

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

### 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> )
22	Ida-Eesti vesikond	Devoni	Kvaternaari, Kesk-Alam-Devoni	Tartumaa, Jõgevamaa, Põlvamaa, Valgamaa, Viljandimaa	7715

<u>Hüdrogeoloogiline iseloomustus</u>	<b><i>Kivimite litoloogiline koostis</i></b>	Vettandvad kivimid on esindatud Kesk-Devoni Pärnu lademe ja Alam-Devoni Rezekne ja Tilze lademe peeneteraliste nõrgalt tsementeerunud liivakivid ja aleuoliitidid, mis sisaldavad domeriidi ja savi vahekihte. Kogumi põhjaosas Kesk-Alam-Devoni kivimite avamusalal loetakse kogumiga seotuks ka aluspõhjal lasuvad Kvaternaari veekihtid, millest olulisimad on fluvioglatsiaalsetes setetes paiknevad veekihtid (eriteraline kruus, liiv ja veerised) Jõgeva maakonna Jõgeva ja Tabivere ning Tartu maakonna Tartu vallas (endised Kvaternaari Laiuse ja Saadjärve põhjaveekogumid nr. 33 ja 34).
	<b><i>Kogumi paksus</i></b>	Suureneb ühtlaselt 10 meetrilt põhjaveekogumit moodustavate veekihtide avamusalal kuni umbes 40 meetrini kogumi lõunapiiril (Perens & Vallner, 1997; Perens jt., 2012)
	<b><i>Lasuv veepide</i></b>	Põhjaveekogum paikneb leviku põhjaosas maapinnalt esimeses väljapeetud põhjaveekihtis, mis on kaetud suhteliselt paksu savikate kvaternaarisetete lasundiga (filtratsioonikoefitsient 0,01–1,0 m/ööpäevas; Perens jt., 2012). Kogumi lõunaosas on lasuv veepide Narva lademe aleuoliidist, merglist, savist ja dolomiitmerglist koosnev Narva regionaalne veepide. Veepideme paksus suureneb enam-vähem ühtlaselt lõuna

		<p>suunas 30 meetrilt kuni 100 meetrini (Perens jt., 2012). Narva veepideme transversaalne filtratsioonikoefitsient on <math>10^{-4}</math>–<math>10^{-5}</math> m/ööpäevas, kohati <math>10^{-6}</math> m/ööpäevas (Perens &amp; Vallner, 1997; Perens jt., 2012).</p> <p>Narva lademe avamuslal moodustavad lademe ülemise osa Kernave kihistiku liivakivid ja aleuriidid moodustada lokaalse iseloomuga 10-25 paksuse veekihi, mis on tinglikult arvatud Kesk-Alam-Devoni veekogumi hulka.</p>
	<b>Lamav veepide</b>	<p>Kogumit moodustavatel veekihtidel ei ole hästi välja kujunenud lamavat veepidet. Kesk-Alam-Devoni kivimite all paiknevad hea veeandusega 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 &amp; Vallner, 1997; Perens jt., 2012). Sügavamal kui ~50 m karbonaatkivimite lõhelisus väheneb ja moodustub Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide vertikaalse filtratsioonikoefitsendiga <math>\sim 10^{-6}</math> m/ööpäevas (Perens &amp; Vallner, 1997).</p>
	<b>Põhjavee survepind</b>	<p>Survepinna absoluutkõrgus sõltub ala paiknemisest peamiste toitealade, Lõuna-Eesti kõrgustike (Otepää, Haanja) suhtes. Veetaseme suuremad absoluutkõrgused (60–80 m) esinevad Otepää kõrgustikul (Tšeban, 1966). Kogumi põhjaosas suureneb survetaseme absoluutkõrgus u 50 m (Tšeban, 1966).</p>

