

OÜ Inseneribüroo STEIGER

Aidu kaitsetööstuspargi piirkonna põhjavee uuring

Töö nr 26/5459

Tellijä: Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus (registrikood 70009764)

Aadress: Järve 34a, 11314 Tallinn

Telefon: 717 0400

E-post: info@rkik.ee

Tallinn 2026

OÜ Inseneribüroo STEIGER
Männiku tee 104/1
11216 Tallinn

Tel 668 1011
E-mail: info@steiger.ee
www.steiger.ee

Äriregistrikood 11206437
ak EE701010220051598014
SEB Pank, SWIFT EEUHEE2X

Kinnitan:

Erki Vaguri
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Töö teostasid:

Lizet Tüvi
Hüdrogeoloog
E-post: lizet@steiger.ee

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaarel Mänd
Hüdrogeoloog
E-post: kaarel@steiger.ee
Hüdrogeoloogiliste tööde tegevusluba nr KHY000011 (07.11.2024)

/allkirjastatud digitaalselt/

Martin Küttim
Keskkonnaspetsialist
E-post: martin@steiger.ee

/allkirjastatud digitaalselt/

Annotatsioon

Aidu kaitsetööstuspargi piirkonna põhjavee uuring

Aruanne ühes köites, teksti 40 lk. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104/1, 11216 Tallinn, 2026.

Uuring käsitleb Aidu kaitsetööstuspargi rajamise mõjusid piirkonna põhjavee režiimile ja kvaliteedile ning muutuste mõju piirkonna veevarustusele ja ökosüsteemidele. Kavandatava tööstuspargi veevarustus planeeritakse lahendada kahe eraldi põhjaveest toituva veehaarde kaudu, kummaski veevõtuga kuni 490 m³/ööpäevas, mis rajatakse erinevatesse põhjaveekompleksidesse.

Mõjude hindamisel lähtuti avalike andmebaaside ja teaduskirjanduse materjalidest, hüdrogeoloogilistest arvutusmodelitest ning kohapeal teostatud kaevude inventuurist. Arvutuste järgi on veevõtt kõigist neljast piirkonnas levivast peamisest aluspõhjalisest põhjaveekihi (Ordoviitsiumi, Ordoviitsiumi-Kambriumi, Kambriumi-Vendi Voronka ning Kambriumi-Vendi Gdovi) tehniliselt võimalik ja jätkusuutlik.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veehaarde puhul ei ulatu veevõttust põhjustatud põhjaveetaseme langus ühegi teise tarbekaevuni ega mõjuta põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme (s.h mõju on välistatud Uhaku Natura 2000 loodusala). Potentsiaalsed põhjavee kvaliteedi muutused on lokaalse olulisusega ning piirkonnas laialdase põlevkivi kaevandamise poolt põhjustatud kvaliteedimuutuste foonil märkamatud.

Sügavamates surveelistes Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi veekihtides levib kaevu mõju survetasemetele palju laiemalt, kuid 30 aasta jooksul alaneb survetase lähimates puurkaevudes siiski vaid vähesel kuni talutaval määral. Arvestades nende põhjaveekomplekside looduslikku ressursi on neist võimalik vajalik veekogus jätkusuutlikult ammutada.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veehaarde rajamisel tuleb tänu mõõdukatele erideebititele arvestada vajadusega rajada samasse veekihti vähemalt kaks puurkaevu. Selle põhjaveekompleksi tarbimise puhul kaasneb ka lisanduv risk, et veekvaliteet hakkab langema tulenevalt reostunud Ordoviitsiumi kompleksi vee intensiivistuval sissevoolule.

Kuigi veevõtt ei ole välistatud ühestki põhjaveekompleksist, on tulenevalt piirkonna joogikõlbulike põhjaveevarude suhtelisest nappusest siiski soovituslik rajada kaitsetööstuspargi veehaare kas pinnavette või Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi ning mitte alumistesse surveelistesse ning joogikõlbulikesse veekihtidesse.

Olenemata põhjaveekomplekside valikust veehaarde rajamisel võib põletus- või lõhkeplatsi kasutus tekitada riske pinnase ja ülemise Ordoviitsiumi põhjaveekihi reostumiseks, mistõttu soovitatakse rakendada saaste ennetusmeetmeid ja seirekavasid. Seirata soovitatakse ka veetaset lähimates puurkaevudes, mis avavad kaitsetööstuspargi veevõtuks kasutatavaid survelisi põhjaveekomplekse.

Sisukord

Annotatsioon	3
1 Sissejuhatus.....	5
2 Piirkonna ja objekti iseloomustus	6
3 Hüdroteoloogilised tingimused	8
4 Mõju põhjavee režiimile.....	15
4.1 Ordoviitsiumi põhjaveekompleks	16
4.2 Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks	19
4.3 Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekiht	22
4.4 Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekiht	24
5 Mõju põhjavee kvaliteedile	26
6 Mõju piirkonna veevarustusele ja looduslikele elupaikadele	29
7 Kokkuvõte ja soovitused.....	35
Kasutatud kirjandus	38

1 Sissejuhatus

Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus (registrikood 70009764) tellis OÜ-lt Inseneribüroo STEIGER (registrikood 11206437) uuringu planeeritava Aidu kaitsetööstuspargi mõjudest põhjaveele. Kaitsetööstuspark, s.h lõhkeainetehas, planeeritakse rajada Ida-Viru maakonda Lüganuse valda Aidu ja Aidu-liiva küla endisele kaevandusala territooriumile. Kaitsetööstuspargi tootmise jaoks on vajalik rajada kuni kaks veehaaret, mõlemas veevõtuga kuni 490 m³/ööpäevas. Käesolev hinnang käsitleb vastava veevõtu võimalikkust erinevates antud alal levivates põhjaveekompleksides.

Hinnangu lähteülesandeks oli:

1. anda ülevaade ja hinnang veevõtu võimalikkusest piirkonnas leiduvatest põhjaveekompleksidest;
2. hinnata kavandatavate puurkaevude põhjaveevõtust tingitud võimalikke mõjusid põhjavee tasemetele, dünaamikale ning põhjavee kvaliteedile uuringualal ja selle mõjuala ulatuses, käsitledes ka koosmõju teiste piirkonnas põhjavett mõjutavate tegevustega ning piiritleda põhjaveevõtu mõjutsooni;
3. hinnata põhjaveevõtu mõju lähedal asuvatele puurkaevudele, salvkaevudele ja teiste veevõtukohtade veetasemetele või tootlikkusele, põhjaveekihi taastumisvõimele ning käsitleda võimalikke pikaajalisi riske;
4. mõõta ja dokumenteerida mõjutsoonis asuvate puur- ja salvkaevude veetase ning analüüsida kaevuveest relevantseid joogivee kvaliteeti mõjutavad näitajad;
5. hinnata kavandatava tegevuse mõju põhjaveest sõltuvatele ökosüsteemidele, eriti seoses Natura 2000 Uhaku loodusalaga;
6. hinnata põhjaveevõtu jätkusuutlikkust ning pakkuda välja soovitusel negatiivsete mõjude leevendamiseks või täiendavaks seireks.

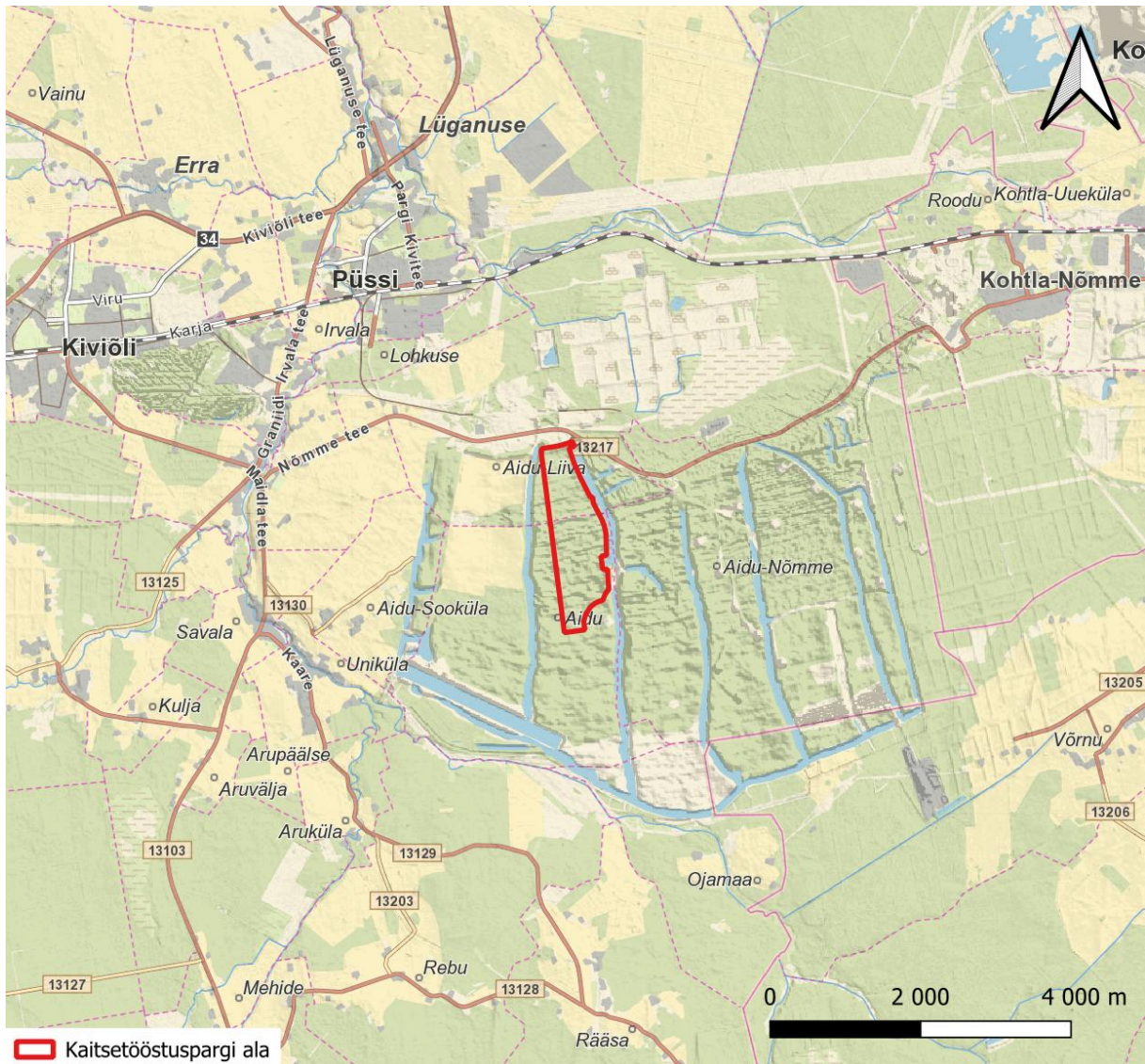
Aidu kaitsetööstuspargis on eeldatavaks arengusuunaks moona tootmine. Siinses uuringus aga käsitletakse veidi laiemalt ka teisi kaitsetööstuspargi riikliku eriplaneeringu raames analüüsitud tegevusi, s.h lõhkeainetehase rajamist.

Põhilised mõjud põhjaveele, mida siin töös käsitletakse, on seotud veevõtuga puurkaevudest ning võimalikul põletus- või lõhkeplatsil toimuvate põletamiste, katsetuste või muude lõhkamistega. Kaitsetööstuspargi rajatised, s.h võimalik lõhkeainetehas, planeeritakse ja rajatakse sellisel viisil, et nominaalse töö korral tööstuskemikaalide lekkeid ei toimu. Veeringlus toimub maksimaalsel võimalikul määral kinnise süsteemina. Eriplaneeringu praeguses staadiumis avariilisi olukordi ei käsitleta, mille tõttu ei käsitleta käesolevas töös ka võimaliku avariilise reostuse levikut põhjaveekihi.

Hinnang lähtub Eesti riigi avalike andmebaaside ja teaduskirjanduse materjalidest. Uuringu käigus viidi läbi ka planeeringuala lähipiirkonnas kaevude kaardistamine.

2 Piirkonna ja objekti iseloomustus

Kavandatav Aidu kaitsetööstuspark asub Ida-Viru maakonnas Lüganuse vallas Aidu ja Aidu-Liiva küla territooriumitel (joonis 1). Tegemist on 100% mäetööstuse maa-alaga. Aidu kaitsetööstuspargi aiaga piiratud ala pindala on 136 ha, hoonestusala suurus ~130 ha. Lähimad asulad on Püssi linn ~2 km loodes, Maidla küla keskus ~3,5 km läänes, Lüganuse alevik ~4 km põhjas, Kiviõli linn ~5,5 km läänes, Erra alevik ~6 km loodes, Kohtla-Nõmme alev ~6 km kirdes ning Kohtla Järve linn ~10-12 km idas. Antud asulate elanikkond on kiirelt kahanemas. Aidu küla ise on endine kaevandusala, kus hetke seisuga ei ela ühtegi inimest. 2021. aasta seisuga elas Aidu-Liiva külas neli inimest.



Joonis 1: Aidu kaitsetööstuspargi planeeringuala. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2026

Valdav osa Lüganuse vallast jääb I. Aroldi (2005) maastikurajoonide liigituse alusel Põhja-Eesti Viru lavamaale. Liustike kulutuse tõttu on tegemist valdavalt tasase või nõrgalt lainja õhukese moreense pinnakattega alaga. Maastiku on kujundanud maapinna lähedal paiknev rõhtkihiline paene aluspõhi, mida liigendavad tektoonilised lõhed, mandrijää valdavalt kulutav tegevus, Soome lahe kliimaatiline mõju ning inimtegevus. Põlevkivi kasutamise ja ümbertöötlemisega on oluliselt muudetud pinnamoodi ja põhja- ning pinnavete liikumist. Paeplatoosse lõikub mõne

kilomeetri pikkuselt ja kuni 35 m sügavuselt Ojamaa ürgorg. Maapinna reljeef Aidu kaitsetööstusalal on suhteliselt tasane, muutudes absoluutkõrguste vahemikus 55-45 m (keskmiselt ~50 m).

Kaitsetööstuspargi veevõrku domineerivad endise Aidu karjääri tranšeedesse tekkinud tehisveekogud EELIS koodidega [VEE2014590](#) ja [VEE2014560](#). Läbi teiste Aidu karjääri tekkinud veekogude on neil ühendus endisest karjäärist lõunas kulgeva Ojamaa jõega ([VEE1068700](#)), mis suubub omakorda Purtse jõkke ([VEE1068200](#)). Kaitsetööstuspargist ~800 m kirdes asub Hiiesoo raba, mis on suuresti mõjutatud turba tootmisest. Töötavaid maaparandussüsteeme kaitsetööstuspargi lähikonnas ei ole.

Aidu kaitsetööstuspargile lähimad majapidamised asuvad enam kui 1 km kaugusel. Loode suunas lähimad on ~1,1 km kaugusel asuv Vanaoja kinnistu (katastriüksus 43801:001:0279) ja ~1,8 km kaugusel asuv Vanatalu kinnistu (katastriüksus 44901:002:0134), lääne suunas ~2,2 km kaugusel asuv Mäe kinnistu (katastriüksus 44901:002:0103), põhja suunas ~2,3 km kaugusel Püssi linnas olevad majapidamised ning edela suunas ~2,8 km kaugusel asuv kinnistu Unikülas (katastriüksus 44901:003:0231). Ülejäänud majapidamised jäävad planeeringualast enam kui 3 km kaugusele.

Aidu kaitsetööstuspargile lähim looduskaitsealune ala on ~3,4 km kaugusel läänes asuv Maidla mõisa park. Aidu kaitsetööstuspargile lähimad Natura 2000 programmi kuuluvad looduskaitsealad on Uhaku loodusala (EELIS kood [RAH0000683](#)) ~4 km kaugusel loodes, Muraka loodusala ([RAH0000158](#)) ~7 km lõunas ning ~11,5 km idas paiknev Sirtsu loodusala ([RAH0000540](#)). Kaitstavad alad ei asu kaitsetööstuspargi tegevuse mõjualas. Alal ega läheduses kaitsvate loomaliikide leiukohti ega nende kaitsega seotud objekte ei leidu.

Taimestiku seisukohast ei ole kaitsetööstuspargi alal ega ka läheduses leitud ohustatud liike, väärtuslikud kooslused registris puuduvad. Ajalooline kasutus metsamaana katkes Aidu karjääri kaevandustegevuse tulemusel, alal on nüüd valdavalt 20-40 aastased pärast kaevandamistegevust rajatud männi enamusega puistud.

Aidu kaitsetööstuspargi peamiseks kavandatavaks arengusuunaks on eeldatavalt suurekaliibrilise moona tootmine. Käesolevas uuringus arvestatakse lisaks ka teisi riikliku eriplaneeringu raames analüüsitud tegevusi, sh lõhkeainetehast. Pargis võivad asuda tööstus-, lao- ja büroohooned ning nendega seotud taristu. Sõltuvalt arenduse suunast võib lisanduda lõhkeainete tootmisjääkide põletusplats või laskemoona ja lõhkeainete katseplats.

Kaitsetööstuspargi veevajadus on siinse hinnangu raames maksimaalselt 980 m³/ööpäevas. Vett hakatakse kasutama suuresti just lõhkeaine tootmisel. Hinnangu eesmärk on selgitada veevajaduse rahuldamise võimalusi erinevatesse põhjaveekompleksidesse rajatavate puurkaevude abil, kusjuures ühest põhjaveekompleksist ei plaanita praeguses staadiumis ammutada vett enam kui 490 m³/ööpäevas. Hinnangu koostamise hetkel ei ole veel selgunud puurkaevude rajamise täpne asupaik. Planeeritud ehitiste ja tegevuste täpsem ülevaade on toodud kaitsetööstuspargi riigi eriplaneeringu keskkonnamõtjude strateegilise hindamise aruandes ([Hendrikson DGE, 2025](#)).

3 Hüdroteoloogilised tingimused

Aidu kaitsetööstuspargi planeeringuala piirkonnas on tehtud seoses Ida-Virumaa põlevkivikaevandustega paljusid põhjaveearusid või -seisundit hõlmavaid uuringuid. Näiteks on Eesti Geoloogiakeskus viinud läbi nii Ida-Virumaa Kambriumi-Vendi ([Savitski ja Vallner, 1999](#)) kui ka Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi ([Savitski ja Savva, 2001](#)) põhjavee tarbevaru hinnangud, kus analüüsiti põhjalikult veehaarete töötamist ja hinnati põhjaveearud 2020. aastani. Hiljem hindas sama asutus ümber Kohtla-Järve piirkonna Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi tarbevarud ja ennustas keemilise koostise muutlikkust aastani 2035 ([Savitski ja Savva, 2005](#)). Alltoodud ülevaade toetub lisaks Kohtla-Järve 1 : 50 000 mõõtkavas geoloogilise baaskaardilehe seletuskirjale ([Suuroja jt., 2008](#)) ning Lügane valla põhjaveearude ümberhindamise aruandele ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)). Kasutatakse ka Maa- ja Ruumiameti, Keskkonnaagentuuri ning Eesti Geoloogiateenistuse avaldatud registri- ja kaardiandmeid ning põhjaveekogumite üldkirjeldusi ([Marandi jt., 2019](#)).

