

OÜ Inseneribüroo STEIGER

Piirsalu kaitsetööstuspargi piirkonna põhjavee uuring

Töö nr 26/5455

Tellija: Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus (registrikood 70009764)

Aadress: Järve 34a, 11314 Tallinn

Telefon: 717 0400

E-post: info@rkik.ee

Tallinn 2026

Kinnitan:

Erki Vaguri
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Töö teostasid:

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

/allkirjastatud digitaalselt/

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

/allkirjastatud digitaalselt/

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

/allkirjastatud digitaalselt/

Annotatsioon

Piirsalu kaitsetööstuspargi piirkonna põhjavee uuring

Aruanne ühes köites, teksti 38 lk. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104/1, 11216 Tallinn, 2026.

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

Töö tugineb varasemale teaduskirjandusele, avalikele registriandmetele, hüdroteoloogilistele arvutusmodelitele, ning kohapeal teostatud kaevude inventuurile. Arvutuste järgi on veevõtt kõigist kolmest piirkonna levivast aluspõhjalisest põhjaveekompleksist (Ordoviitsiumi, Ordoviitsiumi-Kambriumi, Kambriumi-Vendi) tehniliselt võimalik.

Ordoviitsiumi veekompleksis ulatub potentsiaalne veetaseme alanemine kuni ~1,6 km kaugusele, kuid veevarustuse seisukohast oluline mõju (veetaseme arvutuslik alandus 0,5 m või enama võrra) piirdub ~1 km raadiusega ega ulatu lähimate tarbekaevudeni.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis võivad veetaseme alanemise tagajärjel toimuda lokaalsed keemilise koostise muutused (raua- ja sulfaatide sisalduse, üldkareduse- ja mineraalsuse tõus), kuid mõju ei levi alanduslehtrist väljapoole ning ei mõjuta veekompleksi kasutuskõlblikkust joogiveeallikana.

Rajades täies mahus veehaarde Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi kaasneb risk mõjutada pinnase niiskusraie Mustjärve raba Natura 2000 loodusala. Selle välistamiseks tuleks ennetavalt läbi viia uuring pinnakatte filtratsiooniomadustest kaitsetööstuspargi idaserval veehaarde alanduslehtiga kattuv alal või vähendada veevõttu ja/või muuta kaevu asukohta.

Lisaks peab arvestama, et täies mahus Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veehaarde peab tõenäoliselt lahendama mitme puurkaevu rajamisega, kuna piirkonna puurkaevude erideebitid on liiga madalad, et ammutada vajalik veekogus ühest kaevust.

Sügavamates surveelistes Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi veekompleksides levib kaevu mõju surveetasemetele palju laiemalt, kuid 30 aasta jooksul alaneb surve tase lähimates puurkaevudes siiski vaid kuni 12 meetri võrra. Mõju veevarustusele jääb seega väikeseks ja lihtsasti leevendatavaks. Mõjud põhjavee kvaliteedile või ökosüsteemidele puuduvad.

Olenemata põhjaveekomplekside valikust veehaarde rajamisel võib põletus- või lõhkeplatsi kasutus tekitada riske pinnase ja ülemiste Kvaternaari ja Ordoviitsiumi põhjaveekihtide reostumiseks, mistõttu soovitatakse rakendada saaste ennetusmeetmeid ja seirekavasid. Seirata soovitatakse ka Natura 2000 loodusala Ordoviitsiumi ja pinnase veetaset ning, olenevalt kasutatavast veekompleksist, lähimaid sama kompleksi avavaid kaevu.

Sisukord

Annotatsioon	3
1 Sissejuhatus.....	5
2 Piirkonna ja objekti iseloomustus	6
3 Hüdrokeoloogilised tingimused	8
4 Mõju põhjavee režiimile.....	13
4.1 Ordoviitsiumi põhjaveekompleks.....	14
4.2 Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks	17
4.3 Kambriumi-Vendi põhjaveekompleks	20
5 Mõju põhjavee kvaliteedile	23
6 Veerežiimi muutuste mõju looduslikele elupaikadele	25
7 Mõju piirkonna veevarustusele	28
8 Kokkuvõte ja soovitused.....	34
Kasutatud kirjandus	37

1 Sissejuhatus

Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus (registrikood 70009764) tellis OÜ-lt Inseneribüroo STEIGER (registrikood 11206437) uuringu planeeritava Piirsalu kaitsetööstuspargi mõjudest põhjaveele. Kaitsetööstuspargi, s.h lõhkeainetehase planeeritakse rajada Lääne-Nigula valda Piirsalu külla praegusele Eesti Kaitseväge Piirsalu taktikaala territooriumile. Kaitsetööstuspargi tootmise jaoks on vajalik rajada erinevatesse põhjaveekompleksidesse kaks veehaaret, mõlemas veevõtuga kuni 490 m³/ööpäevas.

Uuringu 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 (s.h Risti-Muru maardla liivakarjääridega) 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 kavandatava tegevuse mõjutsoonis, eriti seoses Natura 2000 Mustjärve raba loodusala, Suursoo-Leidissoo loodusala, Valgejärve loodusala, Piirsalu jõe ning Mustjärve raba metsise mängupaigaga;
6. hinnata põhjaveevõtu jätkusuutlikkust ning pakkuda välja soovitusel negatiivsete mõjude leevendamiseks või täiendavaks seireks.

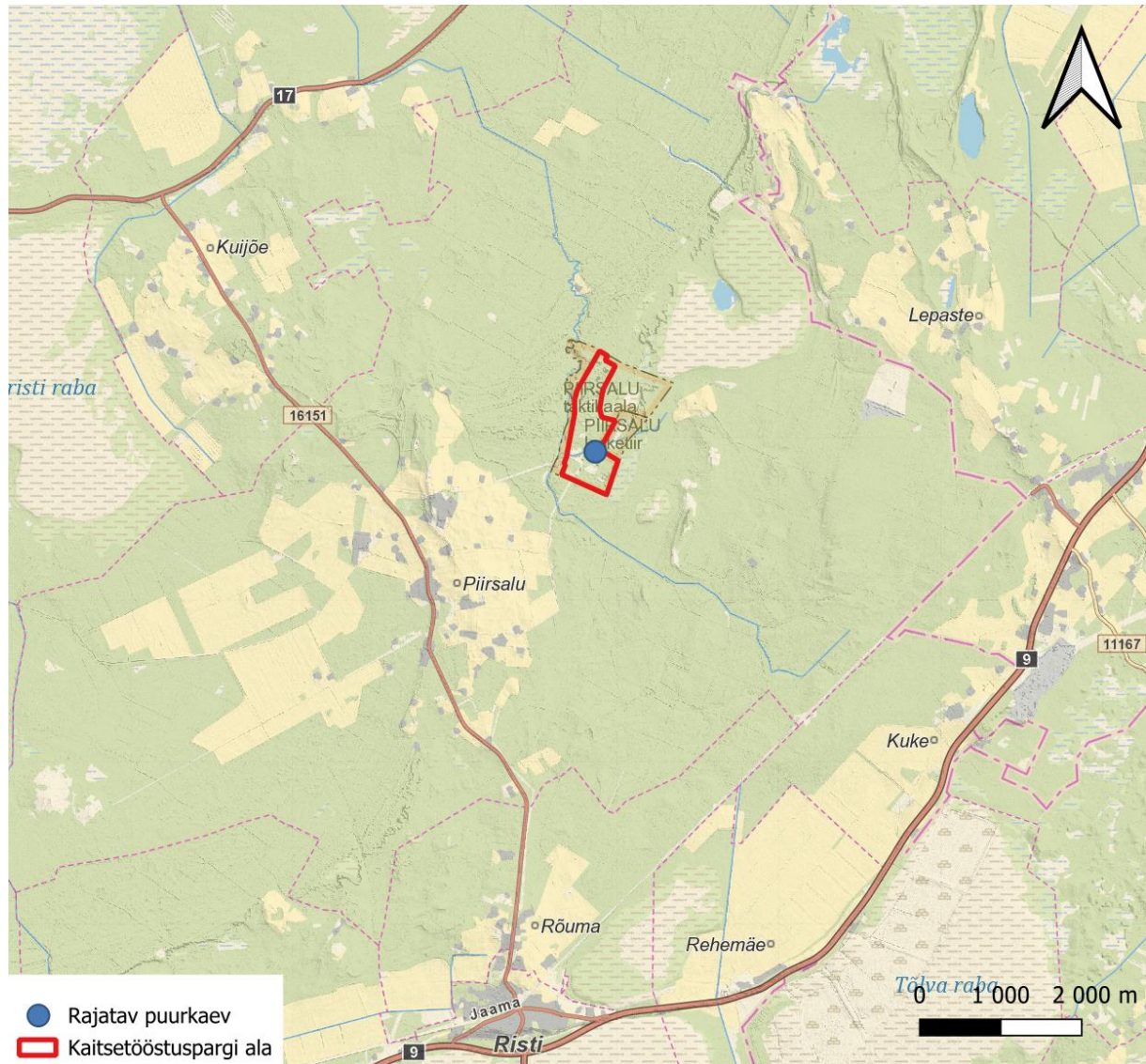
Piirsalu kaitsetööstuspargis on eeldatavaks arengusuunaks lõhkeainetehase rajamine. Siinses uuringus aga käsitletakse veidi laiemalt ka teisi kaitsetööstuspargi riikliku eriplaneeringu raames analüüsitud tegevusi.

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 lõhkeainetehas, planeeritakse ja rajatakse sellisel viisil, et nominaalse töö korral tööstuskemikaalide lekkeid ei toimu. Veeringlus toimub maksimaalsel võimalikul määral kinnise süsteemina ning tekkiv heitvesi puhastatakse enne pinnaveelisse eesvoolu saatmist. Eriplaneeringu praeguses staadiumis avariilisi olukordi ei käsitleta, mille tõttu ei käsitleta käesolevas töös ka võimaliku avariilise reostuse levikut põhjaveekihi.

Uuringu käigus viidi läbi planeeringuala lähipiirkonnas kaevude kaardistamine. Muu kasutatud info pärineb Eesti riigi avalike andmebaaside ja teaduskirjanduse materjalidest.

2 Piirkonna ja objekti iseloomustus

Kavandatav kaitsetööstuspark asub Läänemaal Lääne-Nigula vallas Piirsalu külas ([joonis 1](#)). Planeeringuala pindalaks on ~66,8 ha, selle ulatus põhjast lõunasse on ~1,6 km ja läänest itta ~0,7 km. Kaitsetööstuspark on planeeritud olemasolevale Kaitseväe Piirsalu taktikaalale ning külgneb lasketiiruga.



Joonis 1: Piirsalu kaitsetööstuspargi planeeringuala ning eeldatav suurkaevu asukoht. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2026

Planeeringuala jääb [I. Aroldi \(2005\)](#) maastikurajoonide liigituse alusel Lääne-Eesti madalikule. Konkreetne piirkond on olnud Antsülusjärve loodesuunas avanev merelaht, mida piirasid kirde- ja edelasuunas aluspõhja kõvikutele moodustunud poolsaared. Selle tõttu on piirkonna pinnakate ja -mood kujunenud suuresti rannaprotsesside tulemusel, reljeefkaardil tulevad välja nii rannavallid kui ka luited. Orupõhja absoluutkõrgused on 32-37 m üle merepinna, kõvikutel kuni 41 m. Hiljem on pinnamoodi tugevalt mõjutanud Piirsalu jõgi, mis on reljeefi sisse lõiganud sügava põhja-lõunasuunalise oru, põhja absoluutkõrgused on kuni 30 m merepinnast. Maapind langeb kiiresti loode suunal, olles 1,8 km pärast juba alla 25 m abs.

Alast ~500 m kirdes asub Mustjärve raba. Liigniisked (kuid kuivendatud) alad asuvad ka kaitsetööstuspargist vahetult idas ning ~800 m võrra lääne-loodes. Olulisim veekogu on kaitsetööstuspargi lääneservaga piirnev Piirsalu jõgi (EELIS kood [VEE1102100](#)). Piirsalu jõgi moodustab eesvoolu planeeringualast idas olevale maaparandussüsteemile Muru 1 (TP-602; maaparandussüsteemi kood [4110210010060](#)). Planeeringuala paikneb Lääne-Eesti vesikonna Harju ja Matsalu alamvesikondade veelahkmest paar kilomeetrit põhjasuunas.

Põhiline asustus piirkonnas asub edela suunda jäävas Piirsalu küla keskuses, lähim elamu on ~600 m kagus asuv Allikmaa kinnistu (katastritunnus 68001:003:0151). Idasuunal leidub vaid üks elamu, ~900 m kaugusel olev Aaviku kinnistu (68001:003:0145).

