

Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (21)

Põhjaveekogumi iseloomustus

Põhjaveekogumi iseloomustus tugineb Eesti Geoloogiateenistuse poolt koostatud põhjaveekogumi kontseptuaalse mudeli aruandele (Marandi jt., 2019):

Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. Eesti Geoloogiateenistus, EGF:9110 Rakvere. (<https://fond.egt.ee/fond/egf/9110>),

kust leiab lisainformatsiooni lisas esitatud põhjaveekogumi kohta ning täiskirjed lisas toodud kirjanduse viidetele.

PVK nr.	Vesikond	Põhjaveekogumite grupp	Põhjaveekompleks	Maakond	Pindala (km ²)
21	Lääne-Eesti vesikond	Devoni	Kesk-Alam-Devoni	Pärnumaa, Viljandimaa	4450

Hüdrogeoloogiline iseloomustus	<i>Kivimite litoloogiline koostis</i>	Vettandvad kivimid on esindatud Kesk-Devoni Pärnu lademe ja Alam-Devoni Rezekne ja Tilze lademe peeneteraliste nõrgalt tsementeerunud liivakivid ja aleuroliidid, mis sisaldavad domeriidi ja savi vahekihte.
	<i>Kogumi paksus</i>	Suureneb ühtlaselt 1-3 meetrilt põhjaveekogumit moodustavate veekihtide avamusalal kuni 40 meetrini Eesti lõunapiiril (Perens & Vallner, 1997; Perens & Karro, 2008; Perens jt., 2012)
	<i>Lasuv veepide</i>	Narva lademe aleuroliidist, merglist, savist ja dolomiitmerglist koosnev Narva regionaalne veepide. Veepideme paksus suureneb enam-vähem ühtlaselt lõuna suunas 30 meetrilt kuni 100 meetrini (Perens jt., 2012). Narva veepideme transversaalne filtratsioonikoefitsient on 10^{-4} – 10^{-5} m/ööpäevas, kohati 10^{-6} m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997; Perens jt., 2012).
	<i>Lamav veepide</i>	Kogumit moodustavatel veekihtidel ei ole hästi välja kujunenud lamavat veepidemega. Kesk-Alam-Devoni kivimite all lasuvad hea veeandvusega Siluri ladestu lõhelised lubjakivid ja dolomiidid, milles on moodustatud Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all. Hüdrogeoloogiliselt moodustavad Siluri ja Kesk-Alam-Devoni kivimid ühtse põhjaveekompleksi, aga kivimite kollektoromaduste erinevuse tõttu võib neid käsitleda ka eraldi (Perens & Vallner, 1997;

		Perens jt., 2012). Sügavamal kui ~50 m karbonaatkivimite lõhelisus väheneb ja moodustub Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide vertikaalse filtratsioonikoefitsendiga $\sim 10^{-6}$ m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997).
	Põhjavee survepind	Survepinna absoluutkõrgus sõltub ala paiknemisest peamiste veelahkmealade ja toitealade suhtes. Kogumi peamisel toitealal Sakala kõrgustiku lõunaosas ulatub survepinna (looduslik) kõrgus absoluutkõrguseni 60–65 m (Tšeban, 1966; Perens jt., 2012). Reljeefi lohkudes ja Liivi lahe rannikumadalikul ulatub survetase üle maapinna.