Lügane valda planeeritav Aidu kaitsetööstuspark paikneb Ida-Eesti vesikonna Viru alamvesikonnas ning hüdroteoloogiliselt Balti arteesiabasseini põhjaosas, kus põhjavesi esineb pinnakattes, aluspõhja ja kristalse aluskorra kivimeis. Ala hüdroteograafiline liigestus on toodud [joonisel 2](#).

Lügane vallas liigub põhjavesi toitealalt, mis paikneb edelas Pandivere kõrgustikul, Soome lahe suunas. Maapinnalähedasi veekihte mõjutavad peamiselt jõevõrgustik ning kaevandustegevus, samas kui sügavamate kihtide liikumist suunavad aluspõhjakiivimitesse ulatuvad mattunud orud ja tektoonilised rikked. Kvaternaarisetete põhjavesi on kasutusel vaid mõnes külas üksiktarbijate salvkaevudes ega mängi ühisveevarustuses olulist rolli. Üldiselt on põhjavesi antud piirkonnas maapinnalt lähtuva reostuse suhtes halvasti kaitstud ([Suuroja jt., 2008](#)).

Kvaternaarisetetes leidub nii vabapinnalisi, otseselt ilmastikutingimustele alluvaid poorseid põhjaveekihte kui ka survekihte. Mattunud orud on enamasti täidetud savirikaste setetega. Pinnakatte ülemine osa, mõnes kohas ka kogu pinnakate, kuulub aeratsioonivöösse, kus lisaks filtratsioonivoolule liigub märkimisväärne kogus vett auruna või kapillaarjõudude mõjul ([Perens, 1998](#)).

Aluspõhjalisi põhjaveekomplekse levib piirkonnas kolm: Ordoviitsiumi (O; tihti tähistatakse S-O, kuid siin piirkonnas Siluri kivimid puuduvad), Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm) ja Kambriumi-Vendi (Cm-V), kusjuures viimane on paksu Alam-Kambriumi ladestiku Kotlini kihistu poolt jagatud kaheks veekihiks: Voronka (V_{2vr}) ja Gdovi (V_{2gd}; [joonis 2](#)). Aidu ja Aidu-Liiva küla asuvad Kesk-Ordoviitsiumi ladestiku Uhaku lademe Kõrgekalda kihistu avamusel ([Suuroja jt., 2008](#)). Lügane vallas on seega esimene aluspõhjaline veekiht seotud Ordoviitsiumi lõheliste ja karstunud karbonaatkivimitega, kus põhjavesi liigub kiiresti mööda lõhesid ja pinnalähedasi karstiõõnsusi. Ordoviitsiumi põhjaveekompleks on piirkonnas määratud Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi koosseisu (0782019, [Keskkonnaminister, 2019a](#)). Karbonaatkivimite kompleksi paksus on piirkonnas vahemikus 40-52 m puurkaevude [4168](#) ja [71456](#) andmetel, mis ühtib põhjaveekogumi üldkirjelduses tooduga ([Marandi jt., 2019](#)).

Aidu kaitsetööstuspargi piirkonna põhjavee uuring
OÜ Inseneribüroo STEIGER

Ladestu	Ladestik	Lade	Kihi indeks	Paksus, m	Litoloogiline tulp	Hüdrogeoloogiline üksus	Põhjaveekogumi nimetus ja nr	
Kvaternaar (Q)			Q	0.5 – 77.0		Kvaternaari põhjaveekiht	Vasavere (27)	
Devon (D)	Kesk (D ₂)	Narva	D ₂ nr	kuni 31.5		Sporaadiliselt vettandev Narva põhjaveekiht	Kesk-Alam-Devon (22)	
						Narva veepide		
Ordoviitsium (O)	Ülem (O ₁)	Pirgu	O ₁ prg	36.3–47.3		Pirgu põhjaveekiht	Ordoviitsiumi Ida-Viru (6) ja Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivi-basseini (7)	
		Vormsi	O ₁ vr	6.05–14.0		Vormsi nõrk veepide		
		Nabala	O ₁ nb	28.6–43.9		Nabala–Rakvere põhjaveekiht		
		Rakvere	O ₁ rk	8.0–13.3				
		Oandu	O ₁ on	0.70–4.95		Oandu suhteline veepide		
		Keila	O ₁ kl	7.0–15.5		Keila–Jõhvi põhjaveekiht		
		Haljala	O ₁ jh	6.5–13.6				
		Idavere	O ₁ id	2.47–9.35		Jõhvi–Idavere nõrk veepide		
	Kesk (O ₂)	Kukruse	O ₂ kk	6.30–19.15		Idavere–Kukruse põhjaveekiht		
		Uhaku	O ₂ uh	9.75–20.5		Uhaku suhteline veepide		
		Lasnamäe	O ₂ ls	5.8–12.5		Lasnamäe–Kunda põhjaveekiht		
		Aseri	O ₂ as	1.17–5.40				
	Alam (O ₃)	Billingeni (Võlvõvi)	O ₃ vl	1.85–6.0		Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide		
		Hunnebergi (Latorpi)	O ₃ lt	0.05–2.6				
		Varangu	O ₃ vr					
		Pakerordi	O ₃ pk	0.15–18.7				
	Kambrium (Ca)	Alam (Ca)	Pirita <i>Tiskre kihistu</i>	Ca ₁ pr	11.5–21.95		Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjaveekiht	Ordoviitsiumi–Kambriumi (5)
Lontova			Ca ₁ ln	31.8–45.2		Lükat–Lontova veepide	Kambriumi–Vendi Voronka (2)	
Vend (V)	Ülem (V ₂)	Kotlini	V ₂ kt	29.9–44.9		Voronka põhjaveekiht		Kambriumi–Vendi Gdovi (1)
				13.2–36.0		Kotlini veepide		
				11.7–45.9		Gdov põhjaveekiht		
				26.6–46.5				
Meso-Paleoproterosoikum (PR)			PR ₂₋₁	186+		Kristalne aluskord		

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8

Litoloogia: 1 - moreen; 2 - lubjakivi; 3 - dolomiit; 4 - mergel; 5 - aleuriit; 6 - liiv ja liivakivi; 7 - savi; 8 - gneiss ja graniit

Joonis 2: Ida-Virumaa põlevkivibasseini geoloogilise ehituse, litoloogia, hüdroloogiliste üksuste ja põhjaveekogumite korrelatsioon Roodu külas (*Metsur ja Grigorjeva, 2020*)

Ordoviitsiumi põhjaveekompleks on tegelikkuses liigendatud erinevateks suhtelisteks veekihtideks ja -pidemeteks (*Perens jt., 2012*): maapinnalt sügavusse liikudes siinkohal Keila-Kukruse lademetes veekiht, Uhaku lademe veepide ning Lasnamäe-Kunda lademetes veepide.

Siiski on filtratsiooniomadused võrdlemisi muutlikud ning stratigraafiliselt raskesti jälgitavad. Karbonaatkivimite veejuhtivust kontrollib pigem karstumine ja lõhelisus, mis väheneb kiirelt sügavusse liikudes. Antud piirkonnas on veepidemed suuresti ka kaevandamistegevuse käigus rikutud ([Boldõreva ja Savitski, 2005](#); [Pärn ja Truu, 2024](#)). Puurkaevudesse annavad suurema osa veest 1-2 m paksused lõhelisuse vööndid, mis moodustavad puurkaevu läbilõikest keskmiselt vaid 13% ([Perens, 1998](#)).

Ordoviitsiumi põhjaveekompleks kui tervik on vabapinnaline või nõrgalt survealine, olenevalt lasumi pinnakattekihtidest, ning toitub sademetest. Põhjaveetase on lähimates Eesti Looduse Infosüsteemis (EELIS) registreeritud puurkaevudes keskmiselt 12 m maapinnast (väärtused jäävad 6,6 ja 18,2 m vahele), millele vastab absoluutkõrgus ~36 m. Põhjavee liikumise regionaalne looduslik suund on põhja, Soome lahe suunas, kuid seda võivad tugevalt mõjutada ka piirkonna suured põlevkivikaevandused (nt Ojamaa ja peagi avatav Uus-Kiviõli), mille ümber on tekkinud ulatuslikud alanduslehtid. Lokaalselt kaitsetööstuspargi alalt on voolusuud endise Aidu karjääri tranšeedesse, millest moodustunud tehisveekogu suubub Ojamaa jõkke.

Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi algne loomulik keemiline koostis on olnud valdavalt Ca-HCO_3^- tüüpi vesi mineraalainete sisaldusega 0,3-0,5 g/L. Veekeskkonna loodusliku anaeroobse keskkonna ja ümbritsevate soode mõjul on vees suurenenud Fe^{2+} , Mn^{2+} ja NH_4^+ ionide sisaldus ([Perens jt., 2012](#)), mille tõttu ei vasta looduslik põhjavesi nende näitajate alusel kehtestatud joogivee kvaliteedinõuetele ([Sotsiaalminister, 2019](#)). Põhjavee keemilist koostist põhjaveekogumis on oluliselt mõjutanud põlevkivi kaevandamine. Õhuhapniku juurdepääsul varem anaeroobsetes tingimustes olnud kivimitele suureneb kaevandusvees SO_4^{2-} sisaldus looduslikult sisalduselt 60-100 mg/L kuni väärtusteni ~350 mg/L ja suletud kaevanduste korral isegi sisaldusteni >1000 mg/L ([Erg, 2005](#); [Perens jt., 2012](#)). Sulfaadi kontsentratsioonide suurenemisega on kaasnenum ka põhjavee mineraalsuse suurenemine. Samuti on suurenenud vee karedus. Selle tõttu on põhjavesi kogumis muutunud kohati $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ või Ca-SO_4 tüüpi veeks. Lisaks on kaevandustegevuse ja aherainemägedega seotud ka suuremad orgaaniliste ainete (fenoolid, naftasaadused, benseen, PAH) kontsentratsioonid maapinnalähedases põhjavees. Kõrgete raua ja sulfaadi kontsentratsioonide tõttu vastab vesi harva joogivee kvaliteedinõuetele ([Sotsiaalminister, 2019](#)).

Tabel 1: Kaitsetööstuspargile lähimate Ordoviitsiumi puurkaevude veeproovide analüüsitulemused. Allikas: Eesti Looduse Infosüsteem, VEKA

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Fe, mg/L	SO_4^{2-} , mg/L	Üldkaredus, mg-ekv/L	Mg^{2+} , mg/L	Ca^{2+} , mg/L	HCO_3^- , mg/L
3719	1984	-	565,8	16,59	56	240,3	280,7
19631	1987	0,1	314,8	11,38	26,4	184,6	305,1
13547	1990	0,05	273,2	11,29	59,5	128,3	323,4
4227	1991	0,09	108,6	6,99	20,1	107	311,2
4229	1991	0,09	157,22	7,76	17,7	126,5	92,9
4166	1992	0,5	17,5	4,5	21,89	54,11	432,24
4122	1992	0,573	111,8	8,49	30,4	120	317,2
24211	2008	<0.06	200,4	8	20,2	127,1	262,3
73140	2024	0,1	25	4,8	27,8	44,4	360

Mõnede lähimate Ordoviitsiumi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 1](#). Tulenevalt eelmainitud kvaliteediprobleemidest, s.h ülenormatiivne sulfaadi, ammooniumiooni, fenoolide, benseeni, pestitsiidide, polüaromaatsete ühendite ja naftasaaduste sisaldus ning keemiline hapnikutarve, on viimase seisundihinnangu kohaselt põhjaveekogumi keemiline seisund halb ([Marandi jt., 2020](#)). Halb on ka kogumi koguseline seisund, tulenevalt põlevkivikaevanduste ja -karjäärade suurest veevõtust. Pinnakatte ehitusest ja tüübist lähtuvalt on Ordoviitsiumi põhjaveekompleks maapinnalt lähtuva reostuse eest mitte- kuni nõrgalt kaitstud ([Veeseadus §68](#)).

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ammutavad vett vähesed piirkonna üksikelaamute puurkaevud. Lähimad registreeritud puurkaevud asuvad kaitsetööstuspargi planeeringualast ~3 km läänes ([4227](#) ja [4229](#)). Ülejäänud sama veekihti avava kaevuga eramud paiknevad veel kaugemal.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi lamamis asub Ordoviitsiumi regionaalne veepide, mille moodustavad Türisalu kihistu argillit, Leetse kihistu glaukonitliivakivi ja Toila kihistu savikate vahekihtidega glaukonitlubjakivi. Tulenevalt veepideme võrdlemisi väikesest paksusest (~3-7,5 m; nt puurkaevud [4260](#), [71456](#)) ei pruugi veepide olla absoluutne.

Ordoviitsiumi regionaalse veepideme all levib Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks ~18-30 m (keskmiselt 22 m; [Suuroja jt., 2008](#); [Savitski ja Savva, 2009](#); [Marandi jt., 2019](#)), lähimate puurkaevude alusel pigem ~15-18 m paksuse kihina (nt puurkaevud [4168](#), [14408](#), [23365](#)), mis on piirkonnas määratud Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi koosseisu Ida-Eesti vesikonnas (05a§2019). Peamisteks vettandvateks kivimiteks on Alam-Ordoviitsiumi vanusega Kallavere kihistu ning Alam-Kambriumi vanusega Tiskre kihistu aleuoliitne kuni peeneteraline kvartsliaakivi. Põhjaveekompleksi voolusuuna määrab toitumisala Pandivere kõrgustikul ja kitsa alaga väljavooluala Põhja-Eesti klindi jalamil, mille tõttu on antud piirkonnas looduslik voolusuund põhja (Eesti Geoloogiateenistuse 1:50 000 hüdrogeoloogiline baaskaart). Veekompleks toitub ka läbi Ordoviitsiumi veepideme tektooniliste rikete ja mattunud orgude. Vähesel määral infiltrerub põhjaveevool ka allpool lasuvatesse Kambrium-Vendi põhjaveekogumitesse. Kaitsetööstuspargi piirkonnas on veekompleksi toitumine raskendatud tänu vee väljapumpamisele kaevandustest. Aastate jooksul on tekkinud märgatavad veetaseme alanduslehid, mis on ka oluliselt mõjutanud põhjavee reaalseid voolusuundi. Survetase on vaadeldavas piirkonnas ~8 m maapinnast (nt puurkaevud [14408](#), [4260](#)), kuigi registris toodud ajaloolised mõõtmised võisid olla mõjutatud Aidu karjääri kuivendamise tõttu. Kohtla-Järve kaardilehel üldiselt on Ordoviitsiumi veetaseme märgitud enam kui 5 m maapinnast ([Suuroja jt., 2008](#)).

Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas levib Põhja-Eesti ranniku lähedal Ca-HCO₃-tüüpi vesi mineraalsusega 0,2-0,5 g/L, põhjaveekogumi lõunaosas levib Na-HCO₃-tüüpi põhjavesi mineraalsusega 0,3-0,6 mg/L. Vesi vastab reeglina joogiveele kehtestatud normidele. Kohati on veekompleksis kõrgeks tõusnud raua kontsentratsioonid. Lähimate Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 2](#). Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumil nii keemiline kui ka koguseline seisund hea, kuid ohustatud ([Marandi jt., 2020](#)). Oht tuleneb riskist, et veevõtu intensiivistumisel suureneb veekompleksi toitumine kõrgemal paiknevast halva veekvaliteediga Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist.

Tabel 2: Kaitsetööstuspargile lähimate Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaevude veeproovide analüüsitulemused. Allikas: Eesti Looduse Infosüsteem, VEKA

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Ca ²⁺ , mg/L	Cl ⁻ , mg/L	Kuivjääk, mg/L	Mg ²⁺ , mg/L	Üldkaredus, mg-ekv/L	Fe, mg/L	HCO ₃ ⁻ , mg/L	SO ₄ ²⁻ , mg/L
4260	1991	26,1	47,5	548	18,2	2,8	0,23	262,4	60,1
4168	1992	28	78,1	320	21,6	3,18	0,14	258	28,4
71456	2023	26,7	29	404	15,7	5,4	0,43	335,6	29
71586	2023	12	227	-	18,3	2,4	0,076	231,8	2

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi lamami moodustab Kambriumi regionaalne veepide, mis koosneb Alam-Kambriumi vanusega Lükati-Lontova kihistute aleuroliitidest ja savidest. Veepide on väga tugeva isolatsioonivõimega ning selle paksus on siinses piirkonnas 80-90 m (nt puurkaev [13468](#)).

Kambriumi regionaalse veepideme all levib Kambriumi-Vendi põhjaveekompleks, mis on piirkonnas eraldatud Kotlini kihistu laminariitsavide poolt Voronka ja Gdovi põhjaveekihtideks, mis on seadusandluses määratud Kambriumi-Vendi Voronka ning Gdovi põhjaveekogumitesse (vastavalt 02§2019 ja 01§2019).

Voronka põhjaveekiht koosneb valdavalt Ediacara liivakivist ja aleuroliidist ning on vaadeldavas piirkonnas kogupaksusega ~15-41 m (nt puurkaevud [13468](#), [2330](#), [2328](#), [2332](#)). Põhjavee looduslik voolusuund on põhja, Soome lahes oleva väljeala poole. Intensiivne Kambriumi-Vendi põhjavee tarbimine Ida-Virumaal on survetaset langetanud ja tekitanud ulatusliku alanduslehtri, eriti Jõhvi, Sillamäe ja Kohtla-Järve lähistel. Kuna põhjaveevool on selle tulemusel kohati Soome lahe poolt mandri suunas, esineb risk põhjavee kvaliteedile kloriidide sisalduse suurenemise näol. Looduslik põhjaveetase enne laiaulatusliku kaevandamise algust oli piirkonnas ~3-5 m üle merepinna, kuid on seoses intensiivse tarbimisega hetkel pigem ~5-11 m alla merepinna (nt puurkaevud [50813](#), [56832](#)). Lüganuse valla ühisveevarustuses kasutatakse Kambrium-Vendi põhjaveekompleksi põhjavett, kuid tarbepuurkaevud avavad tihtipeale mõlemat, nii Voronka kui ka Gdovi veekihti korraga ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)). Sügava lasuvuse tõttu kasutatakse Voronka vett kaitsetööstuspargi lähiümbruse üksikmajapidamiste poolt pigem vähe.