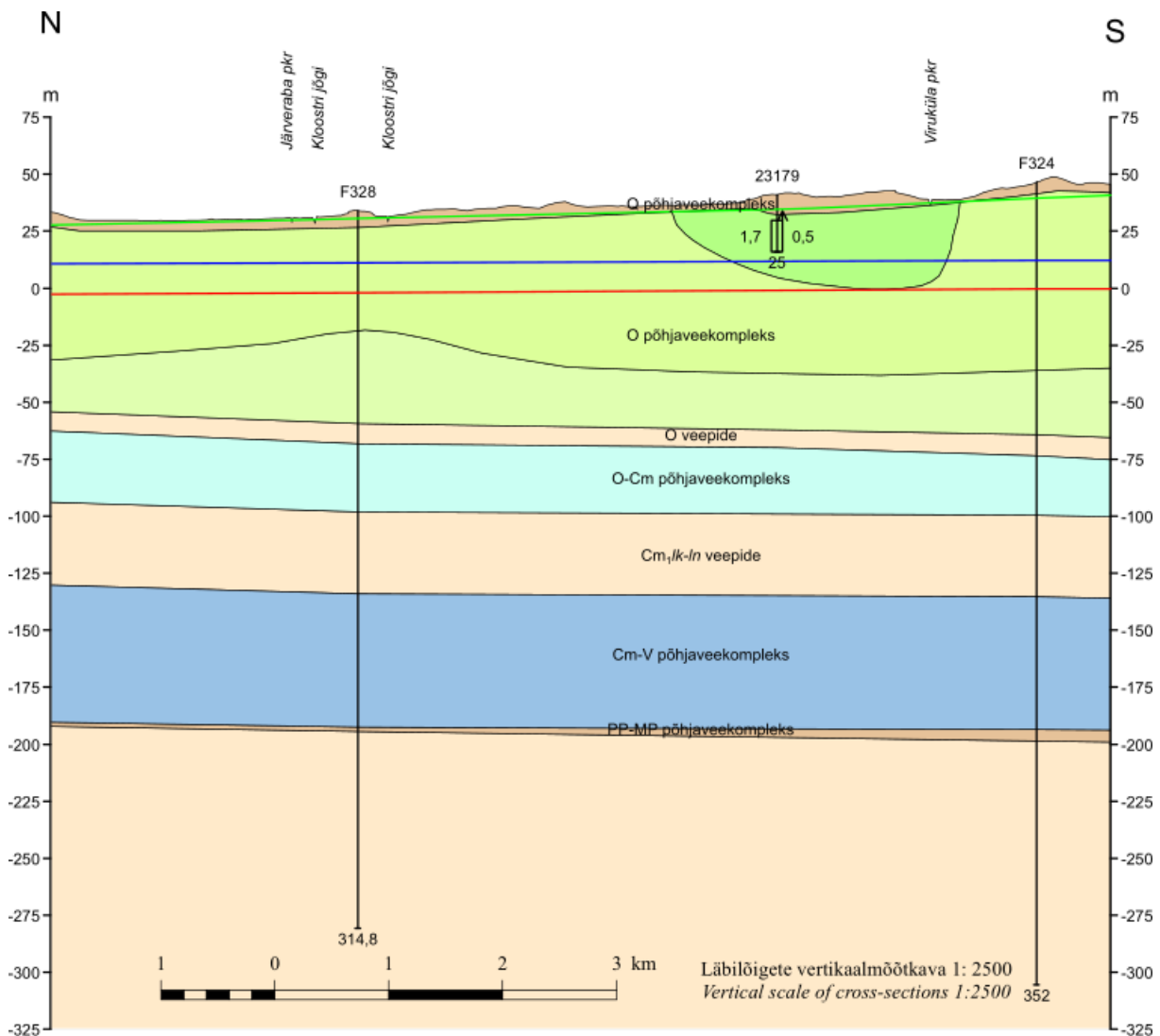
Lähim looduskaitseala on kaitsetööstuspargiga vahetult piirnev Natura 2000 programmi kuuluv Mustjärve raba looduskaitseala (EELIS kood [RAH0000479](#)), mis katab kaitsetööstuspargist põhjasuunas asuvat raba (kuni 2,6 km planeeringuala piirist kirde suunas) ja idas külgnevat suuresti kuivendatud metsaala (kuni ~800 m planeeringuala piirist kagu suunas). Ligikaudu 4 km kirdes asub Valgjärve Natura 2000 loodusala ([RAH0000444](#)) ning 4,7 km loodes Natura 2000 Suursoo-Leidissoo loodusala ([RAH0000578](#)).

Piirsalu kaitsetööstuspargi peamiseks kavandatavaks arengusuunaks on eeldatavalt lõhkeainetehase rajamine. Käesolevas uuringus arvestatakse lisaks ka teisi riikliku eriplaneeringu raames analüüsitud tegevusi, sh moonatootmist. 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, mida planeeritakse rahuldada kahte erinevasse põhjaveekompleksi puurkaevude rajamisel. Veehaarded on planeeritud rajada kompleksi lõunaossa ([joonis 1](#)). Vett hakatakse kasutama suuresti just lõhkeaine tootmisel. Planeeritud ehitiste ja tegevuste täpsem ülevaade on toodud kaitsetööstuspargi riigi eriplaneeringu keskkonnamõtjude strateegilise hindamise aruandes ([Hendrikson DGE, 2025](#)).

3 Hüdrokeoloogilised tingimused

Kaitsetööstuspargi alale lähimad geoloogiafondis leiduvad geoloogilised uuringud käsitlevad alast ~2,6 km idas paiknevat Risti-Muru liivamaardlat (nt [Sinisalu, 2010](#)), kirjeldades maardla pinnakattesetete omadusi, ning ~3 km läänes paiknevat maaparandusehitist, mis kirjeldab põhjalikult uuringuala ülemiste põhjaveekihtide dünaamikat ([Kupits, 1977](#)). Alltoodud ülevaade toetub lisaks ~2 km kaitsetööstuspargi alast põhjas paikneva Keila 1 : 50 000 mõõtkavas geoloogilise baaskaardilehe seletuskirjale ([Suuroja jt., 2024](#)) ning mõnes mõttes sarnasematele geoloogilistele oludele vastava, kuid ~20 km idas asuva Rapla kaardilehe seletuskirjale ([Männik jt., 2020](#)). Kasutatakse ka Maa- ja Ruumiameti, Keskkonnaagentuuri ning Eesti Geoloogiateenistuse avaldatud registri- ja kaardiandmeid ning põhjaveekogumite kirjeldusi ([Marandi jt., 2019](#)).



Joonis 2: Väljalõige hüdrokeoloogilise baaskaardi Keila kaardilehe põhja-lõunasuunalisest läbilõikest ([Suuroja jt., 2014](#)). Roheline joon: Ordoviitsiumi (O) põhjaveekompleksi veetase; sinine: Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm); punane: Kambriumi-Vendi (Cm-V). Läbilõike lõunapoolne lõpp asub ~2 km kaitsetööstuspargist põhjakaares

Maapinnalt esimene põhjaveekompleks levib Kvaternaari (Q) ladestu pinnakattes, mille moodustavad piirkonnas moreen, meresetted, turvas, või jääjõelised setted (Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 geoloogiline kaart). Lähimate puurkaevude läbilõigetel on kirjeldatud pinnakattes suhteliselt halvasti vett juhtivat moreeni (nt kaev [53573](#)) ja savi ([62265](#)), aga ka paremini vett juhtivat kruusa-liiva ([62265](#)), pinnakatte paksused ulatuvad 1,5 kuni 9 meetrini, olles õhem aluspõhja kõvikutel kaitsetööstuspargist edelas ja kirdesse jäävatel seljandikel. Vettandvatest kvaternaarisetetest – liivased või kruusased mere- ja jääjärvelised setted või moreenis leiduvad lokaalse tähtsusega liivaläätсед – toituvad kohati piirkonna salvkaevud. Olenevalt vettpidava moreeni- või savikihi olemasolust või puudumisest võib kvaternaarisetetes leviv põhjavesi olla aluspõhjalisest põhjaveest kas suuresti isoleeritud (nt [Kupits, 1977](#)) või sellega hüdrauliselt seotud.

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) ([joonis 2](#)). Piirsalu küla asub Hilis-Ordoviitsiumi ladestiku Pirgu lademe avamusel (Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 geoloogiline kaart). Esimene aluspõhjaline põhjaveekiht kuulub seega Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi ning levib Vara- kuni Hilis-Ordoviitsiumi ladestike Billingeni kuni Pirgu lademete Toila kuni Adila kihistute karbonaatkivimites. Ordoviitsiumi põhjaveekompleks on piirkonnas määratud Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogumi koosseisu (1082019, [Keskkonnaminister, 2019a](#)), kuigi vaid ~4 km lõuna suunas on sama kompleks määratud Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogumisse (1182019). Karbonaatkivimite kompleksi paksus on piirkonnas vahemikus 90-140 m puuraukude [D-48](#), [F326](#) ja [3R](#) andmetel, mis ühtib põhjaveekogumi üldkirjelduses tooduga ([Marandi jt., 2019](#)).

Ordoviitsiumi põhjaveekompleks on tegelikkuses liigendatud erinevateks suhtelisteks veekihtideks ja -pidemeteks: maapinnalt sügavusse liikudes (Pirgu-)Nabala-Rakvere lademete veekiht, Oandu lademe veepide, Keila-Kukruse lademete veekiht, Uhaku lademe veepide ning Lasnamäe-Kunda lademete veepide. Siiski on filtratsiooniomadused võrdlemisi muutlikud ning stratigraafiliselt raskesti jälgitavad. Karbonaatkivimite veejuhtivust kontrollib pigem karstumine ja lõhelisus, mis väheneb kiirelt sügavusse liikudes. Puurkaevudesse annavad suurema osa veest 1-2 m paksused lõhelisuse võõndid, 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 4,7 m maapinnast (pooled väärtused jäävad 3,1 ja 5,4 m vahele), millele vastab absoluutkõrgus ~30 m. Põhjavee liikumise regionaalne suund on loodesse, mille määravad Harju ja Matsalu alamvesikondade veelahe toitealana ning klindias tang väljealana. Lokaalselt määravad ülemise põhjaveekihi voolusuuna pigem kaitsetööstuspargist ~1 km kaugusel edelas ning ~3 km kaugusel kirdes paiknevad kagu-loode suunalised seljandikud ja aluspõhja kõvikud, kust lähtuv vool liigub Piirsalu jõe poole või loodesuunas madalamal paiknevatele aladele.

Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogumile on iseloomulik Ca-HCO_3^- tüüpi vesi mineraalainete sisaldusega 0,3-0,5 g/L. Sagedaimaks veekvaliteedi probleemiks on kõrge looduslik rauasisaldus (~0,7 mg/L), mis ületab reeglina joogivee kvaliteedinõuetes toodud läve ([Sotsiaalminister, 2019](#)). Kohati esineb probleeme ka kõrgeenenud ammooniumi (kuni 3 mg/L) ja fluoriidi sisaldustega (kuni 1,6 mg/L). Nitraatide sisaldus üldiselt probleeme ei põhjusta. Mõnede lähimate Ordoviitsiumi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 1](#). Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumil nii keemiline kui ka koguseline seisund hea ([Marandi jt., 2020](#)). Pinnakatte

ehitusest ja tüübist lähtuvalt on Ordoviitsiumi põhjaveekompleks maapinnalt lähtuva reostuse eest mitte- kuni nõrgalt kaitstud ([Veeseadus §68](#)).

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

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Elektri-juhtivus, $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Oksüdeeritavus, mgO_2/L	Värvus, kraadi	Hägusus, NTU	Lõhn, 5 palli-skaala
53573	2015	512	7,1	1,7	20	32,65	1
62265	2020	504	8,1	0,96	4	5,8	4
64701	2021	541	7,7	1,5	43	208	16
65015	2021	485	8	1,9	13	35	4
73062	2024	548	7,4	1,9	5	18	2

Puurkaev	Üldkaredus, $\text{mg-ekv}/\text{L}$	Ca^{2+} , mg/L	K^+ , mg/L	Na^+ , mg/L	Mg^{2+} , mg/L	NO_3^- , mg/L	NO_2^- , mg/L
53573	5,84	86	2,5	2,5	21,3	13,1	<0,004
62265	2,64	36,5	4,7	27,2	24,6	<0,5	<0,01
64701	2,62	44,7	7,6	11,7	25,1	0,5	0,016
65015	2,66	41,7	5,5	8,8	24,9	2,1	<0,01
73062	5,8	90,3	<4	3,6	25,3	<0,5	<0,01

Puurkaev	NH_4^+ , mg/L	SO_4^{2-} , mg/L	HCO_3^- , mg/L	Cl^- , mg/L	F, mg/L	Fe, $\mu\text{g}/\text{L}$	Mn, $\mu\text{g}/\text{L}$
53573	<0,07	19,8	323,4	8,5	0,74	220	<20
62265	0,16	25	286,8	11	2,49	110	<5
64701	0,2	34	317,3	11	1,4	1047	27
65015	0,14	27	283,7	12	1,5	1074	28
73062	0,11	32	335,6	14	0,41	580	28

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ammutavad vee praktiliselt kõik piirkonna üksiklamute puurkaevud ning ka paljud ühisveevärgi kaevud ([Keskonnaagentuur. VEKA](#)). Lähimad registreeritud puurkaevud asuvad kaitsetööstuspargi planeeringualast ~870 m idas ([62265](#)) ning ~1170 m läänes ([9495](#)). Põhja- ja lõunasuunas jäävad kaevud mitme kilomeetri kaugusele.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi lamamis asub Ordoviitsiumi regionaalne veepide, mille moodustavad Türisalu kihistu argilliit, Leetse kihistu glaukoniitliivakivi, Toila kihistu savikate vahekihtidega glaukoniitlubjakivi ning kohati ka nende kohal lasuvad >75 m sügavusele maetud väga väikese lõhelisusega karbonaatkivimite kihid. Tulenevalt veepideme võrdlemisi väikesest paksusest (~6-14 m; nt puurkaevud [1364](#), [9483](#)) ei pruugi veepide olla absoluutne, vaid seda võivad kohati läbida lõhesüsteemid või aluspõhja orud, kuigi siinsete lasuvussügavuste (>140 m) juures on see pigem ebatõenäoline.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks levib Ordoviitsiumi regionaalse veepideme all ~25-40 m paksuse kihina (puuraugud [3R](#), [F326](#), puurkaevud [9483](#), [9997](#)) Alam-Ordoviitsiumi ladestiku Kallavere kihistu ning Alam-Kambriumi ladestiku Tiskre kihistu aleuoliitsetes liivakivides. Põhjaveekompleks on määratud Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogumi Lääne-

Eesti vesikonnas koosseisu (4§2019). Põhjaveekompleksi voolusuuna määrab toitumisala Pandivere kõrgustikul ja väljeala klindiastringul, mille tõttu on antud piirkonnas voolusuund lääne-loodesse (Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 50 000 hüdrogeoloogiline baaskaart). Survetasemeid mõjutavad vaid lokaalselt Harjumaa suuremate keskuste veevõtt; depressioonilehtrid veekompleksi üldist voolusuunda muutnud ei ole. Survetase on antud piirkonnas ~38 m maapinnast (~5 m abs; puurkaev 9483), aastane kõikumine suurusjärgus 0,5 m (Suuroja jt., 2014). Kuna kivimite lasuvussügavused on >150 m (puurkaevud 9483, 9997), kasutatakse veekompleksi vaid suuremate veehaarete koosseisus, nt Risti alevikus antud alast ~6 km lõuna suunas (kaev 9483).

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogumi Lääne-Eesti vesikonnas põhjaosas levib (HCO₃⁻)Ca-Mg-tüüpi vesi mineraalsusega 0,2-0,5 g/L, põhjaveekogumi keskosas juba Na-Mg-tüüpi mineraalsusega 0,3-0,6 g/L. Vesi vastab reeglina joogiveele kehtestatud normidele. Kohati on veekompleksis kõrgeenenud rauasisaldus, lõunaosas ka fluoriidi sisaldused. Lähimate Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud tabelis 2. Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumil nii keemiline kui ka koguseline seisund hea (Marandi jt., 2020).

