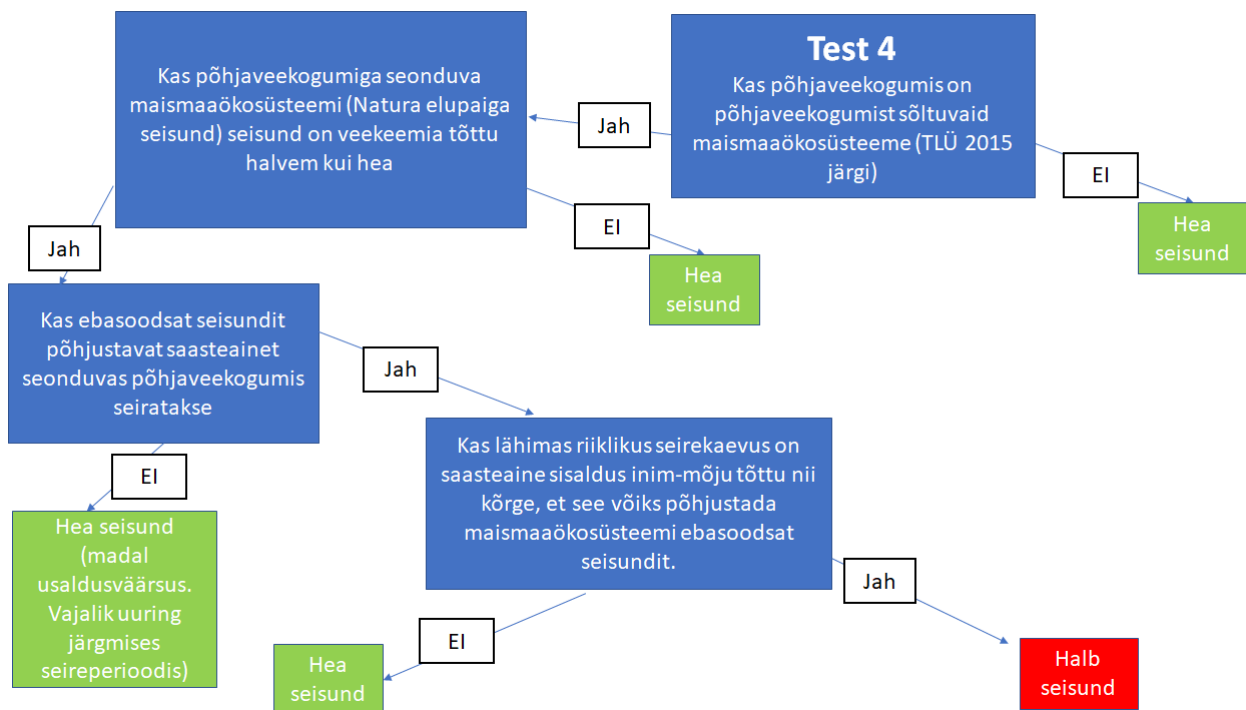
Sarnast hindamise meetodikat kasutatakse ka seisuveekogude puhul. Põhjaveekogumitega seostatud 30 seisuveekogumist 2 on elustikus leiduva elavhõbeda tõttu halvas keemilises seisundis (Karujärv, kogum nr 2076800\_1 ja Tänavjärv, kogum nr 2028300\_1). Ebasoodsas ökoloogilises seisundis on FÜKE ja SPETS kvaliteedielementide põhjal (ÖSE perioodi 2013-2018 hinnang veemajanduskavas) on 6 seisuveekogumit (Tänavjärv, kogum nr 2028300\_1; Kuremaa järv, kogum nr 2055400\_1; Lahepera järv, kogum nr 2065600\_1; Verevi järv, kogum nr 2093200\_1; Tamula järv, kogum nr 2126200\_1 ja Murati järv, kogum nr 2155900\_1).

### 2.2.5. Test 4. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Testi eesmärgiks on hinnata kas põhjavee keemilised kvaliteedinäitajad võivad tekitada põhjaveest otseselt sõltuvate maismaaökosüsteemide (PSMÖS) ebasoodsat seisundit. Hindamise põhimõtteline skeem on toodud Joonis 6.

Põhjaveest sõltuvate maismaaökosüsteemide seosed põhjaveekogumitega on välja toodud Tallinna Ülikooli (TLÜ) Ökoloogia instituudi 2015. aasta töös (Terasmaa et al. 2015).

TLÜ uuringus on välja toodud põhjaveekogumist sõltuda võivate maismaaökosüsteemide (eelkõige Natura 2000 sood ja soometsad) nimekiri. Samas aruandes on põhjaveekogumite kaupa välja toodud 11 mitte heas seisundis olevat PSMÖS-i (Natura 2000 elupaikade hinnangute alusel). Järgmise etapina tuleks selgitada, kas ökosüsteemide seisundi halvenemist on põhjustanud veekeemia muutused, kuid selliste seireandmete puudumisel pole reeglina võimalik edasist hinnangut anda. Siiski vaadatakse üle mitte heas seisundis olevate PSMÖS-ide Natura 2000 hindamise arvestuskaardid ning sealsed ebasoodsat seisundit põhjustavad mõjurid. Vajadusel antakse edasised seiresoovitused järgmiseks hindamisperioodiks. Soode seisund on inimtegevuse tõttu tõenäolisemalt mõjutatud veevõtust tingitud põhjaveetasemete languse poolt, mitte niivõrd muutuste tõttu põhjavee keemiliste koostises.



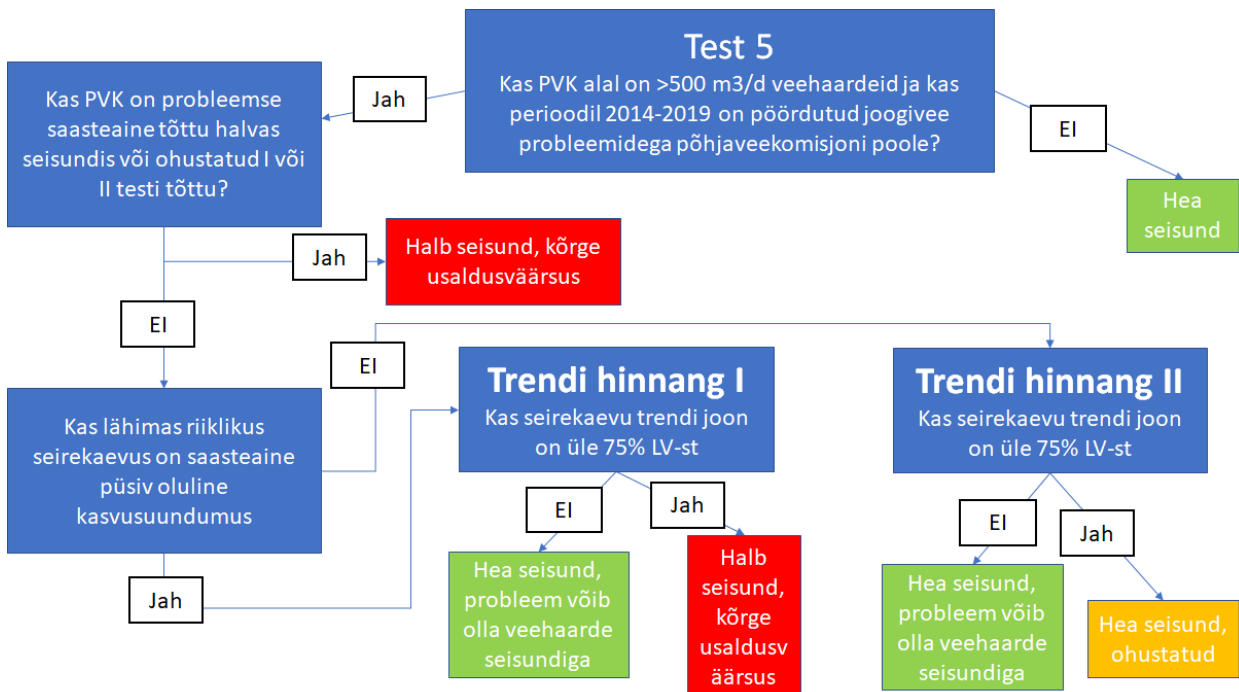
Joonis 6. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt (test 4)

### 2.2.6. Test 5. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks joogiveest lähtuvalt

Testi käigus tuleb hinnata, kas suuremates joogiveehaardetes on märkimisväärseid inimõjust tingitud saasteainete kasvusuundumusi, mis oleks sundinud vee-ettevõtjat veehaardeid sulgema, veehaarete asukohti muutma või efektiivsemaid veetöötlusmeetodeid rakendama (AS Infragate Eesti 2013). Testi käigus ei anta hinnangut sellele, kas vesi vastab joogiveele kehtestatud kvaliteedinõuetele. Testi läbiviimise skeem on esitatud (Joonis 7).

Testi läbiviimise kaastakse veehaarded toodanguga üle 500 m<sup>3</sup>/d. Teiseks oluliseks kriteeriumiks on asjaolu, kas joogivee kvaliteeti puudutavate probleemidega on ajavahemikul 2014-2019 a. pöördunud põhjaveekomisjoni poole (Joonis 7). Kui nimetatud suurusega veehaarded põhjaveekogumi piires puuduvad ning joogiveega seonduvatest probleemidest ei ole põhjaveekomisjonile teada antud, loetakse antud testi puhul põhjaveekogumi keemiline seisund heaks. Kvaliteediprobleemide olemasolul selgitatakse välja, kas põhjaveekogum on saasteaine(te) tõttu halvas või ohustatud seisundis testide 1 ja 2 tulemuste põhjal. Kui testide tulemused seda kinnitavad, on PVK keemiliselt halvas seisundis ka selle testi põhjal. Kui aga 1 ja 2 testi tulemustest selgub, et halvale või ohustatud seisundile viitab kvaliteedinäitaja, mida ei ole käsitletud varasemate testide käigus, tuleb uurida selle sisalduse käitumist lähimas põhjavee keemilise koostise seirekaevus. Kui lähimas kaevus esineb saasteaine tõusutrend (Joonis 7, trendi hinnang I), tuleb hinnata selle positsiooni 75% LV suhtes. Selle väärtuse ületamise korral on põhjavesi halvas, vastupidisel juhul aga heas seisundis. Viimasel juhul on tegemist ilmselt lokaalse veehaardespetsiifilise probleemiga, mille põhjus tuleks uuringutega välja selgitada.

Kui probleemsele veehaardele lähimas seirekaevus saasteaine tõusutrendi ei esine (Joonis 7, Trendi hinnang II) ning saasteaine trendijoon jääb madalamaks kui vastava saasteaine 75% läviväärtus, siis põhjaveekogumi keemiline seisund loetakse heaks. Saasteaine esinemine on seotud veehaardega ning ei mõjuta põhjaveekogumit laiemalt. Kui saasteaine trendijoon väärtus on üle 75% läviväärtusest, on põhjaveekogum heas keemilises seisundis, kuid ohustatud.



Joonis 7. Põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamise skeem joogiveest lähtuvalt (test 5)

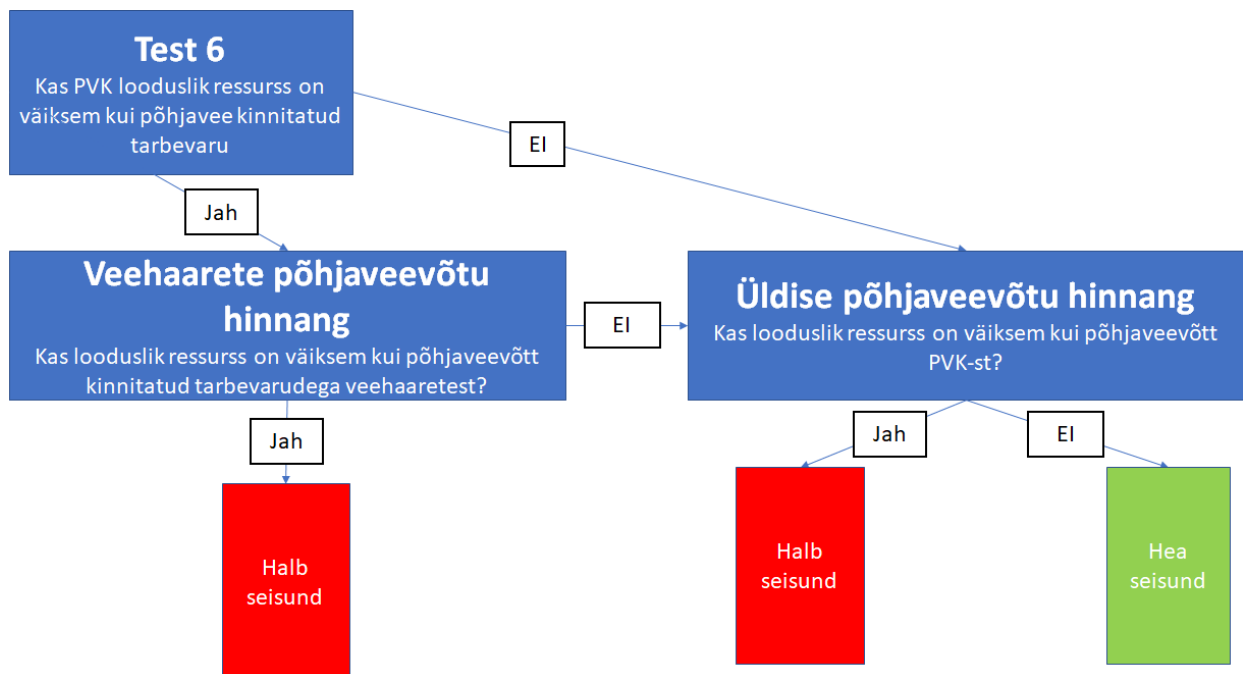
### 2.2.7. Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt

Veebilansi hindamiseks tuleb võrrelda põhjaveekogumist aastas keskmiselt võetavat veemäära selle tegeliku põhjaveeressursiga. Tegelik põhjaveeressurs on põhjaveekogumi keskmine pikaajaline aastane toitumismäär, millest on lahutatud pikaajaline aastane vooluhulk, mis on vajalik sellega seotud pinnaveekogumite ökoloogiliste kvaliteedialaste eesmärkide saavutamiseks, sellise vee ökoloogilise seisundi olulise halvenemise ärahoidmiseks ja sellega seotud maismaaökosüsteemide olulise kahjustumise ärahoidmiseks (AS Infragate Eesti 2013). Testi läbiviimise skeem on esitatud Joonis 8, testi teostamiseks kasutatavad loodusliku põhjaveeressursi andmed pärinevad põhjaveekogumite kontseptuaalsetest mudelitest (Marandi et al. 2019) ning põhjaveevõtu andmed Keskonnaagentuuri poolt koostatud põhjaveebilansi 2017. ja 2018. aasta aruannetest (Olesk 2018, 2019).