Tabel 3: Kaitsetööstuspargile lähimate Kambriumi-Vendi Voronka puurkaevude veeproovide analüüsitulemused. Allikas: Eesti Looduse Infosüsteem, VEKA

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Cl ⁻ , mg/L	NH ₄ ⁺ , mg/L	HCO ₃ ⁻ , mg/L	Fe, mg/L	pH	Üldkaredus, mg-ekv/L	SO ₄ ²⁻ , mg/L
4225	1992	168,4	<0,07	183	0,13	8,1	1,51	<3,3
14379	1998	190	0,109	176,29	0,4	8,2	2,2	2
50813	2011	176	0,2	119,2	0,36	8,2	3,6	<3
56832	2017	190	0,09	183,1	0,28	8,2	1,6	<3

Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekogumis levib antud piirkonnas Na-Cl-HCO₃-tüüpi vesi. Enamasti vastab Voronka põhjaveekogumi vesi joogivee kvaliteedinõuetele, kuna on üldiselt kaitstud pindmise reostuse eest. Kohati esinevad kogumi vees aga kõrgemad NH₄⁺, raua,

naatriumi ja kloriidide sisaldused ning efektiivdoosi väärtused ([Perens jt., 2012](#)). Lähimate Kambriumi-Vendi Voronka puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 3](#). Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumil nii keemiline kui ka koguseline seisund hea ([Marandi jt., 2020](#)).

Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi põhjaveekihid on omavahel eraldatud Kotlini kihistu aleuroliitide ja savi kuni 50 m paksuse lasundi poolt. Kaitsetööstuspargi lähiümbruses asuvate puurkaevude järgi on piirkonnas Kotlini paksuseks ~26-37 m (nt puurkaevud [2328](#), [2964](#), [2332](#)). Kotlini veepideme transversaalne filtratsioonikoefitsient on analoogne Lükati-Lontova omale, näidates tugevat isolatsioonivõimet.

Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogumi vettandva kivimi moodustab segateraline Ediacara liivakivi ja aleuroliit, mille paksus on 40-60 m Soome lahe rannikul, vähenedes lõuna suunas. Põhjavesi liigub looduslikult põhja, Soome lahes asuvale väljealale, jälgides Balti arteesiabasseini üldist põhjavee liikumise suunda. Seoses kunagise intensiivse tarbimisega on põhjaveevool pööranud kohati Soome lahelt maismaa suunas ning jagunenud suuremate veehaarete (Jõhvi, Sillamäe ja Kohtla-Järve) suunas. Looduslik põhjavee survetase oli 0-2 m üle merepinna, kuid sarnaselt Voronka veekihiga on survetase langenud. 1990ndate aastate alguseks oli põhjavee survetase kohati alanenud esialgsest looduslikust tasemest kuni 50 m alla mere pinna. Hiljem on survetase tõusnud. Kaitsetööstuspargile lähimate Gdovi puurkaevude andmetel on samuti jälgitav survetaseme langus perioodil 1951-1990. a, kui survetasemed jäid vahemikku ~5-36 m alla merepinna. Uuemaid puurkaeve Gdovi põhjaveekogumisse pole kaitsetööstuspargi lähipiirkonnas rajatud, kuid Lüganuse valla seirekaevude alusel on veetasemed tõusnud kohati kuni 50 m võrra ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekogumis levib antud piirkonnas Na-Cl-HCO₃-tüüpi põhjavesi, mineraalsusega 0,4-1,4 g/L. Gdovi põhjavesi on tüüpiliselt soolasem kui ülemine Voronka põhjavesi. Põhjaveekogumi vesi on tugevalt üleküllastunud gaaside suhtes, mis on iseloomulik kõigile Eesti glatsiaalse päritoluga põhjavetele. Peamiseks lahustunud gaasiks on molekulaarne lämmastik kuid Gdovi põhjaveekogumis on laialt levinud ka kõrgema metaani sisaldusega veed. Lähimate Kambriumi-Vendi Gdovi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 4](#). Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumi nii keemiline kui ka koguseline seisund hea, kuid üldseisund ohustatud tänu looduslikust ressursist suuremale veevõtule, mis võib kaasa tuua kloriidide sisalduse suurenemist – seda küll rohkem mereäärsetes piirkondades ([Marandi jt., 2020](#)).

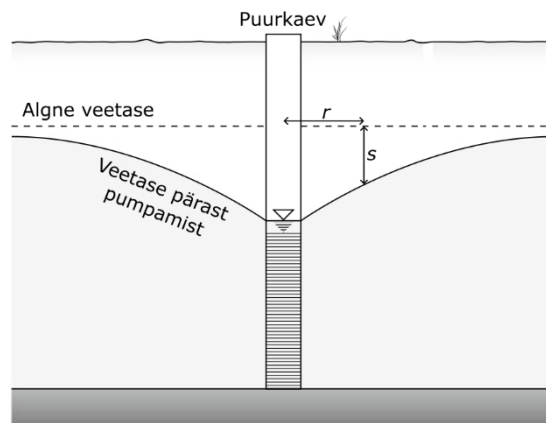
Tabel 4: Kaitsetööstuspargile lähimate Kambriumi-Vendi Gdovi puurkaevude veeproovide analüüsitulemused. Allikas: Eesti Looduse Infosüsteem, VEKA

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Cl ⁻ , mg/L	NH ₄ ⁺ , mg/L	HCO ₃ ⁻ , mg/L	Fe, mg/L	pH	Üldkaredus, mg-ekv/L	SO ₄ ²⁻ , mg/L
2332	1965	221	-	201,4	0,3	-	5	10
2330	1973	238	0,05	170,8	0,4	8,3	3,9	15
13468	1990	240	-	183,1	0,06	-	4	5,5
2964	1999	220,5	0,27	189,2	0,5	7,9	4,12	5,5
2328	1999	185,8	0,17	158,6	0,38	8,1	2,99	7,2
2331	2002	190	0,15	190	0,09	8,08	2,62	0,24

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi lamami moodustab kristalne aluskord, millel on väike vee läbilaskvus ainult selle murenenud ja lõhelises ülemises osas. Seal leviv soolane põhjavesi on hüdraulilises seoses Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksiga, kuigi on veevarustuse jaoks väikese tähtsusega. Sügavuti kivimite lõhelisus väheneb kuni veetuks jäämiseni.

4 Mõju põhjavee režiimile

Veevõtul alaneb puurkaevus veetase. Välja võetud vee kompenseerimiseks hakkab külgnevatest kivimitest kaevu vett valguma, mis omakorda alandab põhjaveetaset ümbritsevates kivimites. Niimoodi kujuneb kaevu ümber põhjaveetaseme alanduslehter, mille piires toimub põhjaveekihi vee voolamine kaevu suunas ([joonis 3](#)). Pumpamise jätkamisel kasvab alanduslehter nii sügavuti kui ka laiusesse, kuni saavutatakse tasakaal põhjavee toitumisega ja alanduslehter ning põhjavee vool saavutab stabiilsuse. Reaalsuses ei jõua voolurežiim kunagi päris stabiilsuseni tänu muutuvatele sademehulkadele ja veevõtule. Seega on alanduse ulatus ja sügavus pidevas muutumises.



Joonis 3. Puurkaevu pumpamisel tekkiva põhjaveetaseme alanduslehtri külgskeem.

Kaitsetööstuspargi rajamisel soovitakse võtta vett kahest erinevast põhjaveekompleksist, mõlemast mahus kuni 490 m³/ööpäevas. Antud töös arvutatakse seega alanduslehtrite ulatused kõigisse piirkonna nelja peamisse aluspõhjalisse põhjaveekihti taolise veevõtuga puurkaevu rajamisel.

Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksidesse rajatavate kaevude veevõtt võib üksteist mõnel määral mõjutada. Ordoviitsiumi regionaalne veepide on siin piirkonnas suhteliselt õhuke (3-7,5 m puurkaevude [4260](#), [71456](#) andmetel), parimate vettpidavate omadustega graptoliitargilliid on aga praktiliselt välja kiildunud ([Suuroja jt., 2008](#)). Lisaks sellele on piirkonnas aastakümneid toimunud laialdane kaevandamistegevus, mis võib lõhketööde tulemusel olla mõjutanud ka sügavamate kivimikihtide terviklikkust. Kõige selle tõttu ei saa siin pidada Ordoviitsiumi veepidet absoluutseks ning tõenäoliselt filtreerub mingi osa vett läbi veepideme.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksi puurkaevu rajamisel tähendab see, et alanduslehter kahaneb mõnevõrra võrreldes järgnevalt toodud arvutuste tulemustega. Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi kaevu puhul avaldub mõju põhiliselt juhul, kui vett võetakse samal ajal ka Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksist. Sel juhul võib Ordoviitsiumi alanduslehter teoreetiliselt laieneda võrreldes alltoodud arvutuste tulemustega. Edasistes arvutustes siiski selle faktoriga ei arvestata kahel põhjusel: (1) filtreerumine läbi veepideme on siiski võrdlemisi vähese osakaaluga Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veebilansis ning ei mõjutaks alanduslehtri ulatust olulisel määral (2) ei saa eeldada, et filtreerumine läbi veepideme oleks antud piirkonnas piisavalt efektiivne, et alumise veekompleksi veevõttu kompenseeriks, nii et Ordoviitsiumi-Kambriumi alanduslehtri arvestuses tähendaks vastava faktori lisamine vähem konservatiivset hinnangut.

Praeguses planeeringu etapis ei ole veel selgunud tõenäoline puurkaevu asukoht kaitsetööstuspargi piires. Konservatiivse hinnangu nimel lähtutakse siin olukorrast, kus kaevud rajatakse ala loodenurka, mil puhul ulatub mõju kõige rohkemate tarbekaevudeni.

Põhjavee (surve)taseme alanemise mõju piirkonna loodusväärtustele ja veevarustusele käsitletakse [peatükis 6](#).

4.1 Ordoviitsiumi põhjaveekompleks

Põhja-Eestis levib Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi maapinnalähedastes veekihtides (~20 m maapinnast) valdavalt vabapinnaline põhjavesi ([Suuroja jt., 2008](#)). Kui tegelikkuses on Ordoviitsiumi põhjaveekompleks liigendatud erinevateks vettandvateks ja vettpidavateks kihtideks, siis tihtipeale avavad piirkonna puurkaevud samal ajal mitut erinevat Ordoviitsiumi põhjaveekihti, mille tõttu käsitletakse ka siin kogu põhjaveekompleksi ühtse vabapinnalise veekihina.

Kaevu põhjustatud veetaseme alanduse sügavust (s) vabapinnalises veekihis erinevatel radiaalkaugustel kaevust (r) hinnatakse [M. Bakkeri ja V. Posti \(2022\)](#) näitel voolupotentsiaali vormis esitatud [G. Thiemi \(1906\)](#) analüütilise mudeli abil, mis hindab tasakaalulist radiaalsümmeetrilist voolu kaevu ilma põhjavee pindalalise toitumiseta. G. Thiemi mudelile on superpositsiooniprintsiibi alusel liidetud veetaseme pindalalise toitumise poolt tekitatud voolukomponent, saades valemid 1-3:

$$\Phi = -\frac{1}{4}W(r^2 - R^2) + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{r}{R} + \Phi_R [1],$$

$$\Phi = \frac{1}{2}K(h_r - z_b)^2 [2],$$

$$s = h_R - h_r [3],$$

kus

- W – põhjaveekihi pindalaline toitumine ehk infiltreerumine (ingl. k. *recharge*),
- r – uuritav radiaalkaugus pumbatavast kaevust,
- R – kaevu mõjuraadius, s.t radiaalkaugus kaevust, mille sees kogu põhjavee toitumisest pärinev vool jõuab kaevu (kaugemal kaev põhjaveekihile mõju ei avalda), $R = \sqrt{Q/\pi W}$,
- Q – veevõtt pumbatavast kaevust,
- K – põhjaveekihi (horisontaalne) filtratsioonikoefitsient (tuntud ka kui hüdrauliline juhtivus või filtratsioonimoodul, ingl. k. *hydraulic conductivity*),
- h_r – veetaseme kõrgus põhjaveekihis radiaalkaugusel r kaevust,
- z_b – põhjaveekihi lamami kõrgus,
- h_R – veetaseme kõrgus põhjaveekihis looduslikus olukorras ehk radiaalkaugusel R kaevust,
- Φ_R – voolupotentsiaal (ingl. k. *flow potential*) raadiusel R , mis arvutatakse valemiga 2, tingimusel et $h_r = h_R$,
- s – veetaseme alandus põhjaveekihis radiaalkaugusel r kaevust.

Vajalikud parameetrid pärinevad kirjandusest ja registriandmetest. Põhjavee pindalalise toitumise määra (W) on antud piirkonnas hinnatud vaid üle-eestilistes hüdrogeoloogilistes mudelites, väärtusteks on saadud ~30 mm/a ([Hunt jt., 2024](#)) või ~60 mm/a ([Vallner, 2002](#)).

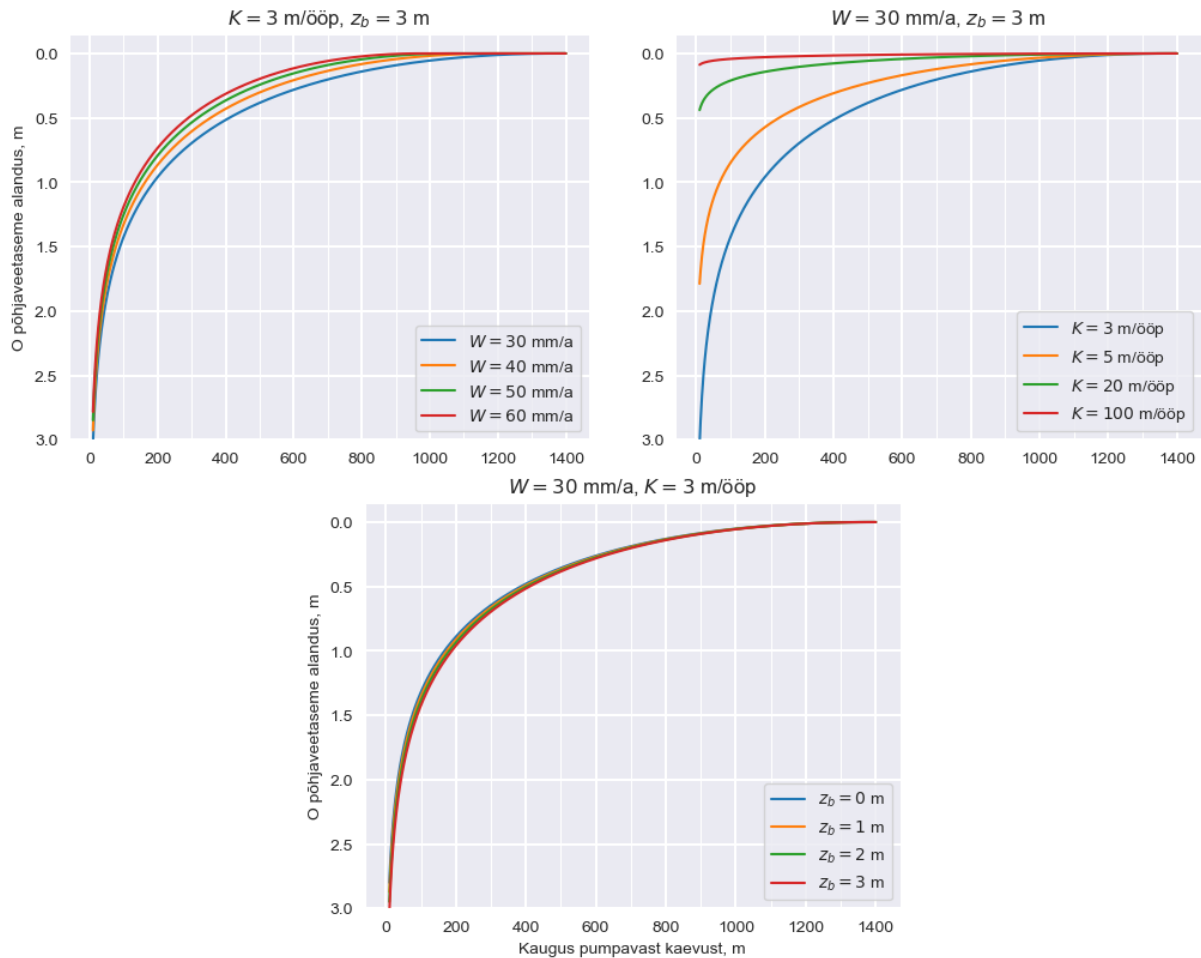
Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi karbonaatkivimite filtratsiooniomadused tulenevad otseselt kivimite lõhelisusest, mille määramisel mängivad väiksemat rolli kihistute omadused ja suuremat rolli kivimite lasuvussügavus – mida maapinnale lähemad, seda lõhelisemad ja parema veejuhtivusega kivimid on. Suurimad väärtused on seotud lubjakivilasundi enim karstunud ja murenenud ülemise osaga, mis ulatub 1-3 m sügavuseni aluspõhjakeivimite lasumist. Eestis on karbonaatkivimite ülemise 20 m kihindi tüüpiliseks filtratsioonikoefitsiendiks (K) hinnatud 10-50 m/ööpäevas, sügavusel 20-50 m vahemikus 5-8 m/ööpäevas ja sügavusel 50-100 m 1-2 m/ööpäevas ([Perens ja Vallner, 1997](#)). Geoloogilise 1 : 50 000 baaskaardi Kohtla-Järve kaardilehe seletuskirjas on Ordoviitsiumi kivimite keskmiseks filtratsioonikoefitsiendiks hinnatud 8,1 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2008](#)). [L. Savitski ja V. Savva \(2009\)](#) hindasid Aidu karjääri sulgemisel, et karbonaatkivimite filtratsioonikoefitsient jääb Keila-Kukruse looduslikus veekihi vahemikku 0,7-143 m/ööpäevas, kusjuures kõige iseloomulikumad on väärtused 14-26 m/ööpäevas, Lasnamäe-Kunda veekihi aga 0,3-2,5 m/ööpäevas. Filtratsiooniomadusi mõjutab siin lisaks tugevalt asjaolu, et ala asub karjääri puistel, mille tõttu on karbonaatkivimite kompleksi ülemise poole looduslik filtratsioonikoefitsient asendunud tõenäoliselt palju kõrgemate väärtustega. Kuigi konkreetset Aidu karjääri puiste filtratsiooniomaduste kohta info puudub, siis nt Maardu karjääri tagasipuistes on filtratsioonikoefitsiendiks hinnatud suurusjärguks 10-100 m/ööpäevas ([Pärn jt., 2017](#)). Edasises arvutuses käsitletakse Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi keskmiste filtratsioonikoefitsientidena vahemikku 3-100 m/ööpäevas.