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	Hägusus, NTU	Üldkaredus, mg-ekv/L	Fe, mg/L	HCO ₃ ⁻ , mg/L	SO ₄ ²⁻ , mg/L
1363	1971	28,1	110	322,5	31,6	-	4	0,3	189,2	5
9483	1981	50,1	101	392	3,6	3,28	2,8	0,15	268,5	-

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi lamami moodustab Kambriumi regionaalne veepide, mis koosneb Alam-Kambriumi ladestiku Lükati ja Lontova kihistute (sini)savidest ja aleuroliitidest. Tegemist on Eesti tugevaimate isoleerivate omadustega veepidemega, mille paksus on siinses piirkonnas 30-50 m (nt puurkaev 9997; Suuroja jt., 2014). Antud piirkonnas võib Lontova kihistu küll üleminekuliselt hakata asenduma lääne suunal leviva Voosi kihistuga, millel ei ole nii väljapeetud isoleerivaid omadusi. Samas ei leia sellele otsest kinnitust lähimate sügavate puuraukude ja puurkaevude andmetes, mille tõttu võib pidada veepidet siingi absoluutseks.

Sügavaim, Kambriumi-Vendi põhjaveekompleks levib Kambriumi veepideme all Lontova kihistu Sämi kihi ning Ediacara ladestu Kotlini ja Gdovi kihistute liivakivis. Põhjaveekompleks on piirkonnas määratud Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi koosseisu (3§2019). Kui ida-Eestis on Kambrium-Vend eraldatud Kotlini kihistu laminariitsavide poolt Voronka ja Gdovi põhjaveekompleksideks, siis antud piirkonnas on Kotlini kihistu välja kiildunud ja Kambriumi-Vendi kompleks on hüdrauliliselt ühtne. Põhjaveekompleksi looduslik vool kulgeb põhja suunas, Soome lahes paiknevasse väljealasse. Survepinda mõjutab aga olulisel määral Harjumaa keskustes toimuv põhjavee intensiivne tarbimine, mille tõttu on Tallinna ja lähimate linnade ümber kujunenud 30-40 km raadiusega alanduslehter – nt Keila linnas langes eelmisel sajandil survetase alla -22 m abs, taastudes 2014. aastaks -6 meetrini abs (Suuroja jt., 2014). Tänapäeval on survetase nt Risti puurkaevus 9997 ligikaudu -2 m abs (Keskkonnaagentuur. KESE). Väga sügava lasuvuse tõttu kasutatakse põhjaveekompleksi antud piirkonnas harva ja vaid üksikute suuremate veehaarete poolt, lähim puurkaev kaitsetööstuspargile asub ~6 km kaugusel Risti alevikus osana ühisveevärgist (9997).

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi vesi on antud piirkonnas $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ tüüpi ning üldiselt mage, üldmineralisatsiooniga 0,30-0,45 g/L ([Suuroja jt., 2014](#)). Kogumi alumises osas (Gdovi kihistu) on vesi tüüpiliselt soolasem kui ülemises (Voronka). Iseloomulik on võrdlemisi suur looduslik gaasi (metaan, lämmastik) ning ammooniumi sisaldus. Lähimate Kambriumi-Vendi puurkaevude veeanalüüside tulemused on toodud [tabelis 3](#). Viimase seisundihinnangu kohaselt oli põhjaveekogumil nii keemiline kui ka koguseline seisund hea, kuid üldseisund on ohustatud tänu looduslikust ressursist suuremale veevõtule, mis võib kaasa tuua kloriidide sisalduse suurenemist – seda küll pigem mereäärsetes piirkondades ([Marandi jt., 2020](#)).

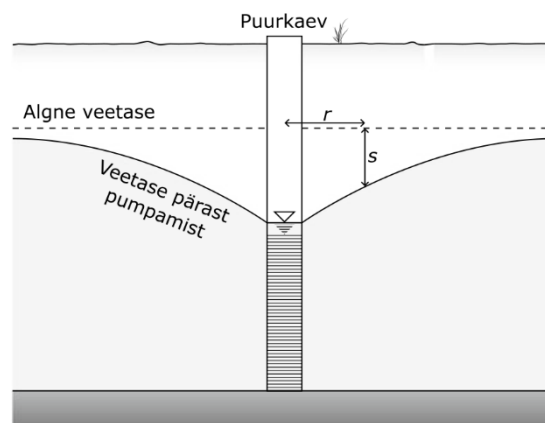
Tabel 3: Kaitsetööstuspargile lähimate Kambriumi-Vendi puurkaevude veeproovide analüüsitulemused. Allikas: Eesti Looduse Infosüsteem, VEKA

Puurkaev	Proovivõtu aasta	Cl^- , mg/L	NH_4^+ , mg/L	NO_3^- , mg/L	O_2 , mg/L	pH,	PHT, mg-O/L	SO_4^{2-} , mg/L
1104	2019	86	0,29	<0,2	<0,2	8,3	<1	2,3
9997	2019	160	0,22	<0,2	<0,2	8,2	<1	22

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi lamami moodustavad Meso- ja Paleoproterosoilise vanusega aluskorra tard- ja moondekivimid. Aluskorra ülemine osa on murenenud ja lõheline ning selles leviv soolane põhjavesi on hüdraulilises seoses Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksiga, kuigi veevarustuse jaoks väikese tähtsusega. Sügavuti kivimite lõhelisus väheneb kuni veetuks jäämiseni.

4 Mõju põhjavee režiimile

Veevõtul alaneb suurkaevus 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 (siinkohal vabapinnalises põhjaveekihi, kuid sarnane põhimõte kehtib ka survealises põhjaveekihi)

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

Erinevatesse põhjaveekompleksidesse rajatavate kaevude veevõtt üksteist olulisel määral ei mõjuta. Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi isoleerivad ülemistest veekompleksidest Kambriumi ladestu Lükati ning Lontova või Voosi kihistu ~40 m paksused savikihid (nt puurkaevu [9997](#) läbilõikes). Antud piirkonnas võivad Lontova kihistu tugevalt vettpidavad sinisavid olla küll üleminekuliselt asendunud Voosi kihistu vähem isoleerivate aleuriitidega (kuigi seda ei ole täheldatud Keila kaardilehel; [Suuroja jt., 2014](#)), kuid tulenevalt kogu veepidemekompleksi paksusest ja Lükati kihistu savide isoleerivatest omadustest on veepide siiski tihe ([Marandi jt., 2019](#)). Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi eraldab ülemisest Ordoviitsiumi veekompleksist ~6-14 m paksune Ordoviitsiumi ladestu Varangu kihistu bentoniitsavide ja Türisalu kihistu graptoliitargilliidi kiht (nt puurkaevude [9483](#) ja [9997](#) läbilõigetes). Viimane ei käitu alati täieliku veepidemena ning kohati toimub Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi toitumine läbi graptoliitargilliiti läbistavate lõhede ([Suuroja jt., 2014](#)). Sellisel juhul põhjustaks veevõtt korraga Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksidest Ordoviitsiumi alanduslehtri mõnel määral laienemist ning Ordoviitsiumi-Kambriumi alanduslehtri kitsenemist. Võimalik infiltratsioon läbi veepideme on siiski piisavalt tühine, et veekomplekside koosmõju antud töös eraldi ei käsitleta.

Veevõtu lõppedes põhjavee (surve)tasemed aastate jooksul taastuvad. Pindalalise toitumise ja aeglasema veevahetuse tõttu toimub taastumine Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksides oluliselt kauem kui Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis.

Veerežiimi muutuste mõju ökosüsteemidele ja veevarustusele käsitletakse peatükkides 7 ja 8.

4.1 Ordoviitsiumi põhjaveekompleks

Põhja-Eestis levib Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi maapinnalähedastes veekihtides (~20 m maapinnast) valdavalt vabapinnaline põhjavesi ([Suuroja jt., 2014](#)). 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 veekihtina.

Kaevu põhjustatud veetaseme alanduse sügavust (s) vabapinnalises veekihtis 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 põhjaveekihtile 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 põhjaveekihtis radiaalkaugusel r kaevust,
- z_b – põhjaveekihi lamami kõrgus,
- h_R – veetaseme kõrgus põhjaveekihtis 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 põhjaveekihtis radiaalkaugusel r kaevust.

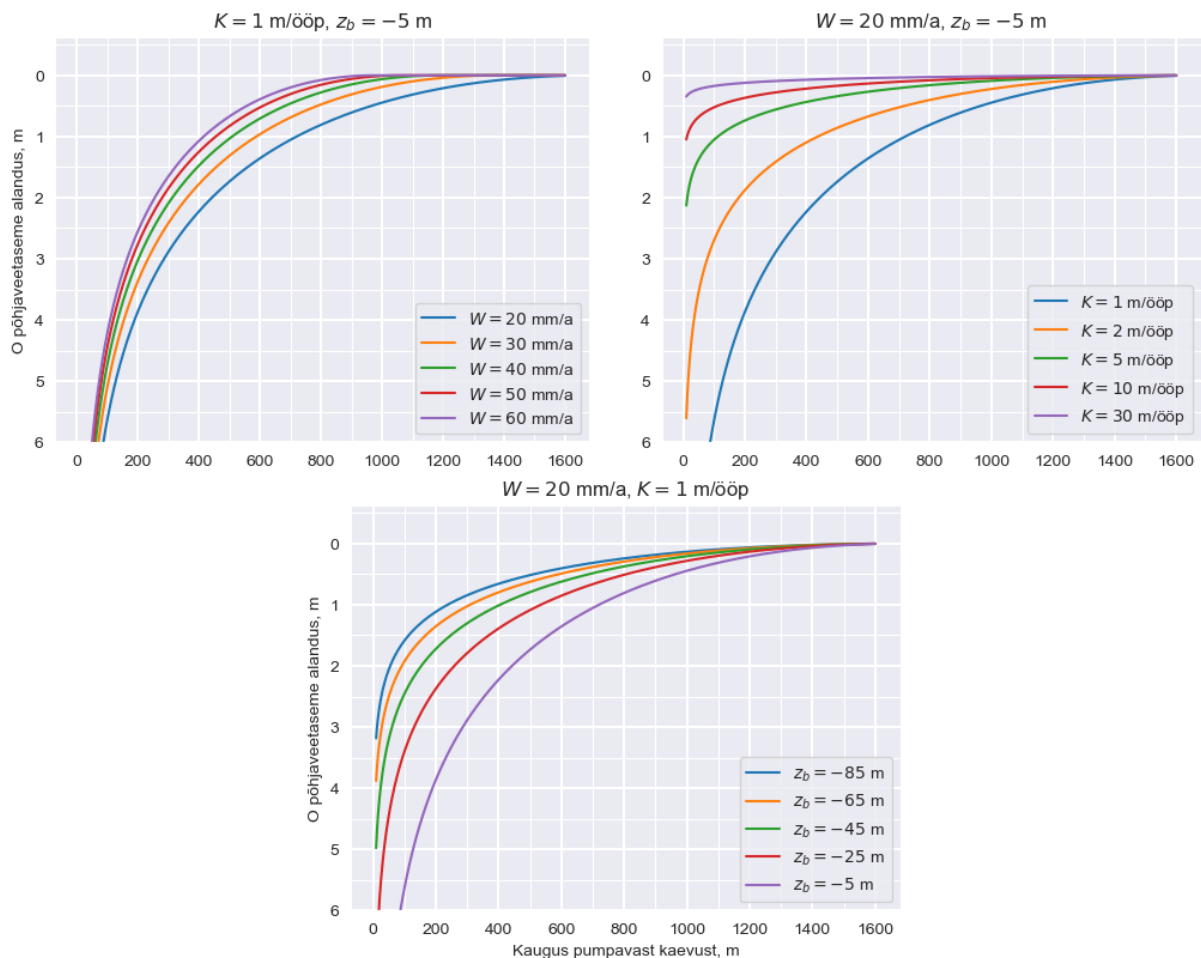
Vajalikud parameetrid pärinevad kirjandusest ja registriandmetest. Põhjavee pindalalise toitumise määra (W) on antud piirkonnas hinnatud vaid üle-eestilistes hüdrogeoloogilistes mudelites, väärtusteks on saadud 20-30 mm/a ([Hunt jt., 2024](#)) või 30-60 mm/a ([Vallner, 2002](#)).

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 Rapla kaardilehe seletuskirjas (antud alast ~20 km idas, kuid sarnase geoloogilise ehitusega) on Ordoviitsiumi kivimite filtratsioonikoefitsiendiks hinnatud vahemikku 1-50 m/ööpäevas, kuid enamasti 15-30 m/ööpäevas ([Männik jt., 2020](#)). Ligikaudu 2,5 km põhja suunas asuva Keila kaardilehe seletuskirjas on toodud väärtuste vahemik 0,13-38 m/ööpäevas, teatud juhtudel isegi 60-70 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2014](#)). Mõningat indikatsiooni kivimite filtratsiooniomadustest annavad ka planeeringualast 5 km raadiuses asuvate EELISse kantud kaevude erideebitid, mis on võrdlemisi väikesed – mediaan on $0,07 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, pooled väärtused jäävad $0,04$ - $0,19 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ vahele. Seega arvestatakse edasises arvutuses ka jaotuse väiksema poole filtratsioonikoefitsiente, vahemikus 1-30 m/ööpäevas.

Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi lamami kõrgust (z_b) ei saa üheselt hinnata, kuna kivimite filtratsiooniomadused vähenevad sügavusse sujuvalt, nii et konkreetset piiri põhjaveekihi ja -pideme vahel ei pruugigi eksisteerida. Võimalikud kandidaadid siin käsitletava veekihi lamamile on Oandu lademe savikate lubjakivide lasum (s.t Nabala-Rakvere põhjaveekihi lamam), mis asub antud piirkonnas maapinnast sügavusel ~40 m (nt ~5 km kirdes asuva puurauk [D-48](#) andmetel; [Suuroja jt., 2014](#)), sügavus ~50 m, millest allapoole väheneb kivimite filtratsioonikoefitsient reeglina märgatavalt ([Marandi jt., 2019](#)) või Ordoviitsiumi regionaalse veepideme lasum, siinkohal sügavusel ~120 m (puurauk [D-48](#); [Suuroja jt., 2014](#)). Edasistes arvutustes käsitletakse veekihi lamameid vahemikus 40-120 m maapinnast, millele vastavad absoluutkõrgused ligikaudu -5 kuni -85 m, arvestades maapinna kõrguseks ~35 m abs. Põhjavee looduslik tase (h_R) antud piirkonna Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis on EELIS puurkaevude andmetel keskmiselt 4,7 m maapinnast (pooled väärtused jäävad 3,1 ja 5,4 m vahele), millele vastab absoluutkõrgus ~30 m.