<b>Hüdrodünaamika</b>	<b>Voolusuunad</b>	<p>Põhjavee liikumise suunad on määratud Lõuna-Eesti kõrgustike paiknemisega. Emajõest põhja pool on põhjavee suund määratud Pandivere kõrgustikult ja Vooremaalt Peipsi järve ja Emajõe poole liikuva põhjaveevooluga. Põhjaveekogumi keskosas domineerivad Otepää kõrgustikult lähtuvad radiaalsed põhjaveevoolud ja kogumi lõunaosas on peamiseks lõunast põhja suunduv põhjaveevool, mis saab alguse Karula ja Haanja kõrgustikult. Põhjavee väljeala on väga piiratud levikuga, kuna on peaaegu kogu levikualal on kogum kaetud Narva regionaalse veepidemega (Perens jt., 2012).</p>
	<b>Hüdrauliline juhtivus ja põhjaveevoolu kiirus</b>	<p>Põhjaveekogumit moodustavate veekihtide läbilaskevõime on kogumi põhjaosas <math>&lt; 50</math> m<sup>2</sup>/ööpäevas ja kasvab lõuna suunas kuni väärtuseni 550 m<sup>2</sup>/ööpäevas (Tšeban, 1966; Savitskaja jt., 1996a; Perens &amp; Vallner, 1997; Polikarpus jt., 2017). Põhjaveekogumi lateraalne hüdrauliline juhtivus on 2–6 m/ööpäevas (keskmiselt 3 m/ööpäevas) ja elastne veemahtuvuse koefitsient 0,001–0,15 (Perens &amp; Vallner, 1997; Perens jt., 2012).</p>

		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).
	<b>Toitumine ja režiim</b>	<p>Põhjaveekogumi avamusala jääb Pandivere kõrgustiku jalamile ja Vooremaale. Täiendav toitumine toimub ka Otepää ja Haanja kõrgustikult. Toitumise intensiivsus sõltub kogumit katvate Kvaternaari setete koostisest, aga põhjavee toitumine on aeglane, sest kogum on peaaegu kogu ulatuses kaetud Narva regionaalse veepidemega.</p> <p>Veetasemete kõikumise amplituudid aastaegade lõikes on väikesed ja jäävad vahemikku 0,5–2,0 m (Perens jt., 2012).</p> <p>Kogumist toimub suurem veevõtt Tartu, Põlva ja Elva linnas paiknevatel veehaaretel. Põhjaveerežiimi kogumi Ida-Virumaal asuvas osas on mõjutanud põlevkivi avamaakaevandamine (Narva ja Sirgala karjäärid).</p>

<b>Põhjavee koostis</b>	<b>Keemiline koostis</b>	<p>Põhjaveekogumis levib valdavalt Ca-HCO<sub>3</sub> ja Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi vesi mineraalsusega 0,2-0,6 g/L. Kohati leidub kogumis ka Na-HCO<sub>3</sub> tüüpi põhjavett ning kogumi lõunaosas leidub ka Ca-SO<sub>4</sub> või Na-Ca-SO<sub>4</sub>-Cl tüüpi vett. Viimast veetüüpi iseloomustab mineraalsus 0,6-0,9 mg/L ja suuremad sulfaadi (40-310 mg/L) ja kloriidi (75-250 mg/L) kontsentratsioonid.</p> <p>Põhjavee isotoopkoostist iseloomustava δ<sup>18</sup>O väärtused jäävad kogumis vahemikku –11,4 kuni –16‰ (Savitskaja jt., 1996a; Raidla jt., 2016; Pärn, 2018). Nende väärtuste järgi kuulub kogum aktiivse kuni mõõduka veevahetuse vöösse. Aktiivse veevahetuse vööndis paiknevad kogumi Ida-Virumaal paiknev osa ja Lõuna-Eestis kogumit moodustavate kivimite avamuse lähedal olevad alad. δ<sup>18</sup>O väärtused ≤–14‰ viitavad aeglasemale veevahetusele ja on omased piirkondadele, mis paiknevad kaugemal kogumi peamistest toitealadest Lõuna-Eesti kõrgustikel.</p> <p>Kui mitte arvestada kitsast kogumiga seotud veekihtide avamusala kogumi põhjaosas on põhjaveekogum hästi kaitstud maapinnal paiknevate punkt- ja hajuskoormusallikate mõju eest. Põhjaveekogumile on omased suured looduslikud raua (&lt;0,01 kuni 5,6 mg/L) sisaldused, mis viitab anaeroobsete tingimuste esinemisele põhjaveekogumiga seotud veekihtides. Anaeroobsetes tingimustes esineb kohati ka joogiveele kehtestatud kvaliteedinäitajate piirväärtustest (0,5 mg/L; Sotsiaalministri määrus 31.07.2001 nr 82) suuremaid NH<sub>4</sub><sup>+</sup> kontsentratsioone (kuni 2 mg/L) Lisaks on põhjaveekogumi vees täheldatud kõrgemaid fluoriidi kontsentratsioone, (0,5</p>
-------------------------	--------------------------	---