Hüdrodünaamika	Voolusuunad	Põhjavee liikumise suunad on määratud Sakala kõrgustiku kui põhilise veelahkmeala ning Pärnu jõe ja Liivi lahe kui põhjavee väljealade paiknemisega (Perens jt., 2012). Sakala kõrgustikult voolab põhjavesi loode- ja lääne suunas. Põhjavesi infiltreerub transversaalse põhjaveevooluna ka allpool lasuvatesse põhjaveekihtidesse (Perens jt., 2012).
	Hüdrauliline juhtivus	Põhjaveekogumit moodustavate veekihtide läbilaskevõime on kogumi põhjaosas < 100 m ² /ööpäevas ja kasvab lõuna suunas kuni väärtuseni 550 m ² /ööpäevas (Tšeban, 1966; Savitskaja jt., 1996a). Valdavalt on ülekaalus väärtused 50–300 m ² /ööpäevas (Perens jt., 2012). Põhjaveekogumi lateraalne hüdrauliline juhtivus on 2–6 m/ööpäevas (keskmiselt 3 m/ööpäevas) ja elastne veemahtuvus koefitsent 0,001–0,15 (Perens jt., 2012). Põhjavee lateraalne liikumiskiirus liivakivides on sõltuvalt hüdraulilisest gradiendist 0,02–0,2 m/ööpäevas ja transversaalse liikumise kiiruseks on hinnatud 0,001–0,005 m/ööpäevas (Perens jt., 2012).
	Toitumine ja režiim	Sakala kõrgustikul on hinnatud põhjavee toitumiseks 100–120 mm aastas (Perens jt., 2012). Savika pinnakattega liigniisketel aladel põhjavee toitumist ei toimu või on see vähene. Toitumine on aeglane, sest valdavas osas on põhjaveekogum kaetud Narva regionaalse veepidemega. Veetasemete kõikumise amplituudid aastaegade lõikes on väikesed jäävad vahemikku 0,3–1,8 m (Perens jt., 2012). Kogumist toimub suurem veevõtt Pärnu ja Viljandi linnas paiknevatel veehaaretel.

Põhjavee koostis	Keemiline koostis	Põhjaveekogumis levib valdavalt Ca-HCO ₃ ja Ca-Mg-HCO ₃ tüüpi vesi mineraalsusega 0,2-0,6 g/L. Liivi lahe rannikul Pärnust lõunas leidub üksikuid kaeve, mille põhjavesi on Na-HCO ₃ või Ca-Cl tüüpi ja kus kloriidide sisaldus võib olla kuni 200 mg/L. Sellist tüüpi põhjavee esinemine võib väljendada nii merevee mõju kui
-------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>ka vanema aeglasema veevahetuse vööndist pärineva põhjavee esinemist.</p> <p>Põhjavee isotoopkoostist iseloomustava $\delta^{18}\text{O}$ väärtused jäävad kogumis vahemikku $-10,3$ kuni -14‰ (Savitskaja jt., 1996a; Raidla jt., 2016; Pärn, 2018). Nende väärtuste järgi kuulub kogum aktiivse kuni mõõduka veevahetuse vöösse. $\delta^{18}\text{O}$ väärtused $\leq -13\text{‰}$ viitavad aeglasemale veevahetusele ja on omased piirkondadele, mis paiknevad kogumi toitealadest kaugemal.</p> <p>Põhjaveekogumile on omased suured looduslikud raua ($<0,01$ kuni $5,6$ mg/L) sisaldused, mis viitavad anaeroobsete tingimuste esinemisele põhjaveekogumiga seotud veekihtides. Anaeroobsete tingimuste mõjul on põhjaveekogumi vees täheldatud ka kõrgemaid NH_4^+ kontsentratsioone ($\sim 1,5$ mg/L). Liivi lahe rannikul Häädemeeste ja Ikla ümbruses on põhjaveekompleksi vees tuvastatud ka suuri Ba^{2+} sisaldusi ($\sim 3,5$ mg/L; Karise jt., 2004).</p> <p>Suure loodusliku rauasisalduse tõttu vastab põhjaveekogumi vesi valdavalt joogiveeks kasutatava põhjavee II kvaliteediklassile (Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1).</p> <p>Kui mitte arvestada kitsast kogumiga seotud veekihtide avamusala kogumi põhjaosas on põhjaveekogum hästi kaitstud maapinnal paiknevate punkt- ja hajuskoormusallikate mõju eest ning ainsaks tähtsamaks koormusallikaks, mis võib põhjavee kvaliteeti mõjutada on veevõtt. Perioodil 2015-2017 olid peaaegu kõikide põhjaveekogumite seire käigus analüüsitavate ohtlike ainete sisaldused põhjaveekogumi seirekaevudes all pool vastavate ainete määramispiiri (Erg & Tamm, 2018). Ainult Häädemeestel paiknevas seirekaevus nr. 7475 tuvastati PAHide sisaldus $0,14$ $\mu\text{g/L}$, mis ületab Keskkonnaministri määruises 12.07.2016 nr. 75 kehtestatud PAHide läviväärtust $0,1$ $\mu\text{g/L}$. PAHide päritolu seirekaevus ei ole tänase seisuga teada.</p>
	<p><i>Keemilise koostise kujunemise kontseptuaalne mudel</i></p>	<p>Põhjaveekogumi põhjavee keemiline koostis on mõjutatud sademete infiltrerumisel tekkinud põhjavee, merelise tekkega põhjavee ja vanema varasematest kliimaperioodidest pärineva põhjavee segunemisest. Kuna valdav osa põhjaveekogum on maapinnalt lähtuva reostuse eest kaitstud Narva regionaalse veepidemetega, ei esine seal antropogeensele reostusele viitavaid ainete kontsentratsioonid väga madalad (nt. orgaaniline reostus, nitraadid, pestitsiidid). Peamised põhjavee keemilist koostist mõjutavad protsessid kogumis on karbonaatsete mineraalide (kaltsiit, dolomiit) lahustumine ja vähemal määral ka püriidi oksüdatsioon, mille mõju on olulisem Ca-HCO_3 tüüpi vees. Kõrged raua sisaldused viitavad orgaanilise aine oksüdatsiooni olulisusele kogumi keemilise koostise</p>