Veevõtul (Q) 490 m^3 /ööpäevas arvutatud vabapinnalise ja tasakaalustunud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi alanduslehtri külgprofiilid erinevate toitumismäärade, filtratsioonikoefitsientide ning põhjaveekihi lamamite väärtustel on toodud [joonisel 4](#).

Sügavaim arvutuslik alanduslehter saavutatakse vähima võimaliku põhjavee toitumismäär, vähima filtratsioonimooduli ning kõrgeima veekihi lamami tingimustes. Konservatiivse hinnangu nimel lähtumegi edaspidi halvimal võimalikul olukorral, s.t $W = 20 \text{ mm/a}$, $K = 1 \text{ m/ööpäevas}$ ning $z_b = -5 \text{ m abs.}$ Sellisel juhul ulatub alanduslehtri kogumõju teoreetiliselt ~1600 m kaugusele, kuid selle all mõeldakse veetaseme alandust vaid sentimeetrites, mis ei ole loodusliku kõikumise taustal märgatav ega veevarustusele oluline. Maapinnalähedases veekihis on põhjavee looduslik kõikumine aastaaegade lõikes tüüpiliselt 1-2 m (nt [Kupits, 1977](#)), mille tõttu võib veevarustusele oluliseks mõjaks hinnata veetaseme alanemist 1 m võrra. Taoline mõju ulatub ~700 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 ~960 m kaugusele.

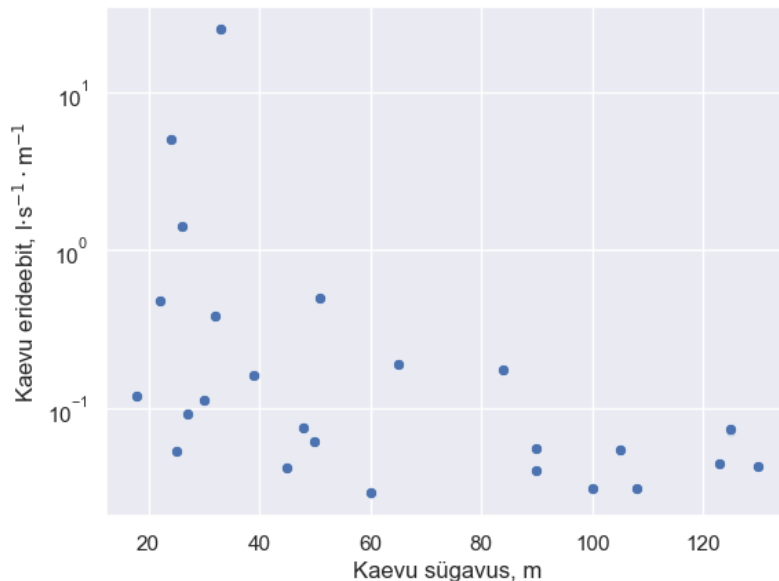


Joonis 4: Põhjaveetaseme alanduslehti külgprofiilid Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis. Jooned tähistavad võimalikke alanduslehte erinevatel põhjavee toitumismäära (W ; vasakpoolne ülemine paneel), filtratsioonikoefitsiendi (K ; parempoolne ülemine paneel) ja veekihi lamami absoluutkõrguse (z_b ; alumine 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 kaugele 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 tekkiv 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.

Tegelikkuses on põhjaveekompleksi keskmised filtratsiooniomadused tõenäoliselt siintoodust soodsamad, mille tõttu kujuneb reaalne alanduslehter siin 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 looduslik gradient, mis on antud piirkonnas langev loode suunal ([Suuroja jt., 2014](#)), põhjustab alanduslehti mõnel määral laienemist allavoolu loode suunal ja kitsenemist ülesvoolu kagu suunal.

Kuna olulise veevõtiga kaeve mõjupiirkonnas või selle lähedal ei ole, ei toimu kaevude alanduslehtrite liitumist. Mõjupiirkonna lähedal ei ole ka karjääre, mis oleksid märkimisväärsed põhjavee tarbijaid. Lähim karjäär, Risti-Muru maardla Risti-Muru liivakarjäär (ning taotletav Risti-Muru II), asub planeeringualast ~3 km kaugusel idas ning seal ei toimu veetaseme aktiivset alandamist (kaevandatakse vee alt), mille tõttu on mõju põhjaveele minimaalne. Küll aga mõjutavad alanduslehtri ulatust lähikonna veekogud, eelkõige Piirsalu jõgi, mis võib piisava jõe ja põhjaveekihi ühenduse puhul (s.t jõesängi põhja settinud peenmaterjali ehk kolmatsioonikihi piisaval lünklikkusel) mõnel määral oma vett põhjaveekihti loovutada, takistades sel moel alanduslehtri levikut jõest edasi lõuna- ja lääne suunal. Sarnast, kuigi tõenäoliselt väiksemat efekti võivad omada ka alast idas paiknevad maaparandussüsteemi Muru-1 kraavid.



Joonis 5: Erideebitite ja kaevu sügavuste vaheline seos planeeringualast 5 km raadiuses asuvate EELISse kantud kaevudes

Oodatavat veetaseme alandust pumpavas puurkaevus eneses iseloomustab kõige paremini kaevu erideebit (q), mis on planeeringualast 5 km raadiuses EELISse kantud kaevude alusel vahemikus $0,03\text{--}4\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ enamasti aga $0,04\text{--}0,19\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ (joonis 5). Veevõtu $490\text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ puhul on eeldatav veetaseme alandus puurkaevus endas parimal juhul $1,4\text{ m}$, halvemal juhul aga ei ole võimalik ühest kaevust piisavat vett võtta, mis võib tähendada vajadust veehaardesse suurema arvu kaevude puurimiseks. Võttes minimaalseks erideebitiks $0,04\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ning tehnilises mõttes mitteprobleemaatiliseks veetaseme alanemiseks 20 m , saab ühest kaevust võetava vee hulgaaks garanteerida vaid $\sim 70\text{ m}^3/\text{ööpäevas}$, kuigi suurima tõenäosusega on vastav näitaja oluliselt suurem. Mitme kaevu kasutamine sama vooluhulga saamiseks ei põhjusta summaarse alanduslehtri olulist suurenemist võrreldes eeltoodud arvutustega.

4.2 Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks

Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi survelehtide põhjaveekompleksid ei toitu vabapinnalise moel läbi pindalase filtratsiooni, nende toitumine leiab aset pigem läbi konkreetsete aluspõhjaliste orgude või läbi aeglase filtratsiooni Pandivere kõrgustiku lael. Kuigi Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 kaardil on kaitsetööstuspargi planeeringualast ~1 km kaugusel läänes märgitud aluspõhjalise oru olemasolu, ei ole lähipiirkonna puuraukude või -kaevude andmetest võimalik oru olemasolu tuvastada. Samuti ei tuvastatud oru olemasolu

ka alast ~2,5 km põhjas algava Keila geoloogilise baaskaardi lehe 1:50 000 mõõtkavas kaardistamisel ([Suuroja jt., 2014](#)). Seega peab konservatiivselt lähtuma stsenaariumist, kus põhjaveekihi toitumine toimub kaevust kümnete kilomeetrite kaugusel. 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 alanduslehest. Alanduslehtri ulatus arvutatakse põhjaveevarude hindamise reeglistiku eeskujul 30 a möödumisel alates pumpamise algusest ([Keskkonnaminister, 2019b](#)).

Igal juhul on samal pumpamismahul survelehtes põhjaveekihtides tekkiva alanduslehtri raadius vabapinnalisest põhjaveekihi oluliselt suurem, tulenevalt viimaseid iseloomustava gravitatsioonilise veeanni (ingl. k. *specific yield*) ja pindalalise toitumise puudumise tõttu. Teisalt on survelehtes muutused 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:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} w(u) \quad [4],$$
$$w(u) = -\gamma - \ln u + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} u^k}{k \cdot k!} \quad [5],$$
$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad [6],$$

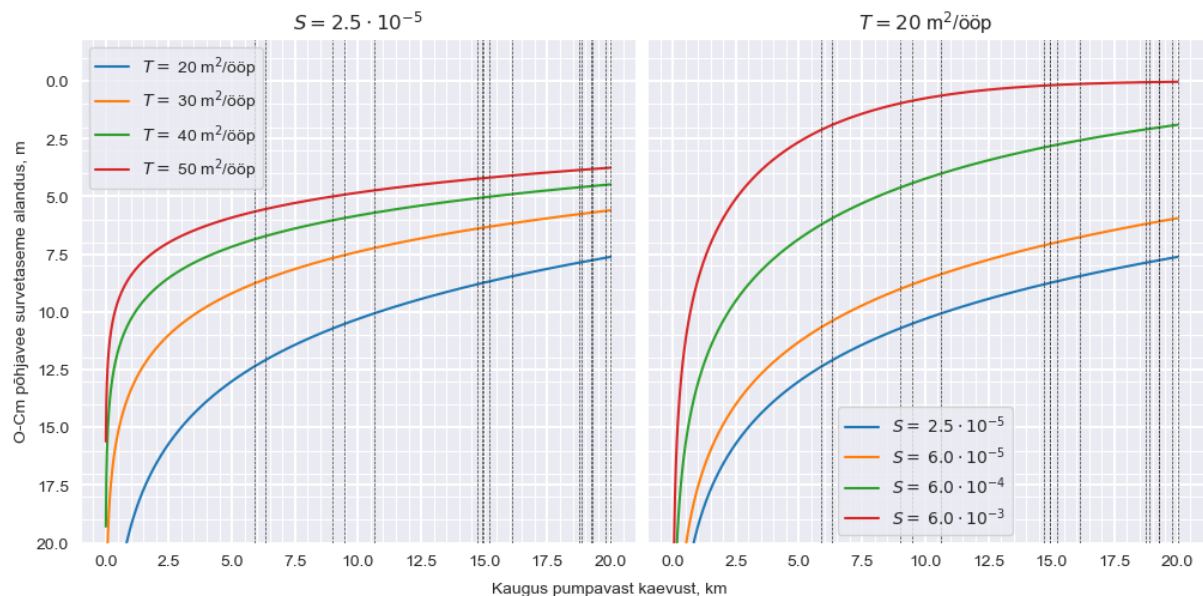
kus

- 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 konkreetsetes 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](#)), Keila geoloogilise baaskaardi lehe seletuskirjas on toodud aga väärtused 1-5 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2014](#)). Põhjaveekompleksi veejuhtivus (T) on filtratsioonikoefitsiendi ja veekihi paksuse korrutis. Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi paksus on lähimate puuraukude/kaevude alusel 25-40 m (puuraukud [3R](#), [F326](#), puurkaevud [9483](#), [9997](#), vt. ka [Suuroja jt., 2014](#)), millele vastavad veejuhtivuse väärtused on vahemikus 12,5-200 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), mida täpsemate andmete puudumisel käsitleme siingi.

Veevõtul (Q) 490 m³/ööpäevas ning pumpamise kestmisel (t) 30 a arvatud Ordoviitsiumi-Kambriumi alanduslehtri külglprofiilid erinevate veemahtuvuste ja veejuhtivuste väärtustel on toodud [joonisel 6](#).



Joonis 6: Põhjaveetaseme alanduslehtri külglprofiilid esimese 20 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 m³/ööpäevas, pumpamise ajaperiood (t) 30 aastat. Vertikaaljooned tähistavad Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist toituvate EELISes registreeritud põhjaveehaarete kaugusi planeeritavast kaevust

Sügavaim arvutuslik alanduslehter saavutatakse vähima võimaliku veemahtuvuse ja (alanduslehtri kaevupoolses osas) vähima veejuhtivuse tingimustes. Konservatiivse hinnangu nimel lähtumegi edaspidi olukorrast, kus Ordoviitsiumi-Kambriumi veejuhtivus on 20 m²/ööpäevas ning veemahtuvus $2,5 \cdot 10^{-5}$. Sellisel juhul võib 30 aasta järel alanduslehteri kogumõju ulatuda teoreetiliselt isegi enam kui saja kilomeetri kaugusele. Nii kaugusele ei ole kaevu mõju aga mõistlik interpreteerida – kaugemal kui ~10-20 km hakkavad Ordoviitsiumi-Kambriumi survetasemeid oluliselt suuremal määral määrama piirtingimused, mida siin ei kajastata, nt toitumine aluspõhja orgudes või läbi lasuva veepideme, väljakiildumine klindirannikul jms. Survetaseme alaneb 20 km kaugusel maksimaalselt 8 m, 10 km kaugusel ~10 m. Pumpamise jätkumisel samal määral kauem kui 30 a süveneb ja laieneb alanduslehter veelgi, kuid järjest vähenevas tempos. Näiteks pärast 50 a pumpamist on 20 km kaugusel survetase alanenud ~8,6 m, pärast 100 a pumpamist ~10 m.

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 ning selle keskmised filtratsiooniomadused on tõenäoliselt siintoodust soodsamad, mille tõttu kujuneb reaalne alanduslehter tõenäoliselt siin arvutatust oluliselt tagasihoidlikumaks. Ka siin põhjustab kivimite omaduste ja kihipaksuste heterogeensus alanduslehtri asümmeetriat. Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavee survetaseme looduslik gradient on antud piirkonnas langev lääne-loode suunal ([Suuroja jt., 2014](#)), mille tõttu on alanduslehter laiem allavoolu lääne-loode suunal ja kitsam ülesvoolu ida-kagu suunal. 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 ole vaja arvestada ([Fetter ja Kreamer, 2022](#)).