Testi teostamise esimese sammuna selgitakse välja kas põhjaveekogumi looduslik ressurss on väiksem või suurem kui põhjaveekogumi piires kinnitatud põhjavee tarbevaru (Joonis 8). Positiivse vastuse korral võrreldakse omavahel põhjavee loodusliku ressursi ning kinnitatud tarbevarudega veehaaretest võetavate veekoguste andmeid (Joonis 8, Veehaarete veevõtu hinnang).

Kui veevõtt veehaaretes on suurem põhjaveekogumi looduslikust ressursist, siis on põhjaveekogum halvas seisundis. Kui veevõtu kogused on väiksemad põhjaveekogumi looduslikust ressursist, siis järgneb hindamine lähtuvalt üldisest põhjaveeveevõtust põhjaveekogumist.

Üldise põhjaveevõtu hindamisel võrreldatakse omavahel loodusliku ressursi ja põhjaveekogumist võetava põhjavee koguseid (Joonis 8, Üldise põhjaveevõtu hinnang). Viimaste puhul arvestatakse nii kinnitatud kui ka väljaspool kinnitatud varude piirkondi võetavaid veehulki (väiketarbijad olmeveeks, karjäärid, kaevandused jms). Kui üldine veevõtt on põhjaveekogumi looduslikust ressursist väiksem, on põhjaveekogum heas seisundis. Vastupidisel juhul on põhjaveekogum antud testi põhjal halvas koguselises seisundis.

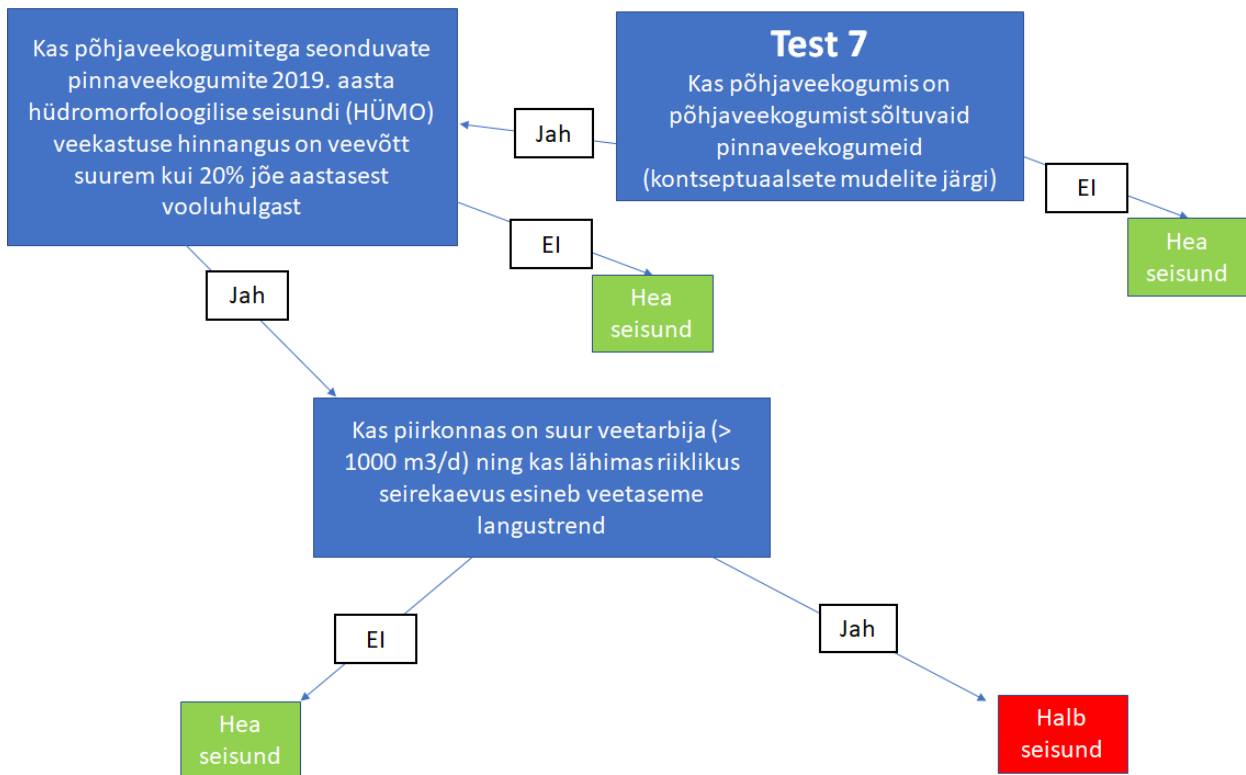


Joonis 8. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt (test 6)

### 2.2.8. Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Testi eesmärgiks on hinnata kas põhjavee tarbimisest tulenev põhjavee survepinna langus võib põhjustada põhjaveest toituvate pinnaveekogumite ebasoodsat seisundit. Hindamise põhimõtteline skeem on toodud Joonis 9. Koguselise seisundi testis vaadeldakse põhjaveekogumitega seotud pinnaveekogumitest (Terasmaa et al. 2015, Vainu et al. 2019, Marandi et al. 2019) vooluveekogumite puhul hüdro-morfoloogilise seisundi alalüüsi veevõtu hinnangu tulemusi (Auväärt et al. 2019). Vooluveekogumid, kus HÜMO veevõtu hinnang (pinnavee ja põhjaveevõtt koos) on väiksem kui 20% jõe aastastest vooluhulgast, loetakse heas seisundis olevaks. Kogumites, kus veevõtu hinnang on suurem kui 20%, vaadatakse edasi kas jõe lähedal paikneb suur põhjaveetarbija ning kas lähimates riiklikes põhjaveeseirekaevudes on veetarbimise tõttu veetasemed langustrendis. HÜMO hindamise tulemusel on põhjaveekogumitega seotud vooluveekogumitest veevõtu tõttu ebasoodsas seisundis Jägala\_3 (pinnaveekogumi kood 1083500\_3), mis on seotud Siluri–Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogumiga ja Mustajõgi (pinnaveekogumi kood 1063800\_1), mis on seotud nii Kvaternaari Vasavere kui ka Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumiga.

Kuna seisuveekogumitele sarnast veevõtust tingitud seisundihinnangut ei tehta ning järvede veetasest reeglina järjepidevalt ei seirata, arvestatakse nende puhul Tallinna Ülikooli põhjaveekogumitega seotud ökosüsteemide töös (Vainu et al. 2019) välja toodud põhjaveega seotud seisuveekogude hinnanguid. Sellisteks järvedeks, mille puhul on põhjaveevõtust tingitud halb seisund tõendatud, on välja toodud Kvaternaari Vasavere põhjaveekogumiga seotud Kurtna Martiska järv (keskkonnaregistri kood VEE2026100) ja Kuradijärv (keskkonnaregistri kood VEE2025700).

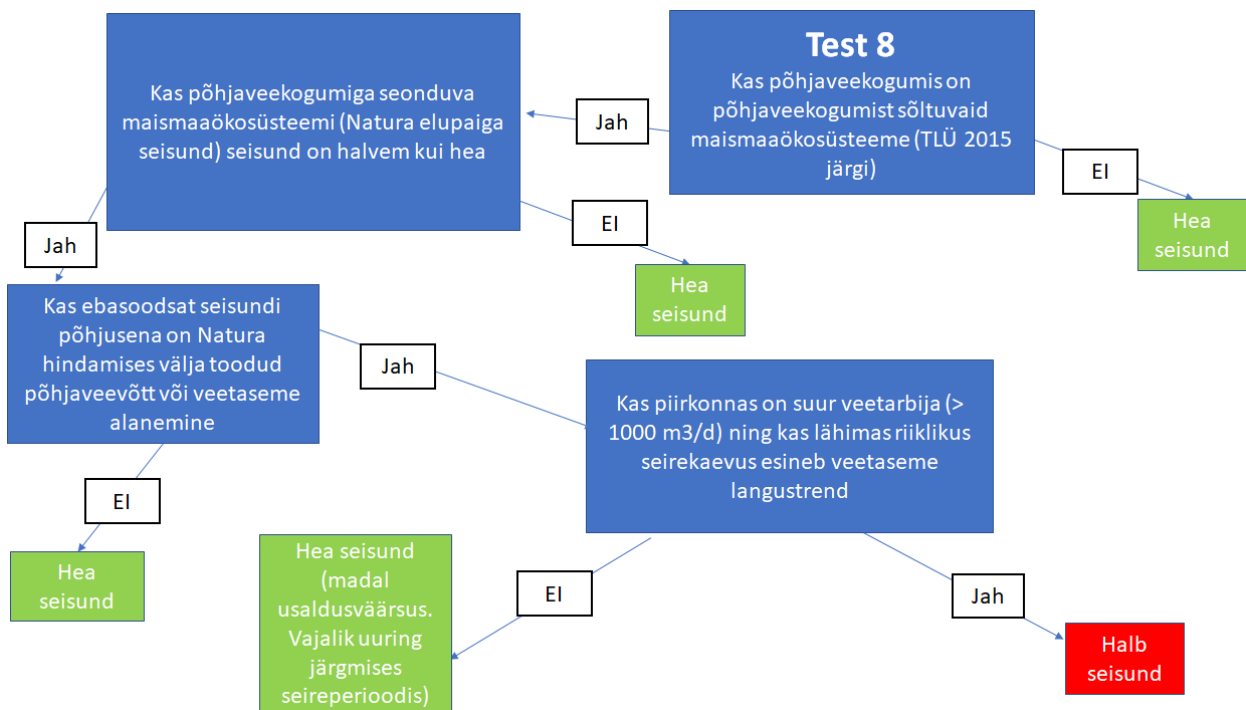


Joonis 9. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt (test 7)

### 2.2.9. Test 8. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Testi eesmärgiks on hinnata, kas põhjavee võtt võib tekitada põhjaveest otseselt sõltuvate maismaaökosüsteemide (PSMÖS) ebasoodsat seisundit. Hindamise põhimõtteline skeem on toodud Joonis 10.

Põhjaveest sõltuvate maismaaökosüsteemide seosed põhjaveekogumitega on välja toodud Tallinna Ülikooli (TLÜ) Ökoloogia instituudi 2015. aasta töös (Terasmaa et al. 2015).



Joonis 10. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt (test 8)

TLÜ uuringus on välja toodud põhjaveekogumist sõltuvate maismaaökosüsteemide (eelkõige Natura 2000 sood ja soometsad) nimekiri. Samas aruandes on põhjaveekogumite kaupa välja toodud 11 mitte heas seisundis olevat PSMÖS-i (Natura 2000 elupaikade hinnangute alusel). Järgmise etapina tuleks selgitada, kas ökosüsteemide seisundi halvenemist on põhjustanud põhjavee tarbimisest tingitud veelandus. Testis vaadatakse üle mitte heas seisundis olevate PSMÖS-ide Natura 2000 hindamise arvestuskaardid ning sealsed ebasoodsat seisundit põhjustavad mõjurid. Vajadusel antakse edasised seiresoovitused järgmiseks hindamisperioodiks.

