

## Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (17)

### 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 <sup>2</sup> )
17	Lääne-Eesti vesikond	Siluri-Ordoviitsiumi	Siluri-Ordoviitsiumi	Pärnumaa, Viljandimaa	3983

<b>Hüdrogeoloogiline iseloomustus</b>	<b><i>Kivimite litoloogiline koostis</i></b>	Lubjakivid ja dolomiidid, savikamate vahekihtidega. Peamisteks vettandvateks kivimiteks on Siluri ladestu Jaagarahu, Adavere ja Raikküla lademe lõhelised lubjakivid ja dolomiidid (Perens & Karro, 2008).
	<b><i>Kogumi paksus</i></b>	Siluri kivimite ülemine ~50 m paksune vettandev osa.
	<b><i>Lasuv veepide</i></b>	Veekogum ei ole vahetult kaetud hästi välja kujunenud veepidemega. Põhjaveekogumit katavad Alam-Devoni Rezekne lademe või Kesk-Devoni Pärnu lademe liivakividega, mis moodustavad Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumi. Hüdrogeoloogiliselt moodustavad Siluri ja Kesk-Alam-Devoni kivimid ühtse põhjaveekompleksi, aga kivimite kollektoromaduste erinevuse tõttu võib neid käsitleda erinevate põhjaveekompleksidena (Perens jt., 2012). Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleksi katab Kesk-Devoni 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 kuni $10^{-6}$ m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997; Perens jt., 2012).
	<b><i>Lamav veepide</i></b>	Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide, mille moodustavad väikese lõhelisusega karbonaatkivimid ja mille piiriks peetakse

		Lõuna-Eestis Siluri kompleksi kõige sügavama Juuru lademe merglite ülemist piiri (Perens & Karro, 2008). Veepideme vertikaalne filtratsioonikoefitsient on $\sim 10^{-6}$ m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997).
	<b>Põhjavee survepind</b>	Sõltub konkreetse ala paiknemisest toitealade ja veelahkmealade suhtes. Kogumi idaosas on Sakala kõrgustikul survepind absoluutkõrgusel u 40-55 m (Perens & Karro, 2008; Perens jt., 2012). Liivi lahe rannikumadalikul ulatub põhjavee survepind kohati üle maapinna ning kaevud on ülevoolavad. Suuremate veehaarete (Pärnu linna Reiu veehaare, Vaskräama veehaare ja Viljandi linna Tomuski veehaare) ümber on intensiivne veevõtt tekitanud kohalikud survepinna alanduslehid mõjuraadiusega kuni 2 km (Perens jt., 2012).

<b>Hüdrodünaamika</b>	<b>Voolusuunad</b>	Peamine põhjavee voolusuund põhjaveekogumis on suunatud Sakala kõrgustikult läände Liivi lahe madaliku suunas. Põhjaveekogumi loodeosas võib põhjavee voolusuundadele teatud mõju avaldada Pandivere kõrgustikult edela suunas kulgev põhjaveevool vastavalt hüdraulilise gradiendi langusele (Perens jt., 2012).
	<b>Hüdrauliline juhtivus ja põhjaveevoolu kiirus</b>	Põhjaveekogumit moodustavate veekihtide läbilaskevõime on kogumi põhjaosas $\sim 100$ m <sup>2</sup> /ööpäevas ja kasvab lõuna suunas kuni väärtuseni 550 m <sup>2</sup> /ööpäevas (Savitskaja jt., 1996a). Horisontaalse põhjaveevoolu kiirus jääb looduslikes tingimustes tavaliselt piiridesse 1 kuni 10 m/ööpäevas (Perens jt., 2012). Põhjavee liikumine mööda vertikaalseid lõhesid sügavamatesse kihtidesse on aeglasem jäädes hinnanguliselt vahemikku 0,001–1 m/ööpäevas (Perens jt., 2012).
	<b>Toitumine ja režiim</b>	Põhjavesi toitub peamiselt sademete infiltreerumisest Sakala kõrgustikul ja vähemal määral ka Pandivere kõrgustikul. Kuna põhjaveekogum on kõikjal kaetud Devoni kihtidega, siis on põhjavee toitumine aeglane. Veetasemete kõikumise suurimad aastaegade vahelised amplituudid ületavad harva 2 m olles suuremad põhjaveekogumi toitealade lähedal (Perens jt., 2012). Väiksemad põhjaveetasemete amplituudid iseloomustavad toitealade suhtes kaugemal paiknevaid alasid. Põhjaveekogumis toimus veevõttust põhjustatud veetaseme ulatuslik alanemine toimus 20. sajandi 80ndatel aastatel, kuid käesolevaks ajaks on põhjaveerežiim valdavalt stabiliseerunud (Perens jt., 2012). Tänapäeval on põhjaveekogumi vesi peamiseks joogi- ja tarbeveeallikaks Pärnu linnas (Reiu ja Vaskräama veehaarded).