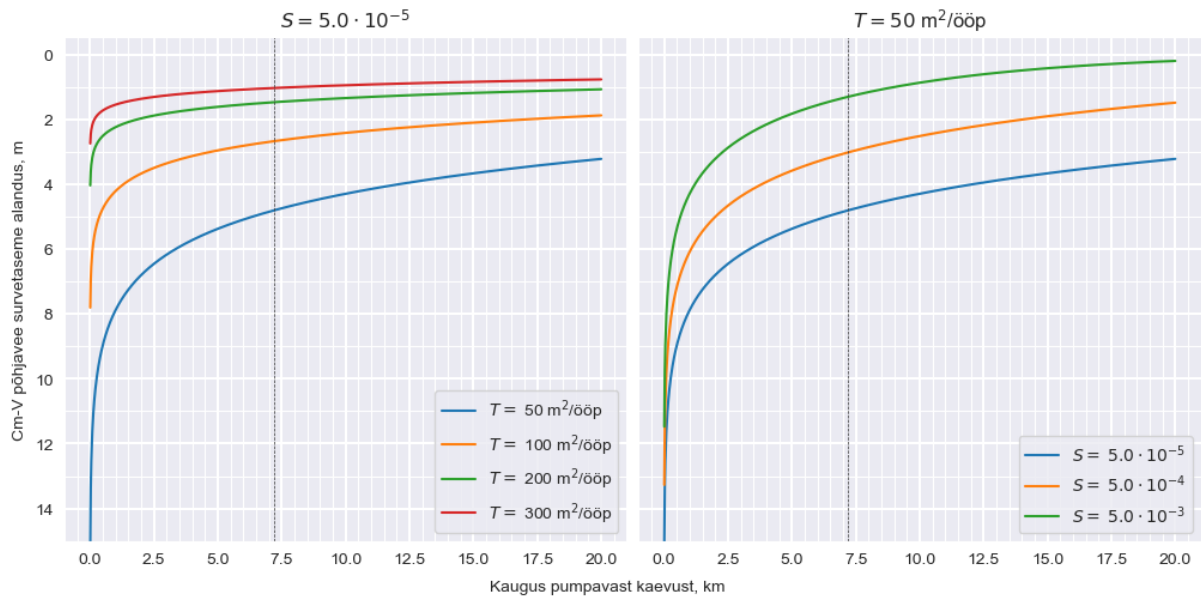
Ordoviitsiumi-Kambriumi kaevude erideebit on Keila kaardilehe andmetel $0,1-0,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ([Suuroja jt., 2014](#)), ühtides Risti aleviku ühisveevärgi puurkaevus [9483](#) mõõdetud väärtusega $0,151 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ning Ellamaa küla puurkaevu [1364](#) väärtusega $0,212 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ (mõlemad asuvad planeeringualast ~6 km kaugusel). Veevõtu $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ puhul on eeldatav veetaseme alandus puurkaevus endas seega vahemikus 19-57 m. Risti ühisveevärgi puurkaevu näitel asub põhjaveekompleksi lasum maapinnast sügavusel ~165 m, looduslik survetase aga ~38 m. Kuna survetase ei alane seega veekompleksi kivimiteni, ei põhjusta taoline veetaseme alanemine probleeme kaevu konstruktsioonis.

4.3 Kambriumi-Vendi põhjaveekompleks

Alanduslehter Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksis arvutatakse analoogiliselt Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksiga, kasutades samu eeldusi põhjaveekompleksi pidevuse ja omaduste ühtluse kohta. Kambriumi-Vendi filtratsiooniomadused on erialakirjanduses mõnevõrra vähem täpselt välja toodud kui Ordoviitsiumi-Kambriumi omadused. Lateraalne filtratsioonikoefitsient on väikesemõõtkavaliste uuringute tulemusel hinnatud vahemikku 3-9 m/ööpäevas, keskmiselt 7,4 m/ööpäevas ([Marandi jt., 2019](#)). Keila kaardilehe piires hinnati kivimite filtratsioonikoefitsiendiks kõikjal üle 1 m/ööpäevas, kihiti ka kuni 8 m/ööpäevas ([Suuroja jt., 2014](#)). Põhjaveekihi paksus antud piirkonnas on vahemikus 40-55 m (nt puurkaev [9997](#); [Suuroja jt., 2014](#)), millele vastavad veejuhtivused on vahemikus $40-495 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$. Üldjuhul on Kambriumi-Vendi veejuhtivus hinnatud siiski vahemikku $50-300 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$ ([Marandi jt., 2019](#)), millest lähtume ka siin.

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi katsepumpamise tulemusel on põhjaveekompleksi eriveemahtuvuse suurusjärguks leitud $\sim 10^{-6} \text{ m}^3$ (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](#)).

[C. V. Theisi \(1935\)](#) meetodil valemite [4-6](#) alusel arvutatud Kambriumi-Vendi alanduslehtri külgprofiilid veevõtul (Q) $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$, 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 põhjaveekompleksis. Värvilised jooned tähistavad võimalikke alanduslehtreid erinevatel veejuhtivuse (T ; vasakpoolne paneel) ja veemahtuvuse (S ; parempoolne paneel) väärtustel. Veevõtt (Q) on kõigil juhtudel $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$, pumpamise ajaperiood (t) 30 aastat. Vertikaaljoon tähistab lähima Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksist toituva põhjaveehaarde kaugust planeeritavast kaevust

Konservatiivse hinnangu nimel lähtume siingi minimaalsest võimalikust veejuhtivusest ($50 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$) ning veemahtuvusest ($5 \cdot 10^{-5}$). Võrreldes Ordoviitsiumi-Kambriumi arvutusega on siin leitud alanduslehter võrdlemisi sarnane – teoreetiline mõju 30 a möödudes ulatub enam kui 100 km kaugusele, mida ei tasu samadel põhjustel jällegi üle interpreteerida. Suurema minimaalse veejuhtivuse tõttu on alanduslehter aga võrdlemisi „laugem“, s.t indutseeritud survetaseme gradient on väiksem, mis vähendab mõju olulisust. Nt 20 km kaugusel on survetaseme alanemine vaid ~3 m, 10 km kaugusel ~4 m.

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 survetaseme taastumine läbi Lükati-Lontova veepideme filtreerumise, läbi aluspõhjaliste orgude või avamusel Soome lahe põhjas ka mereveest. Samuti on veekompleksi keskmine veejuhtivus siin kasutatust tõenäoliselt suurem. Mõlemad asjaolud vähendavad alanduslehtri suurust või sügavust. Võrdluseks võib tuua Tallinna ümber kujunenud Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi alanduslehtri, mis ulatub hüdrokeoloogilise kaardistamise andmetel linnast vaid ~30-40 km kaugusele (Eesti Geoloogiateenistuse 1:50 000 hüdrokeoloogiline baaskaart), olenemata kinnitatud Kambriumi-Vendi põhjaveevarudest, mis ulatuvad ainuüksi Tallinna linna piires üle $30\,000 \text{ m}^3$ -ni ööpäevas ([Keskonnaminister, 2006](#)). Põhjaveekompleksi regionaalne põhjasuunaline vool ([Perens ja Vallner, 1997](#)) tagab, et alanduslehter on „välja venitatud“ põhja suunas ja arvutuslikust väiksema ulatusega lõuna suunas.

Teiste puurkaevude tekitatud alanduslehtrid ühtivad siinsega lineaarsel moel, s.t ei teki lisanduvalid liitefekte. Arvestades arvutuslike alanduslehtrite ulatust tuleb siiski pigem rääkida alanduslehtritest mitte üksikute kaevude vaid tervete piirkondade kaevude veevõtu koosmõjus. Praktilises mõttes domineerib Põhja-Eestis Kambriumi-Vendi survetaset seega Harjumaa

suuremate asulate veevõtt ning siinses suurusjärgus veehaarded, mis jäävad Harjumaa kogu Kambriumi-Vendi veevõtu mõistes veapiiridesse, mõjutavad laiemat olukorda vähe ([Grigorjeva ja Metsur, 2022](#)). Põhjaveekogumi piires on viimastel aastakümnetel toimunud survetaseme taastumine või stabiliseerumine tänu eelmise sajandiga võrreldes vähenenud veevõtule ([Marandi jt., 2019](#)).

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi kaevude erideebit on reeglina suurem kui Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis, kuigi konkreetsetes piirkonnas on andmeid vähe. Riisipere aleviku Kambriumi-Vendi veekompleksi avavas puurkaevus [1104](#), ~14 km kaugusel planeeringualast, on erideebit $0,287 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Tallinna Kambriumi-Vendi põhjaveevarude hindamisel toodi kaevude erideebitiks vahemik $0,5\text{-}4,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ([Tamm ja Pello, 2016](#)). Keila kaardilehe seletuskirjas on toodud maksimaalseks erideebitiks $3,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ([Suuroja jt., 2014](#)). Võttes minimaalseks erideebitiks $0,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ kujuneks veetaseme alanduseks kaevus kõige enam ~29 m, mis jätaks Kambriumi-Vendi kivimite lasumi kohale survekõrguseks ~150 m ning ei tekitaks seega probleeme kaevu konstruktsioonile ega veekvaliteedile.

5 Mõju põhjavee kvaliteedile

Piirsalu 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 põhjaveekompleksides, seevastu, ei ole oodata survetaseme langemist allapoole kivimite lasumit, mille tõttu ei leidu protsessi, mis põhjustaks vastavates kompleksides põhjavee kvaliteedi märgatavaid muutusi. 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.

Tõenäolisem mõju põhjavee kvaliteedile avaldub Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis tänu veetaseme alandamisele. Mõju piirduv 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. Karbonaatkivimite hajusalt esineva püriidi oksüdeerumisel võib vesi muutuda sulfaatide- ja rauarikkamaks. Kuigi püriidis sisaldub ka raskmetalle, on Eestis karbonaatkivimite pH-puhverdusvõime piisav, et takistada raskmetallide mobiliseerumist veekeskkonda madala pH mõjul (erandiks kohati põlevkivi kaevandamise piirkonnad; [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), 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.

Vee keemilise koostise muutumine eelkirjeldatud protsesside käigus ei tähenda, et vee kvaliteet ei vastaks enam joogivee kvaliteedinõuetele ([Sotsiaalminister, 2019](#)) ning ei sobiks kasutamiseks joogiveena. Taolistel põhjavee kvaliteedi muutustel ei ole ka ökoloogilisi tagajärgi. Küll võivad aga muutuda maitseomadused ja vett tarbivate seadmete hoolduskulud.

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.

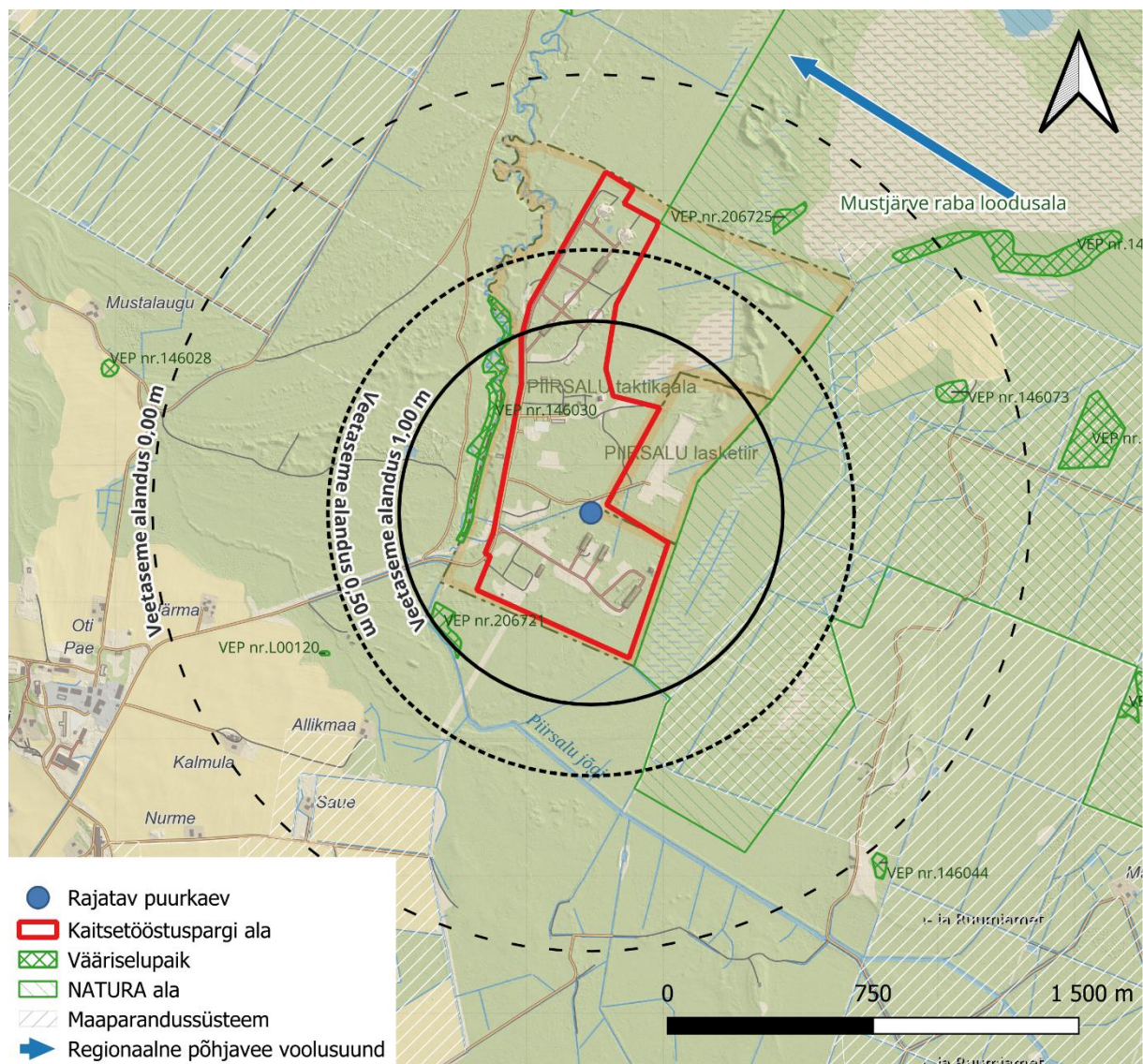
Juhul, kui tekkiv reostus mobiliseerub, võib see sattuda ülemisse põhjaveekihti ning liikuda sealt edasi seotud pinnaveekogudesse (peamiselt Piirsalu jõgi) või Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi

rajatud puurkaevu. Sel põhjusel on soovituslik sarnaselt pinnasele seirata raskmetallide ja lõhkeainete sisaldust ka Piirsalu jões allavoolu. Reostuse kontsentratsioon väheneb järjest reostuse allikast allavoolu. Risk sügavamate põhjaveekomplekside veekvaliteeti mõjutada puudub.

Veekvaliteedi muutuste implikatsioone piirkonna veevarustusele käsitletakse järgmises peatükis.

6 Veerežiimi muutuste mõju looduslikele elupaikadele

Veetaseme langus aluspõhja esimeses (Ordoviitsiumi) põhjaveekompleksis võib mõjutada veetaset ka pinnakattes ja mullas ning potentsiaalselt ka põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme. Alast vahetult idas asub Mustjärve raba Natura 2000 loodusala ([joonis 8](#)), s.h Mustjärve raba metsise mängupaik (EELIS kood 148419072). Puurkaevu olulise mõju raadiusse jäävas loodusala osas valdavad soo- või soostuvad metsad, mis on tundlikud pinnase veetasemete muutustele (s.t kuivendumõjule).



Joonis 8: Põhjaveetaseme alanduslehtri ulatus Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis halvima võimaliku stsenaariumi alusel, piirkonna looduskaitsetelised objektid ning maaparandussüsteemide võõndid.