### 2.2.10. Test 9. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt

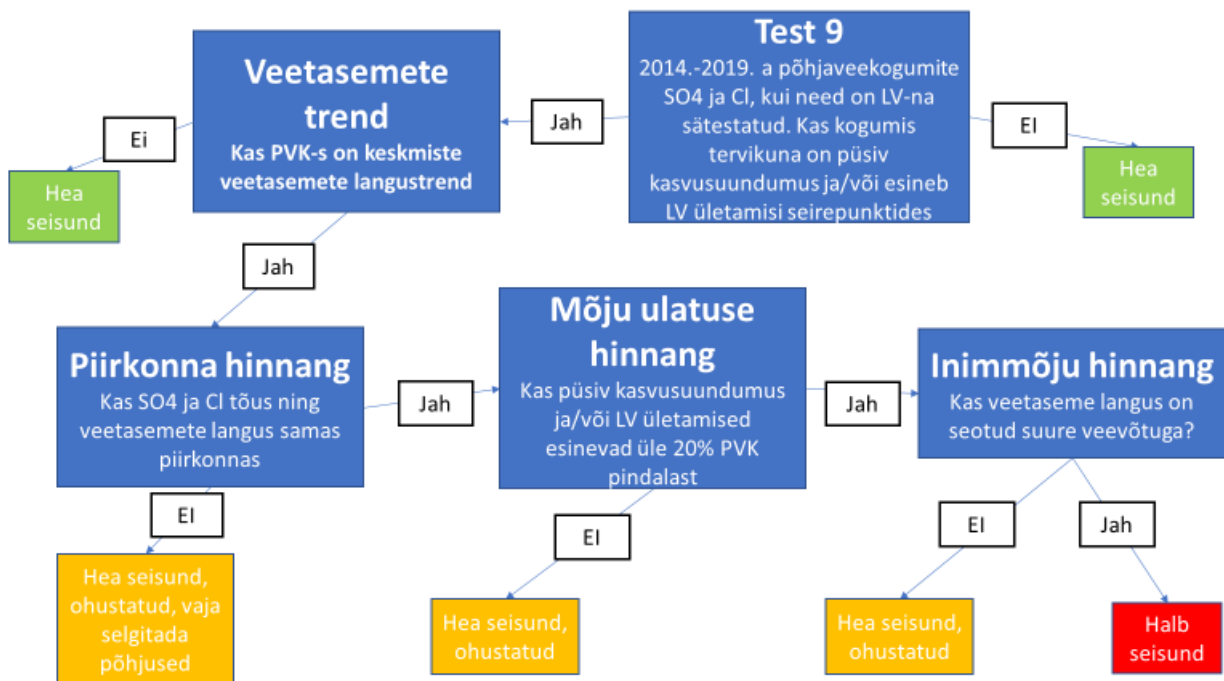
Põhjaveekogumi seisund on selle testi kohaselt hea siis, kui inimtegevuse mõjul toimunud veetaseme või surve püsiva muutuse, vooluhulga vähenemise või veevõttust tingitud voolusuuna muutumise tagajärjel ei toimu pikaajalist soolase või muu halv kvaliteedilise vee sissetungi (AS Infragate Eesti 2013). Soolase vee või muude kahjulike ainete sissetungi tuvastamise test on vajalik nii koguselise kui ka keemilise seisundi hindamiseks, ehk test 2 ja test 9 on omavahel tihedalt seotud.

Test soolase või muu vee sissetungi ohu tuvastamiseks ning selle mõju hindamiseks põhjaveekogumi koguselisele seisundile teostatakse nendes põhjaveekogumites, kus vee sissetungi iseloomustavatele

kloriidide ja sulfaadi sisaldusele on kehtestatud läviväärtused (KeM 2019a). Testi läbiviimise skeemi kirjeldab Joonis 11.

Testi teostamise esimese etapina hinnatakse, kas põhjaveekogumi riiklike keemilise seisundi seirekaevude aastakeskmistes kloriidide ja sulfaatide sisaldustes (PVK kui tervik) esineb tõusutrend ning kas seirekaevu põhiselt on hindamisperioodi keskmine soolade sisaldus on ületanud kehtestatud Cl või SO<sub>4</sub> läviväärtusi. Kui saasteainete kasvutrend puudub ja üksikutes seirekaevudes arvatud keskmised väärtused jäävad alla läviväärtuste, on põhjaveekogum antud testi järgi heas keemilises seisundis.

Kui kloriidide või sulfaatide põhjaveekogumi põhistes aastakeskmistes väärtustes esineb kasvutrend või esineb seirekaevude aastakeskmistes Cl või SO<sub>4</sub> läviväärtuste ületamisi, kontrollitakse, kas põhjaveetaseme riiklikes seirekaevudes esineb aastakeskmiste veetasemete langustrend (Joonis 11, Veetasemete trend). Veetasemete langustrendi puudumise korral on põhjaveekogum heas koguselises seisundis. Kui aga on täheldatav veetasemete langus seireperioodi lõikes, kontrollitakse antud piirkonnas seost veetasemete languse ja saasteainete sisalduse tõusu vahel (Joonis 11, Piirkonna hinnang). Viimase puudumise korral loetakse põhjaveekogum heas seisundis, kuid ohustatuks olevaks, mistõttu tuleb põhjaveekogumis esinevate saasteainete sisalduste kasvu põhjuste väljaselgitamiseks läbi viia täiendavad uuringud. Kui aga veetasemete langus ning saasteainete (Cl, SO<sub>4</sub>) sisalduse tõus on mingis põhjaveekogumi piirkonnas vastastikuselises seoses, tuleb hinnata probleemsete seirekaevude mõju ulatust (Joonis 11, Mõju ulatuse hinnang).



Joonis 11. Põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamise skeem soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt (test 9)

Juhul, kui saasteainete püsivat kasvusuundumust omavate seirekaevude mõjuulatus jääb alla 20% põhjaveekogumi pindalast, on põhjaveekogum testi 9 põhjal heas seisundis, kuid ohustatud. Olukorras, kus selliste seirekaevude mõjuulatus on üle 20% põhjaveekogumi pindalast, selgitatakse saasteainete sisalduste tõusutrendide, veetasemete languse ning põhjaveevõtu omavahelisi seoseid (Joonis 11, Inimmõju hinnang). Kui analüüs ei tuvasta seost intensiivse veetarbimise ning veetasemete languse vahel, on põhjaveekogum heas seisundis, kuid ohustatud. Kui veetasemete langus ning sellega seonduv



saasteainete sisalduste tõus tuleneb põhjavee tarbimisest, on põhjaveekogumi koguseline seisund soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuval halb.

### 3. Põhjaveekogumite seisundi hindamise tulemused ja arutelu

Lähtuvalt meetodikast, määrati iga põhjaveekogumi puhul üldine keemiline seisund viiest keemilise seisundi testist kõige madalama testi tulemuse põhjal ning üldine koguseline seisund neljast koguselise seisundi testist kõige madalama testi tulemuse põhjal. Lisaks, kui ühe testi tulemus näitas halba seisundit, siis klassifitseeriti kogu põhjaveekogumi seisund halvaks.

Läbi viidud testide tulemusena liigitus 31 põhjaveekogumist 8 koondseisnud halvaks (PVK2; PVK6; PVK7; PVK11; PVK15; PVK24; PVK27; PVK31). Heas, kuid ohustatud, koondseisundis on 11 põhjaveekogumit (PVK1; PVK3; PVK4; PVK8; PVK9; PVK12; PVK20; PVK21; PVK24; PVK28 ja PVK29) (Tabel 4). Testide usaldusväärsus on valdavalt madal (Tabel 5).

Tabel 4. Põhjaveekogumite seisundi 2020. a üksikute testide tulemused, 2014. (Türk 2014a, b; Perens et al. 2015) ja 2020. a testide koondtulemused, ning 2019. a. ohustatuse hinnang (Marandi et al. 2019)

PVK number	PVK nimi	KEEMILINE SEISUND 2020					KOGUSELINE SEISUND 2020					2020 koondhinnang		2014 koondhinnang		2019. ohustatuse hinnang	
		Üldkeemia	Soolane v.	Pinnavesi	Ökosüst.	Joogivesi	Bilanss	Pinnavesi	Ökosüst.	Soolane v.	Keemiline	Koguseline	Keemiline	Koguseline	Keemiline	Koguseline	
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9							
1	Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum	Hea	Hea(O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea(O)	Hea	Hea	Hea (O)	Hea		Ohustatud
2	Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum	Halb	Halb	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea	Hea		Ohustatud
3	põhjaveekogum	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea (O)	Hea (O)	Hea	Hea	Hea		Ohustatud
4	Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Hea (O)	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea		
5a	Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vks	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)			
5b	Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vks	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)			Ohustatud
6	Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum	Halb	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Halb	Hea			
7	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum	Halb	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Halb	Halb	Hea (O)	Hea	Halb	Halb	Halb	Halb			
8	Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum	Hea (O)	Hea(O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea			
9	Siluri Saaremaa põhjaveekogum	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea			
10	Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
11	Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum	Halb	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea			
12	Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum	Hea (O)	Hea(O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea			
13	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
14	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			Ohustatud
15	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Halb	Hea			
16	Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea			
17	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
18	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
19	Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
20	Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea			
21	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea			
22	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
23	Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
24	Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Halb	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea			
25	Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
26	Ülem-Devoni põhjaveekogum	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea			
27	Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum	Halb	Hea (O)	Halb	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea (O)	Hea	Halb	Halb	Halb	Hea (O)			
28	Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea (O)	Halb	Hea (O)			
29	Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum	Hea (O)	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea (O)	Hea	Halb	Hea			
31	Kvaternaari Prangli põhjaveekogum	Halb	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Hea	Halb	Hea	Hea	Hea			

Tabel 5. Põhjaveekogumite seisundi 2020. üksikute testide usaldusväärsus

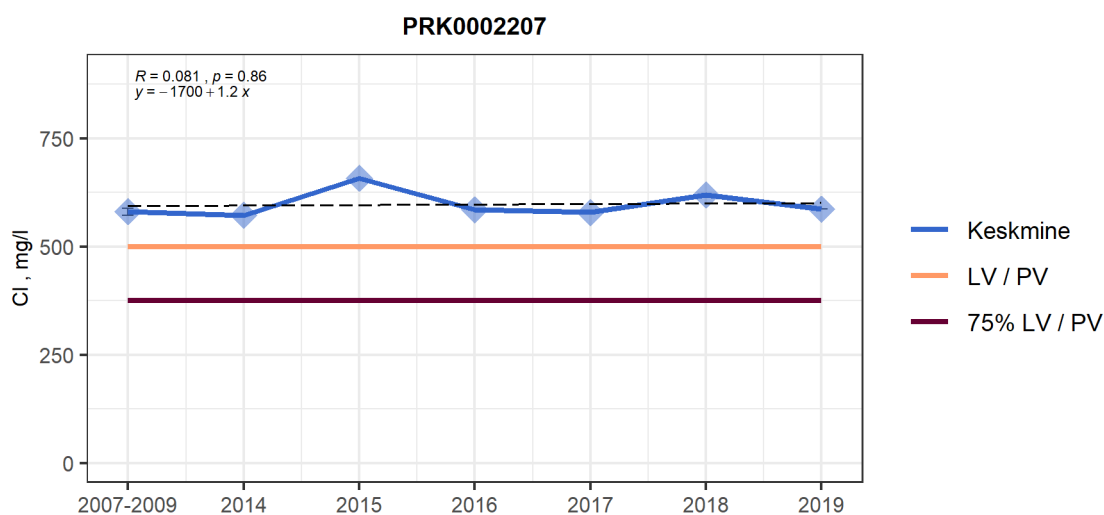
PVK number	PVK nimi	Testi usaldusväärsus									Usaldusväärse koondhinnang
		Üldkeemia	Soolane v.	Pinnavesi	Ökosüst.	Joogivesi	Bilanss	Pinnavesi	Ökosüst.	Soolane v.	
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	
1	Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
2	Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
3	Kambriumi-Vendi põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
4	Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
5a	Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vk-s	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
5b	Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vk-s	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
6	Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
7	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Madal	Madal	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Madal
8	Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum	Madal	Madal	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
9	Siluri Saaremaa põhjaveekogum	Kõrge	Madal	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
10	Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Madal	Kõrge	Madal
11	Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum	Madal	Kõrge	kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
12	Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
13	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Madal	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Madal
14	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
15	Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
16	Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
17	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
18	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
19	Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Madal
20	Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
21	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Madal	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
22	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
23	Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
24	Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Madal	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
25	Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
26	Ülem-Devoni põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge
27	Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Madal
28	Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal
29	Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum	Madal	Kõrge	Madal	Madal	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Madal	Kõrge	Madal
31	Kvaternaari Prangli põhjaveekogum	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge	Kõrge

Järgnevalt on esitatud lühikokkuvõtte põhjaveekogumite seisundi hindamise testide tulemustest, ning käsitleme peamisi põhjuseid, miks põhjaveekogumite seisund hinnati halvaks. Aruande parema loetavuse tegemiseks on kõigi põhjaveekogumite kõikide testide detailsed tulemused toodud käesoleva aruande lisades 1-31.

### 3.1. Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum (PVK 1)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 1 ning Tabel 4 ja 5.

Võrreldes 2014. a hindamisega on põhjaveekogumi seisund sama, ehk põhjaveekogumi keemiline ja koguseline seisund on hea. Vaid ühes puurkaevus (2207) oli kloriidide sisaldus üle läviväärtuse. Kuna puurkaevus 2207 on kloriidide taustatase juba üle läviväärtuse ning nende muutuses ei ole olulist kasvutrendi märgata (Joonis 12), siis ei mõjuta see põhjaveekogumi keemilist seisundit. Lisaks näitas test 9, et PVK 1 veetase on taastuva trendiga.