<b>Põhjavee koostis</b>	<b>Keemiline koostis</b>	<p>Põhjaveekogumi toitealade lähedal paiknevates osades levib Ca-HCO<sub>3</sub> või Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi põhjavesi, mille mineraalsus on 0,3-0,6 g/L. Kogumi väljavoolualadel Liivi lahe madalikul ja Pärnu lahe ümbruses leidub ka Na-HCO<sub>3</sub> ja Na-Cl tüüpi vett, mille mineraalsus on 0,5-1,7 g/L. Kloriidide sisaldus nendes põhjaveetüüpides varieerub 50 kuni 700 mg/L. Ajalooliselt on täheldatud põhjavee kloriidide kontsentratsiooni ja mineraalsuse kasvu koos põhjaveevõtu suurenemisega rannikualadel, mis viitab merevee sissetungile kui peamisele soolase vee allikale kogumis.</p> <p>Põhjavee isotoopkoostist iseloomustava δ<sup>18</sup>O väärtused jäävad kogumis vahemikku –11 kuni –14‰ (Savitskaja jt., 1996a; Raidla jt., 2016; Pärn, 2018). Nende väärtuste järgi kuulub kogum aktiivse kuni mõõduka veevahetuse vöösse. δ<sup>18</sup>O väärtused ≤–14‰ viitavad aeglasemale veevahetusele ja on omased piirkondadele, mis paiknevad kogumi toitealadest kaugemal.</p> <p>Põhjaveet iseloomustavad redutseerivad tingimused ja selles esineb looduslikult kõrgemaid raua (&lt;0,01 kuni 6 mg/L), fluoriidi (0,16 kuni 2,9 mg/L) ja boori (0,05-0,64 mg/L) kontsentratsioone (Perens jt., 2012; Karro &amp; Uppin, 2013).</p> <p>Põhjavesi vastab valdavalt joogiveeks kasutatava põhjavee II kvaliteediklassile (Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1). Suuremate fluoriidi (&gt;1,5 mg/L) ja kloriidide (&gt;350 mg/L) kontsentratsioonide korral vastab põhjavesi joogiveeks kasutatava põhjavee III kvaliteediklassile või ei vasta kvaliteedinäitajatele üldse.</p> <p>Põhjaveekogum on hästi kaitstud maapinnal paiknevate punkt- ja hajuskoormusallikate mõju eest ning ainsaks koormusallikaks, mis võib põhjavee kvaliteeti mõjutada on veevõtt. Perioodil 2015-2017 olid kõikide põhjaveekogumite seire käigus analüüsitud ohtlike ainete sisaldused põhjaveekogumi seirekaevudes all pool vastavate ainete määramispiiri (Erg &amp; Tamm, 2018).</p>
	<b>Keemilise koostise kujunemise kontseptuaalne mudel</b>	<p>Põhjaveekogumi põhjavee keemiline koostis on mõjutatud sademete infiltrerumisel tekkinud põhjavee, merelist päritolu põhjavee ja vanema varasematest kliimaperioodidest pärineva põhjavee segunemisest. Kuna põhjaveekogum on maapinnast eraldatud mitmete tugevate veepidemetega, ei esine seal antropogeensele reostusele viitavaid aineid (nt. orgaaniline reostus, nitraadid, pestitsiidid). Peamised põhjavee keemilist koostist mõjutanud protsessid kogumis on karbonaatsete mineraalide (kaltsiit, dolomiit) lahustumine ja vähemal määral ka püriidi oksüdatsioon, mille mõju on olulisem Ca-HCO<sub>3</sub> tüüpi</p>

		vees. Kõrged raua sisaldused viitavad orgaanilise aine oksüdatsiooni olulisusele kogumi keemilise koostise kujunemisel. Na-HCO <sub>3</sub> tüüpi vees on lisaks eelnimetatutele oluliseks keemiliseks protsessiks kationvahetus põhjavee ja ümbritsevate savikate kivimite vahel, mille mõjul suurenevad vees naatriumi, aga ka fluoriidi ja boori kontsentratsioonid (Karro & Uppin, 2013).
--	--	---