		kujunemisel. Na-HCO ₃ ja Ca-Cl tüüpi vees on lisaks eelnimetatutele oluliseks keemiliseks protsessiks katioonvahetus põhjavee ja ümbritsevate savikate kivimite vahel.
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Seosed pinna- ja maismaa-ökosüsteemidega	Seotud vooluvee-ökosüsteemid	Avamusosalal nõrgalt seotud Pärnu jõe vooluveekogumitega, sest selle ääres paikneb kogumiga seotud allikaid (Perens jt., 2012).
	Seotud seisuveeökosüsteemid ja karstiobjektid	Ei ole
	Seotud maismaaökosüsteemid	Ei ole

Seisundi hinnang (Perens jt., 2015)	Koguseline seisund	Hea
	Keemiline seisund	Hea
	Üldseisund	Hea

Põhjaveevarud (m ³ /ööpäevas)	Looduslik ressurss	536689
	Põhjavee kinnitatud varu	13000
	Põhjaveevõtt 2018. a	757
	Kasutuses olev vaba põhjavee kogus veehaaretele 2018. a	-325
	Minimaalne looduslik vaba ressurss	523689
	Minimaalne looduslik kasutatav veehulk 2018. a	522312

Lähtudes põhjaveele avalduvast koormusest ja ohust on põhjaveekogumile kehtestatud järgmised läviväärtused (KeM 2019a):

Põhjaveekogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees
21	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas	Põhjaveekogumile ei ole kehtestatud läviväärtusi		

Põhjaveekogumi keemilise ja koguselise seisundi hinnang

Põhjaveekogumi keemilise seisundi hinnang

TEST 1. Põhjaveekogumi taustainformatsioon ja test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks

Esimese sammuna (Tabel 1) teostatakse seireandmete koondamine ja arvutatakse oluliste saasteainete kohta kogu vaatlusperioodi (2014-2019. a.) keskmine sisaldus põhjaveekogumi kõikides seirepunktides ning võrreldakse neid vastavate läviväärtuste (LV) või piirväärtustega (PV). Tabelisse on koondatud kõik seireperioodi jooksul analüüsitud kvaliteedinäitajate määrangud (v.a. pestitsiidid), näitajate loend varieerub põhjaveekogumite lõikes.

Tabel 1. Põhjavee kvaliteedinäitajate 2014-2019. a. keskmised väärtused võrrelduna põhjaveekogumile kehtestatud lävi- (LV) ja piirväärtustega (PV). Puurkaevu koodi taha on märgitud kaevu mõjuraadius (% PVK pindalast)