Joonis 12. Kloriidide sisalduse ajaline muutus vaatluskaevus 2207

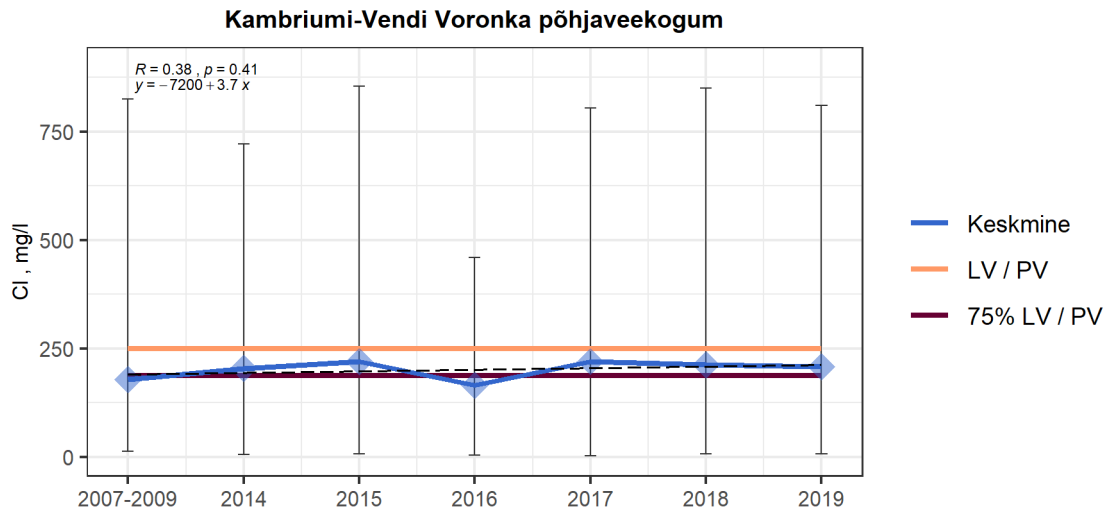
2019. a uuringu (Marandi et al. 2019) tulemusena sai PVK 1 koguselisest seisundist lähtuvalt ohustatud hinnangu, kuna põhjaveekogumi looduslik põhjavee ressurss on väiksem kinnitatud põhjaveevardust. Käesoleva töö raames olid kõik koguselise seisundi testid positiivsed ning üldine põhjaveetase on PVK 1 tõustrendiga. Kuigi kinnitanud varusid on välja antud üle 2 korra rohkem, on reaalne põhjaveetarbimine vaid umbes pool loodulikust põhjaveeressursist. Täpset hinnangut on raske anda, kuna antud piirkonnas on kinnitatud varud ka sellistele puurkaevudele, mis avavad nii PVK 1 kui 2.

### 3.2. Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum (PVK 2)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 2 ja Tabel 4.

2014. a hindamise tulemusena oli PVK 2 heas keemilises ning koguselises seisundis (Tabelis 4). Käesoleva uuringu raames läbi viidud testide tulemusena on PVK 2 halvas keemilises seisundis (Testid 1, 2 ja 5, Lisa 2).

Põhjavee üldise keemilise seisundi testi tulemusena selgus, et PVK 2 seirekaevude aastakeskmiste kloriidide sisaldused on üle 75% läviväärtusest ning kloriidide sisalduse muutuses esineb mõningane tõusutrend (Joonis 13).



Joonis 13. Kloriidide sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi 2014-2019 jooksul.

Kõrge kloriidide sisaldus on põhjustatud 2 seirekaevu (2198 ja 2657) andmetest (Lisa 2). Puurkaev 2657 asub PVK 2 lõunaosas, teistest eraldi ning on seetõttu ka väga suure mõjualaga hindamise protsessis. Kõrge soolsus PVK 2 lõunaosas võib olla põhjustatud Voronka põhjaveekihi lõunapoolse soolase vee liikumisest põhja poole või siis konkreetse seirekaevu konstruktsioonivigadest. Seetõttu on vajalik, et järgmise hindamisperioodi vältel teostatakse uuring kloriidide muutuste kohta põhjaveekogumi lõunaosas ning antakse hinnang olemasolevate seirekaevude sobivuse kohta põhjaveekogumi seireks.

Nii nagu PVK 1, sai ka PVK 2 2019. a uuringu (Marandi et al. 2019) tulemusel koguselise seisundi kohalt ohustatuse hinnangu, kuna kogumi looduslik põhjavee ressurss on väiksem kinnitatud põhjaveevarudest. Käesoleva töö raames oli PVK halvas seisundis testide 1, 2 ja 5 tõttu. Kuigi kinnitanud varusid on välja antud üle 2 korra rohkem, on reaalne põhjaveetarbimine vaid umbes poole loodulikust põhjaveeressursist. Täpset hinnangut on raske anda, kuna antud piirkonnas on kinnitatud varud ka sellistele puurkaevudele, mis avavad nii PVK 1 kui PVK 2. Edaspidi tuleb erinevate põhjaveekihtide omavahelisele seosele läbi mõlemat kihti avavate puurkaevude rohkem tähelepanu pöörata. PVK 2 on antud piirkonnas parema kvaliteediga vesi kui PVK 1 ning seetõttu võib peamine kasutuse rõhk minna PVK 2-le. See omakorda võib tingida olukorra, kus mõlemat kihti avavate, reservis seisvate, puurkaevude kaudu hakkab soolasem vesi migreeruma Gdovi põhjaveekogumist Voronkasse.

### 3.3. Kambriumi-Vendi põhjaveekogum (PVK 3)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 3 ja Tabelis 4.

2014. a hindamise tulemusena oli PVK 3 heas koguselises ja keemilises seisundis, kuid ohustatud seoses suure kinnitatud põhjaveevarude hulga võrreldes loodusliku põhjaveeressursiga. 2020. a testide hinnangul on põhjaveekogum heas, kuid ohustatud keemilises ja koguselises seisundis. Ohustatus on tingitud testide 2 ja 9 tulemustest.

Lisaks peab PVK 3 puhul ära märkima, et kuigi testi 6 arvutuste tõttu on PVK 3 heas seisundis, sest põhjavett tarbitakse vähem kui on loodulik ressurss, siis ka nende näitajate tõttu võib põhjaveekogumit tinglikult lugeda ohustatuks. Probleem on PVK 3 piirkonnas kinnitatud põhjaveevarude hulgas, mis ületavad looduslikke varusid peaaegu 4 korda. Hetkel toimuv põhjavee tarbimine (23209 m<sup>3</sup>/d) on küll väiksem kui looduslik varu (25580 m<sup>3</sup>/d), kuid see vahe väheneb. 2019. a uuringus (Marandi et al. 2019)

anti PVK 3 ohutatud koguselise seisundi hinnang just lähtuvalt bilansist ning suurest kinnitatud varude hulgast võrreldes loodusliku ressursiga.

Põhjaveevarude kaudu hinnatud ohustatust kinnitavad ka testide 2 ja 9 tulemused, kus on näha, et osade mereäärsete seirekaevude (251, 381, 1138 ja 1152) soolsused muutuvad ning kloriidide keskmised sisaldused on seal üle läviväärtuse (Tabel 1, Joonis 1 Lisa 3). Neist kahe seirekaevu piirkonnas on jälgitav ka põhjaveetasemete langustrend, teiste juures põhjaveetasemete seiret ei toimu.

Järgmisel aruandeperioodil tuleb lisada PVK 3 mereäärsetesse piirkondadesse põhjaveetasemete seirepunkte, et saaks hinnata põhjaveetasemete muutust kõigis probleemsetes piirkondades ning tuleks jälgida ka põhjavee tarbimise muutust.

### **3.4. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 4)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 4 ja Tabelis 4.

2014. a hindamise tulemusena oli PVK üldise hinnanguna heas seisundis. Käesoleva töö tulemusena selgus, et PVK 4 on heas, kuid Testide 1 ja 2 tulemusena ohustatud seisundis.

PVK 4 seisundi hinnangut mõjutavad peamiselt 2 seirekaevu – 7309 ja 19152. Seirekaev 7309 on seiresüsteemi lülitatud alles alates 2018. a ning 2 aasta keskmised kloriidide sisaldused on seal püsivalt olnud üle läviväärtuse (Joonis 3 Lisa 4). Lisaks esineb seirekaevus 19152 suhteliselt suur kloriidide sisalduse kõikumine, kusjuures 2019. a on anomaalset kõrge keskmine Cl sisaldus. Seirekaevude 7309 ja 19152 andmetest tulenevalt võib olla põhjustatud PVK 4 kui terviku kloriidide sisalduse tõusutrend. Saadud hinnangu koond usaldusväärsus on madal, kuna PVK 4 lõunaosas on seirekaeve vähe ning igal seirepunktil on testi tulemuste suhtes suur mõjuala. Seetõttu tuleb järgmisel veemajanduskava perioodil eelkõige välja selgitada, kas saasteaine kõrge sisaldus eelpool nimetatud vaatluskaevudes on kohaliku iseloomuga või kujutab endast ohtu kogu põhjaveekogumile.

### **3.5. Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5a)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 5 ja Tabelis 4.

PVK 5a on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

PVK 5a oli kõigi testide tulemusena heas seisundis, kuid järgeval seireperioodil peaks tähelepanu pöörama üldisele sulfaatide sisalduse muutusele. Kogumi keskmine sulfaatide sisaldus on hetkel küll madal, kuid sisaldustes on märgata tõusutrendi (Joonis 14).



Joonis 14. Aasta keskmised SO<sub>4</sub> sisaldused Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi seirekaevude vees

### 3.6. Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5b)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 6 ja Tabelis 4.

PVK 5b on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

2019. a uuringus (Marandi et al. 2019) anti PVK 5b ohutatud koguselise seisundi hinnang just lähtuvalt põhjavee bilansist ning suurest kinnitatud varude hulgast (7 390 m<sup>3</sup>/d) võrreldes loodusliku ressursiga (4 208 m<sup>3</sup>/d). Käesoleva töö raames ei tuvastatud seisundi halvenemise märke ning põhjaveekogumi kloriidide sisaldus oli antud perioodi lõikes langustrendiga (Joonis 2 Lisa 6).

### 3.7. Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum (PVK 6)

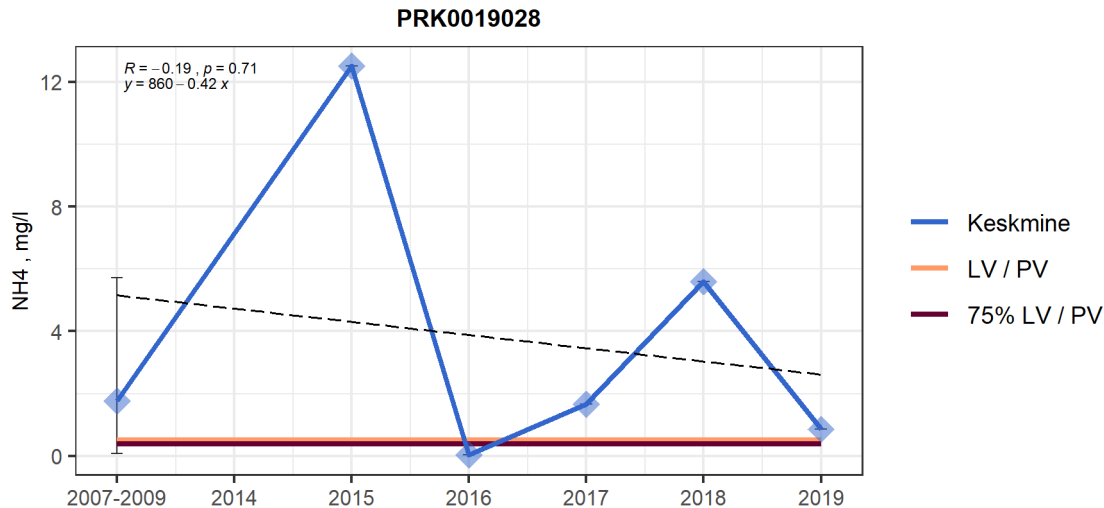
Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 7 ja Tabelis 4.

2014. a testide tulemusena oli PVK 6 keemiline seisund halb. Käesoleva uuringu tulemuste põhjal on PVK 6 keemiline seisund test 1 (üldine keemiline seisund) põhjal halb ja test 3 (pinnaveekogumitest lähtuv hinnang) tulemusena ohustatud.

Kui 2014. a testide puhul oli halva seisundi põhjustajaks fenoolid ja naftasaadused (Türk 2014a), siis 2014.-2019. a andmete põhjal on probleemseteks ammooniumiooni (NH<sub>4</sub>), keemilise hapnikutarbe (PHT<sub>Mn</sub>) ning 1-aluseliste fenoolide summa kõrged näidud. NH<sub>4</sub> kõrge keskmise sisalduse põhjustajaks võib olla seirekaevust 19028 saadud määrangud (Joonis 15). Ka PHT<sub>Mn</sub> on samas kaevus üle lubatud piirväärtuse. Nii PHT<sub>Mn</sub> kui ka NH<sub>4</sub> väärtustes esineb aastate lõikes suur varieeruvus. Olemasolevate andmete põhjal ei ole võimalik suure kindlusega väita, et PHT<sub>Mn</sub> ja NH<sub>4</sub> kõrged väärtused on põhjustatud inimõjjust. Samas kõiguvad 1-aluseliste fenoolide summa väärtused laiaades piirides ning aastakeskmiste sisalduste trendijoon ületab saasteainele kehtestatud läviväärtuse 75 % väärtust. Kaevu 19028 andmed mõjutavad oluliselt põhjaveekogumi kui terviku 1-aluseliste fenoolide summa varieeruvust, kuid teisest probleemsest kaevust (3651) on vaid üks aastakeskmise 1-aluseliste fenoolide summa määrang. Mõlema vaatluskaevu puhul on 1-aluseliste fenoolide summa aastakeskmised väärtused tunduvalt kõrgemad kehtestatud läviväärtusest. Kuivõrd fenoolide puhul on tegemist inimtekkelise saasteainega, on

põhjaveekogumi keemiline seisund testi 1 põhjal halb. Seisundi hinnang on madala usaldusväärsusega 1-aluseliste fenoolide vähete määrangute ning seireperioodi jooksul muutunud laboratoorsete meetodikate tõttu.