<b>Seosed pinna- ja maismaa- ökosüsteemidega</b>	<b>Seotud vooluvee- ökosüsteemid</b>	<b>Ei ole</b>
	<b>Seotud seisuveeökosüsteemid ja karstiobjektid</b>	<b>Ei ole</b>
	<b>Seotud maismaaökosüsteemid</b>	<b>Ei ole</b>

<b>Seisundi hinnang</b> (Perens jt., 2015)	<b>Koguseline seisund</b>	<b>Hea</b>
	<b>Keemiline seisund</b>	<b>Hea</b>
	<b>Üldseisund</b>	<b>Hea</b>

<b>Põhjaveevarud</b> (m <sup>3</sup> /ööpäevas)	<b>Looduslik ressurss</b>	536689
	<b>Põhjavee kinnitatud varu</b>	13000
	<b>Põhjaveevõtt 2018. a</b>	13620
	<b>Kasutuses olev vaba põhjavee kogus veehaaretele 2018. a</b>	-325
	<b>Minimaalne looduslik vaba ressurss</b>	523689
	<b>Minimaalne looduslik kasutatav veehulk 2018. a</b>	522312

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

<b>Põhjaveekogumi number</b>	<b>Põhjaveekogum</b>	<b>Saasteaine</b>	<b>Ühik</b>	<b>Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees</b>
17	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas	Kloriidid	mg/l	250

## 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.

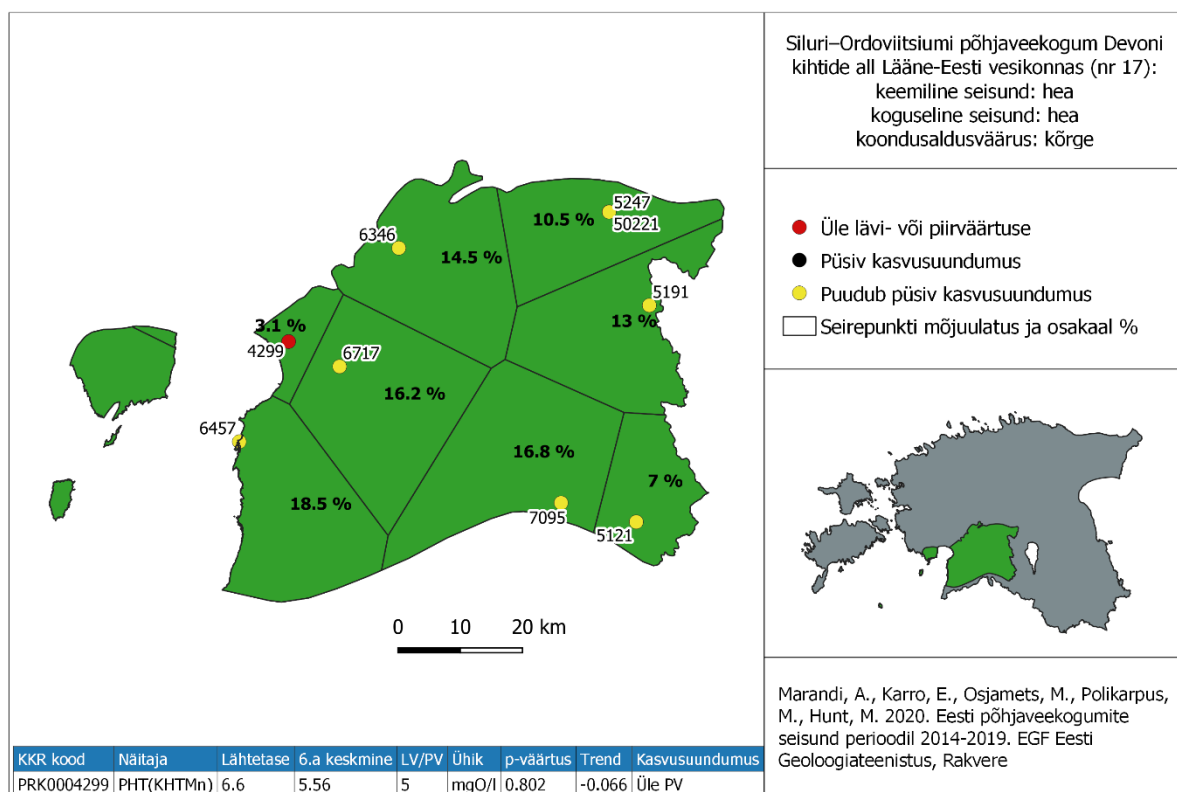
**Tabel 1. Põhjavee kvaliteedinäitajate 2014-2019. a. keskmised väärtused võrrelduna põhjaveekogumile kehtestatud lävi- (LV) ja piirväärtustega (PV). Puurkaevu koodi taha on märgitud kaevu mõjuraadius (% PVK pindalast)**