		<p>kuni 3,2 mg/L; Savitskaja jt., 1996a; Karro &amp; Uppin, 2013), mis ületavad kohati joogiveele kehtestatud piirsisaldust (1,5 mg/L; (Sotsiaalministri määrus 31.07.2001 nr 82).</p> <p>Suure loodusliku rauasisalduse tõttu vastab põhjaveekogumi vesi valdavalt joogiveeks kasutatava põhjavee II kvaliteediklassile (Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1). Suuremate fluoriidi, ammooniumi, sulfaadi ja kloriidide sisalduste korral vastab vesi joogiveeks kasutatava põhjavee III kvaliteediklassile.</p> <p>Perioodil 2015-2017 olid peaaegu kõikide põhjaveekogumite seire käigus analüüsitud ohtlike ainete sisaldused põhjaveekogumi seirekaevudes all pool vastavate ainete määramispiiri (Erg &amp; Tamm, 2018). Siiski on kogumi kaguosas Puuri külas asuvast seirekaevust nr. 8576 korduvatult tuvastatud läviväärtust ületav PAHide sisaldus (perioodil 2015-2017 väärtused 0,09-0,26 µg/L). PAHide päritolu seirekaevus ei ole tänase seisuga teada.</p>
	<p><b><i>Keemilise koostise kujunemise kontseptuaalne mudel</i></b></p>	<p>Põhjaveekogumi põhjavee keemiline koostis on mõjutatud sademete infiltreerumisel tekkinud 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<sub>3</sub> tüüpi 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. Kogumi kaguosas põhjavee mineraalsus oluliselt kasvab ja seda valdavalt kloriidi ja sulfaadi ning nendega seotud naatriumi ja kaltsiumi kontsentratsioonide suurenemise arvelt. Sulfaadi allikaks põhjaveekogumis on peetud Narva lademes leiduvaid kipsi ilminguid (Karise jt., 2004).</p>

<b>Seosed pinna- ja maismaa- ökosüsteemidega (TLÜ Ökoloogia instituut, 2015)</b>	<b>Seotud vooluvee- ökosüsteemid</b>	<i>Kvaternaari setetega on seotud vooluveeökosüsteemid:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laeva jõgi Loku pkr-ni (Laeva_1; 1039600_1);</li> </ul>
	<b>Seotud seisuveeökosüsteemid ja karstiobjektid</b>	<i>Kvaternaari setetega on seotud seisuveeökosüsteemid:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elistvere järv (VEE2065100);</li> <li>• Raigastvere järv (VEE2065000);</li> <li>• Saadjärv (VEE2065300);</li> <li>• Soitsjärv (VEE2065200);</li> </ul>
	<b>Seotud maismaaökosüsteemid</b>	<b>Ei ole</b>

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

<b>Põhjaveevarud (m<sup>3</sup>/ööpäevas)</b>	<b>Looduslik ressurss</b>	336699
	<b>Põhjavee kinnitatud varu</b>	37280
	<b>Põhjaveevõtt 2018. a</b>	6455
	<b>Kasutuses olev vaba põhjavee kogus veehaaretele 2018. a</b>	24608
	<b>Minimaalne looduslik vaba ressurss</b>	299419
	<b>Minimaalne looduslik kasutatav veehulk 2018. a</b>	324027

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>
22	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida- Eesti vesikonnas	Põhjaveekogumile ei ole kehtestatud läviväärtusi		