Sulfaatide keskmine sisaldus oli PVK 6 alla läviväärtuse ning sellel ei olnud tõusutrendi.



Joonis 15. NH<sub>4</sub> sisalduse ajaline muutus seirekaevus 19028 vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Test 3 tulemused näitavad, et PVK 6 on ohustatud Ba sisalduste tõttu lähtuvalt pinnaveekogumite seisundist (Test 3 Lisa 7). Põhjaveekogumist sõltuv Pühajõgi\_1 vooluveekogum on muuhulgas baariumi kõrge sisalduse tõttu kesises seisundis. Lähimas põhjavee seirekaevus on vaatlusperioodil võetud vaid üks baariumi proov, mille sisaldus oli alla labori määramispiiri. Kogumis tervikuna ulatuvad baariumi väärtused kõrgele (kuni 5300 µg/l), see on 53 korda kõrgem väärtus kui pinnavee keskkonnanorm. On võimalik, et põhjaveest pärinev kõrge baarium põhjustab pinnavee ebasoodsat seisundit. Kuna on ebaselge põhjavees oleva baariumi sisalduse seos inimõjuga ja sisalduse ajalised trendid, on seisundihinnang madala usaldusväärsusega. Võimalike tõusutrendide jälgimiseks tuleks edaspidi põhjaveekogumi seirekaevudes selgitada baariumi taustatasemeid ning määrata kogumis baariumile läviväärtus.

Põhjavee seisundi hindamise tulemusena selgus, et järgneval veemajanduskava perioodil peab selgitama NH<sub>4</sub> ja PHT<sub>Mn</sub> kõrgete sisalduste ja nende tõusutrendide esinemise põhjused PVK 6-s. Lisaks on vaja uuringut, mis seletab Ba allika antud põhjaveekogumis ning põhjaveekogumiga seotud pinnavees. Juhul kui Ba allikaks on inimtegevus, siis on vaja uuendada põhjaveekogumi kontseptuaalset mudelit ning kehtestada Ba läviväärtus lähtuvalt mõjust pinnaveekogumitele.

### 3.8. Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (PVK 7)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 8 ja Tabelis 4.

2014. a hindamise tulemusena oli PVK 7 halvas keemilises ja koguselises seisundis, kuna 65% seirekaevude veest ei vastanud kvaliteedinõuetele ning põlevkivikaevanduste tõttu oli alanenud põhjaveetase (Türk 2014b).

Käesoleva uuringu raames selgus, et perioodil 2014-2019 oli neljas seirekaevus ületatud SO<sub>4</sub> (250 mg/l) läviväärtus, kolmes NH<sub>4</sub> (0,5 mg/l) piirväärtus ja 1-aluseliste fenoolide summale kehtestatud läviväärtus (1 µg/l) ning seitsmes keemilise hapnikutarbe (≤5 mg/l O<sub>2</sub>) piirväärtus. Lisaks sellele oli üksikutes



seirekaevudes täheldatavad naftasaadustele, PAH summale ning benseenile kehtestatud piirväärtuste ületamised. Samuti esines 6 seirekaevus pestitsiidide osas kehtestatud piirväärtuste (0,1 µg/l) ületamisi.

Terve kogumi suhtes olulisi sisaldusi (üle 20% põhjaveekogumi pindalast) täheldati SO<sub>4</sub>, PHT<sub>Mn</sub> ja 1-aluseliste fenoolide summa puhul, kus läviväärtus või piirväärtus oli ületatud vastavalt 23%, 29,4% ja 26,2%. SO<sub>4</sub> ja PHT<sub>Mn</sub> sisalduste ajalises muutuses oli märgatav ka tõusutrend, kuid sulfaatide puhul jäi see all 75% läviväärtuse piiri siis PHT<sub>Mn</sub> puhul ületas trendijoon 2019. a juba piirväärtuse. Seetõttu klassifitseerus PVK 7 halba keemilisse seisundisse test 1 põhjal eelkõige PHT<sub>Mn</sub> ja 1-aluseliste fenoolide summa sisalduste tõusu tõttu.

Nii nagu ka PVK 6 puhul, leiti käesoleva uuringu põhjal, et PVK 7 piirkonnas esineb põhjaveega seotud pinnaveekogudes probleeme baariumi sisaldustega ning on seetõttu Test 3 järgi ohustatud seisundis.

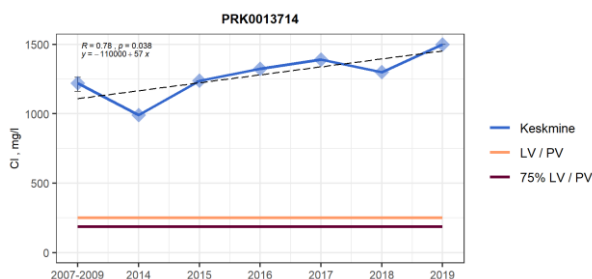
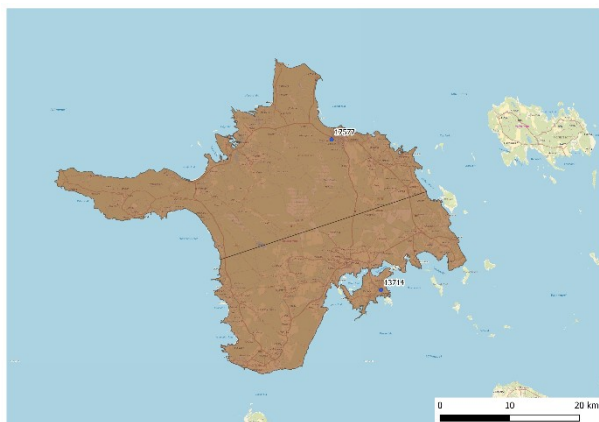
Test 6 raames läbiviidud bilansiarvutused näitasid, et tänu suurtele põlevkivikaevandustele ületab põhjavee ärastus PVK 7 loodulikku ressursi 305334 m<sup>3</sup>/d võrra ning PVK on seetõttu halvas seisundis. Negatiivne bilans mõjutab ka piirkonnas esinevaid pinnaveekogusid, mille äravool on suures osas sõltuv põhjaveest. Suurest veevõtust tingitud veetasemete langus Mustajõe vaatluskaevudes põhjustab PVK halva seisundi ka 7. testi tulemusena. Kuna piirkonna veekeskond on kaevandustest tugevalt mõjutatud pole test 7 puhul kasutatav meetodika piisav kõrge usaldusväärsusega hinnangu andmiseks.

PVK 7 on halvas seisundis tulenevalt selle piirkonna kaevanduste tegevusest ning seisund ei parane enne nende sulgemist. Järgneva aruandeperioodi vältel peaks siiski selgitama piirkonnas esineva Ba probleemi (vaata selgitust PVK 6 juures) ning PHT<sub>Mn</sub> tõusutrendi põhjusi. Täpsemat selgitust vajab ka põhjaveevõtust tingitud muutuste olulisus pinnaveekogumitele ning välja tuleb töötada selle mõju usaldusväärseks hindamiseks vajalik seiresüsteem.

### 3.9. Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum (PVK 8)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 9 ja Tabelis 4.

2014. a oli põhjaveekogum heas seisundis. Käesoleva hindamise tulemusena selgus, et PVK 8 on heas keemilises seisundis, kuid ohustatud (testi 1). PVK 8 kirjeldav seiresüsteem koosneb vaid 2 seirekaevust (Joonis 16), millest ühe vesi on tõenäoliselt soolane looduslikest tingimustest tulenevalt, sest selle kloriidide lähtetase ulatub üle 4 korra üle kehtestatud läviväärtuse. Halva olukorra loob veel asjaolu, et kloriidide sisaldus on seirekaevus 13714 tõustrendiga (Joonis 16). Käesolev keemilise seisundi hinnang ei võta arvesse seirekaevu 13714 andmestikku ning sellest tulenevat mõju PVK kui terviku Cl sisaldusele. Tegemist on ebakvaliteetse seirepunktiga (aruande Joonis 1 Usaldusväärsus), mille andmestikku ei arvestatud ka eelmise seisundi hindamisperioodi käigus.



Joonis 16. Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogumi seirevõrk ning kloriidide muutus seirekaevus 13714

Sellest tulenevalt on Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum testi 1 põhjal heas, kuid ohustatud keemilises seisundis. Seisundi hinnang on madala usaldusväärsusega, sest see tugineb vaid ühe seirekaevu andmetele ning ei pruugi väljendada tegelikkust. Seetõttu peab järgneval aruandeperioodil hindama seirekaevu 13714 sobilikkust põhjaveekogumi seireks.

### 3.10. Siluri Saaremaa põhjaveekogum (PVK 9)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 10 ja Tabelis 4.

2014. a hindamise tulemusena oli PVK 9 heas keemilises ja koguselises seisundis. Ka käesoleva töö raames tehtud testide tulemusena on põhjaveekogum heas keemilises ja koguselises seisundis.

Test 2 tulemusena on seisund hea, kuid ohustatud. Antud hinnangu usaldusväärsus on madal, kuna see on põhjustatud vaid ühe seirekaevu 2019. aasta anomaalsest määrangust (Joonis 5 Lisa 10). Seetõttu tuleb järgneva aruandeperioodi vältel selgitada seirekaevus 12356 toimunud muutuste põhjused.

### 3.11. Siluri–Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum (PVK 10)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 11 ja Tabelis 4.

PVK 10 on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### 3.12. Siluri–Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum (PVK 11)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 12 ja Tabelis 4.

PVK 11 oli 2014. a seisundi hindamise tulemusena heas keemilises ja koguselises seisundis. Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena liigitas PVK 11 halba seisundisse testide 1 ja 5 tõttu.

Test 1 tulemusena põhjustasid halva seisundi 2 seirekaevu (14729 ja 15027), kuna seal oli piirväärtusest kõrgem  $PHT_{Mn}$  sisaldus ning 15027 on jälgitav ka  $PHT_{Mn}$  näidu kasvutrend, mis on püsivalt üle piirväärtuse. Kõrge  $PHT_{Mn}$  sisaldus oli ka põhjuseks, miks PVK 11 klassifitseeriti halvaks test 5 tulemusena. 2013. aasta aprillis avastati Rapla Uusküla veehaardes Terviseameti kontrollproovides, et PHT näit on tõusnud üle lubatud piirväärtuse 5 mg/l  $O_2$  (6,3-6,7 mg/l  $O_2$ ). Veehaarde töötavates puurkaevudes oli PHT tõusnud 1,6 mg/l  $O_2$  (veehaarde tööle alustamisel 2000 a.) kuni 16 mg/l  $O_2$  (2013 a.). Rapla veehaarde probleem lahendati uue veehaarde rajamisega O-Ca põhjaveekihti.

Uue aruandeperioodi vältel on vaja selgitada kõrge  $PHT_{Mn}$  näitude ning tõusutrendide põhjused.

### 3.13. Siluri–Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum (PVK 12)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 13 ja Tabelis 4.

2014. a hinnangu tulemusel oli PVK 12 heas keemilises ja koguselises seisundis. Käesoleva uuringu raames läbi viidud testide tulemusena on PVK test 1 ja test 2 põhjal heas, kuid ohustatud seisundis.

PVK 12 seirekaevus 10938 mõõdetud kloriidide sisaldus on keskmiselt üle läviväärtuse ning esineb kloriidide kasvutrend. Põhjaveekogumis on kokku vaid 4 seirekaevu, mistõttu on iga seirekaevu mõjuulatus statistiliselt oluline põhjaveekogumi seisundile.

Seirekaevus 10938 oli kloriidide sisaldus kõrge juba lähtetasemena. Tegemist on rannikuäärses piirkonnas paikneva ebakvaliteetse seirepunktiga, mille mõju PVK keskmisele Cl sisaldusele on suur, kuid ei põhjusta siiski trendijoone tõusu. Seetõttu on järkeval aruandeperioodil vajalik hinnata seirekaevu sobilikkust ning esinduslikkust põhjaveekogumi seireks.

### **3.14. Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 13)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 14 ja Tabelis 4.

PVK 13 on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### **3.15. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 14)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 15 ja Tabelis 4.

PVK 14 on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

PVK 14 keemilise seisundi hinnang tugineb 15 seirekaevu andmetele ning vaid ühes neist (3713), mille mõjuraadius on 5,3% põhjaveekogumi pindalast, ületas vaatlusperioodi keskmine NH<sub>4</sub> sisaldus kehtestatud piirväärtuse. Põhjaveekogumite 2019. a uuringus (Marandi et al. 2019) sai PVK 14 ohustatuse hinnangu keemilisele seisundile, kuna 100% pindalast on kaetud koormusallikatega. Samas oli oht hinnatud väheoluliseks, kuna üksikute reostusallika liikide (punktallikad, hajureostus, muud reostusallikad) kaupa jäi katvus alla 50%. Seega on väga oluline hinnata konkreetsete seirekaevude asukohti ning võrrelda nende paiknemist koormusallikate suhtes.