Käsitletava veekihi lamami kõrgust (z_b) on tüüpiliselt raske üheselt hinnata, kuna Eesti karbonaatkivimite filtratsiooniomadused võivad väheneda sügavusse võrdlemisi sujuvalt, nii et konkreetset piiri põhjaveekihi ja -pideme vahel ei pruugigi eksisteerida. Efektivne veekihi paksus sõltub ka tugevalt sellest, kui sügav puurkaev rajatakse. Üks võimalik kandidaat lamamile oleks siin Uhaku lademe savikate lubjakivide lasum (s.t Keila-Kukruse põhjaveekihi lamam), kuid põlevkivi kaevanduspiirkondades on Uhaku lademe veepidavus tüüpiliselt rikutud ([Pärn ja Truu, 2024](#)). Pigem käitub veekihi lamamina Ordoviitsiumi regionaalse veepideme lasum, siinkohal sügavusel ~0-3 m abs (nt puurkaevud [4168](#) ja [71456](#); [Suuroja jt., 2008](#)), mida kasutataksegi edasistes arvutustes. Põhjavee „looduslikku“ taset (h_R) antud piirkonna Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis on raske hinnata, kuna lähimate puurkaevude veetase on olnud aastakümneid tugevalt mõjutatud Aidu karjääri kuivendamisest. Kasutame siin loodusliku veetasemena seega Aidu tranšeeveekogude praegust veetaset ~42,5 m abs. Need veekogud määravad tõenäoliselt suurel määral piirkonna põhjaveetaseme, kuigi sealne veepeegel on tõenäoliselt ümbruskonna põhjaveetasemest mõnevõrra madalam.

Veevõtul (Q) 490 m³/ööpäevas arvatud vabapinnalise ja tasakaalustunud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi alanduslehtri külgsuunalised erinevate toitumismäärade, filtratsioonikoefitsientide ning põhjaveekihi lamamite väärtustel on toodud [joonisel 4](#).

Sügavaim arvutuslik alanduslehter saavutatakse vähima võimaliku põhjavee toitumismäärade, vähima filtratsioonimooduli ning kõrgeima veekihi lamami tingimustes. Konservatiivse hinnangu nimel lähtumegi edaspidi halvimal võimalikul olukorral, s.t $W = 30$ mm/a, $K = 3$ m/ööpäevas ning $z_b = 3$ m abs. Sellisel juhul ulatub alanduslehtri kogumõju teoreetiliselt ~1400 m kaugusele, kuid selle all mõeldakse veetaseme alandust vaid sentimeetrites, mis ei ole loodusliku kõikumise taustal märgatav ega veevarustusele oluline. Keila-Kukruse veekihi põhjavee looduslik kõikumine aastaaegade lõikes 1-2 m, Lasnamäe-Kunda veekihi ~1,3 m ([Savitski ja Savva, 2009](#)), mille tõttu võib veevarustusele oluliseks mõjaks hinnata veetaseme alanemist 1 m võrra. Taoline mõju ulatub vaid ~190 m kaugusele kaevust. Salvkaevude jaoks suvisel kuival ajal ning ka

põhjaveest sõltuvatele ökosüsteemidele (nt madalsoodele) võib oluline langus olla ka 0,5 m, milline mõju ulatub pumpavast kaevust kuni ~410 m kaugusele.



Joonis 4: Põhjaveetaseme alanduslehti külgsuunalised profiilid Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis. Jooned tähistavad võimalikke alanduslehte erinevatel põhjavee tootumismäära (W ; vasakpoolne ülemine paneel), filtratsioonikoefitsiendi (K ; parempoolne ülemine paneel) ja veekihi lamami absoluutkõrguse (z_b ; alumine paneel) väärtustel. Veevõtt (Q) on kõigil juhtudel $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ ning looduslik veetase (h_R) 30 m abs

Toodud arvutus kätkeb endas tugevalt lihtsustatud maapõue mudelit, mis eeldab, et veekompleks ulatub kaugemale alanduslehti piiridest (on efektiivselt „lõpmatu“), olles kogu selle ulatuses ühtlaste kivimi omadustega ning paksusega. Põhjavee toitumine on mudeli eelduste kohaselt ühtlane kogu mõjutatud alal ning kogu mõjuraadiuses tekkinud põhjavee toitumise voog jõuab kaevu. Mudel ei arvesta ka põhjaveekihi looduslikku veetaseme gradienti ega teisi veetarbijaid. Arvutused on tehtud eeldusel, et puurkaev avab põhjaveekompleksi selle täies paksuses.

Erinevalt siinsest lihtsast mudelist avaldavad tegelikkuses domineerivat mõju alanduslehti levikule puurkaevust ida- ja läänesuunda jäävad Aidu karjääri tranšeeveekogud, mis kompenseerivad veevõtu Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist praktiliselt täielikult, loovutades oma vett põhjaveekihti. Seega ei ole reaalsuses oodata alanduslehti tajutavat levikut kaugemale tranšeeveekogude vahele jäävast maa-alast. Antud olukord ei kehti vaid stsenaariumis, kus tranšeeveekogude põhi on põhjaveekihist settinud peenmaterjali poolt (n.n kolmatsioonikiht)

efektiivselt isoleeritud. Arvestades karjääri tagasipuiste „kohevust“ ja asjaolu, et nt sarnases olukorras oleva Maardu põhjakarjääri tranšeeveekogude ühendus põhjaveekihiga on tõendatud ([Pärn jt., 2017](#)), ei ole viimane aga tõenäoline. Eeltoodud arvutus väljendab siiski halvimat võimalikku stsenaariumit efektiivse kolmatsioonikihiga olemasolul.

Alanduslehtri ulatust vähendavad võrreldes siintoodud arvutusega ka teised asjaolud: näiteks on põhjaveekompleksi keskmised filtratsiooniomadused tõenäoliselt siintoodust soodsamad, mille tõttu kujuneb reaalne alanduslehter arvutatust tagasihoidlikumaks. Kivimite omaduste, veetaseme, lamami sügavuse ja toitumismäära ruumiline heterogeensus aga tagab, et tegelikkuses välja kujunev alanduslehter ei ole radiaalsümmeetriline, vaid teatud suundades suurema ulatuse ja sügavusega kui teistes. Põhjaveetaseme piirkondlik gradient, mis võib olla antud piirkonnas seoses Ojamaa (varsti ka Uus-Kiviõli) kaevanduse tegevusega muutuda langevaks lõuna suunal ([Savitski ja Savva, 2009](#)), põhjustab alanduslehtri mõnel määral laienemist allavoolu lõuna suunal ja kitsenemist ülesvoolu põhja suunal.

Kuna olulise veevõtiga Ordoviitsiumi kaevet mõjupiirkonnas või selle lähedal ei ole, ei toimu kaevude alanduslehtrite liitumist.

Oodatavat veetaseme alandust pumpavas suurkaevus eneses iseloomustab kõige paremini kaevu erideebit (q), mida on siinkohal raske hinnata tulenevalt karjääripuiste materjali vähesest uuritusest. Keila-Kukruse loodusliku põhjaveekihi kaevude erideebitid on valdavalt vahemikus $0,95-2,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ning Lasnamäe-Kunda kaevudel $0,1-1,18 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$. Lähimate, Uhaku lademesse rajatud Ordoviitsiumi kompleksi seirepuurkaevude [3719](#) ja [3720](#) erideebitid on vastavalt $5,88$ ja $6,19 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$. Võttes tõenäoliseks vähimaks kogu Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi avava kaevu erideebitiks $\sim 1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$, oleks veevõtu $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ puhul eeldatav veetaseme alandus suurkaevus endas $\sim 6 \text{ m}$. Seega oleks vajalik koguses veevõtt saavutatav ühest suurkaevust.

4.2 Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks

Erienvalt Ordoviitsiumi vabapinnalisest põhjaveekompleksist ei toitu Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi surveelised põhjaveekompleksid sama efektiivselt läbi pindalalise filtratsiooni. Surveliste komplekside toitumine leiab aset pigem läbi konkreetsete aluspõhjaliste orgude või veepideme lõhevööndite või läbi aeglase filtratsiooni Pandivere ja Jõhvi kõrgustiku lagedel. Kaitsetööstuspargi planeeringualast $\sim 2,5 \text{ km}$ kaugusel põhja-kirdes asuvad Püssi ja Kohtla aluspõhjalised orud ([Suuroja jt., 2008](#)), mis lõikuvad läbi nii Ordoviitsiumi kui Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekomplekside kuni Lontova kihistu sinisavideni ning võivad seega moodustada tee Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekihi toitumiseks. Kuigi see on võimalik, ei ole sugugi kindel, mil määral toitumine aset leiab, kuna aluspõhja orud on reeglina täidetud raskesti vett läbi laskva materjaliga nagu moreen või viirsavid. Teisalt näitab Aidu karjääri kuivendamise ajal läbi viidud surveasemete kaardistamine, et Aidu karjääri piires olid Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavee (surve)tasemed ühtlustunud, mis viitab selge hüdraulilise ühenduse olemasolule ([Suuroja jt., 2008](#)).

Võtmaks taolist läbi veepideme toimuvat filtratsiooni mudelarvutustes arvesse (n.n. „lekkiva“ veepideme stsenaarium, vt [Hantush, 1956](#)), peaks olemas olema informatsioon mõjutatud omadustega Ordoviitsiumi veepideme efektiivse vertikaalsuunalise filtratsioonikoefitsiendi kohta. Kirjanduses aga seda ei leidu ning antud töö maht ei ole piisav, et hinnata veepideme filtratsioonikoefitsiente kalibreeritud numbrilise mudeldamise teel. Seega lähtutakse järgnevatel arvutustes konservatiivsest eeldusest, et Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks ei toitu

läbi veepideme või aluspõhja orgude. Võrreldes reaalsusega annab selline hinnang suurema alanduslehtri ulatuse Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksis.

Sellisel juhul tasakaalustab kaevu veevõttu inimpõlvede ajaraamis mitte põhjaveekihi toitumine, vaid kivimite omadus survetaseme langedes vett loovutada ehk veemahtuvus (ingl. k. *storativity* või *storage coefficient*). Tegelikult tasakaaluseisundi saavutamine võib aga aega võtta sajandeid, mille tõttu tuleb mõju arvutamisel rääkida aegsõltuvast, mitte tasakaalulisest alanduslehtrist. Alanduslehtri ulatus arvutatakse põhjaveevarude hindamise reeglistiku eeskujul 30 a möödumisel alates pumpamise algusest ([Keskkonnaminister, 2019](#)). Igal juhul on samal pumpamismahul survelehtes põhjaveekihtides tekkiva alanduslehtri raadius vabapinnalisest põhjaveekihist oluliselt suurem, tulenevalt viimaseid iseloomustava gravitatsioonilise veeanni (ingl. k. *specific yield*) ja pindalalise toitumise puudumise tõttu. Teisalt on survelehtes veekihtides reeglina oluliselt väiksema mõjuga veevarustusele ja ökosüsteemidele.

Levinuim aegsõltuv meetod arvutamaks põhjavee alanduse sügavust (s) survelehtes veekihi erinevatel radiaalkaugustel kaevust (r) on [C. V. Theisi \(1935\)](#) mudelarvutus:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} w(u) \quad [4],$$

$$w(u) = -\gamma - \ln u + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} u^k}{k \cdot k!} \quad [5],$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad [6],$$

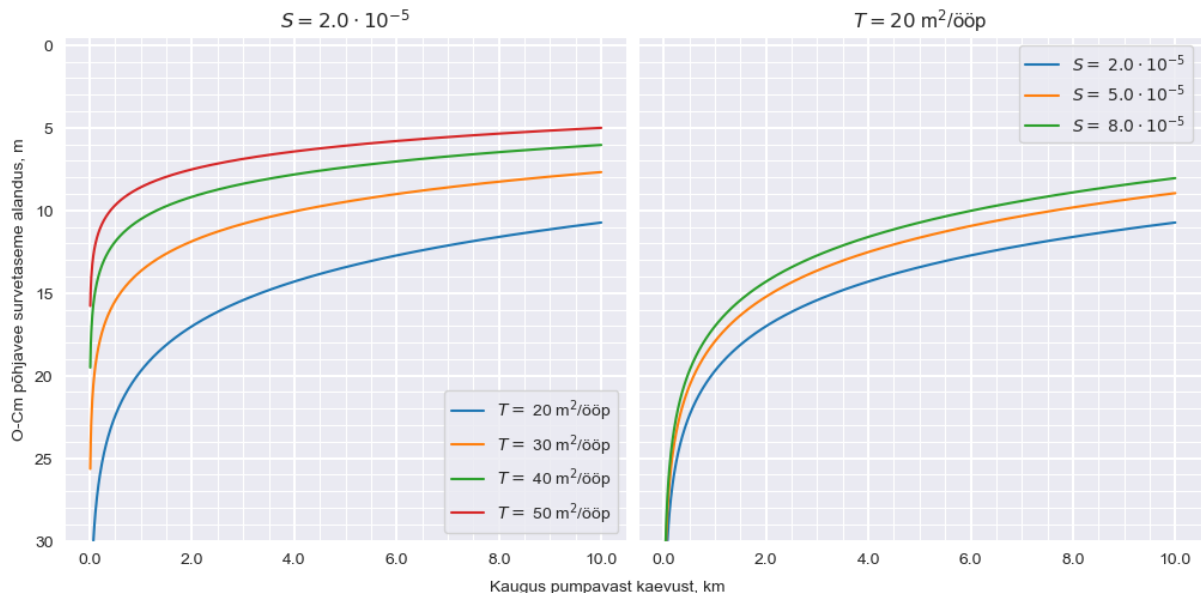
kus

- s – põhjaveetaseme alandus uuritava raadiusel,
- Q – veevõtt pumbatavast kaevust,
- T – põhjaveekihi veejuhtivus ehk läbilaskevõime (ingl. k. *transmissivity*),
- r – uuritav radiaalkaugus pumbatavast kaevust,
- S – põhjaveekihi veemahtuvus,
- t – pumpamise kestvus,
- $\gamma \approx 0,5772$ – Euleri (gamma) konstant.

Vajalikud parameetrid pärinevad samuti kirjandusest ja registriandmetest, mida küll leidub sügavamate põhjaveekihtide filtratsiooniomaduste kohta konkreetses piirkonnas vähe. Eesti põhjaveekogumite üldiseloomustuses esitatud andmete kohaselt, mis põhinevad suuresti 1970-tel tehtud väikesemõõtkavalistel uuringutel, on Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi filtratsioonikoefitsient (K) vahemikus 0,5-3 m/ööpäevas ([Marandi jt., 2019](#)). Kohtla-Järve geoloogilise baaskaardi lehe seletuskirjas on aga toodud väärtused 1-5 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2008](#)). Põhjaveekompleksi veejuhtivus (T) on filtratsioonikoefitsiendi ja veekihi paksuse korrutis ning kuna Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi paksus on piirkonnas ~18-30 m (keskmiselt 22 m; [Suuroja jt., 2008](#); [Savitski ja Savva, 2009](#); [Marandi jt., 2019](#), suurkaevud [4168](#), [14408](#), [71456](#)), vastavad sellele veejuhtivuse väärtused vahemikus 9-150 m²/ööpäevas. [A. Marandi jt. \(2019\)](#) toovad aga Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksile välja kitsama väärtuste vahemiku 20-50 m²/ööpäevas, millele toetume ka siinses analüüsis.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veemahtuvus on põhjaveekogumite üldiseloomustuse kohaselt $2,5 \cdot 10^{-5}$ – $6 \cdot 10^{-3}$ (Marandi jt., 2019), antud piirkonnas kalibreeritud Viru mudeli alusel aga suurusjärgus $5 \cdot 10^{-5}$ (Puura jt., 2018). Siin kasutame mõnevõrra konservatiivset väärtuste vahemikku $2 \cdot 10^{-5}$ – $8 \cdot 10^{-5}$.

Veevõtul (Q) $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ ning pumpamise kestmisel (t) 30 a arvutatud Ordoviitsiumi-Kambriumi alanduslehti külglprofiilid erinevate veemahtuvuste ja veejuhtivuste väärtustel on toodud [joonisel 5](#).



Joonis 5: Põhjaveetaseme alanduslehti külglprofiilid esimese 10 km raadiuses puurkaevust Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis. Värvilised jooned tähistavad võimalikke alanduslehtreid erinevatel veejuhtivuse (T ; vasakpoolne paneel) ja veemahtuvuse (S ; parempoolne paneel) väärtustel. Veevõtt (Q) on kõigil juhtudel $490 \text{ m}^3/\text{ööpäe}$, pumpamise ajaperiood (t) 30 aastat

Sügavaim arvutuslik alanduslehter saavutatakse vähima võimaliku veemahtuvuse ja (alanduslehti kaevupoolses osas) vähima veejuhtivuse tingimustes. Konservatiivse hinnangu nimel lähtumegi edaspidi olukorrast, kus Ordoviitsiumi-Kambriumi veejuhtivus on $20 \text{ m}^2/\text{ööpäe}$ ning veemahtuvus $2,5 \cdot 10^{-5}$. Sellisel juhul ulatub sentimeetrites mõõdetav arvutuslik survetaseme alanemine 30 aasta järel enam kui saja kilomeetri kaugusele. Sellistel kaugustel arvutatud alandust ei tasu aga siinpuhul üle interpreteerida – kaugemal kui 10 km hakkavad veetaseme muutusi tugevalt moduleerima olulised piirtingimused, mida siinses arvutuses ei käsitletud, nagu põhjaveekompleksi väljakiildumine klindirannikul või suurem veevõtt Estonia kaevanduse piirkonnas. Samas regioonis paiknevate suurema veevõtuga veehaarete või muude piirtingimuste mõju on sellistel distantidel palju olulisem kui siinsel kaevul.

Lähima kümne kilomeetri raadiuses on mõju põhjavee survetasemele halvimal juhul tugev, survetase langeb enam kui 11 m. Pumpamise jätkumisel samal määral kauem kui 30 a süveneb ja laieneb alanduslehter veelgi, kuid järjest vähenevas tempos. Näiteks pärast 50 a pumpamist on 10 km kaugusel kaevust survetase langenud 12 m, pärast 100 a pumpamist 13 meetrit.