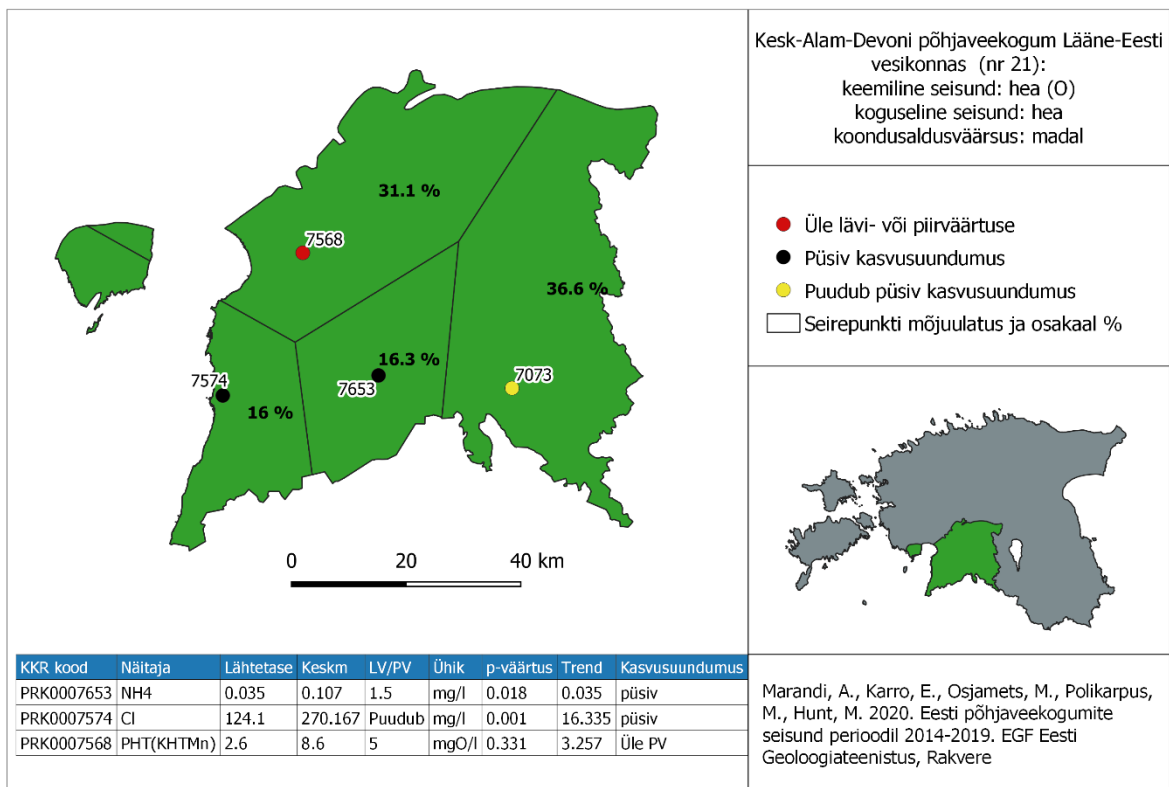
Puurkaev, %		Cl	SO ₄	NH ₄	NO ₃	O ₂	pH	PHT (KHTM _n)	As	Cd	Hg	Pb	Fenoolid (1- aluselised) summa	Nafta- saadused	PAH summa	Benseen	Tetra- kloro- eteen	Tri- kloro- eteen
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	mgO/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
		Puudub	Puudub	1.5	50	Puudub	6-9	5	100	10	2	200	Puudub	Puudub	Puudub	Puudub	70	70
PRK0007073	36,6	2,7	5,0	1,07	0,4	2,4	7,52	1,24										
PRK0007568	6,6	39,3	5,6	0,25	0,2	2,6	7,26	8,60	0,03	0,08	0,01	0,60	0,50	10,00	0,04	0,05	0,05	0,05
PRK0007574	16	270,2	2,3	0,58	0,2	0,8	7,50	3,60	0,78	0,01	0,01	0,76	1,90	80,00	0,13	0,04	0,05	0,05
PRK0007653	16,3	9,8	3,5	0,11	0,1	4,3	7,37	1,09										
PVK keskmine		80,5	4,1	0,50	0,2	2,5	7,41	3,63	0,28	0,06	0,01	0,65	1,20	45,00	0,12	0,04	0,05	0,05

Lävi- või piirväärtuste 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.