### **3.16. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 15)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 16 ja Tabelis 4.

2014. a hindamise (Türk 2014b) tulemusena oli PVK 15 heas koguselises seisundis, kuid halvas keemilises seisundis, kuna kohati oli seirekaevude vees pestitsiidide, naftasaaduste ja nitraadi sisaldused üle lävi- või piirväärtuse. Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena on PVK 15 seisund muutumata. Keemilise seisundi muudab halvaks pinnavee test 3. Selja\_3 ja Põltsamaa\_1 vooluveekogumitele lähimates põhjavee seirekaevudes on nitraatide sisaldus kasvusuundumuses ning hindamisperioodi viimaste aastate sisaldused on piisavalt kõrged, et põhjavee toitest pärinev lämmastik võib põhjustada nimetatud vooluveekogumite mitte head seisundit. Hinnangu usaldusväärsus on madal, kaasajastada tuleks jõgede põhjavee toite osakaalud ning põhjavee seirekaevude ja jõgede seosed.

### **3.17. Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum (PVK 16)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 17 ja Tabelis 4.

PVK 16 on üldises heas seisundis. 2014. a oli PVK halvas keemilises seisundis.

### **3.18. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 17)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 18 ja Tabelis 4.

PVK 17 on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### **3.19. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (PVK 18)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 19 ja Tabelis 4.

PVK 18 on üldises heas seisundis ning muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### **3.20. Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum (PVK 19)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 20 ja Tabelis 4.

2015. a hindamise (Perens et al. 2015) tulemusena oli PVK 19 heas keemilises ja koguselises seisundis.

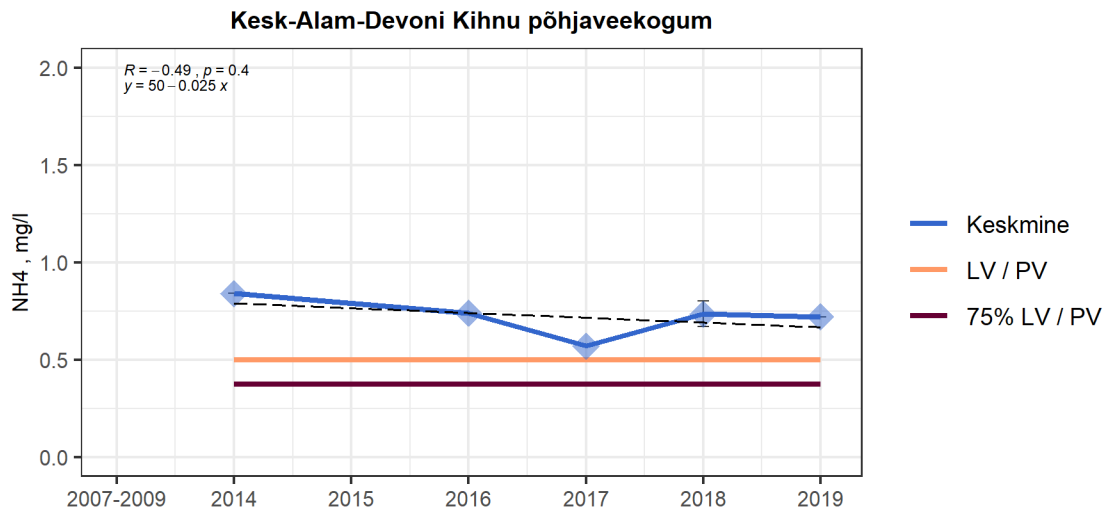
Testi 1 tulemused näitasid, et põhjaveekogumi ainsas seirekaevus on ületatud keemilisele hapnikutarbele kehtestatud piirväärtus (5 mg/l O<sub>2</sub>). Kuivõrd vaatluskaevus puudub kvaliteedinäitaja jätkuv tõusev trend, on põhjaveekogumi keemiline seisund test 1 põhjal hea, kuid antud hinnang on ainsa vaatluskaevu tõttu madala usaldusväärsusega.

### **3.21. Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum (PVK 20)**

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 21 ja Tabelis 4.

2015. a hindamise tulemusena oli PVK 20 heas keemilises ja koguselises seisundis. Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena liigitus PVK 20 keemiline seisund samuti heaks, kuid ohustatuks, kuivõrd NH<sub>4</sub> sisaldused põhjaveekogumis kui tervikus ületavad sellele kehtestatud piirväärtust (Joonis 17), jälgitav on NH<sub>4</sub> sisalduste langustrend ning lineaarne trendijoon ületab 75% põhjaveekogumile kehtestatud saasteaine piirväärtusest (0,5 mg/l).

Kuivõrd tegemist on piirkonnaga, kus põhjaveekihtides on kirjeldatud paleovett (KeM 2019a) ning kus uute kaevude rajamisel on täheldatud metaani eraldumist kaevudes, siis võib ka Kihnu saart kirjeldavate seirekaevude vee puhul olla tegemist aeglase veevahetusvöö veega, kus on looduslikult anaeroobsed tingimused. Sarnastes tingimustes Põhja-Eestis on varasemalt kirjeldatud kõrgeenenud NH<sub>4</sub> sisaldust ning seetõttu on ka põhjaveekogumite määruuses (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013) toodud välja erisus, et NH<sub>4</sub> sisaldus võib ulatuda üle 1,5 mg/l, juhul kui on tõestatud tema looduslik päritolu põhjavees. Seega on järgneva aruandeperioodi vältel vaja teostada Kihnu saarel kasutatava Kesk-Alam-Devoni põhjavee päritolu ning koostise uuring ning muuta vastavalt selle tulemustele PVK 20 kehtivat NH<sub>4</sub> piirväärtust.



Joonis 17. NH<sub>4</sub> sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

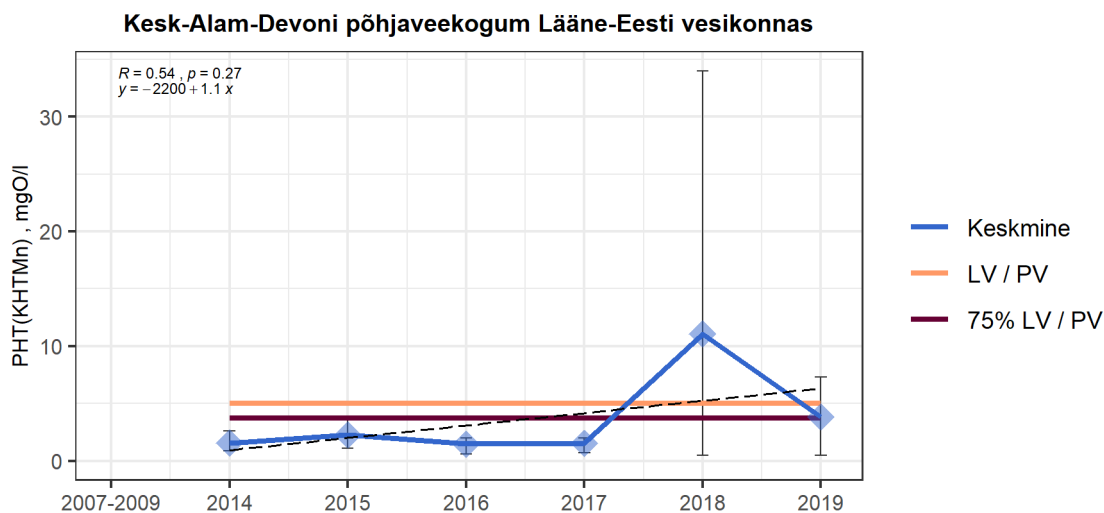
### 3.22. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 21)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 22 ja Tabelis 4.

PVK 21 on üldises heas seisundis ning seisundi muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole. Testi 1 põhjal võib aga PVK keemilist seisundit lugeda ohustatuks.

Kuigi PVK 21 seisund hinnati heaks, on hinnangu usaldusväärsus madal, kuna seirekaevude arv põhjaveekogumis on väike (4) ning seetõttu on igal näidul suur osakaal hindamistulemusele. Kuigi PHT<sub>Mn</sub> piirväärtus keskmisena on ületatud vaid 1 seirekaevus (8,6 mgO/l, puurkaevus 7568) ja alla 20% põhjaveekogumi alal, mõjutab 1 seirepunkt siiski põhjaveekogumi kui terviku KHT<sub>Mn</sub> keskmisi sisaldusi nii palju, et kogumi kui terviku näidud tõusevad üle piirväärtuse (Tõrge! Järjehoidja **lubamatu eneseviide..** Viimase asjaolu tõttu on põhjaveekogumi seisund ohustatud.

Seega on järgneval aruandeperioodil vaja jälgida KHT<sub>Mn</sub> muutusi põhjaveekogumis ning selgitada seirekaevus 7568 ilmnenud KHT<sub>Mn</sub> kõrgete näitude põhjused.



**Tõrge! Järjehoidja lubamatu eneseviide.**

### 3.23. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 22)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 23 ja Tabelis 4.

PVK 22 on üldises heas seisundis ning seisundi muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### 3.24. Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 23)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 24 ja Tabelis 4.

PVK 23 on üldises heas seisundis, muutusi võrreldes 2014. aasta hinnanguga ei ole.

Ka PVK 23 on ühe seirekaevu (7592) andmete mõju statistika tulemustele oluline väheste seirepunktide tõttu. Puurkaev 7592 mõjuulatus on 46,9% ning selle põhjavees on ületatud NH<sub>4</sub> sisaldused (Tabel 1 ja Joonis 1 Lisa 24). Teistes põhjaveekogumi keemilise seire kaevudes on NH<sub>4</sub> sisaldused piirväärtuse 75% joonest madalamad ning tõusutrendi ei eksisteeri. Samas ei ole ka kaevu 7592 puhul täheldatav ülenormatiivse NH<sub>4</sub> sisalduse tõusutrend, mistõttu võib põhjaveekogumi kui terviku keemilise seisundi lugeda heaks.

Kuna ühel seirepunktil on kogumi seisundi hinnangule suur mõju ning pole selge kaevu kõrge ammooniumi sisalduse põhjused on hinnangu usaldusväärsus madal. Järgmisel seireperioodil tuleb välja selgitada, kas NH<sub>4</sub> kõrge sisaldus vaatluskaevus 7592 on kohaliku iseloomuga või on probleem laiaulatuslikum.

### 3.25. Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 24)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 25 ja Tabelis 4. 2014. a oli PVK 24 heas keemilises ja koguselises seisundis.

PVK 24 on Test 1 tulemusena halvas seisundis ning test 3 põhjal ohustatud keemilises seisundis. PVK-ga seotud Kavilda\_1 ja Verevi järve pinnaveekogumite mitte head seisundit põhjustav kõrge ammooniumi sisaldus võib pärineda põhjaveest. Vajalik on selgitada Kavilda oja põhjavee toitumise osakaal ja jätkata NH<sub>4</sub> pikaajalist seiret. Verevi järve ja Kavilda\_1 kogumite piirkonnas tuleks uuringuga selgitada, kas ammoonium on piirkonna põhjavees üldiselt kõrge või on see põhjavee seirekaevu number 6876 lokaalne probleem.

Seisundi hindamise käigus selgus, et kahes seirekaevus on ületatud NH<sub>4</sub> sisaldusele kehtestatud piirväärtus (0,5 mg/l), ning üksikud pestitsiidide määrangud 3 seirekaevust (7588, 7589, 8569), mille mõjuulatus on summaarselt üle 20 % ning mille 6 a keskmised pestitsiidide sisaldused on üle piirväärtuse (Tabel 1 ja 2 ning joonis 1 Lisa 25). Seisundi hindamise juhendi (Türk 2014b) järgi on saasteainete levik märkimisväärne siis, kui see esineb 20% või enam põhjaveekogumi pindalast või mahust. Kuna pestitsiidide piirväärtuse ületamised ületavad 20% põhjaveekogumi pindalast siis on põhjaveekogum halvas keemilises seisundis.

### 3.26. Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas (PVK 25)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 26 ja Tabelis 4.

PVK 25 on üldises heas seisundis ning seisundi muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### 3.27. Ülem-Devoni põhjaveekogum (PVK 26)

Põhjaveekogumi kõigi 9 testi tulemuste detailid on toodud Lisa 27 ja Tabelis 4.

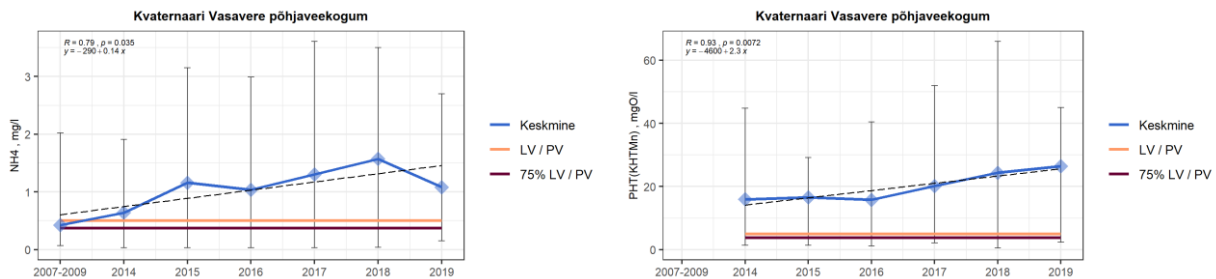
PVK 26 on üldises heas seisundis ning seisundi muutusi võrreldes 2014. a hinnanguga ei ole.