Samamoodi nagu vabapinnalise põhjaveekihi puhul, on ka siin arvestatud tugevalt lihtsustatud maapõue mudeliga, kus veekiht ulatub ühtlase paksuse ja filtratsiooniomadustega mõjuraadiuse

piirini. Samuti eeldab mudel, et põhjaveekompleks ei toitu läbi ülemise Ordoviitsiumi veepideme või läbi ürgorgude ning ei arvesta põhjaveekihi looduslikku survetaseme gradienti ega teisi veetarbijaid. Arvutused on jällegi toodud eeldusel, et puurkaev avab põhjaveekompleksi selle täies paksuses.

Tegelikkuses põhjaveekompleks siiski toitub teatud määral läbi ülemise veepideme ning selle keskmised filtratsiooniomadused on tõenäoliselt siintoodust soodsamad, mille tõttu kujuneb reaalne alanduslehter tõenäoliselt siin arvutatust oluliselt (kuni kordades) tagasihoidlikumaks. Võrdluseks hinnati 2001. a, et Lügänu vallas peaks 1000 m³/ööpäevas küündiva Ordoviitsiumi-Kambriumi veevõtu puhul peaks survetase langema kuni -2 m absoluutkõrguseni, tegelikkuses kerkis mõnevõrra väiksema veevõtu tulemusel survetase absoluutkõrgusele >30 m ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

Ka siin põhjustab kivimite omaduste ja kihipaksuste heterogeensus alanduslehtri asümmeetriat. Alanduslehtri väljavenitatust põhjustab ka Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavee survetaseme gradient, mille suund ei ole aga antud piirkonnas selge. Looduslik voolusuund on põhja, klindiasangul asuvasse avamusse ([Marandi jt., 2019](#)), kuid Aidu karjääri tegevusajal oli piirkonnas moodustunud alanduslehter ([Suuroja jt., 2008](#)). Kuigi viimane on nüüdseks suuresti taastunud, võib sama efekti siiski anda Ojamaa kaevandus, avatav Uus-Kiviõli kaevandus või kaugemal asuv Estonia kaevandus. Puurkaevu tekitatud alanduslehter liitub ka teiste piirkonnas olevate Ordoviitsiumi-Kambriumi kaevude poolt põhjustatud alanduslehtritega, moodustades suurema ühise alanduslehtri. Survelistes veekihtides liituvad erinevate veehaarete alanduslehtrid lineaarsel moel; s.t kombineeritud alanduslehtri sügavuse ja ulatuse leidmiseks piisab erinevate kaevude individuaalsete alanduslehtrite liitmisest ning eraldi liitmõju efekte ei lisandu ([Fetter ja Kreamer, 2022](#)).

Ordoviitsiumi-Kambriumi kaevude erideebit on Kohtla-Järve kaardilehe ning Aidu karjääri sulgemise hüdrogeoloogilise uuringu andmetel 0,1-0,5 l·s⁻¹·m⁻¹, tüüpilisemalt 0,2-0,3 l·s⁻¹·m⁻¹ ([Suuroja jt., 2008](#); [Savitski ja Savva, 2009](#)), mis kattub lähimate puurkaevude andmetega ([4260, 4168, 71456](#)). Veevõtu 490 m³/ööpäevas puhul on eeldatav veetaseme alandus puurkaevus endas seega koguvahemikus 11-57 m. Lähimate kaevude alusel on Ordoviitsiumi-Kambriumi survetase absoluutkõrgusel ~35-40 m ning veekihi enda lasum absoluutkõrgusel ~5...0 m ([4260, 4168, 71456](#); [Suuroja jt., 2008](#)). Seega esineb risk, et vastavas mahus veevõtt ühest puurkaevust võib põhjustada lokaalselt survetaseme langemist veekihi lasumini, põhjustades keemilisi muutusi kivimikihtides ja põhjavee kvaliteedis ning erinõudeid kaevu konstruktsioonile. Jättes survekõrguseks üle põhjaveekompleksi lasumi 5 m, oleks halvima võimaliku erideebiti 0,1 l·s⁻¹·m⁻¹ puhul võimalik ühest kaevust vett ammutada 300 m³/ööpäevas. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi kaevu projekteerimisel tuleb seega enne korralise veevõtu algust tõendada kaevu erideebit ja vastava veevõtu võimalikkus pikaajalise (vähemalt 48h) katsepumpamise teel. Arvestada tuleb ka vajadusega rajada põhjaveekompleksi vähemalt kaks puurkaevu. Mitme kaevu kasutamine sama vooluhulga saamiseks ei põhjusta summaarse alanduslehtri olulist suurenemist võrreldes eeltoodud arvutustega.

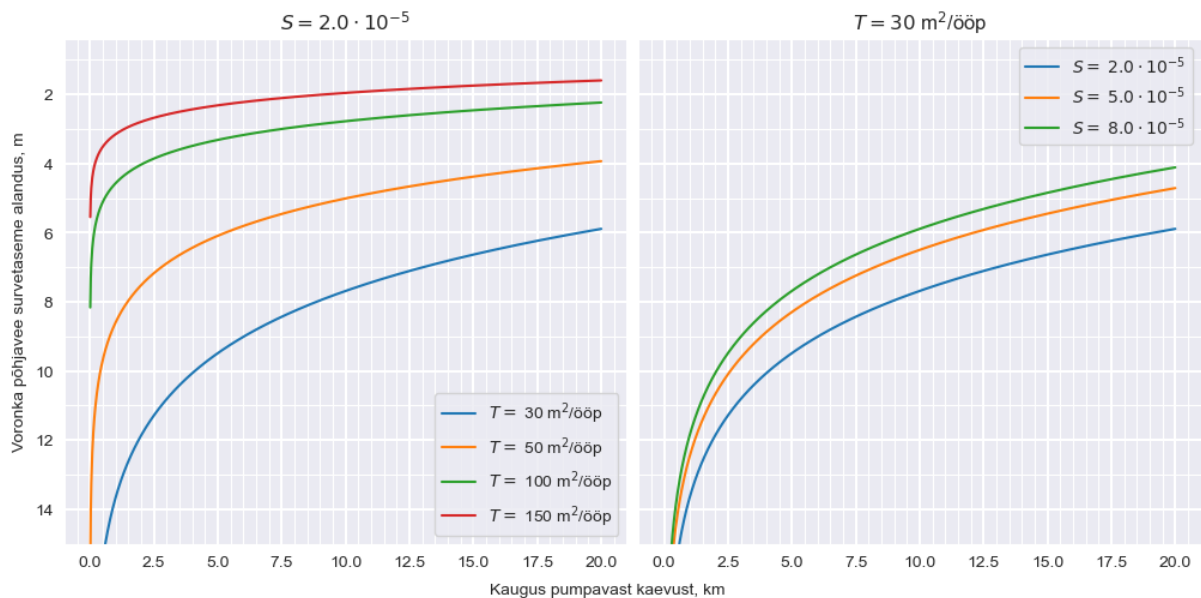
4.3 Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekiht

Alanduslehtrid Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi mõlemas veekihis arvutatakse analoogselt Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksiga, kasutades samu eeldusi põhjaveekompleksi pidevuse ja omaduste ühtluse kohta. Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi põhjaveekihtide filtratsiooniomadused on erialakirjanduses mõnevõrra vähem täpselt välja toodud kui Ordoviitsiumi-Kambriumi omad. Voronka põhjaveekihi lateraalne filtratsioonikoefitsient on

väikesemõõtkavaliste uuringute tulemusel hinnatud vahemikku 1,3-9,6 m/ööpäevas, keskmiselt 4,2 m/ööpäevas (Marandi jt., 2019), Kohtla-Järve kaardilehel aga 1-5 m/ööpäevas (Suuroja jt., 2008). Põhjaveekihi paksus antud piirkonnas on vahemikus 20-40 m (nt puurkaevud 2328, 2964, 2332), millele vastavad veejuhtivused on vahemikus 20-384 m²/ööpäevas. Üldjuhul on Kambriumi-Vendi veejuhtivus hinnatud siiski vahemikku 30-150 m²/ööpäevas (keskmiselt 78 m²/ööpäevas; Marandi jt., 2019), millest lähtume ka siin.

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi katsepumpamiste tulemusel on põhjaveekompleksi eriveemahtuvuse (S_s , ingl. k. *specific storage*) suurusjärguks leitud $\sim 10^{-6} \text{ m}^{-1}$ (nt Tamm ja Pello 2016; Paat, 2018), millele vastab veemahtuvus $\sim 5 \cdot 10^{-5}$. Antud väärtus on lähedal surveliste põhjaveekihtide minimaalsetele väärtustele (koguvahemik $5 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-3}$; Todd, 1980). Siin vaatleme vahemikku $2 \cdot 10^{-5}$ - $8 \cdot 10^{-5}$.

C. V. Theisi (1935) meetodil valemite 4-6 alusel arvatud Kambriumi-Vendi Voronka veekihi alanduslehtri külgsuunalised veevõtul (Q) 490 m³/ööpäevas, pumpamise kestmisel (t) 30 a ning erinevate veemahtuvuste ja veejuhtivuste väärtustel on toodud joonisel 6.



Joonis 6: Põhjaveetaseme alanduslehtri külgsuunalised veevõtul esimese 20 km raadiuses puurkaevust Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekihi. Värvilised jooned tähistavad võimalikke alanduslehtreid erinevatel veejuhtivuse (T ; vasakpoolne paneel) ja veemahtuvuse (S ; parempoolne paneel) väärtustel. Veevõtt (Q) on kõigil juhtudel 490 m³/ööpäevas, pumpamise ajaperiood (t) 30 aastat

Konservatiivse hinnangu nimel lähtume siingi minimaalsest võimalikust veejuhtivusest (30 m²/ööpäevas) ning veemahtuvusest ($2 \cdot 10^{-5}$). Võrreldes Ordoviitsiumi-Kambriumi arvutusega on siin leitud alanduslehter oluliselt suurema veejuhtivuse tõttu „laugem“ ehk vähema sügavusega – 10 km kaugusel pumpavast kaevust on alanduslehtri sügavus <8 m, 20 km kaugusel 6 m. Teoreetiline (sentimeetritesse ulatuv) mõju 30 a möödudes ulatub aga samuti paljude kümnete kilomeetrite kaugusele.

Samamoodi nagu Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksigi puhul, tuleb siingi tõdeda, et alanduslehtri ulatus ja sügavus on tõenäoliselt olulisel määral ülehinnatud. Väiksel määral toimub siiski veekompleksi toitumine ja surve taseme taastumine läbi Lükati-Lontova veepideme filtreerumise, läbi aluspõhjaliste orgude või avamusel Soome lahe põhjas ka mereveest.

Kaevanduspiirkondades on ka risk, et lõhketööde tulemusel on kahjustunud sügavate puurkaevude manteltorude isolatsioon, mil puhul võib mõnel toimuda veekihi toitumine läbi sel viisil tekkinud vooluteede ([Pärn ja Truu, 2024](#)). Samuti on veekompleksi keskmine veejuhtivus siin kasutatust tõenäoliselt suurem. Viimased asjaolud vähendavad alanduslehtri laiust või sügavust. Võrdluseks võib tuua Tallinna ümber kujunenud Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi alanduslehtri, mis ulatub hüdrogeoloogilise kaardistamise andmetel linnast märgatavalt vaid ~30-40 km kaugusele (Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 50 000 hüdrogeoloogiline baaskaart), olenemata kinnitatud Kambriumi-Vendi põhjaveevarudest, mis ulatuvad ainuüksi Tallinna linna piires üle 30 000 m³-ni ööpäevas ([Keskkonnaminister, 2006](#)). Alanduslehter „venib“ välja põhjaveekompleksi üldises suunas, mis on looduslikul kujul põhja ([Perens ja Vallner, 1997](#)), kuid võib olla mõjutatud piirkonnas dünaamiliselt taastuvatest survetaseme alanduslehtritest ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

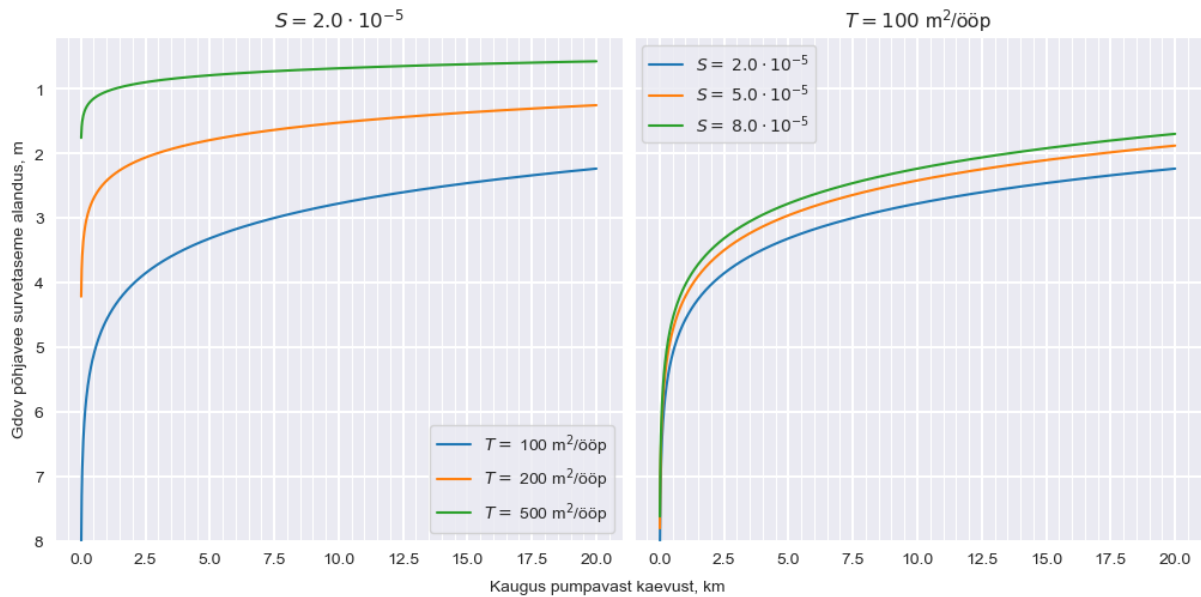
Teiste puurkaevude tekitatud alanduslehtrid ühtivad siinsega lineaarsel moel, s.t ei teki lisanduvaid liitefekte. Arvestades arvutuslike alanduslehtrite ulatust, tuleb siiski kaevust enam kui kümne kilomeetri kaugusel rääkida pigem alanduslehtritest mitte üksikute kaevude vaid tervete piirkondade veevõtu koosmõjus. Lähikonnas on Kambriumi-Vendi Voronka veekihi veevõtt nt Lüganuse vallas kokku lubatud 300 m³/ööpäevas ([Keskkonnaminister, 2021](#)). Siinses suurusjärgus veehaare on seega lähikonna Voronka veekihi mõttes domineeriv. Põhjaveekogumi piires on viimastel aastakümnetel toimunud survetaseme taastumine või stabiliseerumine tänu eelmise sajandiga võrreldes vähenenud veevõtule ([Marandi jt., 2019](#); [Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi kaevude erideebit on reeglina suurem kui Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis. Geoloogilisel kaardistamisel toodi Voronka veekihi erideebititeks 0,5-1 l·s⁻¹·m⁻¹ ([Suuroja jt., 2008](#)), millele vastavad ka lähimate puurkaevude andmed (nt [14379](#), [14898](#), [50813](#)). Veetaseme alanduseks kaevus kujuneks veevõtul 490 m³/ööpäevas seega 5-11 m, mis jätaks Voronka kivimite lasumi kohale survekõrguseks ~70-95 m ning ei tekitaks seega probleeme kaevu konstruktsioonile ega veekvaliteedile.

4.4 Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekiht

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi Gdovi veekihi arvutati alanduslehtri profiil samal meetodil eelnevate veekihtidega. Veejuhtivuse väärtusteks on toodud Gdovi kihis 3-9 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2008](#); [Marandi jt., 2019](#)) ning veekihi paksused on 40-60 m ([Suuroja jt., 2008](#)), andes veejuhtivused 120-540 m²/ööpäevas. Siin aga lähtutakse põhjaveekogumi üldiseloomustuse väärtustest 100-500 m²/ööpäevas ([Marandi jt., 2019](#)). Veemahtuvus on sarnaselt Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksile ja Voronka kihile suurusjärgus ~5·10⁻⁵ ([Puura jt., 2018](#)), mille tõttu vaadatakse siin samuti väärtusi vahemikus 2·10⁻⁵-8·10⁻⁵.

Kambriumi-Vendi Gdovi veekihi alanduslehtri külgprofiilid veevõtul (Q) 490 m³/ööpäevas, pumpamise kestmisel (t) 30 a ning erinevate veemahtuvuste ja veejuhtivuste väärtustel on toodud [joonisel 7](#).



Joonis 7: Põhjaveetaseme alanduslehtri külprofilid esimese 20 km raadiuses puurkaevust Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekihi. Värvilised jooned tähistavad võimalikke alanduslehtreid erinevatel veejuhtivuse (T ; vasakpoolne paneel) ja veemahtuvuse (S ; parempoolne paneel) väärtustel. Veevõtt (Q) on kõigil juhtudel $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$, pumpamise ajaperiood (t) 30 aastat

Konservatiivsel hinnangul on veejuhtivus $30 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$ ning veemahtuvus $2 \cdot 10^{-5}$. Tulenevalt suuremast veejuhtivusest on alanduslehter Voronka veekihi võrreldes veelgi laugem – 10 km kaugusel pumpavast kaevust on alanduslehtri sügavus $< 3 \text{ m}$, 20 km kaugusel $< 2 \text{ m}$. Teoreetiline (sentimeetritesse ulatuv) mõju 30 a möödudes ulatub sama kaugele kui varem käsitletud survelestes veekihtides.

Eelnevates peatükkides toodud mõõndused alanduslehtri ulatuse ja sügavuse ülehinnangu ning kuju heterogeensuse kohta kehtivad ka siin. Lüganuse vallas on Kambriumi-Vendi Gdovi veekihi veevõtuks lubatud $3200 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ ([Keskkonnaminister, 2021](#)), mis on suurusjärgu võrra suurem siinsest veehaardest. Kuna tegelik veevõtt Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksist on Lüganuse vallas aga vaid $\sim 1500 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)), moodustaks kavandatav veevõtt siiski märkimisväärse osa. Samuti nagu Voronka kihis ja Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksis on siingi survetase aastakümnete jooksul taastumas ([Marandi jt., 2019](#); [Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

Gdovi veekihi erideebitid on üldiselt suured, jäädes $1\text{--}5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ vahele ([Suuroja jt., 2008](#)), nagu näha lähimates puurkaevudes (nt [2330](#), [2964](#), [4787](#)). Veetaseme alanduseks kaevus kujuneks veevõtul $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ seega 1–6 m, mis jätaks Gdovi kivimid surveleiseks ja ei tekitaks probleeme kaevu konstruktsioonile ega veekvaliteedile.