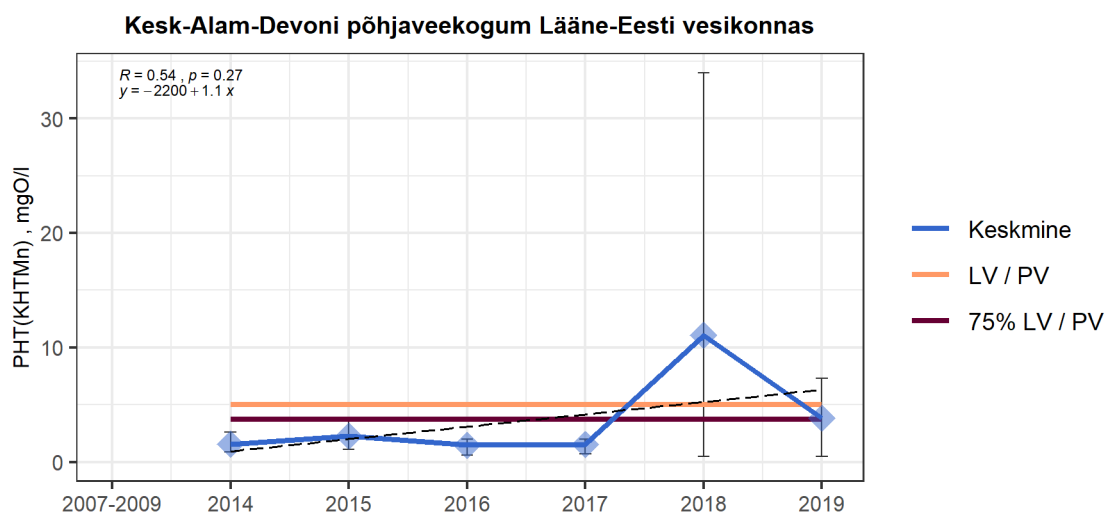
Tabelist 1 nähtub, et ühes seirekaevus on ületatud keemilisele hapnikutarbele kehtestatud piirväärtus (5 mgO/l). Seire käigus kogutud algandmete koondamise ja töötlemise tulemus näitas, et põhjaveekogumis ei esine pestitsiidide osas kehtestatud piirväärtuste ületamisi.

Seisundi hindamise juhendi (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013) järgi on saasteainete levik märkimisväärne siis, kui see esineb 20% või enam põhjaveekogumi pindalast või mahust. Keemilise hapnikutarbe osas jäävad piirväärtuse ületamised alla 20 % põhjaveekogumi pindalast (Tabel 1, Joonis 1), mistõttu võib põhjaveekogumi testi 1 põhjal lugeda heas keemilises seisundis olevaks ning analüüs jätkub järgmiste seisundit iseloomustavate testide teostamisega.

Kuigi PHT_{Mn} piirväärtus on ületatud vaid 1 seirekaevus ja alla 20 % põhjaveekogumi territooriumist, mõjutab 1 analüüs siiski tugevalt põhjaveekogumi kui terviku KHT_{Mn} keskmisi sisaldusi (Joonis 2), mis omakorda tingib selle, et põhjaveekogumi keemiline seisund on ohustatud. **Keemilise seisundi hinnang tugineb vaid 4 seirekaevu andmetele, mistõttu on antud hea, kuid ohustatud seisundi hinnang madala usaldusväärsusega.**



Joonis 1. Seirepunktide paiknemine ja nende mõjuulatused ning oluliste saasteainete kasvusuundumused Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumis Lääne-Eesti vesikonnas



Joonis 2. KHTMn muutused Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumile Lääne-Eesti vesikonnas perioodil 2014-2019

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). Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumile Lääne-Eesti vesikonnas ei ole nimetatud saasteainetele kehtestatud läviväärtusi, sest puudub oht soolase või muu vee sissetungiks. **Seega on põhjaveekogum testi 2 põhjal heas keemilises seisundis. Testi usaldusvärsus on kõrge.**

Test 3. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga on seotud Pärnu_3 vooluveekogum, seotud seisuveekogumid puuduvad. Pärnu_3 vooluveekogumi keemiline (KESE) ja ökoloogiline (ÖSE) seisund ning ebasoodsa seisundi põhjused Eesti pinnaveekogumite seisundi 2018. aasta ajakohastatud vahehindangu järgi on toodud Tabelis 2 (Altoja et al. 2019).