### 3.28. Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum (PVK 27)

2014. a hinnangu tulemusena oli PVK 27 heas koguselises, kuid halvas keemilises seisundis. Halb keemiline seisund oli põhjustatud naftasaaduste ja fenoolide sisalduste ületamisega seirekaevudes ning kasvusuundumustega  $PHT_{Mn}$ , nitraatide ja ammoniumi osas (Türk 2014a).

Käesoleva uuringu tulemusena on PVK halvas keemilises (Test 1 ja 3) ja koguselises (Test 7) seisundis (Lisa 28).

Testide läbiviimise käigus selgus, et ühes seirekaevus on ületatud  $SO_4$  kehtestatud läviväärtus (100 mg/l), neljas  $NH_4$  kehtestatud piirväärtus (0,5 mg/l) ning viies keemilisele hapnikutarbele kehtestatud piirväärtus (5 mgO/l). Seire käigus kogutud algandmete koondamise ja töötlemise tulemus näitas, et põhjaveekogumis ei esine pestitsiidide ning muude orgaaniliste saasteainete osas kehtestatud piirväärtuste ületamisi (Tabel 1 Lisa 28). Halb seisund Test 1 tulemusena on tingitud just  $NH_4$  ja  $PHT_{Mn}$  kõrgeenenud sisaldustest ning üldisest kasvutrendist põhjaveekogumis, mis ületab ka piirväärtuse (Joonis 18).



Joonis 18.  $NH_4$  ja  $PHT_{Mn}$  sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Test 7 tulemusena on PVK halvas seisundis. Seotud seisuveekogudest on Kurtna järvede ja põhjavee seoste kontseptuaalse mudeli ning seiretulemuste analüüsil leitud, et Kvaternaari Vasavere põhjaveekogumist veevõtu negatiivne koguline mõju põhjaveekogumist sõltuvatele Martiska järvele ja Kuradijärvele on igakülgsest tõendatud (Terasmaa et al. 2019).

### 3.29. Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum (PVK 28)

2014. a hinnangu tulemusena oli PVK 28 heas koguselises, kuid halvas keemilises seisundis. Halb keemiline seisund oli põhjustatud naftasaaduste ja ühealuseliste fenoolide sisalduste ületamisest ning joogiveetestide tulemustest (Türk 2014b).

Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena on PVK 28 heas, aga ohustatud keemilises seisundis (Test 2) ning heas, aga ohustatud koguselises seisundis (Test 6).

Testide läbiviimisel selgus, et seirekaevu (4307) hindmisperioodi keskmised sisaldused ületavad nii Cl (60 mg/l),  $SO_4$  (50 mg/l), naftasaadustele (20  $\mu$ g/l) kui ka PAH summale (0,1  $\mu$ g/l) kehtestatud läviväärtuseid ning põhjaveekogumis esines pestitsiidide osas üksikuid kehtestatud piirväärtuse (0,1  $\mu$ g/l) ületamisi (Lisa 29). Kõik ületamised olid seotud ühe seirekaevuga (4307) ning esinesid väiksemal alal kui 20% põhjaveekogumi pindalast.

Test 2 põhjustatud ohustatus on tingitud  $\text{SO}_4$  ja Cl kõrgeenenud sisaldustele osades kaevudes ning kogumi keskmisele  $\text{SO}_4$  sisalduse kasvutrendile. Põhjaveekogum jäi heasse seisundisse, kuna vastavad muutused toimusid vaid 1 vaatluskaevus neljast ning väiksemal alal kui 20% põhjaveekogumi pindalast.

PVK 28 hea, aga ohustatud koguselise seisundi tingis suur veetarbimine võrreldes loodusliku ressursiga. Negatiivne bilanss on tingitud põhjavee kogumi piiride asetusest ning on puhtalt arvutuslik. Suur osa põhjaveest, mida kasutavad veehaarded läbi PVK 28, on pärit seda ümbritsevast Kesk-Devoni põhjaveekihist Ida-Eestis (PVK 24). PVK 24 looduslik ressurss on 2 228 835 m<sup>3</sup>/d ning põhjaveevõtt sellest on vaid 13 824 m<sup>3</sup>/d. Seega on antud juhul tegemist meetodilise probleemiga, millele tuleb edaspidi lahendus leida.

Tekkinud probleemi on võimalik lahendada 2 viisil:

1. Liita PVK 24 ja 28 või
2. Muuta Meltsiveski põhjaveekogumi piire ning hinnata ümber selle loodulik ressurss. Selleks on vaja modelleerida PVK 28 dünaamilisi ressursse ja hinnata veevahetust ümbritseva põhjaveekogumiga (PVK 24).

### 3.30. Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum (PVK 29)

2014. a hinnangu tulemusena oli PVK 29 heas koguselises, kuid halvas keemilises seisundis, kuna kvaliteedinäitajad vastasid nõuetele vaid 25% seirekaevudest (Türk 2014b).

Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena hinnati, et PVK 29 on heas koguselises ja keemilises seisundis, kuid keemiline seisund on ohustatud testi 1 tulemuste põhjal. Testidest selgus, et neljas seirekaevus on ületatud  $\text{NH}_4$  (0,5 mg/l), kolmes keemilisele hapnikutarbele (5 mgO/l) kehtestatud piirväärtused ning ühel juhul ühealuselistele fenoolidele (1 µg/l), naftasaadustele (20 µg/l) ja PAH summale (0,1 µg/l) kehtestatud läviväärtused ning põhjaveekogumis esineb pestitsiidide osas üks kehtestatud piirväärtuse (0,1 µg/l) ületamine (Lisa 30).

Ühealuselistele fenoolidele, naftasaadustele ja PAH summa osas jäävad läviväärtuste ületamised alla 20% põhjaveekogumi pindalast. Põhjaveekogumi ohustatuse tingivad eelkõige  $\text{NH}_4$  ja  $\text{PHT}_{\text{Mn}}$  kõrge väärtused ning nende sisalduste kasvutrendid, mis ületavad 75% läviväärtuse piiri. Nii keemilise hapnikutarbe kui ka  $\text{NH}_4$  väärtustes esineb hindamisperioodi lõikes suur varieeruvus, seireandmete aegridades on anomaalselt kõrgeid väärtusi, mõlema kvaliteedinäitaja puhul puuduvad lähtetasemed. Olemasolevate andmete põhjal ei ole võimalik tuvastada inimõju nimetatud kvaliteedinäitajate väärtustele, mistõttu on põhjaveekogum heas, kuid ohustatud seisundis. Antud hinnangu usaldusväärsus on madal, sest järgneval aruandeperioodil peab selgitama  $\text{NH}_4$  ja  $\text{PHT}_{\text{Mn}}$  kõrgete väärtuste põhjused.

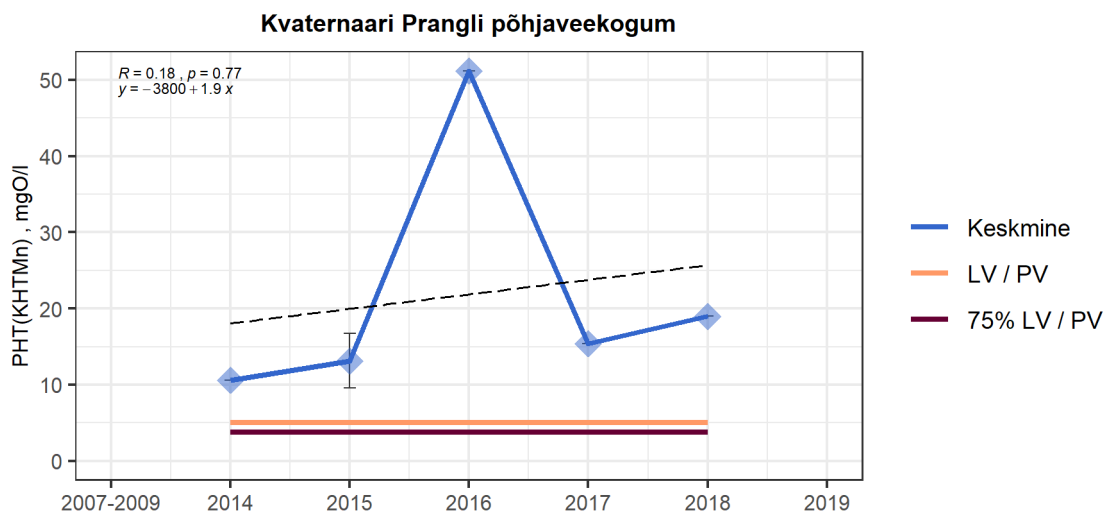
### 3.31. Kvaternaari Prangli põhjaveekogum (PVK 31)

2015. a hinnangu tulemusena oli PVK 31 heas keemilises ja koguselises seisundis (Perens et al. 2015).

Käesoleva töö raames läbi viidud testide tulemusena selgus, et PVK 31 on heas koguselises kuid halvas keemilises seisundis (Test 1).

Hindamine näitas, et põhjaveekogumi mõlemas seirekaevus on märkimisväärselt ületatud keemilisele hapnikutarbele kehtestatud piirväärtus (5 mgO/l) ning seirekaevude pH väärtused jäävad pisut allapoole soovituslikku intervalli (6-9) (Tabel 1 Lisa 31). Keemilise hapnikutarbe osas kulgeb trendijoon kehtestatud piirväärtust tähistavast joonest kõrgemal kogu seireperioodi jooksul ning nähtav on trendijooone tõus (Joonis 19).





Joonis 19. PVK 31 keemilise hapnikutarbe väärtuste ajaline muutus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

## 4. Kokkuvõte ja soovitused

1. Põhjaveekogumite 1, 2 ja 3 puhul on oluline jälgida tarbitava põhjavee koguseid. Lahendamist vajavad probleemid, mis kaasnevad kergekäeliselt antud lubadega nii, et lubades sätestatu ei ületaks looduslikku ressursi.
2. Põhjaveekogumites 1 ja 2 keelata mõlemat veekihti avavate puurkaevude rajamine ning mitte lubada hoida mõlemat kihti avavaid kaevu reservis. Kui kaevud on pikka aega reservis, kaaluda Gdovi veekihi tamponeerimist saviga.
3. Selgitada viimasel hindamisperioodil ilmnenu kõrgete PHT<sub>Mn</sub> ja NH<sub>4</sub> väärtuste päritolu põhjavees – looduslik (kliimamuutused on ka looduslik selles kontekstis) või inimtekkeline.
4. Kaaluda PVK 17 ja 21 ning 18 ja 22 ühendamist, kuna need on hüdrodünaamiliselt samad veekihid ning nende varusid on põhimõtteliselt võimatu eraldada. See võimaldaks korrastada seiresüsteemi ning tõsta selle esinduslikkust ja usaldusväärsust.
5. Modelleerida PVK 28 dünaamikat ning muuta kontseptuaalset mudelit nii, et põhjaveekogumi bilanss oleks loogiline.
6. Selgitada käesolevas töös probleeme tekitanud seirekaevude 19152, 7309, 13714, 10938 ja 12356 ning juba kontseptuaalsete mudelite koostamise käigus (Marandi et al. 2019) küsitavust tekitanud seirekaevude (2657; 55877; 19028; 30170; 13917; 17577; 13714; 30853; 2540) sobivust põhjaveekogumite seireks.

Põhjaveekogumite seirevõrkude läbitöötamisel selgus hulgaliselt infot konkreetsete seirekaevude kohta, mida peaks tulevikus seirevõrgu arendamisel arvestama:

**PVK 1:** 2207- Sillamäe. Puurkaevu manteltoru on ilmselt vigastatud ning tänu Voronka ja Gdovi veekihtide rõhuerinevustele toimub Gdovi vee voolamine Voronka põhjaveekihti. Kuna puurkaev asub kogumi piiril mis on määratletud Cl sisaldusega, siis on tekitanud kohaliku Cl anaomaalia (Raidla et al. 2019).

2464- Toila. Aastatel 1962 kuni 1983 oli puurkaevu Cl sisaldus 400 mg/L juures. Alates 1984. aastast on Cl stabiilselt alla 200 mg/L. Muutuse põhjus on hetkel täpselt tuvastamata. Põhjusteks võib olla manteloru vigastus või Toila ürgoru mõju.

2494- Vergi. Puurkaevu Cl sisaldus on stabiilselt alla 20 mg/L mis on äärmiselt ebatüüpiline Gdovi põhjaveele. Põhjuseks on ilmselt kaevu seotus ürgoruga.

2540- Kadrina. Tegemist endise Voronka puurkaevuga mis on üle puuritud Gdovi kaevuks. Rekonstrueeritud puurkaevu konstruktsiooni kohta dokumentatsioon puudub.

2517- Karepa. Asub suurte ürgorgude vahel ja nende magestav mõju puurkaevu veele on teadmata. Kloriidid sisaldus 150 mg/L on Gdovi põhjaveekihile üsna ebatüüpiline.