5 Mõju põhjavee kvaliteedile

Aidu kaitsetööstuspargi rajamine võib mõjutada põhjavee kvaliteeti põhiliselt tänu asjaolule, et veevõtt puurkaevust võib tekitada Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis põhjaveetaseme alanduslehtri. Veetaseme alanemise tõttu suureneb hapniku voog varasemalt hapnikuvaeses veealuses keskkonnas olevatesse karbonaatkivimitesse, mille tagajärjel võivad need hakata oksüdatiivselt leostuma. Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi põhjaveekomplekside Voronka ja Gdovi veekihtides, seevastu, ei ole oodata survetaseme langemist allapoole kivimite lasumit, mille tõttu ei leidu kohalikes kivimites toimuvat protsessi, mis põhjustaks vastavates kompleksides põhjavee kvaliteedi märgatavaid muutusi. Ka viimase 20 aasta Lüganuse valla ühisveevärgi kaevude seireridades ei ole täheldatud vee keemilise koostise muutusi, olenemata pidevast veevõtust, mis toimub suurematel voolukogustel kui kaitsetööstuspargis planeeritu ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)).

Kaitsetööstuspargi tööstuslik veetarbimine on planeeritud lahendada võimalikul määral kinniselt, hoides ja puhastades vett ringluses. Tootmine on projekteeritud nõnda, et välistada tööstuskemikaalide lekked ning sellest tulenev põhjavee reostus. Ebatõenäoliste avariiliste lekete mõju põhjaveele antud planeeringuetapis ei käsitleta.

Kaitsetööstuspargi heitvee ja jahutusvee käitlemise eeldus on, et vees sisalduvad tööstuskemikaalid eemaldatakse sellest nõuetekohaselt enne vee pinnasesse või pinnaveekokku juhtimist ([Keskkonnaminister, 2019c](#)). Heit- ja jahutusvee käitluseks on võimalused juhtida see torujuhet pidi ühiskanalisatsiooni või kaugemal asuvasse vooluveekogusse (nt Ojamaa jõkke), otse Aidu karjääri tranšeeveekogudesse või immutada pinnasesse. Suublasse või pinnasesse juhtimisel on vajalik veeluba ([Veeseadus](#)).

Põhjavee seisukohast omaks mõju põhiliselt heit- ja/või jahutusvee pinnasesse immutamine. Vastavalt [Keskkonnaministri määrusele nr 61 \(2019c\)](#) on heitvett lubatud pinnasesse immutada kuni 50 m³/ööpäevas, mida võib kaitsetööstuspargi vajadustest lähtuvalt olla liialt vähe. Pinnasesse immutamisel peab samuti arvestama, et karjäärade puistematerjal (mis on küll äärmiselt heterogeensete omadustega) on tüüpiliselt väga kohev ning ei oma puhastusvõimet. Heit- ja jahutusvesi võib jõuda suuresti muutmatul kujul läbi pinnase Ordoviitsiumi põhjaveekihti ning levida sealt lahustunud kujul edasi ka põhjavee tranšeeveekogudesse. Seega, kuigi karjääripuistel on nominaalselt täidetud määruses toodud kohustus, et heitvee immutussügavus peab olema 1,2 m kõrgemal aluspõhja kivimitest, ei täida puistesse immutamine määruse eesmärki. Seega peab arvestama vajadusega kanda immutusväljaku territooriumile vähemalt 1,2 m paksune kiht keskmise veeläbilaskvusega pinnast, mis tagaks heitvee imbumise piisavalt pika aja jooksul (nõuded täpsustatakse imbväljaku projekteerimise käigus). Nõudest saab vabaneda vaid siis, kui karjääripuiste pinnase puhastusvõimes veendutakse immutusväljaku ala pinnaseuuringu abil, kus määratakse katsetega materjali filtratsiooniomadused.

Heitvee käsitlemiseks on seega mõistlik see juhtida tranšeeveekogudesse, mille summaarne läbivoolu hulk on suurusjärki suurem kui tekkiva heit- ja jahutusvee hulk. Sel juhul tuleb vesi nõuetekohaselt puhastada ning veeloaga kaasnevad ka seirekohustused, kusjuures seiratavate ühendite nimekirja sõltub konkreetsest tööstustehnoloogiast.

Võimalik mõju põhjavee kvaliteedile avaldub Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis tänu veetaseme alandamisele. Mõju piirdub tõenäoliselt alanduslehtri alaga (täpsemalt olulise mõju alaga, kus veetase langeb 0,5 m või enam), kuna alanduslehtis on põhjavee voolusuund üldiselt kaevu ning mõjutatud põhjavesi ei liigu alanduslehtist välja. Karbonaatkivimites hajusalt esineva püriidi

oksüdeerumisel võib vesi muutuda sulfaatide- ja rauarikkamaks. Mõnevõrra suureneb ka risk püriidis sisalduvate raskmetallide veekeskkonda mobiliseerimiseks, mida on põlevkivi kaevandamispiirkondades hiljuti täheldatud ([Kõrgmaa ja Nurk, koostamisel](#)). Halbade tingimuste kokkusattumisel võib sulfaadi kontsentratsiooni tõus põhjaveekihi esile kutsuda väävelvesiniku (H_2S) teket või selle kontsentratsiooni tõusu, nt kui lokaalselt satub põhjaveekihti orgaanilist iseloomu saasteaineid (s.h olmereostust või põlevkivi leostumisel tekkinud ühendeid), mille bakteriaalsel oksüdeerumisel sulfaadi abil tekib vaba väävelvesinik. Intensiivistunud karbonaatkivimite leostumise tulemusel suureneb ka kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus vees ning suureneb vee karedus ja üldmineraalsus.

Aidu karjääri puistel on aga tegevuse lisanduv mõju põhjavee keemiale võrdlemisi vähese suhtelise olulisusega. Eelnimetatud protsessid on aastakümneid väldanud kaevandamistegevuse käigus, kus põhjaveetaset langetati kümneid meetreid, toimunud märkimisväärselt suurema intensiivsusega. Põlevkivi kaevandamisalade Ordoviitsiumi põhjavee SO_4^{2-} sisaldus on tõusnud looduslikult sisalduselt 60-100 mg/L kuni väärtusteni ~350 mg/L või suletud kaevanduses isegi >1000 mg/L ([Erg, 2005](#); [Perens jt., 2012](#)). Probleeme põhjustavad ka kaevandustegevuse ja aherainemägedega seotud suuremad orgaaniliste ainete (fenoolid, naftasaadused, benseen, PAH) kontsentratsioonid maapinnalähedases põhjavees.

Pärast Aidu karjääri sulgemist ja veetaseme tõstmist praegusele tasemele on kivimites toimuvad protsessid mõnel määral aeglustunud või isegi pöördunud. Küll aga jätkuvad need protsessid karjääriga külgnevatel siinamaani aktiivsetel või peatselt kasutusse minevatel kaevandamisaladel, nt Ojamaa või Uus-Kiviõli kaevanduses. Kaevu poolt lisanduv kuivendusmõju suudab piirkonna põhjavee kvaliteeti seega mõjutada suhteliselt vähesel määral.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis nähakse riski põhjaveekvaliteedi muutusteks, kui veevõtu tulemusel peaks survetase oluliselt langema ning põhjaveekompleks hakkab suuremal määral toituma läbi lasuva veepideme Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ([Marandi jt., 2019](#); [Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)). Sel juhul võivad Ordoviitsiumi põhjavee kvaliteediprobleemid kanduda ka Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavette. Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi veekihtides seisneb risk põhiliselt merevee sissetungis ([Marandi jt., 2019](#)), mis aga ei ole kaitsetööstuspargi asukohas relevantne.

Teatud risk kvaternaarisetes leviva ja sellega kohati ühendatud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi põhjavee kvaliteedi mõjutamiseks tuleneb ka olenevalt kaitsetööstuspargi arengusuunast lõhkeaine tootmisjääkide põletusplatsil või lõhkeplatsil toimuvatest tegevustest. Vastavalt tegevustele võib pinnasesse sattuda lõhkeainete jääke ja moona katsetamisel ka raskmetalle, mis võivad vihmaveega läbi pinnase filtreerudes jõuda põhjaveekihti ([Tauqeer jt., 2020](#)). Tegevused põletus- või lõhkeplatsidel peab läbi viima viisil, mis minimeeriks lõhkematerjali ja muud jääkide sattumist mulda, tagades võimalikul määral lõhkeaine täieliku lagunemise. Põletusplatsile paigaldatakse betoonplaat eeldatavalt varikatuse ja/või betoonplaadilt sademevee äravooluga, mis tagab, et lõhkeainejäägid ei satu pinnasesse. Sarnased lahendused, mis tagavad pinnase reostuse minimeerimise, peab kasutusele võtma ka lõhkeplatsi rajamisel. Igal juhul peab viivitamatult tagama lõhkamata materjali ning moonajääkide eemalduse ja koristuse platsil ja selle ümbruses. Põletus- või lõhkeplatside kasutuselevõtule eelnevalt on soovituslik koostada kaitsevää harjutusväljade eeskujul seirekava, mille rakendamisel hinnatakse raskmetallide ning kasutatavate lõhkeainete sisaldust pinnases.

Juhul, kui tekkiv reostus mobiliseerub, võib see sattuda ülemisse põhjaveekihti (Kvaternaari setetes ning Ordoviitsiumi kivimites) ning liikuda sealt edasi kaitsetööstuspargiga külgnevatesse

tranšeeveekogudesse, mille tõttu on mõistlik samade ühendite osas seirata ka vastavate veekogude veekvaliteeti. Sel põhjusel on soovituslik sarnaselt pinnasele seirata raskmetallide ja/või lõhkeainete sisaldust ka tranšeeveekogudes. Reostuse kontsentratsioon väheneb järjest allikast allavoolu. Risk sügavamate, surveliste põhjaveekomplekside veekvaliteeti mõjutada puudub.

Veekvaliteedi muutuste implikatsioone piirkonna veevarustusele käsitletakse järgmises peatükis.

6 Mõju piirkonna veevarustusele ja looduslikele elupaikadele

Kaitsetööstuspargi veevõtt võib potentsiaalset avaldada piirkonna veevarustusele mõju läbi põhjaveetaseme alanduslehtri tekke ja veekvaliteedi muutuste.

Ida-Virumaa kaevandamispiirkondades mängivad veevarustuse seisukohast suuremat rolli sügavamad, Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksid. Tulenevalt olulistest alanduslehtritest ning kvaliteediprobleemidest tarvitatakse Ordoviitsiumi kompleksi põhjavett joogiveena pigem vähe ning vaid üksikmajapidamiste poolt.

Kaitsetööstuspargi lähiümbruses on elamuid vähe. Lähim, Aidu-Liiva küla Vanaoja kinnistu (katastritunnus 43801:001:0279) asub ~1100 m kaugusel loodes. Täpsustamaks võimalikku mõju kinnistu kaevule ning fikseerimaks olukord enne kaitsetööstuspargi rajamist võeti 20.02.2026 antud kinnistul kaevu veeproovid. Veetaset ja kaevu sügavust ei olnud käesoleva uuringu käigus võimalik mõõta, kuna kaev oli külmumise vastu suletud ja omanik ei eelistanud seda avada. Kaev on aga EELISes registreeritud (registrinumber [4260](#)), kust selgub, et see on rajatud Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi. Kaevu sügavus oli 1991. aastal rajamisel 55,1 m ning staatiline veetase oli 8 m maapinnast. Enne filtreid võetud veeproovid analüüsiti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Jõhvi laboris ning proovitulemused on toodud [tabelis 5](#).

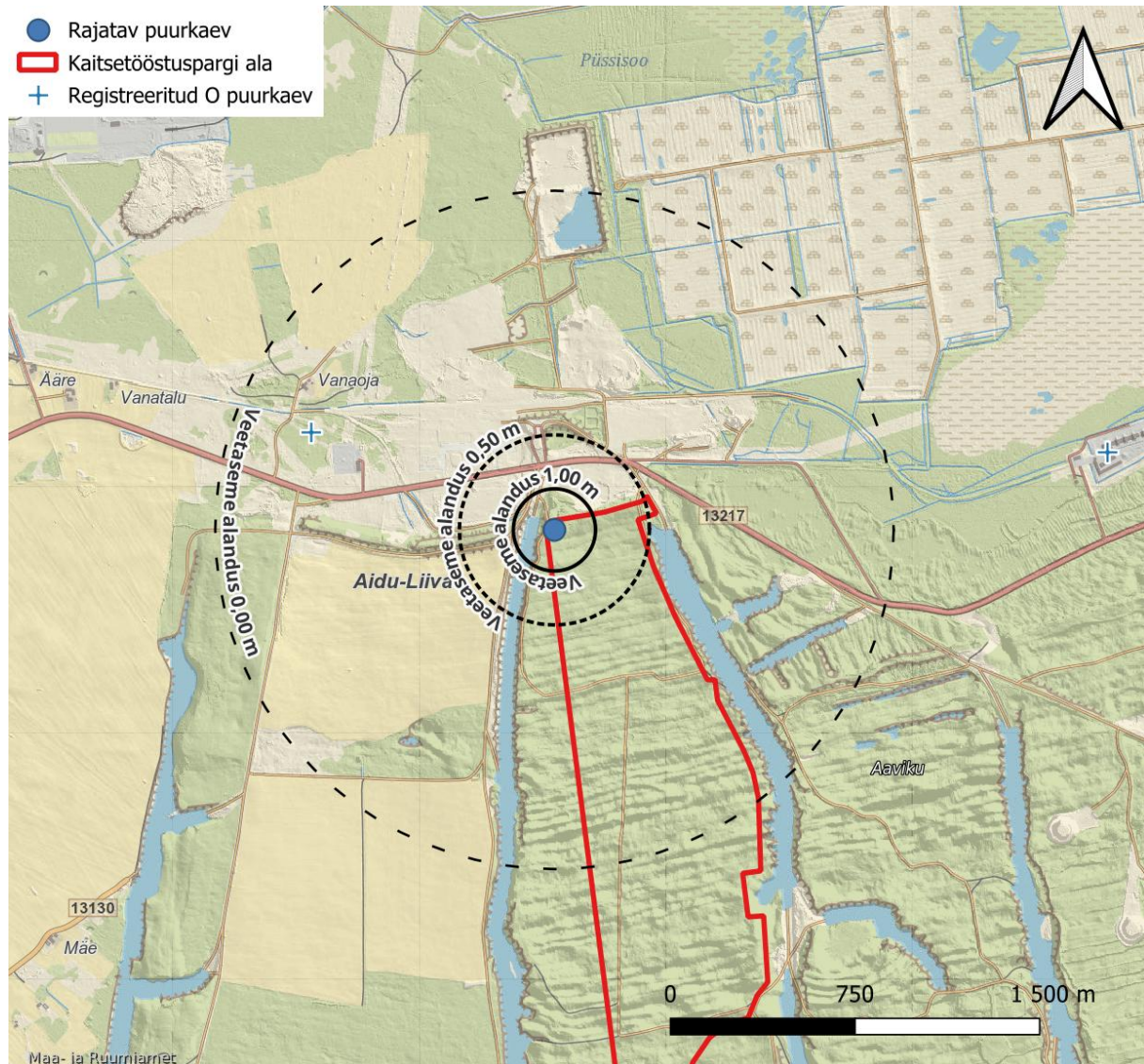
Tabel 5: Aidu-Liiva küla Vanaoja kinnistu puurkaevu [4260](#) veeanalüüsi tulemused

Näitaja	Tulemus
Temperatuur, °C	6,20
Elektrijuhtivus, µS/cm	550
Hõljuvaine, mg/L	<2
Hägusus	3,8
Lõhnaläve indeks	1
pH	7,9
Sulfaat, mg/L	50
Värvus, mg/L Pt	25

Näitaja	Tulemus
Üldkaredus, mg-ekv/L	2,9
Mangaan, µg/L	<10
Raud, µg/L	150
Coli-laadsed bakterid, arv/100 mL	0
Enterokokid, arv/100 mL	0
Escherichia coli, arv/100 mL	0
Kolooniate arv, arv/1 mL	3

Veeanalüüsi tulemused jäävad joogivee kvaliteedinõuete piiresse ([Sotsiaalminister, 2019](#)). Kaevuomaniku sõnul on siiski esinenud probleeme kõrge rauasisaldusega, mille vastu kasutatakse filtreid.

Hindamaks mõju ka teistele Lügänu valla kaevudele kanti [peatükis 4](#) leitud põhjavee (surve)taseme alanduslehtrid kaardipildile. Kuna planeeringu praeguses etapis ei ole selgunud tehnovõrkude, s.h veevarustusrajatiste asukoht, paigutati kaev antud hinnangu tarbeks piirkonna veevarustuse seisukohast halvimalle võimalikku paika, s.t kaitsetööstuspargi planeeringuala loodenurka, mis on lähim Püssi ja Kiviõli linnadele ning teistele puurkaevudele.