Tabel 2. Põhjaveekogumiga seotud vooluveekogumi seisund ning test 3 tulemus

pinnaveekogum	KESE VMK 2013-2018	KESE põhjus	ÖSE VMK 2013-2018	ÖSE mitte hea element	ÖSE näitaja	lähim seirekaev	saasteaine põhjaveekogumis	test 3
Pärnu_3	halb	Hg elustikus	halb	SPETS, MAFÜ, KALA	Zn, ITEM, JKI	7568	KESE (HG elustikus); ÖSE SPETS (Zn). Lähimas kaevus on korra määratud Hg sisaldust mis jäi allapoole määramispiiri 0.015 µg/l, samuti on allapoole määramispiiri jäänud kõik teised kogumi seirekaevudest tehtud määrangud. Tsingi sisaldust pole kogumi seirekaevude veest analüüsitud.	hea, madal usaldusvärsus

Pärnu_3 vooluveekogumis põhjustavad mitte head seisundit elavhõbe ja tsink, mis teoreetiliselt võib pärineda põhjaveest (tabel 3). Neid saasteaineid on põhjaveekogumi kaevudes ja lähimas vaatluskaevus määratud nii vähe, et pole võimalik hinnata, kas saasteained võiksid pärineda põhjaveest. Pinnavees probleeme põhjustava tsingi ja elavhõbeda võiks lisada jõe lähimas põhjavee seirekaevus katastri numbriga 7568 jälgitavate ainete nimekirja. Põhjaveekogumi seisund on **test 3 alusel hea**, vähete andmete tõttu probleeme põhjustavate saasteainete sisalduse kohta põhjavees on **hinnangu usaldusvärsus madal**.

Test 4. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Põhjaveekogumi veest sõltuvad maismaaökosüsteemid puuduvad. Põhjaveekogum on test 4 alusel **heas seisundis, hinnangu usaldusvärsus on kõrge**.

Test 5. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks joogiveest lähtuvalt
Testi läbiviimise kaastakse veehaarded toodanguga üle 500 m³/d. Teiseks kriteeriumiks on asjaolu, kas joogivee kvaliteeti puudutavate probleemidega on ajavahemikul 2014-2019 a. pöördunud põhjaveekomisjoni poole. Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumi puhul Lääne-Eesti vesikonnas ei ole nimetatud ajavahemikul esinenud joogivee kvaliteediga seonduvaid probleeme, vee-ettevõtted ei ole pidanud veehaardeid sulgema ega ka efektiivsemaid veetötlusmeetodeid rakendama. **Põhjaveekogum on antud testi põhjal heas keemilises seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.**

Põhjaveekogumi koguselise seisundi hinnang

Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt
Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devon kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (17) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (21) moodustavad ühtse hüdrodünaamilise süsteemi, mida on võimatu põhjavee looduslike ressursside seisukohalt lahutada ning nende põhjaveekogumite summaarne looduslik ressurss (536689 m³/d) on suurem kui põhjavee kinnitatud tarbeveevaru (13000 m³/d). Seetõttu hinnatakse testis 6 üldist kahe põhjaveekogumi summaarset põhjaveevõttu 2017. ja 2018. aastal (vastavalt 14139 ja 14377 m³/d) võrreldes neid põhjaveekogumi loodusliku ressursiga. 2018. a seisuga on summaarne loodusliku kasutatava vaba vee hulk Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devon kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (17) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumis Lääne-Eesti vesikonnas (21) 522312 m³/d.

Lähtuvalt eelnevast on test 6 tulemusena Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas heas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.

Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga on seotud Pärnu_3 pinnaveekogum. Vooluveekogumi hüdro-morfoloogilise seisundi (HÜMO) veekastuse hinnangus on veevõtt Pärnu_3 kogumist väike jäädes allapoole 20% jõe aastasest vooluhulgast (Auväärt et al. 2019). Test 7 alusel on põhjaveekogumi **seisund hea, hinnangu usaldusväärsus on kõrge.**

Test 8. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Põhjaveekogumi veest sõltuvad maismaaökosüsteemid puuduvad. Põhjaveekogum on test 8 alusel **heas seisundis, hinnangu usaldusväärsus on kõrge.**

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

Test soolase või muu vee sissetungi ohu tuvastamiseks ning selle mõju hindamiseks põhjaveekogumi koguselisele seisundile teostatakse nendes põhjaveekogumites, kus vee sissetungi iseloomustavatele kloriididele ja sulfaadile on kehtestatud läviväärtused (KeM 2019a). Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devon kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas puhul ei ole nimetatud saasteainetele kehtestatud läviväärtusi, sest puudub oht soolase või muu vee sissetungiks. **Seega on põhjaveekogum testi 9 põhjal heas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.**