Puurkaev, %		Cl	SO4	NH4	NO3	O2	pH	PHT (KHTMn)	As	Cd	Hg	Pb	Fenoolid (1- aluselised) summa	Nafta- saadused	PAH summa	Benseen	Tetra- kloro- eteen	Tri- kloro- eteen
		mg/l 250	mg/l Puudub	mg/l 1,5	mg/l 50	mg/l Puudub	- 6-9	mgO/l 5	µg/l 100	µg/l 10	µg/l 2	µg/l 200	µg/l Puudub	µg/l Puudub	µg/l Puudub	µg/l Puudub	µg/l 70	µg/l 70
PRK0004299	3,1	174,2	15,9	0,48	0,1	2,9	7,39	5,56	0,03	0,01	0,01	0,05	0,15			0,03	0,05	0,05
PRK0005121	7	4,9	5,7	0,18	0,6	2,8	7,44	1,01										
PRK0005191	13	3,0	3,2	0,09	0,2	1,5	7,72	0,88										
PRK0005247	10,5	5,8	2,9	0,11	0,2	6,8	7,46	0,89										
PRK0006346	14,5	82,5	25,0	0,09	0,2	4,9	7,66	1,22										
PRK0006457	18,5	94,5	1,9	0,21	0,1	2,1	7,34	1,13	0,03	0,01	0,01	0,30	0,29		0,02	0,03	0,05	0,05
PRK0006717	16,2	32,7	5,1	0,35	0,2	1,2	7,34	1,97										
PRK0007095	16,8	38,8	26,2	0,35	0,2	2,3	7,56	1,08	3,03	0,10	0,01	1,00	1,60	8,00	0,02		0,05	0,05
PRK00050221	10,5	2,9	5,0	0,25	0,2	3,1	7,93	0,44										
<b>PVK keskmine</b>		<b>52,3</b>	<b>10,6</b>	<b>0,24</b>	<b>0,2</b>	<b>2,8</b>	<b>7,52</b>	<b>1,65</b>	<b>1,53</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,59</b>	<b>0,46</b>	<b>8,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

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. Cl osas jäävad piirväärtuse ületamised alla 20 % põhjaveekogumi pindalast (Tabel 1, Joonis 1), mistõttu on põhjaveekogum **testi 1 põhjal heas seisundis (testi usaldusväärsus on kõrge)** ning analüüs jätkub järgmiste seisundit iseloomustavate testide teostamisega.