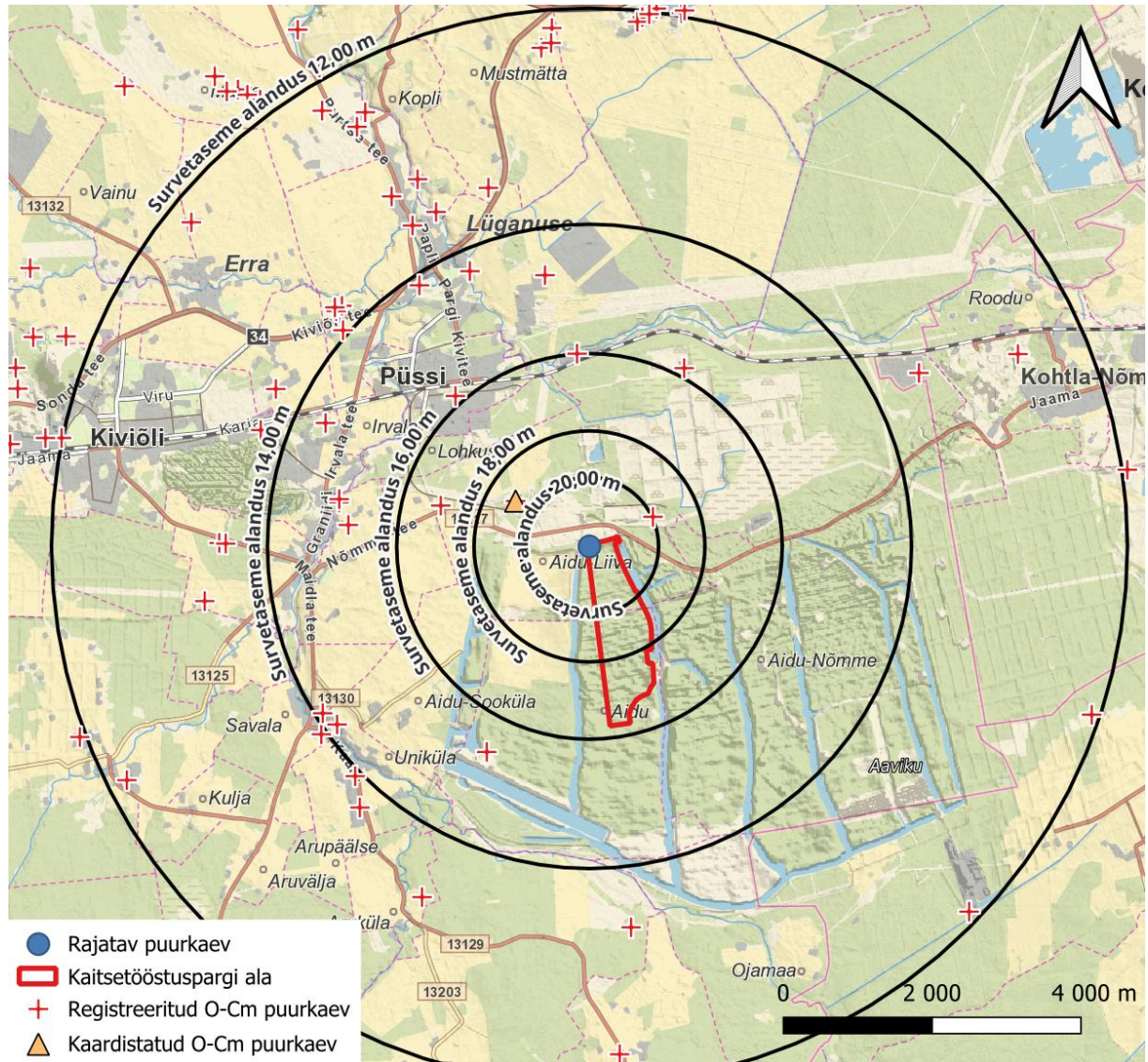
Joonis 8: Põhjaveetaseme alandus Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis maksimaalselt ebasoodsa kaevu paigutuse ja hüdrogeoloogiliste parameetrite puhul. Lisaks EELISse kantud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi avavad puurkaevud. Tegelikult takistavad tranšeeveekogud põhjaveetaseme alanduse edasist levikut, mille tõttu on alanduslehtri ulatus vähemalt edela ja kagu suunal ülehinnatud. Alus: Maa- ja Ruumiamet, Keskkonnaagentuur 2026

Mõju Ordoviitsiumi põhjaveekompleksile ning sealsetele kaevudele on kujutatud [joonisel 8](#). Veetaseme alanduslehtri potentsiaalse mõjuraadiuse sisse jääb vaid üks Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi avav tarbekaev katastrinumbriga [19631](#) (lisaks on mõned hüdrogeoloogilised seirekaevud, mida siin kaardil ei kujutata). Ka selle kaevu puhul on EELISse kantud kasutuse eesmärk tõenäoliselt mitteaktuaalne, kuna kaev asub alal, kus ei ole Maa- ja Ruumiameti kaardil märgitud ühtki hoonet. Lisaks on mõju antud kaevu veetasemele arvutuslikult vaid üksikutes sentimeetrites, seega aastaajalise veetaseme loodusliku kõikumise foonil märkamatu. Veelgi enam – tulenevalt asjaolust, et tõenäoliselt hakkab Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi rajatava kaevu veevõttu kompenseerima tranšeeveekogudest põhjavette filtreeruv pinnavesi, on kaardil toodud alanduslehter tõenäoliselt oluliselt ülehinnatud.

[Eelmises peatükis](#) käsitletud võimalikud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veekvaliteedi muutused (mis tõenäoliselt ei ole kaevandamistegevuste poolt põhjustatud muudatustega

seoses eraldi tajutavad) levivad põhjaveetaseme alanduslehtri piires, kus leiavad aset kivimite keemilise keskkonna muutused. Mõjutatud põhjavee voolusuund on kaevu poole ning see ei jõua teiste tarbekaevudeni. Kokkuvõttes võib öelda, et veevõtt Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ei põhjusta muutusi piirkonna veevarustuses.

Mõju ei avaldu ka põhjaveest sõltuvatele ökosüsteemidele. Lähim selline ala võiks asuda kirdesuunas asuvas Hiiesoos. Hiiesoo Aidu karjäärile lähim osa on aga kuivendatud ning seal toimub turba tootmine. Kuivendamata alani ei ulatu ka kaevu teoreetiline mõju, mille tõttu ei põhjusta veevõtt Ordoviitsiumi põhjaveekihist olulist mõju ökosüsteemidele. Kaitsetööstuspargist ~4 km kaugusel asuv Natura 2000 Uhaku loodusalale on mõju välistatud.



Joonis 9: Põhjavee survetaseme alandus Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis pärast 30 a pumpamist maksimaalselt ebasoodsa kaevu paigutuse ja hüdrogeoloogiliste parameetrite puhul. Lisaks EELISse kantud ja kaardistatud Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi avavad puurkaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet, Keskkonnaagentuur 2026

Ordoviitsiumi kaevu veevõtt ei saa läbi põhjaveekihi mõjutada ka Aidu karjääri tehisveekogude veetaset või sealset elustikku, kuna Aidu karjääri ühendatud veekogude vooluhulgad on suurusjärki suuremad siinsest veevõtust ning vastav veekadu ei mõjuta tajutaval määral

veekogude veetaset. Keskmine juurdevool Aidu karjääri oli 2019. a 86 580 m³/ööpäevas, miinimumvool 8554 m³/ööpäevas ([Tamm jt., 2020](#)).

Võrreldes Ordoviitsiumi põhjaveekompleksiga puudub veevõtul survealistest põhjaveekompleksidest ka teoreetiline võimalus mõjutada piirkonna ökosüsteeme. Seevastu võib veevõtt mõjutada põhjaveekomplekside survetaset tunduvalt laialdasemal alal, tulenevalt oluliselt aeglasemast veevahetusest ja pindalalise toitumise väga väikesest määrast. Mõju veevarustusele on sedavõrd olulisem, kuna needsamad survealised veekompleksid on Ida-Virumaa kaevandamispiirkondades ainsad ühisveevarustuse jaoks kõlbulikud veeallikad.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis 30 a jooksul pideval 490 m³/ööpäevas pumpamisel tekkiv survetaseme alanduslehter on kujutatud [joonisel 9](#) koos piirkonna sama kompleksi avavate tarbekaevudega. Arvutuste kohaselt ulatub survetaseme langus kuni 12 m enam kui 50 tarbekaevuni.

Ühest küljest on survetaseme langus sügavates puurkaevudes tüüpiliselt vähese mõjuga – piisab vaid pumba langetamisest. Kuna alanduslehter kujuneb välja aastakümnete jooksul, ei ole tekkivad muutused järsud ning nendeks on kaevuomanikel võimalik pikalt valmistuda. Antud piirkonna kaevuomanikud on ka survetasemete muutustega juba kohastunud, kuna eelmise sajandi lõpul ja praeguse algul toimus piirkonnas veetarbimise vähenemisel ja Aidu karjääri sulgemisel ulatuslik survetaseme tõus ([Metsur ja Grigorjeva, 2020](#)). Arvestada tuleb ka asjaoluga, et siin kasutatud hüdrokeoloogilised parameetrid on halvimal viisil võimalikud ning tegelik alanduslehter kujuneb tõenäoliselt tunduvalt tagasihoidlikumaks.

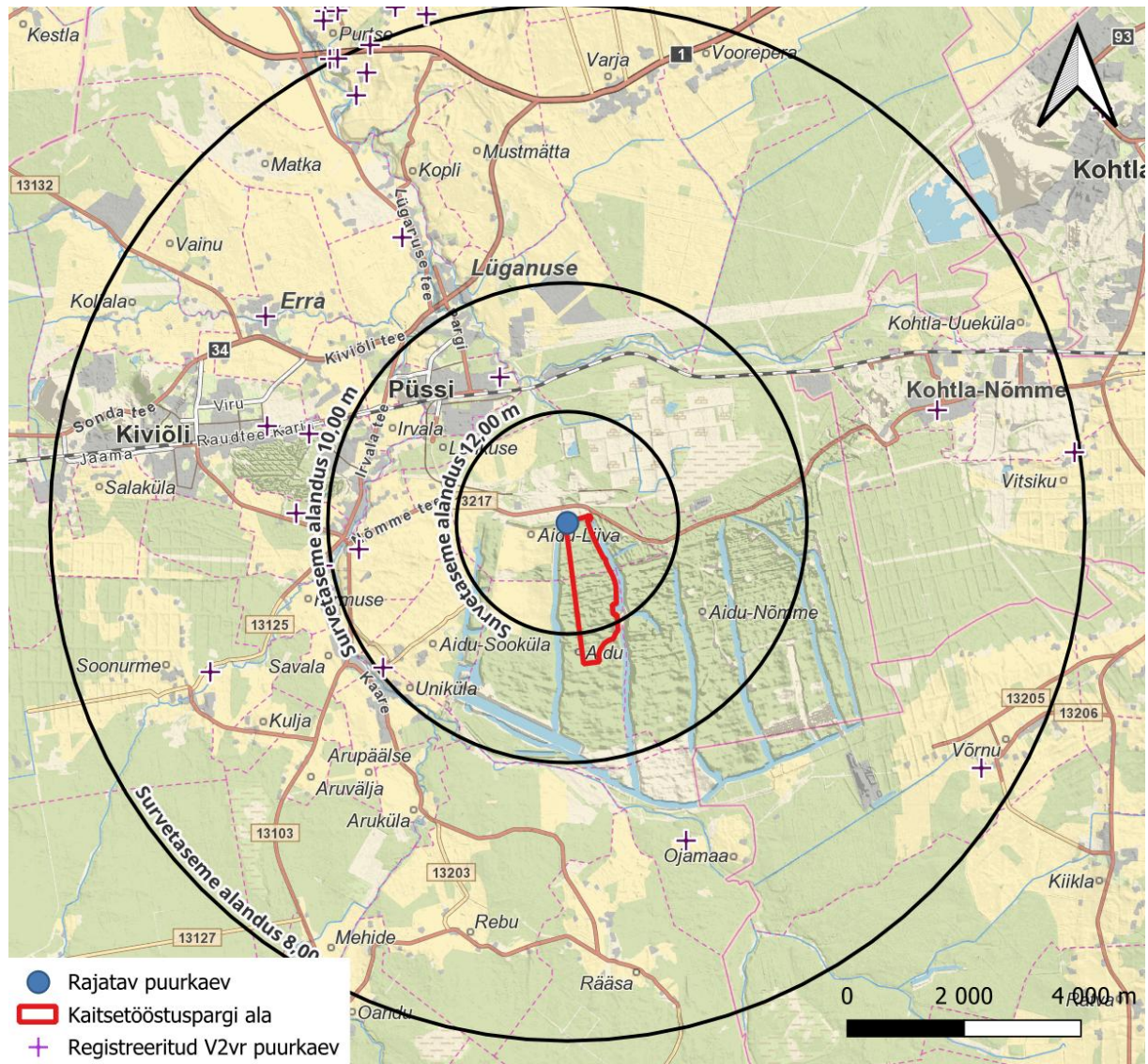
Siiski ei saa välistada võimalust, et täies mahus veevõtt Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist võib avaldada Lüganuse valla veevarustusele märgatavat mõju. Survetaseme alanemine muutub veevarustusele oluliseks, kui selle tulemusel langeb veetase veekihi lasumini ning veekiht muutub survetuks. See võib tuua kaasa muutused põhjavee keemilises koostises ning põhjustada probleeme puurkaevude konstruktsioonis. Kuna survetase on Aidu karjääri lähedal kohati vaid ~40 m ülalpool veekihi lasumit ([4260, 4168, 71456; Suuroja jt., 2008](#)), ei põhjusta survetaseme langus enam kui 12 m võrra probleeme praegustele kaevudele praeguse veevõtuga, kuid võib seada potentsiaalselt olulise piirangu piirkonna veevõtu edasisele kasvule. Veevõtu suurenedes võib esineda ka risk, et Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks hakkab suuremal määral toituma lasuva Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi sulfaatide ning orgaaniliste ühenditega reostatud veest, mille tulemusel kandub reostus ka Ordoviitsiumi-Kambriumi vette.

Piirkonna rahvastiku jätkuva vähenemise valguses ei ole aga oodata olulist kasvu veevõtus, vaid vastupidi. Veevõtt 490 m³/ööpäevas moodustaks vaid võrdlemisi väikese osa Lüganuse valla looduslikust Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavee taastumise määrast (ehk põhjavee looduslikust ressursist), mis oli [M. Metsuri ja I. Grigorjeva \(2020\)](#) hinnangul ~4000 m³/ööpäevas ning millest vaid ~1450 m³/ööpäevas moodustavad kehtestatud põhjaveevarud ([Keskkonnaminister, 2021](#)). Selle tõttu on eeltoodud riskide realiseerumine ebatõenäoline ja kaitsetööstuspargi veevõtt 490 m³/ööpäevas Ordoviitsiumi-Kambriumi kompleksist on siiski jätkusuutlik.

Igal juhul väheneks mõju olulisus tugevalt, kui vähendada veevõttu: vooluhulga 300 m³/ööpäevas puhul oleks survetaseme langus 10 km kaugusel ~8 m, 200 m³/ööpäevas puhul aga vaid ~5 m.

Eelnevaga sarnased kaalutlused kehtivad ka sügavamate Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi põhjaveekihtide kohta. Võrreldes Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksiga on alanduslehtrid Voronka ja Gdovi veekihtides laugemad ja mõju kaevudele väiksem – 30 a

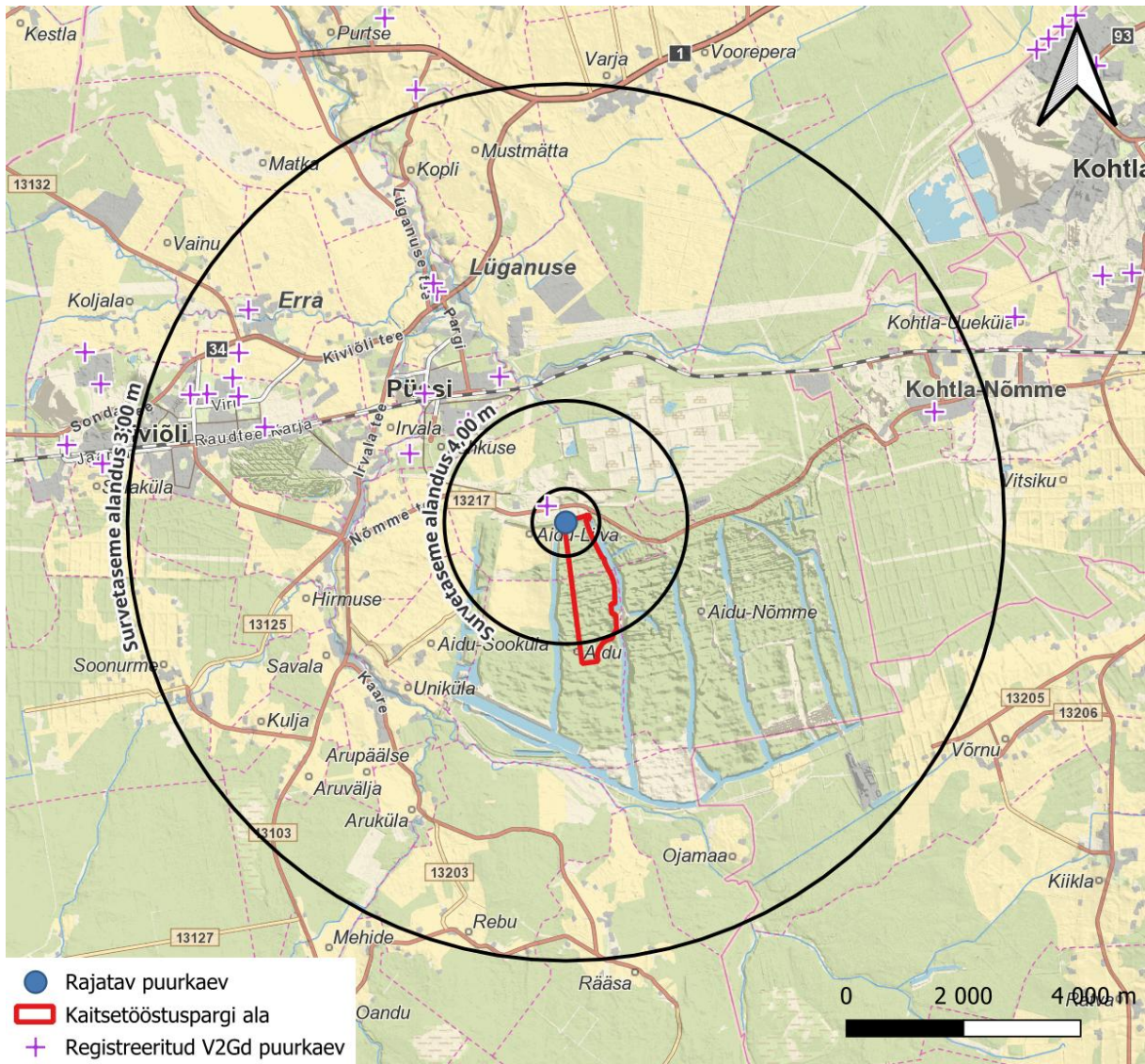
pumpamise järel tekkivad alanduslehtid Voronka ja Gdovi veekihtides on näidatud vastavalt joonistel 10 ja 11. Voronka veekihi ulatub survetaseme langemine 10 m võrra või enam kolme EELISes registreeritud tarbekaevuni; 8 m võrra 17 kaevuni. Gdovi veekihi ulatub vähene survetaseme langus ~3 m võrra vaid 15 kaevuni. Survetaseme langus ei mõjuta kaevu ka nii olulisel määral kui Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis, kuna survekõrgus veekihi lasumist on siinses Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksis enam kui ~80 m (nt puurkaevud 14379, 14898, 50813).