**PVK 2:** 2198 – Sillamäe. Puurkaevust on enam kui 20 aastat saadud Voronka veekihile ebatüüpilisi Cl väärtusi mis ilmselgelt ei iseloomusta PVK 2. Täpne põhjus on jäänud selgusetu. Võimalikud põhjused on PK 2207 lekkimine Voronka kihti, kohaliku sadama süvendamise käigus läbikaevatud ülemine põhjaveepide või kloriidirikama põhjavee sissetung (Raidla et al. 2019).

2657-Mäetaguse. Puurkaevu konstruktsiooni dokumentatsioon puudub. Teada on vaid sügavus 290 m. Seirekaevust 300 m eemal asub puurkaev 2656 mille konstruktsiooni dokumentatsioon on olemas ja mis näitab, et 288 m sügavune puurkaev saab vee **Gdovi** veekihist. Seetõttu võib ka puurkaev 2657 olla avatud Gdovi põhjaveekihti ning tuleks hinnata selle sobivust Voronka kihi seireks.

**PVK 3:** 1101- Saltaguse pärmitehase seirekaev. Seirekaevust võetud põhjavee hapniku isotoopkoostis ( $d^{18}O$ ) on stabiilselt -11,5 ‰ ja Cl sisaldus on hästi madal. 90ndate algusest oli põhjavee hapniku isotoopkoostis -14,5 ‰ ning Cl sisaldused kõrgemad. Põhjavee keemia muutus võib põhjustatud olla manteloru leketest.

**PVK 4:** 7309- Puurkaevu avatud osa alates 415 m sügavuselt. Kloriidide sisaldus on ~500 mg/L. Tegemist on loodusliku seisundiga kus põhjaveekompleksi sügavamad põhjaveed veed segunevad ülevalt infiltreeruva magedaveega. Situatsioon on sarnane Värskla ja Häädemeeste mineraalvee puurkaevudele.

**PVK7:** 4017, 4016 asuvad Estonia kaevanduse streki peal, Väike-Pungerja jõe kõrval (10 m). Estonia kaevanduse tõttu tekitatud intensiivse veevahetuse tõttu võib vaatluskaevude põhjavesi olla mõjutatud nii Väikepungerja jõe veest kui ka aheraine mägedelt infiltreeruvast kõrge sulfaatide sisaldusega veest.

19606 – kaev manteldatud vaid 7 m sügavuseni ja asub majapidamise hoovil kus tugev inimõju. Cl sisaldus kõigub vahemikus 20 kuni 700 mg/L. Suure tõenäosusega on põhjavee keemiline koostis tugeva lokaalse mõjuga (septik, peenraväetis, akuhape jne). Puurkaevu seisundile on osutatud ka varasemates uuringutes ning on hetkel Life programmis uuritav kui probleem kaev.

7. Mitmel juhul ei jälgita põhjavees põhjaveekogumitega seotud pinnaveekogumite mitte hea seisundit põhjustavaid saasteaineid. Selleks, et põhjaveekogumi keemilise seisundi testis 3 hinnata kas pinnavees probleeme valmistavad saasteained võivad pärineda põhjaveest peaks neid vähemalt probleemsete jõgede ja järvede lähedusse jäävates põhjaveeseirekaevudes seirama. Põhjaveekogumite kaupa on välja toodud need pinnavees mitte head seisundit põhjustavad saasteained mille kohta puuuvad põhjaveeseirest andmed.

**PVK6** selgitada baariumi taustatase, anda kogumis läviväärtus ning jätkata seiret. Määrata vähemalt kord aastas baariumit Pühajõe ja Sõtke\_3 vooluveekogumitele lähimast kaevust nr 5069. Purts\_3 vooluveekogumile lähimas kaevus nr 19028 kontrollida diklorometaani sisaldust.

**PVK7** selgitada baariumi taustatase, anda kogumis läviväärtus ning jätkata seiret. Kindalasti määrata vähemalt kord aastas baariumit Pühajõe vooluveekogumile lähimast kaevust nr 26251. Purts\_3 lähimas kaevus nr 3733 kontrollida diklorometaani sisaldust.

**PVK8** lisada põhjavee seiresse üldfosfori sisalduse määramine Nuutri oja pinnaveekogumile lähimas kaevus nr 17577

**PVK9** Karujärvele lähimates kaevudes nr 13097 ja nr 8666 kontrollida elavhõbeda sisaldust.

**PVK10** kontrollida Jägala\_6 vooluveekogumis probleeme valmistavaid naftasaaduste sisaldust lähimas kaevus nr 1900. Lisada põhjavee seiresse Tänavjärve kogumis probleeme valmistavad toitained (P-üld, N-üld). Lähimaks põhjavee seirekaevuks on 1142. Samuti üldfosfor Vääna\_1, Vääna\_2 vooluveekogumites (lähimad põhjavee seirekaevud SJA1119000; 266; 25606).

**PVK13** lisada põhjavee seiresse üldfosfori ja üldlämmastiku sisalduse määramine Mõra oja ja Kuremaa järve pinnaveekogumitele lähimates kaevudes nr 11848; 7582; 11878 ja üldfosfor ning üldlämmastiku sisalduse määramine Selja\_4 kogumile lähimas kaevus nr 3693. Toitaineid (P-üld, N-üld) tuleks seirata ka

**PVK14** selgitada kas põhjaveest pärinevad toitained ohustavad Porkuni järve seisundit.

**PVK15** kaasajastada tuleks Põltsamaa\_1 ja Selja\_3. Toolse\_1 vooluveekogumite põhjavee toite osakaalud ning põhjavee seirekaevude nr 20798, 3062 ja 3061, SJA3851000, SJA8045000 ja SJA7345000 ja jõgede seosed. Toolse\_1 vooluveekogumile lähimates kaevudes (3677; 3676; 3675 SJA6418000; SJA5698000) tuleks teha baariumi uuring, praegu pole vaatlusperioodil kogumi kaevudes baariumi sisaldust määratud.

**PVK21** selgitada, kas Pärnu\_3 kogumis probleeme valmistavad tsingi ja elavhõbeda sisaldused võivad pärineda põhjaveest. Vooluveekogumile lähim põhjavee seirekaev on nr 7568.

**PVK24** lisada põhjavee seiresse üldfosfori sisalduse määramine Kaarnaoja (lähimad kaevud 55877; 12079, Kavilda\_1 ja Verevi järv (lähim kaev 6876), Tamula järv (lähim kaev 7590) pinnaveekogumite läheduses. Selgitada baariumi taustatase ja anda talle kogumis läviväärtus, seirata baariumi sisaldust vähemalt kaevudes 23591; 11187; 12076; 55877; 7046; 6876. Määrata Kavilda jõe ja Kaarnaoja põhjavee toide ja teostada kaevu nr 6876 ülevaatus. Verevi järve ja Kavilda\_1 kogumite piirkonnas tuleks uuringuga selgitada, kas ammoonium on piirkonna põhjavees üldiselt kõrge või on see põhjavee seirekaevu number 6876 lokaalne probleem.

**PVK27** selgitada baariumi taustatase ning anda baariumile põhjaveekogumis läviväärtus, jätkata seiret põhjavees. Sõtke\_1 pinnaveekogumile lähimas kaevus nr 3401 määrata baariumi sisaldust vähemalt kord aastas Ba sisaldus. Selgitada Sõtke\_1 vooluveekogumi põhjavee toite osakaal.

**PVK29** lisada põhjavee seiresse üldfosfori ja üldlämmastiku sisalduse määramine Harku järve pinnaveekogumile lähimates kaevudes nr 451; 464.

## 5. Lisad

- Lisa 1. Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogum (PVK 1)
- Lisa 2. Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogum (PVK 2)
- Lisa 3. Kambriumi-Vendi põhjaveekogum (PVK 3)
- Lisa 4. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 4)
- Lisa 5. Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5a)
- Lisa 6. Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 5b)
- Lisa 7. Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogum (PVK 6)
- Lisa 8. Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (PVK 7)
- Lisa 9. Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum (PVK 8)
- Lisa 10. Siluri Saaremaa põhjaveekogum (PVK 9)
- Lisa 11. Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum (PVK 10)
- Lisa 12. Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum (PVK 11)
- Lisa 13. Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum (PVK 12)
- Lisa 14. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 13)
- Lisa 15. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 14)
- Lisa 16. Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 15)
- Lisa 17. Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum (PVK 16)
- Lisa 18. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 17)
- Lisa 19. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (PVK 18)
- Lisa 20. Kesk-Alam-Devoni Ruhnu põhjaveekogum (PVK 19)
- Lisa 21. Kesk-Alam-Devoni Kihnu põhjaveekogum (PVK 20)
- Lisa 22. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 21)
- Lisa 23. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 22)
- Lisa 24. Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (PVK 23)
- Lisa 25. Kesk-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (PVK 24)
- Lisa 26. Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas (PVK 25)
- Lisa 27. Ülem-Devoni põhjaveekogum (PVK 26)
- Lisa 28. Kvaternaari Vasavere põhjaveekogum (PVK 27)
- Lisa 29. Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum (PVK 28)
- Lisa 30. Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum (PVK 29)
- Lisa 31. Kvaternaari Prangli põhjaveekogum (PVK 31)
- Lisa 32. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud keemilise seisundi andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 33. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tasemete andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 34. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud põhjavee tarbimise andmestik (Exceli tabel)
- Lisa 35. Põhjaveekogumite hindamise aluseks olnud komponentide ajaliste muutuste joonised põhjaveekogumite ja seirekaevude kaupa (kokkupakitud failide kaust)

## 6. Kasutatud kirjandus

- Altoja K, Kovtun-Kante A, Trepp K, et al (2019) Eesti pinnaveekogumite seisundi 2018. aasta ajakohastatud vahehindang. Tallinn
- AS Infragate Eesti (2013) Põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kriteeriumite ja meetodika väljatöötamine. Tallinn
- Auväärt K, Truuma I, Aruväli A, Altoja K (2019) Vooluveekogude hüdro-morfoloogilise seisundi analüüs. Seletuskiri. Tallinn
- EPN (2000) Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik. Euroopa Liidu Teataja L 327 , 22/12/2000 Lk 0001 - 0073. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060&from=ET>
- EPN (2006) Seisundi halvenemise eest Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2006/118/EÜ, 12. detsember 2006, mis käsitleb põhjavee kaitset reostuse ja seisundi halvenemise eest. Euroopa Liidu Teataja, L 372/19, 27.12.2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=celex:32006L0118>
- European Commission (2009) Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Guidance Document No. 18 Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment
- European Commission (2010) Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Guidance Document No. 26. Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater. European Communities
- European Environment Agency (2020) NATURA 2000 - Standard Data Form. <https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=GR2520003&release=10&form=Clean>
- KeM (2019a) Põhjaveekogumite nimekiri ja nende eristamise kord, seisundiklassid ja nende määramise kord..., Keskkonnaministri määrus Nr 48, 01.10.2019. RT I, 02.10.2019, 5. <https://www.riigiteataja.ee/akt/102102019005>
- KeM (2019b) Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused. Keskkonnaministri määrus nr 39, 01.10.2019. RT I, 06.09.2019, 31. <https://www.riigiteataja.ee/akt/106092019031>
- KeM (2019c) Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ..., Keskkonnaministri määrus nr 28, 24.07.2019. Riigiteataja, RT I, 01.08.2019, 21. <https://www.riigiteataja.ee/akt/101082019021>
- Keskkonnaamet (2014) Endla looduskaitseala kaitsekorralduskava. Tallinn
- Kohv M, Jõelett A (2020) Selisoo pinna- ja põhjavee seire ülevaade ja analüüs , periood 2011-2019. Tartu

- Marandi A, Osjamets M, Polikarpus M, et al (2019) Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. EGF:9110. Rakvere
- Olesk K (2019) 2018. aasta põhjaveevaru bilanss. Tallinn
- Olesk K (2018) 2017. aasta põhjaveevaru bilanss. Tallinn
- Osjamets M, Polikarpus M, Raidla V, et al (2020) Ojamaa kaevevälja ja muraka soostiku ökosüsteemi põhjavee seire 2019. aastal. EGF9390. Rakvere
- Perens R, Erg K, Truu M, et al (2015) Tõenäoliselt heas seisundis põhjaveekogumite seisundi hindamine. Tallinn
- Raidla V, Polikarpus M, Pärn J, Tarros S (2019) Põhjavee kloriidide sisalduse tõusu põhjuste ja päritolu uuring Sillamäel. EGF:9316. Rakvere
- Riigikogu (2019) Veeseadus – Riigi Teataja. Riigiteataja, RT I, 06.05.2020, 44. <https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001>
- Schumann AH (2006) Thiessen polygon. In: Encyclopedia of Hydrology and Lakes. Springer Netherlands, pp 648–649
- Terasmaa J, Vainu M, Lode E, et al (2015) Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid , nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk
- Terasmaa J, Vainu M, Vandel E, et al (2019) Projekti “Hüdrogeoloogilise ja limnoloogilise uuringu läbiviimine koos loodusdirektiivi järvedele lubatava veetaseme kõikumisega Kurtna maastikualal” lõpparuanne
- Türk K (2014a) Põhjaveekogumite seisundi hindamine I etapp
- Türk K (2014b) Põhjaveekogumite seisundi hindamine II etapp