Piirsalu planeeringuala lähimate puurkaevude läbilõigete alusel leidub pinnakattes kas moreeni- (nt kaev [53573](#)) või savikiht (nt [62265](#)), mis isoleerib pinnakattes levivaid lokaalse olulisusega veekihte aluspõhja kivimitest ning võib seega takistada Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi alanduslehtri mõju jõudmist pinnasesse (nagu on leitud ~3 km antud alast läänes, [Kupits, 1977](#)). Mõju vähendavad potentsiaalselt ka looduslale rajatud maaparandussüsteem Muru-1

(4110210010060001) ning sellega ühendatud kraavid, mis on piirkonna niiskusrežiimi juba muutnud.

Siiski, pinnakattekihtide isoleeriv mõju ei pruugi olla absoluutne, kuna nende levik on üldiselt väga lokaalne ja kuna lähipiirkonnas levivad ka parema veejuhtivusega mere- ja jääjõelised setted. Puudub piisava täpsusega info pinnakattekihtide leviku ja pinnasevee isolatsiooni kohta. Alal levivad soostunud või soostuvad metsad on kraavitusest mõjutatud, kuid täpne mõju tugevus pole teada, kuna teada pole kraavide seisukord. Natura 2000 alade puhul tuleb läbi viia Natura eelhindamine ja vajadusel ka Natura asjakohane hindamine (mida saab läbi viia vaid keskkonnamõju hinnangu raames), kui mõju ala kaitse-eesmärkidele ja terviklikkusele pole välistatud. Seega on Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi tootmisvee kaevu rajamisel vajalik eelnevalt läbi viia pinnaseuuring, mis teeks kindlaks vettpidavate kihtide ulatuse kaevu olulise mõju ja Natura 2000 loodusala ülekatte piirkonnas, kusjuures uuring tuleb läbi viia viisil, et see ei kahjusta Natura kaitse-eesmärke. Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist 490 m³/ööpäevas veevõtul saab mõju Natura 2000 alale välistada vaid juhul, kui pinnaseuuringu tulemused kinnitavad pinnasevett Ordoviitsiumi kivimitest isoleeriva veepidava kihi olemasolu.

Alternatiivselt oleks oluline mõju Natura 2000 alale välistatud, kui veehaare rajada kaitsetööstuspargi läänepiirile ja/või veevõttu vähendada. Arvutuslikult piisaks olulise (0,5 m või enam) veetaseme alanemise välistamiseks, kui varasemalt määratud kohas ([joonis 8](#)) asuva kaevu veevõttu vähendada määrani 160 m³/ööpäevas (0,5 m veetaseme alandus ulatuks kaevust ~311 m kaugusele, Natura 2000 ala algab ~330 m kaugusel). Kui kaev nihutada planeeringuala läänepiirile, kust Natura 2000 alani on ~640 m, on võimalik oluline mõju välistada veevõtul 300 m³/ööpäevas (0,5 m veetaseme alandus ulatub ~622 m kaugusele kaevust). Mõju on välistatud ka, kui puurkaevud rajatakse sügavamatesse Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksidesse, olenemata kaevu asukohast või veevõtust.

Igal juhul tuleb Ordoviitsiumi kompleksist vee võtmisel seirata veetaset kord kvartalis potentsiaalselt mõjutatava Natura 2000 ala piiril, mis külgneb kaitsetööstuspargiga. Veetaset tuleb seirata kahes üksteisest ~20 m kaugusel asuvas puurkaevus, millest üks avab pinnakatte veekihti ja teine ülemist Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi. Seire teostamise tingimuseks on siiski, et puurkaevude rajamine ja seiretöö ei kahjusta Natura kaitse-eesmärke. Puurkaevude asukohaks sobivad nt L-EST97 koordinaadid X: 6546604, Y: 504513. Asukohta võib nihutada paralleelselt kaitsetööstuspargi piiriga vastavalt ligipääsetavusele ja kaitse-eesmärkidega paremale sobivusele.

Oluline mõju põhjasuunas asuvale Mustjärve rabale on välistatud, kuna rabaturvas ise on hea veeisolaator ning veetase rabakuplitel on aluspõhja põhjaveetaseme muutustest suuresti mõjutamata (nt Seli soo, mis asub sügava veealandusega Estonia kaevanduse kõrval; [Kohv jt., 2023](#)). Oluline mõju on välistatud ka kuivendamata madalsooladele Mustjärve raba lõunaäärtel, kuna need asuvad väljaspool olulise põhjaveetaseme alanduse tsooni. Eelnevad kaks järeldust kehtivad, kui kaev rajatakse [joonisel 8](#) toodud kohta või sellest lõuna suunas kaugemale. Piirsalu jõe äärsete vääriselupaikade veerežiimis ei ole oodata muutust, kuna jõgi ise stabiliseerib pinnasevee taset.

Vastavalt Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi alanduslehtri arvutuslikule ulatusele on mõju Suursoo-Leidissoo loodusalale (~4,7 km kaugusel) ning Valgejärve loodusalale (~4 km) välistatud.

Põhjavee režiimi muutused võivad mõnevõrra vähendada Piirsalu jõe (VEE1102100) vooluhulki, kui jõevesi hakkab kompenseerima põhjaveetaseme langust. Vooluhulga vähenemist võib omakorda kompenseerida (osaliselt või täielikult) kaitsetööstuspargi puhastatud heitvee jõkke

suunamine. Arvutamaks võimalikku mõju jõe veerežiimile leiti jõe hinnanguline keskmine vooluhulk jõe kaitsetööstuspargiga külgneval lõigul. Selleks hinnati Maa- ja Ruumiameti Veemajanduskava kaardirakenduse abil jõelõigule vastava valgala suuruseks ~4000 ha. Korrutades selle Lääne-Nigula meteoroloogiajaama 1991-2020 kliimanormi sademete hulgaga 688 mm/a ([Keskkonnaagentuur](#)) ning lahutades Eesti keskmise aurumise määra ~460 mm/a ([Kink jt., 1998](#)) on keskmiseks vooluhulgaks ~25 000 m³/ööpäevas. See ühtib suurusjärgude mõttes suvisel madalveeperioodil 08.07.2014 riiklikus seirepunktis (SJA9520000) Piirsalu jõel mõõdetud vooluhulgaga ~10 000 m³/ööpäevas. Kuna jõe vooluhulk on seega suurusjärki suurem kui kaitsetööstuspargi veevõtt Ordoviitsiumi põhjaveekihi (kuni 490 m³/ööpäevas), ei mõjuta põhjaveevõtt jõe vooluhulka ega loodusväärtusi olulisel määral.

Piirsalu jõe veekvaliteeti võivad aga teoreetiliselt mõjutada põletus- või lõhkeplatsil toimuvad tegevused, mille tõttu võivad läbi pinnase jõkke liikuda mobiliseerunud lõhkeainejäägid ja/või raskmetallid. Koos põletus- või lõhkeplatsi pinnasereostuse seirega on seega soovitatav samade ühendite osas koostada ja täide viia seirekava ka Piirsalu jõe vees.

Kuna Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksid on paksude veepidemete poolt maapinnast eraldatud, ei mõjuta sealne veevõtt pindmisi ökosüsteeme.

7 Mõju piirkonna veevarustusele

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

Veetaseme languse risk on olulisim Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis, kuna sellega võivad saada mõjutatud ka kvaternaarisetetes või lubjakividesse rajatud salvkaevud, mis on veetaseme muutustele ja kuivamisele kõige tundlikumad, eriti suvisel kuival ajal. Kuigi veetase võib muutuda ka puurkaevudes, on seal reeglina veesamba kõrgus piisav, et vajalik on vaid pumba sügavamale langetamine.

Hindamaks potentsiaalset mõju piirkonna kaevudele, viidi planeeringualast erinevatesse ilmakaartesse jäävatel lähimatel eluhoonetega kinnistutel 18.02.2026 läbi kaevude inventeerimine ning veeproovide analüüsid, mille tulemused on toodud tabelis 4 ja 5. Kaardistatud kaevud ning muud lähimad EELISes registreeritud puurkaevud on koos eeldatava alanduslehtri ulatusega toodud kaardipildil [joonisel 9](#). Valitud kaevud on toodud fotodel 1-3, teised kaardistatud kaevud paiknesid eluhoonete sees ning neist fotosid ei tehtud. Paljud kaevuomanikud viibisid pikaaegselt eemal, puurkaevud olid kinni ehitatud või ei olnud omanikud nõus neid võimalike külmakahjustuste vältimiseks avama, mille tõttu ei olnud võimalik nende sügavust või veetaset määrata.

Tabel 4: Piirsalu planeeringuala lähiümbruses kaardistatud kaevude andmed

Kinnistu	Tüüp	X, L-EST97	Y, L-EST97	Maapinna kõrgus, EH2000, m	Kaevu sügavus, m	Veetase maapinnalt, m	Veetase abs, m
Mustalaugu (68001:003:0183)	Puurkaev	6547536,48	502412,29	34,5	~10	6,00	28,5
Härma (43601:001:0171)	Puurkaev	6546479,26	502834,50	38	-	-	-
Saue (68001:003:0151)	Puurkaev	6545754,56	503216,77	34,5	12,5	1,88	32,6
Kalmula (44101:001:0539)	Puurkaev	6545995,63	502947,27	39	-	-	-
Pae (68001:003:0214)	Salvkaev (hobusekopli)	6546284,57	502391,08	43	-	-	-
	Puurkaev	6546289,29	502325,47	43,5	-	-	-
Oti (68001:003:1060)	Puurkaev (EELIS: 64701)	6546429,74	502418,69	39	50*	6 (09.02.2021)*	33 (09.02.2021)*
Koguduse (68001:003:0056)	Salvkaev (külakaev)	6544795,26	502255,25	34,5	-	1,46	33,0
Aaviku (68001:003:0145)	Puurkaev (EELIS: 62265)	6545918*	505182*	35*	45*	4,2 (03.09.2020)*	30,8 (03.09.2020)*
Allikmaa (68001:003:0230)	Salvkaev	-	-	-	-	-	-

*Ei olnud võimalik töö käigus mõõta. Andmed EELISest.

Tabel 5: Piirsalu planeeringuala lähiümbruse kaevude veeanalüüside tulemused

Näitaja	Mustalaugu	Härma	Saue	Kalmula	Pae (salvkaev)	Oti
Temperatuur, °C	6,82	7,27	5,25	5,2	7,28	5,8
Elektrijuhtivus, µS/cm	560	700	790	700	800	450
Heljum, mg/L	<2	<2	21	<2	<2	<2
Hägusus, NHÜ	0,63	<0,5	12	<0,5	<0,5	<0,5
Lõhn, TON	1	1	1	1	1	1
pH	7,4	7,0	7,0	7,2	7,5	7,6
Värvus, mg/L Pt	10	70	10	6	5	<2
Üldkaredus, mg-ekv/L	6,6	8,9	9,4	8,2	9,3	5,1
Sulfaat, mg/L	23	13	69	17	26	29
Mangaan, µg/L	<10	13	22	<10	23	<10
Raud, µg/L	<20	230	1300	<20	170	<20
Coli-laadsed bakterid, arv/100 mL	108	8	727	16	2	2
Enterokokid, arv/100 mL	11	8	54	11	0	0
<i>Escherichia coli</i> , arv/100 mL	0	0	66	0	0	0
Kolooniate arv 22°C, arv/mL	>300	>300	>300	>300	>300	>300

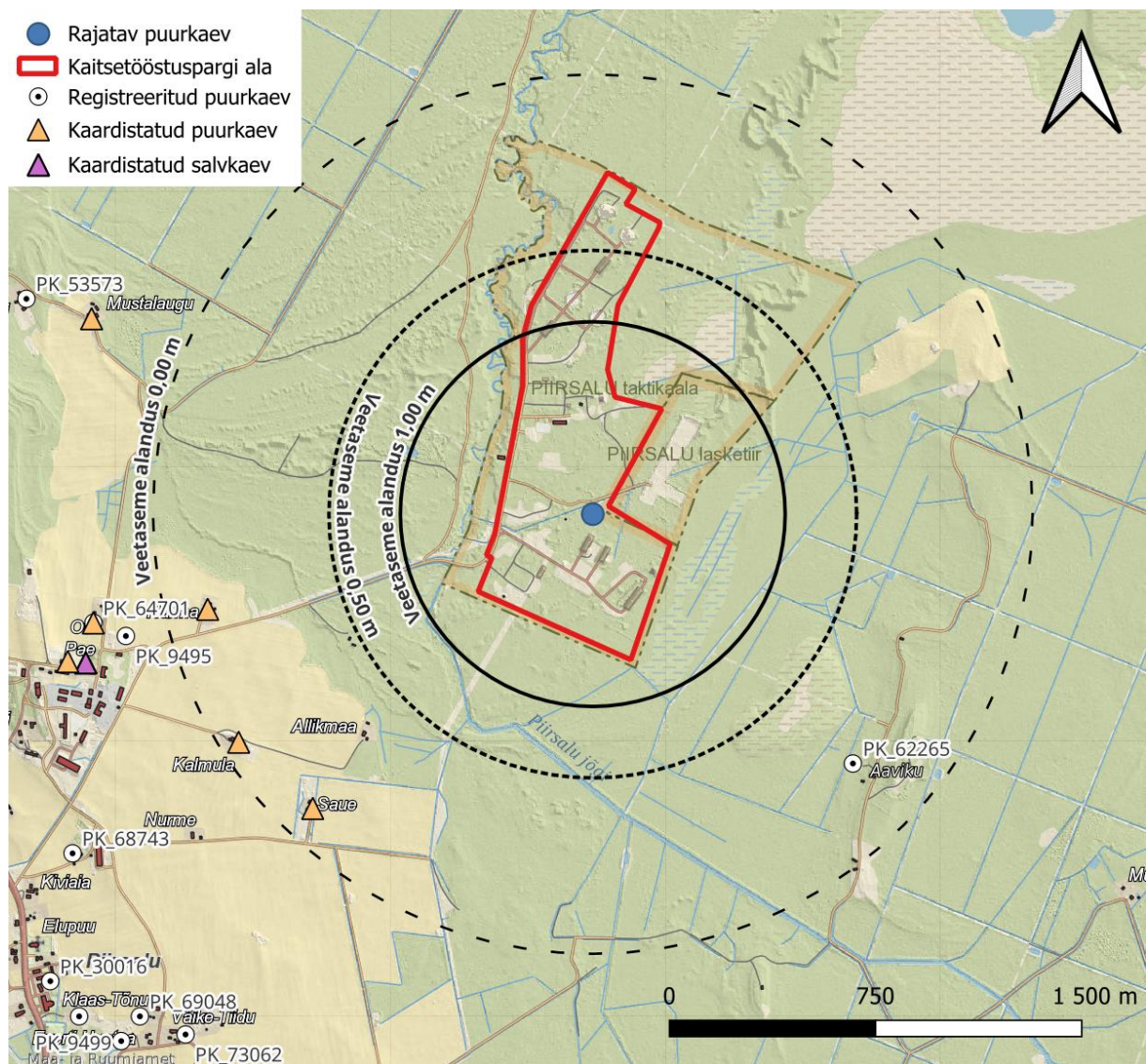
Kõik kaardistatud kaevud avasid Kvaternaari ja/või Ordoviitsiumi põhjaveekomplekse. Kaardistatud kaevude veetasemed jäid vahemikku 1,9-6 m maapinnast ehk 28,5-33 m absoluutkõrguses, mis ühtib muude piirkonna andmetega, mille alusel on Ordoviitsiumi põhjaveetaseme keskmine kõrgus ~30 m (nt Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 geoloogiline kaart).