Joonis 10: Põhjavee survetaseme alandus Voronka põhjaveekihi pärast 30 a pumpamist maksimaalselt ebasoodsa kaevu paigutuse ja hüdrogeoloogiliste parameetrite puhul. Lisaks EELISse kantud Voronka põhjaveekompleksi avavad puurkaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet, Keskkonnaagentuur 2026

Teisalt on väiksema toitumise tõttu Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi looduslik ressurss mõnevõrra piiratum. M. Metsur ja I. Grigorjeva (2020) hindasid Lügänu vallas kompleksi toitumiseks ~2500 m³/ööpäevas, millega võib kõrvutada kehtestatud põhjaveearud 3500 m³/ööpäevas (Keskkonnaminister, 2021). Siiski ei ole see põhjutanud aastakümneid kestnud survetaseme taastumise pidurdumist, kuna tegelik veevõtt põhjaveekompleksist on suurusjärgus 1500 m³/ööpäevas (Metsur ja Grigorjeva, 2020). Selle valguses ning eeldades, et

piirkonna summaarne põhjaveevõtt ei kasva tõenäoliselt olulisel määral, vaid jätkab langustrendi, on kaitsetööstuspargi veevõtt kas Voronka või Gdovi veekihi määral 490 m³/ööpäevas siiski jätkusuutlik. Veevõtt taolisel määral mõlemast veekihi korraga viiks samas summaarse veevõtu ohtlikult loodusliku ressursi piirile, mis võib halvemal juhul tähendada regionaalse survetasemete taastumise pidurdumist.



Joonis 11: Põhjavee survetaseme alandus Gdovi põhjaveekihi pärast 30 a pumpamist maksimaalselt ebasoodsa kaevu paigutuse ja hüdrogeoloogiliste parameetrite puhul. Lisaks EELISse kantud Voronka põhjaveekompleksi avavad puurkaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet, Keskkonnaagentuur 2026

7 Kokkuvõte ja soovitused

Aidu kaitsetööstusparki planeeritakse rajada kuni kaks tootmisvee põhjaveehaaret, mõlemad veevõtuga kuni 490 m³/ööpäevas. Põhjaveehaarded rajatakse avama erinevaid põhjaveekomplekse. Käesolev uuring viidi läbi selgitamaks puurkaevude mõju piirkonna põhjavee režiimile, kvaliteedile ning veevarustusele. Uuringu käigus analüüsiti ainukese planeeringualale lähedale jääva tarbekaevu veekvaliteeti. Kameraaltööna koondati materjali avalikest andmebaasidest, s.h piirkonna geoloogilistest uuringutest ja kaardistamisest, puurkaevude registrist, maapinna reljeefi ja hüdrograafia kaartidelt.

Piirkonnas on saadaval neli peamist aluspõhjalist põhjaveekihti: Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksid ning Kambriumi-Vendi Gdovi ja Voronka veekihid. Veevõtu põhiline mõju piirkonna põhjaveele seisneb põhjaveetaseme langemises vabapinnalises Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis või survetaseme langemises Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi põhjaveekihtides. Ordoviitsiumi ja (vähemal määral) Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksides seonduvad veetaseme muutustega potentsiaalsed veekvaliteedi muutused.

Mõju põhjavee režiimile arvatati erialaliselt üldtuntud põhjaveevoolu analüütiliste mudelite abil, milles kasutati piirkonna geoloogilistest töödest ja keskkonnanandmebaasidest pärinevate parameetrite vahemiku võimalikult ebasoodsaid väärtusi, saamaks konservatiivne hinnang. Tulemuseks oli, et veevõtt 490 m³/ööpäevas on ka halvima stsenaariumi puhul võimalik ja jätkusuutlik kõigist neljast aluspõhjalisest põhjaveekihist.

Veevõtul 490 m³/ööpäevas Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ulatub põhjavee toitumisega tasakaalustunud alanduslehter arvutuslikult kuni 1400 m kaugusele, kuid põhjaveetaseme alandus 0,5 m võrra (n.ö oluline mõju) ulatub vaid 410 m kaugusele. Koosmõju teiste piirkonna veetarbijatega ei ole Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis oluline, aga külgnevad tranšeeveekogud vähendavad tõenäoliselt oluliselt määral alanduslehtri tegelikku levikut. Kuna lähipiirkonnas Ordoviitsiumi tarbekaevu ei ole ning kuna põhjaveest sõltuvad ökosüsteemid (märgalad) asuvad väljaspool teoreetilise mõju ala ei ole oodata Ordoviitsiumi veevõttust tulenevaid negatiivseid mõjusid veevarustusele või ökosüsteemidele.

Veekvaliteet Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis on põlevkivi kaevandamise tulemusel halvenenud. Vesi sisaldab suurtes kogustes sulfaati ning orgaanilise reostuse nähtuseid. Taustväärtustega võrreldes on kõrgenenud ka raskmetallide sisaldus. Veevõtt võib põhjustada kivimite kuivendamisel nende täiendavat oksüdeerumist ning tugevamat leostumist, mille tulemusel tõuseb põhjavees sulfaadi ja raua sisaldus ning üldkaredus ja -mineraalsus. Võimalik mõju piirduks alanduslehtri olulise veetaseme muutuse piirkonnaga. Võrreldes kaevandamistegavuse laialdase mõjuga ei ole efekt tõenäoliselt tajutav.

Survelisse Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veehaarde rajamisel alanduslehtri ulatus ei stabiliseeru, vaid laieneb aastakümnete jooksul. Halvimate võimalike parameetrite ning 30 a kestnud pumpamise järel ulatub arvutuslik survetaseme alanemine kümnete kilomeetrite kaugusele, kusjuures survetaseme langemine enam kui 12 m ulatub selle aja jooksul enam kui 50 Ordoviitsiumi-Kambriumi tarbekaevuni. Survetaseme alandus tähendab üldjuhul vaid vajadust kaevudes pumpa langetada. Tegelik tajutav survetaseme alandus on suure tõenäosusega tagasihoidlikum. Tulenevalt põhjavee tarbimise vähenemisest piirkonnas on Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist siiski võimalik võtta 490 m³/ööpäevas vett ilma veevarustuse

probleemide ilmnemiseta. Alanduslehter ühineb teiste, piirkonna Ordoviitsiumi-Kambriumi veetarbijate poolt tekitatud alanduslehtritega lineaarsel moel ning ei tekita lisanduvaid liitefekte.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veekvaliteet vastab joogivee nõuetele, kohati on probleemiks kõrgeenenud raua sisaldus. Suurenenud veevõtuga ja langeva survetasemega võib kaasneda risk, et põhjavesi hakkab suuremal määral toituma lasuvast Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist, mil juhul võib tõusta sulfaadi ja orgaaniliste reokomponentide sisaldus vees.

Rajades puurkaevu Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi tuleb tänu piirkonna mõõdukatele erideebititele arvestada võimalusega, et ühest puurkaevust ei pruugi olla võimalik saada vett 490 m³/ööpäevas, vaid kuni 300 m³/ööpäevas. Veehaardesse tuleks seega projekteerida ühe kaevu asemel mitu. Puurkaevu (või puurkaevude) piisava deebiti kindlaks tegemiseks tuleks selle kasutuselevõtule eelnevalt läbi viia vähemalt kaks päeva kestev katsepumpamine soovitaval vooluhulgal 490 m³/ööpäevas (veehaarde peale kombineeritult).

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi Voronka ja Gdovi põhjaveekihtidesse veehaarde rajamisel on olukord sarnane Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksile. Arvutuslik alanduslehter on laugem ja tekkiv survetaseme alandus väiksem – Voronka veekihi langeb survetase 8 m võrra või enam 17 kaevus, Gdovi veekihi langeb survetase vaid ~3 m võrra 15 kaevus. Võrreldes Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksiga on põhjaveekompleksi looduslik toitumine seevastu oluliselt väiksem ja lisanduv veevõtt moodustab sellest suurema osa. Piirkonna veevõtu üldise vähenemise taustal on kaitsetööstuspargi veevõtt 490 m³/ööpäevas kas Voronka või Gdovi veekihtidest (kuid tõenäoliselt mitte mõlemast korraga) siiski jätkusuutlik.

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi veekvaliteet vastab joogivee nõuetele, iseloomulik on looduslik keskmisest kõrgem gaasi ning ammoniumi sisaldus. Ka siin jääb puurkaevu veevõtu tulemusel põhjaveekompleks surveleiseks, mille tõttu ei ole oodata veekvaliteedi muutusi.

Veevõtt Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi Voronka ja Gdovi põhjaveekompleksidest ei mõjuta ökosüsteeme, s.h on välistatud mõju ka Natura 2000 aladele.

Veevõtu lõppedes põhjavee (surve)tasemed taastuvad kõigis põhjaveekompleksides. Lisanduvaid pikaajalisi riske ei ole ette näha.

Tulenevalt Ida-Virumaa joogiveevarustuse raskustest seoses kaevandustegevusest põhjustatud põhjaveereostusega ning joogikõlbulike surveliste veekihtide loodusliku ressursi nappusest on soovituslik kaitsetööstuspargi tootmisevee vajadus siiski rahuldada pigem pinnavette või Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi rajatud veehaarde baasil, kui see ei põhjusta kaitsetööstuspargi töös ebamõistlikke lisakulutusi.

Olenemata veevõtulahendusest tekib põletus- või lõhkeplatsil lõhkeaine ja moona hävitamise või katsetuste läbiviimisel risk pinnase saastumiseks raskmetallide ning lõhkeaine jääkidega. Reostuse mobiliseerumisel pinnasevees võib see edasi kanduda ka ülemisse Ordoviitsiumi põhjaveekihti ning sellega seotud pinnaveekogudesse (Aidu karjääri tranšeeveekogud). Oluline on tagada võimalikkuse piires lõhkeaine ja moona jääkide pinnasesse mitte sattumine ja jääkide põhjalik koristus.

Heit- ja jahutusvee käitlemist ei ole soovituslik lahendada pinnasesse juhtimisega, vaid pigem tranšeeveekogudesse. Kaitsetööstuspargi alal leviva karjääripuiste filtratsiooniomadused on väga heterogeensed ning antud alal tundmatud, kuid tõenäoliselt on materjal väga hea läbilaskvusega ning ei oma heitvee suhtes puhastusvõimet. Heitvett kuni 50 m³/ööpäevas oleks

võimalik juhtida pinnasesse kui see puhastatakse enne vastavalt nõuetele ning kui immutusväljakule kantakse 1,2 m paksune kiht keskmise veeläbilaskvusega liivast pinnast. Pinnase lisamist ei ole vaja, kui olemasoleva pinnase puhastusvõimes veendutakse eelnevalt katseliselt.

Kaitsetööstuspargi rajamisel on põhjaveega seotud mõjude kaardistamiseks soovituslik läbi viia tabelis 6 toodud vee- ja pinnase seire. Kui rajatakse põletus- või lõhkeplats, on soovituslik seirata platsi lähedast pinnast lõhkeaine või moona jääkide suhtes ning samade näitajate osas ka platsist allavoolu asuva tranšeeveekogu vett. Veetaset soovitatakse seirata lähimast ligipääsetavast survealise põhjaveekompleksi puurkaevust, vastavalt millistest survealisest põhjaveekompleksist vett ammutatakse.

Tabel 6. Põhjaveega seotud seiresoovitused kaitsetööstuspargi rajamisel

Valdkond	Seirata materjal ja koht	Näitajad	Tihedus	Tingimus
Põletus- või lõhkeplatsiga seotud seire	Pinnas põletus- või lõhkeplatsi ümbruses, 2 seirepunkti eri ilmakaartes platsi suhtes	Seirataavad ained valitakse konkreetselt vastavalt sellele, milliseid lõhkeaineid või millisest materjalist moona katsetatakse või hävitatakse	1 kord kvartalis	Kui luuakse põletus- või lõhkeplats. Seirepunkt valitakse vastavalt platsi tegelikule paiknemisele, kui see on selgunud
	Vesi põletus- või lõhkeplatsidest allavoolu asuvas tranšeeveekogus, 1 koht		1 kord kvartalis	Kui luuakse põletus- või lõhkeplats. Seirepunkti valikul on oluline, et seal oleks võimalik järjepidevalt proove võtta
Kaevude seire	Vanaoja kinnistu Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaev 4260 või 4168 või 71456	Veetase (survetase)	1 kord kahe aasta jooksul	Kui vett ammutatakse Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist
	Lähedal asuv Voronka puurkaev (nt 14898)			Kui vett ammutatakse Kambriumi-Vendi Voronka põhjaveekompleksist
	Lähedal asuv Gdovi puurkaev (nt 13468)			Kui vett ammutatakse Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekompleksist

Kasutatud kirjandus

- Arold, I., 2005. [Eesti maastikud](#). Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu
- Bakker, M., Post., V. 2022. *Analytical Groundwater Modeling. Theory and Applications using Python*. Taylor & Francis Group, London, Suurbritannia
- Boldõreva N., Savitski L. 2005. *Ida-Viru seirepiirkond*. Põhjavee seisund 1999-2003, (toimetaja) Perens, R. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, lk 43-50. [EGF 7629](#)
- Erg, K., 2005. [Groundwater sulphate content changes in Estonian underground oil shale mines](#). Energia- ja geotehnika dissertatsioonid AAED02. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, Tallinn
- Hantush, M.S. 1956 *Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers*. Eos, Transactions American Geophysical Union, 37 (6), lk 702-714. <https://doi.org/10.1029/TR037i006p00702>
- Hendrikson DGE. 2025. [Kaitsetööstuspargi riigi eriplaneering ja mõjude hindamine, sh keskkonnamõju strateegiline hindamine. Asukoha eelvalik ja mõjude hindamise sh keskkonnamõju strateegilise hindamise esimese etapi aruanne](#). Töö nr. 24004951. Tallinn-Tartu
- Hunt, M., Osjamets, M., Pärn, J., Raidla, V., Kuusma, E., Hints, L., Marandi, A. 2024. *Joogiveehaarde toiteala riskihindamise ja -juhtimise teostamiseks vajalike eeltööde läbi viimine vastavalt joogiveehaarde toiteala riskihindamise ja riskijuhtimise nõuetele*. Eesti Geoloogiateenistus, Tartu. [EGF 9932](#)
- Keskkonnaministri 06.04.2006 käskkiri nr 396 „[Harju maakonna põhjaveevarude kinnitamine](#)“
- Keskkonnaministri 01.10.2019a määrus nr 48 „Põhjaveekogumite nimekiri ja nende eristamise kord, seisundiklassid ja nende määramise kord, seisundiklassidele vastavad keemilise seisundi määramiseks kasutatavate kvaliteedinäitajate väärtused ja koguselise seisundi määramiseks kasutatavate näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende sisalduse läviväärtused põhjaveekogumite kaupa ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning taustataseme määramise põhimõtted.“ [RT I, 02.10.2019, 5](#)
- Keskkonnaministri 15.10.2019b määrus nr 55 „Põhjaveevaru hindamise kord, nõuded põhjaveevaru hindamise ja hüdrogeoloogilise uuringu aruande kohta ning põhjaveevaru kehtestamise aluseks olevate andmete koosseis.“ [RT I, 16.10.2019, 2](#)
- Keskkonnaministri 08.11.2019c määrus nr 61 „Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused“ [RT I, 12.11.2019, 6](#)
- Keskkonnaministri 20.01.2021 käskkiri nr 1-2/21/20 „[Lüganuse valla põhjaveevarude kehtestamine](#)“
- 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, Rakvere. [EGF 9110](#)
- Marandi, A., Karro, E., Osjamets, M., Polikarpus, M., Hunt, M. 2020. *Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019*. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. [EGF 9416](#)
- Metsur, M., Grigorjeva, I. 2020. *Lüganuse valla põhjaveevarude ümberhindamine*. OÜ Maves, Töö number 19109/20057, Tallinn. [EGF 9389](#)

Perens, R., Vallner, L. 1997. *Water-bearing formation*. Kogumikus: [Geology and Mineral Resources of Estonia](#) (toimetajad) Raukas, A., Teedumäe, A. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn, lk 137-145

Perens R., 1998. *Eesti hüdrogeoloogiline kaart 1:400 000*. Seletuskiri. Tallinn, 40 lk

Perens, R., Savitski, L., Savva, V., Jaštšuk, S., Häelm, M., 2012. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine ja põhjaveekogumite hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 8450](#)

Puura, V., Kalla, K., Plado, J., Soesoo, A., Sedman, P., Talviste, P., Jõelet, A., Polikarpus, M., Marandi, A., Puura, E., Karro, E., Sepp, K., Metsaots, K., Raet, J. 2018. *Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsina koos alternatiivsete leevendusmeetmetega*. Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu. [EGF 8909](#)

Pärn, J., Ivask, J., Tõnisson, H., Kaup, E., Urtson, K., Heinsalu, A. 2017. *Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring*. [KIK projekt nr. 10963](#). Tallinn

Pärn, J., Truu, M. 2024. Juhend hüdrogeoloogiliste tingimustega arvestamiseks põhjavee seirel ja puurkaevude rajamisel, puhastamisel ning ümberehitamisel. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. [EGF 9858](#)

Savitski, L., Vallner, L. 1999. *Ida-Virumaa kambriumi-vendi veekompleksi põhjavee tarbevaru hinnang*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 6352](#)

Savitski, L., Savva, V. 2001. *Ordoviitsiumi-kambriumi veekompleksi põhjaveevaru regionaalne hindamine Ida-Virumaal kuni 2020. aastani*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 7269](#)

Savitski L., Savva, V. 2005. *Kohtla-Järve piirkonna Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi tarbevarude ümberhindamine ja keemilise koostise muutlikkus aastani 2035*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 7645](#)

Savitski, L., Savva, V. 2009. *Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 9154](#)

Sotsiaalministri 24.09.2019. a määrus nr 61 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ja analüüsimeetodid ning tarbijale teabe esitamise nõuded“. [RT I, 26.09.2019, 2](#)

Suuroja, K., Ploom, K., Mardim, T., Vahtra, T., All, T., Veski, A., Kõiv, M., Otsmaa, M. 2008. Eesti geoloogilise baaskaardi Kohtla-Järve (6444) leht. Seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 8077](#)

Tamm, I., Kõrgmaa, V., Laht, M. 2020. [LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8 Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel. Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis](#). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn

Theis, C. V. 1935. *The relation between the lowering of the Piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage*. Eos, Transactions of the American Geophysical Union, 16(2), lk 519-524. <https://doi.org/10.1029/TR016i002p00519>

Thiem, G. 1906. *Hydrologische Methoden*. PhD dissertatsioon, Stuttgarti Ülikool, Stuttgart, Saksamaa

Vallner, L., 2002. *Eesti hüdrogeoloogiline mudel*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 7477](#)