## Põhjaveekogumi keemilise ja koguselise seisundi hinnang

### Põhjaveekogumi keemilise seisundi hinnang

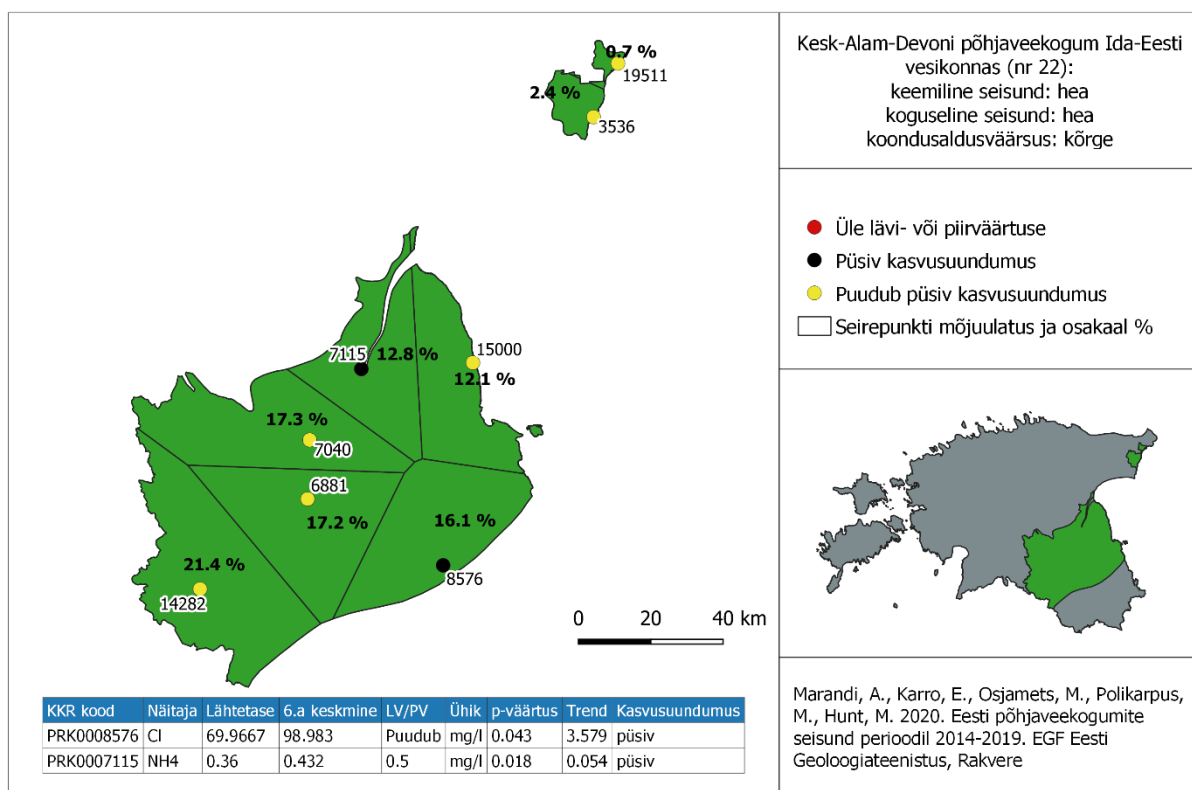
Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumi Ida-Eesti vesikonnas keemilise seisundi hindamisel on kasutatud 8 põhjavee ülevaateseire suurkaevu (Tabel 1, Joonis 1) veeanalüüside tulemusi. Nii antud põhjaveekogumi kui ka kõigi teiste põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamisel on kasutatud nii riikliku põhjaveekogumite keemilise seisundi seire, ettevõtte omaseire, nitraaditundliku ala (NTA) põhjavee seire kui ka ohtlike ainete uuringu käigus kogutud analüütilist andmestikku, kuid vaid punktidest, mis kuuluvad põhjaveekogumite keemilise seisundi seire kaevude nimistusse ning osaliselt ka NTA põhjavee seire kaevude hulka.

Põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamist võib käsitada kaheetapilise menetlusena (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013). Esimese etapi käigus tehakse kindlaks põhjavees esinevate keemiliste parameetrite (kvaliteedinäitajate) läviväärtuse või piirväärtuse ületamine. Kui üheski seirepunktis pole norme ületatud, on põhjaveekogumi seisund hea. Kui aga läviväärtust või piirväärtust on ühel (või mitmel) juhul ületatud, tuleb läbi viia testid. Seega, esimese sammuna arvutati keemiliste näitajate 2014-2019. a keskmised sisaldused põhjaveekogumi seirepunktides ning võrreldi neid vastavate läviväärtuste või piirväärtustega (Tabel 1).

**Tabel 1. Põhjavee kvaliteedinäitajate 2014-2019. a. keskmised väärtused võrrelduna põhjaveekogumile kehtestatud lävi-(LV) ja piirväärtustega (PV)**

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	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
		Puudub	Puudub	0,5	50	Puudub	6-9	5	100	10	2	200	Puudub	Puudub	Puudub	Puudub	70	70
PRK0003536	2,4	6,6	1,9	0,20	0,2	1,2	7,32	3,13										
PRK0006881	17,2	2,9	2,9	0,10	0,2	2,8	7,55	0,87										
PRK0007040	17,3	19,1	8,4	0,09	0,2	4,8	7,60	0,88	3,00									
PRK0007115	12,8	10,5	49,4	0,43	0,4	5,6	7,37	1,18	3,00	0,10	0,01	1,00	0,50	8,00	0,02			
PRK0008576	16,1	99,0	111,7	0,13	0,2	0,7	8,20	0,93	1,32	0,01	0,01	0,03	0,33	7,50	0,12	0,04	0,05	0,05
PRK0014282	21,4	50,9	58,7	0,08	0,2	1,4	7,76	0,92										
PRK0015000	12,1	4,7	1,5	0,05	0,9	3,0	7,34	3,57										
PRK0019511	0,7	18,8	1,1	0,34	0,2	4,1	7,16	3,82	4,88	0,01	0,01	0,05		9,00	0,02	0,03	0,05	0,05
<b>PVK keskmine</b>		<b>27,4</b>	<b>31,0</b>	<b>0,19</b>	<b>0,3</b>	<b>2,9</b>	<b>7,54</b>	<b>1,98</b>	<b>2,81</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,28</b>	<b>0,38</b>	<b>8,33</b>	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

Tabelist 1 nähtub, et Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas on põhjavee kvaliteedinäitajate keskmised väärtused alla kehtestatud lävi- ja piirväärtuste. **Sellest tulenevalt on põhjavee keemiline seisund hea ning põhjavee keemilise seisundi hindamise teste läbi viia ei ole vaja. Hinnangu usaldusväärsus on kõrge.**



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

### Põhjaveekogumi koguselise seisundi hinnang

Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt

Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (18) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (22) moodustavad ühtse hüdrodünaamilise süsteemi, mida on võimatu põhjavee ressursside seisukohalt lahutada ning nende põhjaveekogumite summaarne looduslik ressurss ( $336699 \text{ m}^3/\text{d}$ ) on suurem kui põhjavee kinnitatud tarbeveevaru ( $37280 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Seetõttu hinnatakse testis 6 nende summaarset üldist põhjaveevõttu 2017. ja 2018. aastal (vastavalt  $11875$  ja  $12672 \text{ m}^3/\text{d}$ ) võrreldes neid põhjaveekogumi loodusliku ressursiga. 2018. a seisuga on summaarne loodusliku kasutatava vaba vee hulk Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumis Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas (18) ja Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas (22)  $324027 \text{ m}^3/\text{d}$ .

**Lähtuvalt eelnevast on test 6 tulemusena Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (22) heas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.**

Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga seotud pinnaveekogumite seisundit lähtuvalt veevõtust on hinnatud vaid vooluveekogumitel. Põhjaveekogumiga on seotud Laeva jõgi Loksu pkr-ni (Laeva\_1; kogumi kood 1039600\_1). Vooluveekogumi hüdro-morfoloogilise seisundi (HÜMO) veekastuse hinnangus on veevõtt Laeva\_1 kogumist väike jäädes allapoole 10% jõe aastasest vooluhulgast (Auväärt et al. 2019). Test 7 alusel on põhjaveekogumi **seisund hea (usaldusväärsus 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). Kesk-Devoni põhjaveekogum 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.**