Veeproovide analüüsimisel leiti, et peamine probleem kaevuvee kvaliteediga seisneb mikrobioloogilises reostuses, mida leidis läbivalt kõigis kaardistatud kaevudes. Reostuse ulatus (mikroobide arv) varieerub kaevude vahel suurtes piirides. Kohati ületab piirnorme ka raua sisaldus, mis on vastab pigem põhjaveekogumi looduslikule varieeruvusele ([Marandi jt., 2019](#)). Mikrobioloogilise reostuse põhjust otsitakse tüüpiliselt kohaliku kaevu konstruktsioonist, kuna see võib viidata olmereostuse või pinnavee sattumisele kaevu. Siinkohal aga viitab nii laialdane reostuse olemasolu pigem põhjaveekihi enda probleemile. Kõrgenenud bakterite koormus Piirsalu küla Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis on fikseeritud ka kaevude andmebaasis viimaste aastakümnete jooksul tehtud analüüsid: s.h Oti kinnistu kaevus 2021. a ([64701](#)), aga ka nt kaevudes [53573](#), [68742](#), [68743](#) jt. Nii Härma kui Saue kinnistu elanikud töid välja, et ümbruskonna põldudele sõnniku laotamise ajal halveneb igakordselt kaevuvee kvaliteet, mis viitab piirkonna põhjavee halvale kaitstusele maapinnalt lähtuva reostuse eest.

Väljaspool Piirsalu taktikaala võivad Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis kogumõju raadiusesse jääda Piirsalu küla Allikmaa kinnistu salvkaev (68001:003:0151), Aaviku kinnistu puurkaev [62265](#) (68001:003:0145), Saue kinnistu puurkaev (68001:003:0151), Härma kinnistu puurkaev (43601:001:0171) ning Kalmula kinnistu puurkaev (44101:001:0539; [joonis 9](#)). Samas ulatub nimetatud kinnistuteni vaid veetaseme alanduse teoreetiline mõju. Oluline mõju ühegi majapidamiseni ei jõua – veetaseme alandus 0,5 m võrra ulatub maksimaalselt ~960 meetrini pumpavast kaevust, lähim majapidamine (Allikmaa) asub ~1100 m kaugusel. Eelnimetatud kinnistute kaevudes langeb veetase vaid sentimeetrites ning sedagi võrdlemisi ebatõenäoliselt, tulenevalt [peatükis 6.1](#) toodud asjaoludest, nt Piirsalu jõe ja piirkonna kraavide alanduslehitrit

vähendavast mõjust. Tegelikult ei ole seega kaitsetööstuspargi Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi kaevu mõju ümbruskonna teistes kaevudes suurima tõenäosusega võimalik tajuda ning mõju veevarustusele puudub.

Eelmises peatükis käsitletud Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veekvaliteedi muutused levivad põhjaveetaseme alanduslehti piires, kus leiavad aset kivimite keemilise keskkonna muutused. Mõjutatud põhjavee voolusuund on kaevu poole ning see ei jõua teiste tarbekaevudeni. Tulenevalt olemasolevate kaevude paiknemisest alanduslehti äärtel, kus oodatav veetaseme langus on maksimaalselt mõnedes sentimeetrites või tõenäolisemalt olematu, ei ole oodata märgatavat mõju kaevude veekvaliteedile. Mõju kaevude veekvaliteedile ei põhjusta ka muud kaitsetööstuspargis aset leidvad tegevused, tulenevalt põhjavee liikumise suunast Piirsalu jõkke.



Joonis 9: Kaitsetööstuspargi puurkaevu poolt tekitatud alanduslehti mõjuulatused Ordoviitsiumi põhjaveekomplektis halvimal võimalikul stsenaariumil ning piirkonna registreeritud ja kaardistatud kaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2026

Kui kaitsetööstuspargi veevõtu tagajärjel peaks mõjuraadiuse kaevudes veetase siiski langema või veekvaliteet kannatama sellisel määral, et tekib probleeme veevarustusega, tuleb

kaitsetööstuspargi arendajal tagada mõjutatud kinnistutel veevarustus (nt uue puurkaevu rajamisel või olemasoleva kaevu süvendamisel või korrastamisel).



Foto 1: Piirsalu küla salvkaev



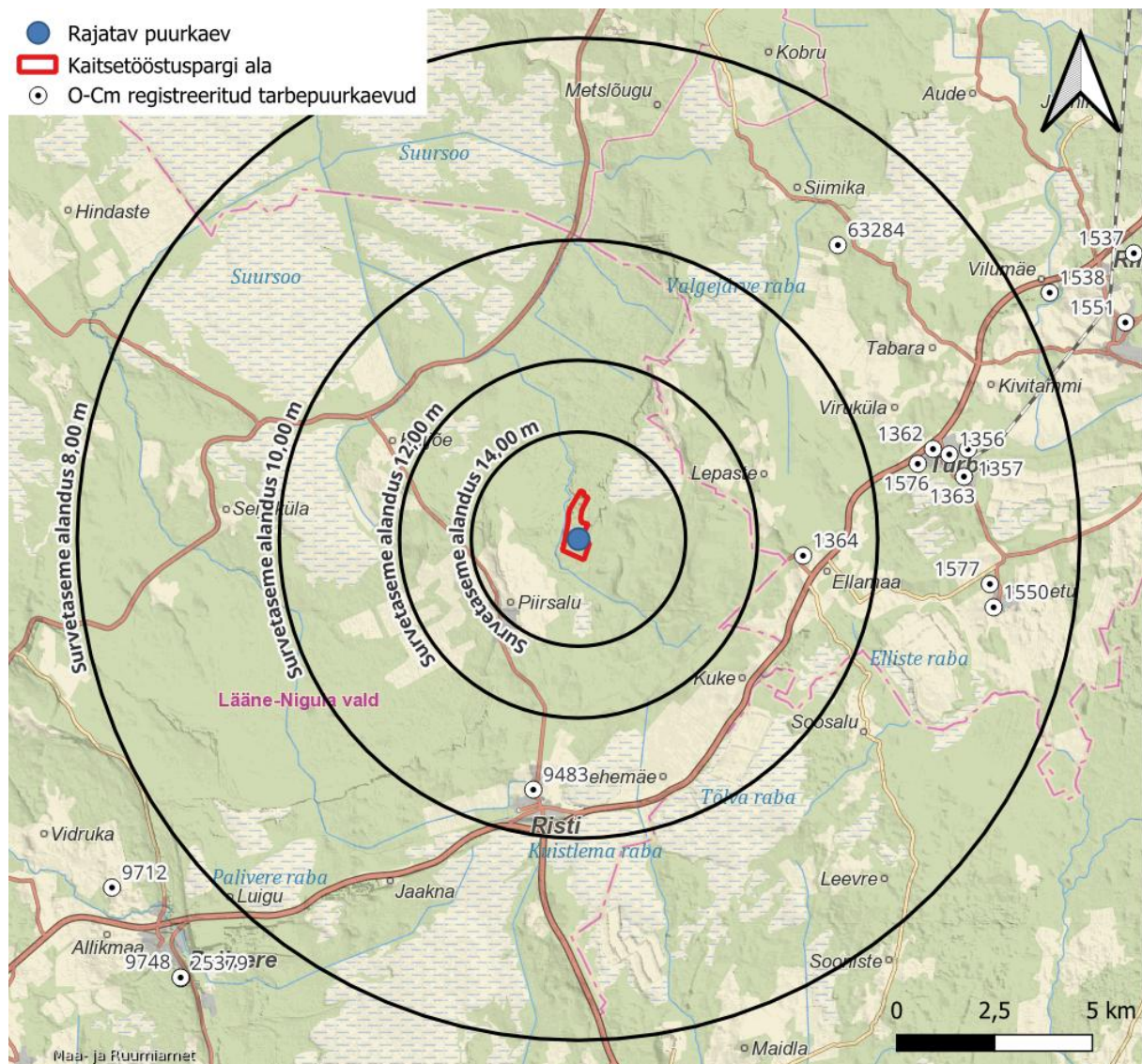
Foto 2: Mustalagu kinnistu puurkaev



Foto 3: Pae kinnistu hobusekopli salvkaev

Võrreldes Ordoviitsiumi põhjaveekompleksiga võib veevõtt Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist mõjutada põhjaveekompleksi survetaset tunduvalt laialdasemal alal, tulenevalt oluliselt aeglasemast veevahetusest ja pindalalise toitumise puudumisest ([joonis 6](#)). Teisalt, kuna Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavett saab tarbida vaid puurkaevudega, mis on siinses piirkonnas >150 m sügavused, on survetaseme langus mõnede meetrite võrra võrdlemisi vähese

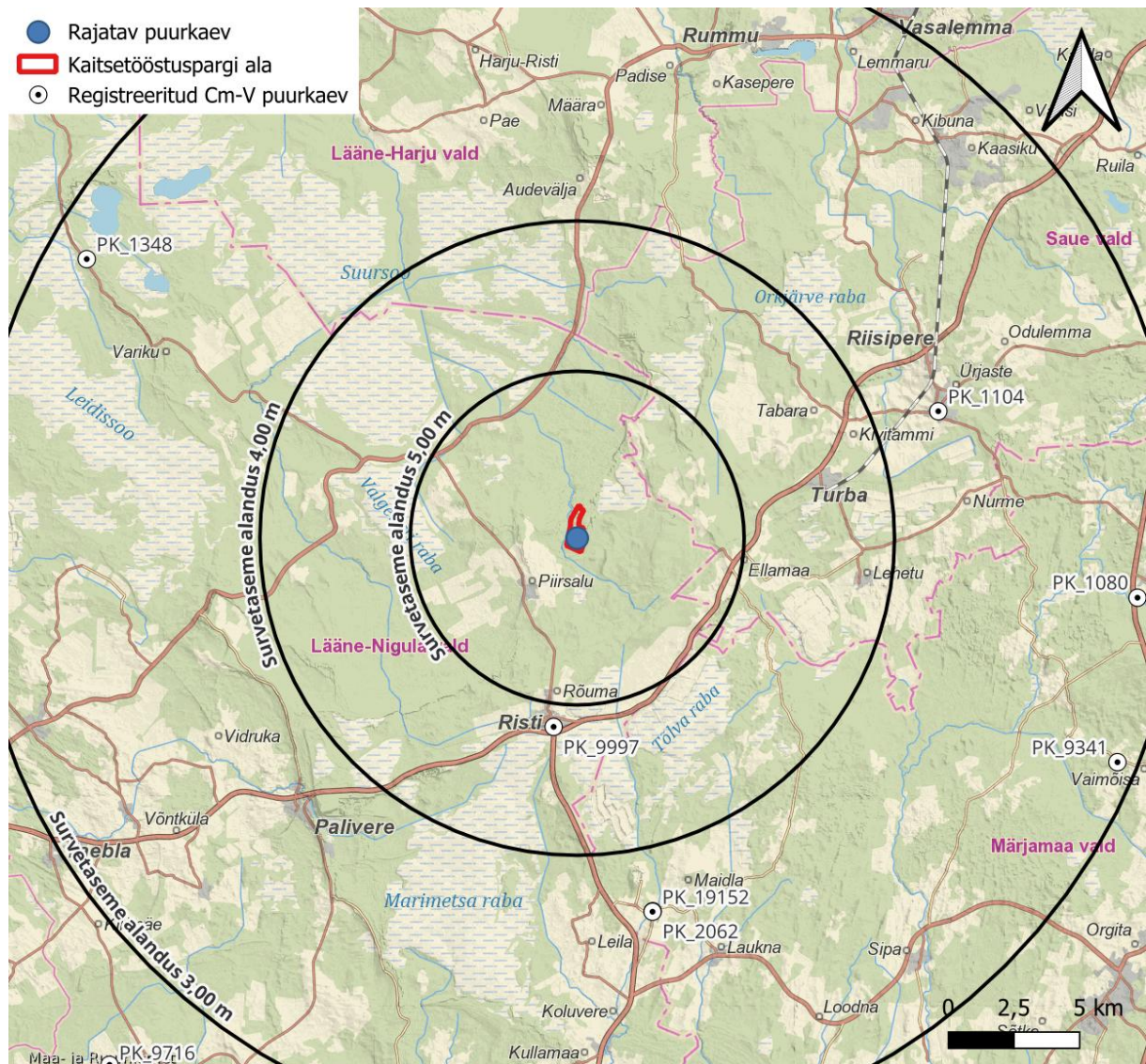
olulisusega veevarustuse seisukohast. Suurim mõju avaldub Risti aleviku kaevus 9483 ja Ellamaa küla kaevus 1364, kus halvima võimaliku stsenaariumi kohaselt langeb survetase 30 a jooksul kuni 12 m võrra (joonis 10). Sellest kaugemates kaevudes piirdub suurim võimalik mõju 10 meetriga. Arvutuslik mõju survetasemele levib kümnete kilomeetrite kaugusele, kuid sellistel kaugustel domineerivad survetasemeid lokaalsed piirtingimused, mida antud arvutuses ei ole võimalik arvestada (nt toitumine lamava veepideme lähedest ja aluspõhja orgudest ning teiste lähemate kaevude veevõtt, s.h regionaalsed alanduslehid). Halvimal juhul on mõnedes kaevudes vajalik pumba langetamine aastakümnete jooksul. Põhjaveekompleks jääb surveleiseks ning seetõttu ei ole oodata muutusi põhjavee kvaliteedis.