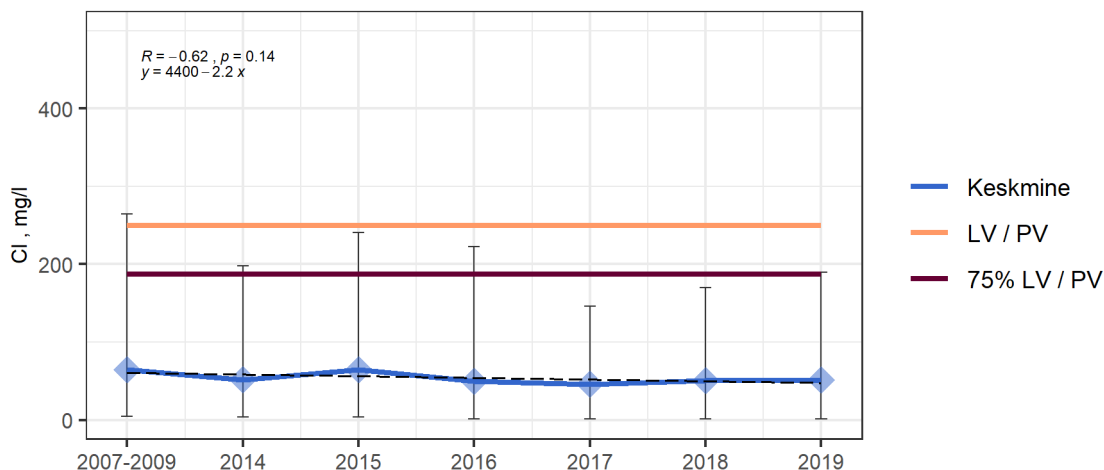
**Joonis 1. Seirepunktide paiknemine ja nende mõjuulatused ning oluliste saasteainete kasvusuundumused Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas**

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). Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumile Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas on kehtestatud läviväärtus Cl (250 mg/l).

Kogu vaatlusperioodi (2014-2019. a.) keskmine Cl sisaldus põhjaveekogumi üksikutes seirepunktides on alla läviväärtuste (Tabel 1). Edasi hinnatakse seda, kas põhjaveekogumi riiklike keemilise seisundi seirekaevude aastakeskmistes kloriidide sisaldustes (PVK kui tervik) esineb tõusutrend (Joonis 2).

### Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas



### Joonis 2. Kloriidide sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Jooniselt 2 selgub, et saasteaine (Cl) kasvutrend puudub, aastakeskmised kontsentratsioonid on selgelt alla 75% läviväärtusest ning **põhjaveekogum on seega antud testi järgi heas keemilises seisundis. Testi usaldusväarsus on kõrge.**

Test 3. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumi veest sõltuvad pinnaveekogumid puuduvad. Põhjaveekogum on test 3 alusel **heas seisundis, hinnangu usaldusväarsus on kõrge.**

Test 4. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

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

Test 5. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks joogiveest lähtuvalt

Testi läbiviimise kaastakse veehaarded toodanguga üle 500 m<sup>3</sup>/d. Teiseks kriteeriumiks on asjaolu, kas joogivee kvaliteeti puudutavate probleemidega on ajavahemikul 2014-2019 a. pööratud põhjaveekomisjoni poole. Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devoni kihtide all 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 usaldusväarsus on kõrge.**

## Põhjaveekogumi koguselise seisundi hinnang

Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt

Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (17) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (21) moodustavad ühtse hüdrodünaamilise süsteemi, mida on võimatu põhjavee ressursside seisukohalt lahutada ning nende põhjaveekogumite summaarne looduslik ressurss ( $459699 \text{ m}^3/\text{d}$ ) on suurem kui põhjavee kinnitatud tarbeveevaru ( $13000 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Seetõttu hinnatakse testis 6 üldist põhjaveevõttu 2017. ja 2018. aastal (vastavalt  $14139$  ja  $14377 \text{ m}^3/\text{d}$ ) võrreldes neid põhjaveekogumi loodusliku ressursiga. 2018. a seisuga on summaarne loodusliku kasutatava vaba vee hulk Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas (17) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas (21)  $522312 \text{ m}^3/\text{d}$ .

**Lähtuvalt eelnevast on test 6 tulemusena Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas heas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.**

Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumi veest sõltuvad pinnaveekogumid puuduvad. Põhjaveekogum on test 7 alusel **heas seisundis, 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 1 ja 2 tulemusena (Tabel 1) selgus, et üheski seirekaevus ei ületata perioodi keskmine Cl sisaldus Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas kehtestatud läviväärtust  $250 \text{ mg/l}$  ning puudub üldine tõustrend Cl keskmistes sisaldustes. Seetõttu on **Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas seisund test 9 tulemusena hea. Testi usaldusväärsus on kõrge.**