Joonis 10: Kaitsetööstuspargi puurkaevu poolt tekitatud alanduslehti mõjuulatused Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksis halvimal võimalikul stsenaariumil ning piirkonnas sama põhjaveekompleksi avavad puurkaevud (uuringupuurauke näidatud pole). Alus: Maa- ja Ruumiamet 2026

Sarnane olukord valitseb ka juhul, kui vett võetakse Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksist (joonis 7). Veelgi sügavamate puurkaevude sügavuste tõttu on siingi survetaseme langus mõnede meetrite võrra veevarustusele ebaoluline. Survetasemete muutused Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksis on pealegi tänaseks harjumuspärased, arvestades viimaste aastakümnete

jooksul toimunud survetasemete taastumist Harjumaa Kambriumi-Vendi alanduslehtri piires. Suurim võimalik mõju avaldub Risti aleviku puurkaevule [9997](#), kus võib survetase langeda 30 a jooksul ~5 m võrra ([joonis 11](#)). Riisipere aleviku kaev [1104](#) asub ~14 km kaugusel ning survetase võib seal arvutuslikult langeda ~4 m (samal kaugusel asuv [2062](#) on mõeldud põhjavee uuringuks, mitte veevõtuks). Järgmised lähimad kaevud jäävad enam kui 20 km kaugusele, kus survetaset määravad palju olulisemal määral teised, siinses arvutuses mitte kajastatud piirtingimused (s.h suurusjärke suurem Kambriumi-Vendi veevõtt Harjumaa suuremates keskustes). Ka Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksis jääb vesi surveleiseks ja muutusi põhjavee kvaliteedis ei ole oodata.



Joonis 11: Kaitsetööstuspargi puurkaevu poolt tekitatud alanduslehtri mõjuulatused Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksis halvimal võimalikul stsenaariumil ning piirkonnas sama põhjaveekompleksi avavad puurkaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2026

8 Kokkuvõte ja soovitused

Piirsalu kaitsetööstusparki planeeritakse rajada kuni kaks tootmisvee põhjaveehaaret, mõlemad veevõtuga kuni 490 m³/ööpäevas. Põhjaveehaarded rajatakse avama erinevaid põhjaveekomplekse. Puurkaevude asukoht saab olema planeeringuala lõunaosas. Käesolev uuring viidi läbi selgitamaks puurkaevude mõju piirkonna põhjavee režiimile, kvaliteedile ning veevarustusele. Uuringu tarbeks viidi läbi piirkonna kaevude kaardistamine, mille käigus võeti veeproovid ja mõõdeti kaevu veetasemed kuuel kinnistul kaitsetööstuspargi lähistel. Kameraaltööna koondati materjali avalikest andmebaasidest, s.h piirkonna geoloogilistest uuringutest ja kaardistamisest, puurkaevude registrist, maapinna reljeefi ja hüdrograafia kaartidelt ning kliimaandmestikust.

Piirkonnas on saadaval kolm aluspõhjalist põhjaveekompleksi: Ordoviitsiumi, Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi. Veevõtu põhiline mõju piirkonna põhjaveele seisneb põhjaveetaseme langemises vabapinnalises Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis või survetaseme langemises Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksides. Vaid Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis seonduvad veetaseme muutustega potentsiaalsed veekvaliteedi muutused.

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

Veevõtul 490 m³/ööpäevas Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist ulatub põhjavee toitumisega tasakaalustunud alanduslehter arvutuslikult kuni 1600 m kaugusele, kuid põhjaveetaseme alandus 0,5 m võrra (n.ö oluline mõju) ulatub vaid 960 m kaugusele. Koosmõju teiste piirkonna veetarbijatega ei ole Ordoviitsiumi põhjaveekompleksis oluline (s.h ka mitte Risti-Muru karjääriga), aga vooluveekogud võivad teatud suundades alanduslehtri ulatust vähendada. Kuna lähimad tarbekaevud asuvad planeeritava veehaarde asukohast >1100 m kaugusel, on märgatav mõju veevarustusele väga ebatõenäoline.

Piirsalu küla Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veekvaliteeti rikuvad kõrgeenenud mikrobioloogilise reostuse määrad, üle joogivee normide on kohati ka üldraua sisaldus. Teiste näitajate alusel vastab vesi joogivee kvaliteedile. Veevõtt võib põhjustada kivimite kuivendamisel nende oksüdeerumist ning tugevamat leostumist, mille tulemusel tõuseb põhjavees sulfaadi ja raua sisaldus ning üldkaredus ja -mineraalsus. Võimalik mõju piirduks alanduslehtri olulise veetaseme muutuse piirkonnaga.

Kui arvutuslikku alanduslehterisse jäävates kaevudes ([joonis 4](#)) tekib kaitsetööstuspargi veevõtu tulemusel siiski probleeme vee kvaliteedi või kogusega, tuleb arendajal veevarustus taastada, nt sügavama puuraugu rajamisega, kaevu puhastamisega või filtrite paigaldamisega.

Rajades Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi veehaare veevõtuga 490 m³/ööpäevas tuleb siiski arvestada kahe põhilise probleemiga. Esiteks ei olnud põhjaveevõtu mõju planeeringualast vahetult idas asuva Mustjärve raba Natura 2000 loodusalale võimalik algselt välja pakutud Ordoviitsiumi puurkaevu asukoha ja täies mahus veevõtu puhul võimalik välistada. Loodusalal asuvad soo- ja soostuvate metsade elupaigatüübid, mis võivad olla pinnasevee tasemest ja seega kuivendumisest mõjutatud. Välistamiseks mõju tuleks Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi

veehaarde planeerimisel viia läbi pinnaseuuring, mis kinnitaks või lükkaks ümber pinnasevett aluspõhja põhjaveekihtidest isoleeriva pinnasekihi lausalise olemasolu. Alternatiivselt saab olulist mõju välistada, kui samas asukohas oleva puurkaevu veevõtt vähendada määrani $160 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ või nihutada kaevu asukoht planeeringuala lääneservale ning vähendada veevõttu määrani $300 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$. Mõju saab välistada ka siis, kui veehaarded rajatakse sügavamatesse põhjaveekompleksidesse. Mõju Suursoo-Leidissoo või Valgejärve loodusaladele on välistatud.

Teiseks, rajades puurkaevu Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi tuleb tänu piirkonna madalatele erideebitele arvestada ka võimalusega, et ühest puurkaevust ei pruugi olla võimalik saada vett $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$. Minimaalse piirkonnale tüüpilise erideebiti puhul annaks tehnilises mõttes mitteproumaatiline kaevu veetaseme alanemine 20 m võrra vee vooluhulga vaid $\sim 70 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ (kuigi tõenäoliselt on vooluhulk siiski mõnevõrra suurem). Veehaardesse tuleks seega projekteerida ühe kaevu asemel mitu. Puuraugu (või puuraukude) piisava deebiti kindlaks tegemiseks tuleks selle kasutuselevõtule eelnevalt läbi viia vähemalt kaks päeva kestev katsepumpamine soovitaval vooluhulgal $490 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ (veehaarde peale kombineeritult).

Survelisse Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veehaarde rajamisel alanduslehtri ulatus ei stabiliseeru, vaid laieneb aastakümnete jooksul. Halvimate võimalike parameetrite ning 30 a kestnud pumpamise järel ulatub 20 km kaugusel survetaseme alanemine 8 meetrini. Tegelik tajutav mõju on suure tõenäosusega tagasihoidlikum. Alanduslehter ühineb teiste, piirkonna Ordoviitsiumi-Kambriumi veetarbijate poolt tekitatud alanduslehtritega lineaarsel moel ning ei tekita lisanduvaid liitefekte. Lähimates olemasolevates Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaevudes langeb survetase selle aja jooksul maksimaalselt $\sim 12 \text{ m}$ võrra, mis võib tekitada vajaduse pumpa langetada.

Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi veekvaliteet vastab joogivee nõuetele, kohati on probleemiks kõrgeenenud raua ja fluoriidi sisaldus. Puurkaevu veevõtu tulemusel jääb põhjaveekompleks survele, mille tõttu ei toimu veekvaliteedis muutusi.

Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksi veehaarde rajamisel on olukord sarnane, kuigi alanduslehter on laugem. Survetaseme langus 20 km kaugusel on 3 m. Kaugemal domineerivad veetasemeid teised piirtingimused, s.h Harjumaa keskuste suurusjärke suurem Kambriumi-Vendi veevõtt. Planeeringualale lähimates Kambriumi-Vendi olemasolevates puurkaevudes langeb veetase 30 a jooksul maksimaalselt 5 m, tekitades vajaduse pumpasid langetada.

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

Veevõtt Ordoviitsiumi-Kambriumi või Kambriumi-Vendi 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.

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 (Piirsalu jõgi). Oluline on tagada

võimalikkuse piires lõhkeaine ja moona jääkide pinnasesse mitte sattumine ja jääkide põhjalik koristus.

Kaitsetööstuspargi rajamisel on põhjaveega seotud mõjude kaardistamiseks soovituslik läbi viia [tabelis 6](#) toodud vee- ja pinnase seire. Lõhkeaine või moona jääkide suhtes on soovituslik seirata põletus- ja lõhkeplatsi lähedast pinnast ning Piirsalu jõge. Veetaset soovitatakse seirata lähimatest kaevudest, vastavalt millistest põhjaveekompleksidest vett ammutatakse (Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi puhul on soovituslik seirata kaeve, kust oli võimalik antud uuringu käigus veetaset mõõta). Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi vee kasutamisel soovitatakse teostada põhjaveeseiret kahes selleks eesmärgiks rajatud Mustjärve raba Natura 2000 ala seirekaevus, mis avaksid vastavalt Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi ning selle kohal lasuvaid kvaternaarisetteid.

Tabel 6. Põhjaveega seotud seiresoovitused kaitsetööstuspargi rajamisel

Valdkond	Seirataav 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
	Piirsalu jõe vesi kaitsetööstuspargist allavoolu, 1 koht		1 kord kvartalis	Kui luuakse põletus- või lõhkeplats. Seirepunkti valikul on oluline, et seal oleks võimalik järjepidevalt proove võtta
Kaevude seire	Mustalaugu kinnistu puurkaev;	Veetase (survetase)	1 kord kvartalis	Kui vett ammutatakse Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist
	Saue kinnistu puurkaev		1 kord kahe aasta jooksul	Kui vett ammutatakse Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksist
	Risti ühisveevärgi Ordoviitsiumi-Kambriumi puurkaev 9483			Kui vett ammutatakse Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksist
Mustjärve Raba Natura 2000 loodusala seire	Risti ühisveevärgi Kambriumi-Vendi puurkaev 9997	Veetase	1 kord kvartalis	Kui vett ammutatakse Ordoviitsiumi põhjaveekompleksist. Seirepunktide rajamine ning seiretöö peab teostama ilma Natura loodusväärtusi kahjustamata
	Kahes uues kõrvuti rajatud seirekaevus, mis asuvad loodusala piiril kaitsetööstuspargi vastas: Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi kaev ja Kvaternaarisetete (pinnasevee) kaev. Võimalik kaevude asukoht: X: 6546604, Y: 504513			

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
- Fetter, C.W., Kremer, D. 2022. *Applied Hydrogeology, 5th edition*. Waveland Press Inc., Long Grove, IL, USA
- Grigorjeva, I., Metsur, M. 2022. *Salutaguse pärmitehase veehaarde põhjaveevaru hindamine*. Töö nr. 21154. OÜ Maves, Tallinn. [EGF 9677](#)
- 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](#)
- Keskkonnaagentuur. Ilm. [Kliimanormid 1990-2020](#) (31.08.2025)
- Keskkonnaagentuur. [KESE](#) (23.02.2026)
- Keskkonnaagentuur. [VEKA](#) (19.02.2026)
- 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](#)
- Kink, H., Andresmaa, E., Orru, M. 1998. [Eesti soode hüdrogeoloogia](#). Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn
- Kohv, M., Paat, R., Lõhmus, A., Jõeleht, A. 2023. *Underground mining magnifies drought impacts in an adjacent protected raised bog*. *Ecohydrology*, 16(8), e2594. <https://doi.org/10.1002/eco.2594>
- Kupits, T. 1977. *Haapsalu rajooni kolhoos "Jõud", Sooääre maaparandusehitis. Hüdrogeoloogia aruanne*. Eesti Maaparandusprojekt, Tallinn. [EGF 5882](#)
- Kõrgmaa, V., Nurk, G. Koostamisel. *Kaevandamisest mõjutatud pinnaveekogumite ohtlike ainete surve välja selgitamine (D.1.1)*. LIFE IP CleanEST, Tallinn

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](#)

Männik, M., Vahtra, T., Raidla, V., Polikarpus, M., Habicht, H.-L. 2020. *Seletuskiri Rapla (6314) ja Järvakandi (6312) hüdrogeoloogilistele ja põhjavee kaitstuse kaartidele M 1:50 000*. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. [EGF 9350](#)

Paat, R. 2018. *Põhjaveekihi hüdrauliliste parameetrite määramine kasutades maa-loodete, õhurõhu ning meretaseme muutumistest põhjustatud kõikumisi põhjaveetasemetes*. [Magistritöö, Tartu Ülikooli Geoloogia Osakond](#)

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

Sinisalu, R. 2010. *Risti-Muru liivamaardla Risti-Muru I uuringuruumi geoloogiline uuring Läänemaal (varu seisuga 01.07.2010. a.)*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 8229](#)

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., Kaljuläte, K., Mardim, T., Morgen, E., Shtokalenko, M., Vahtra, T. 2014. *Eesti geoloogilise baaskaardi Keila (6331) leht. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 8574](#)

Tamm, I., Pello, A. 2016. *Harjumaa Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi veekihtide Harku, Jõelähtme, Viimsi, Saku valdade ning Tallinna (välja arvatud Nõmme ja Lasnamäe linnaosa) ja Maardu linna põhjaveevarude ümberhindamise uuring*. AS Maves, Töö nr: 150039. [EGF 9625](#)

Tauqeer, H.M., Karczewska, A., Lewińska, L.K., Fatima, M., Khan, S.A., Farhad, M., Turan, V., Ramzani, P.M.A., Iqbal, M. 2020. *Environmental concerns associated with explosives (HMX, TNT, and RDX), heavy metals and metalloids from shooting range soils: prevailing issues, leading management practices, and future perspectives*. Handbook of Bioremediation: Physiological, Molecular and Biotechnological Interventions, lk 569–590. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819382-2.00036-3>

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, Stuttgardi Ülikool, Stuttgart, Saksamaa

Todd, D.K., 1980. *Groundwater Hydrology*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York

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

Veeseadus, Vastu võetud 30.01.2019. [RT I, 22.02.2019, 1](#)