



Marja 4d, 10617 Tallinn, Eesti. Tel: 6567300 , e-post maves@online.ee

Tellija: Keskkonnaministeerium
käsundusleping 4-2/16/93

AS Maves töö 16155

Põhjaveevaru hindamise juhend

Riigihange viitenumber 178584

Töö teostajad: Indrek Tamm
Madis Metsur



Tallinn 2017

Projekt 12348 on finantseeritud Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt Veemajanduse programmist

Eessõna

Juhendi eesmärgiks on aidata kaasa põhjaveevarude süsteemsele uurimisele, arvestusele ja põhjavee koguse ning kvaliteedi kaitsele. Põhjaveevaru hinnatakse vastavalt kasutamise eesmärgile joogi-, mineraal- või tootmisveeks võetavale põhjaveele. Põhjaveevaru on vajalik hinnata, et tagada olemasolevate ja kavandatavate veehaarete ning veevarustussüsteemide jätkusuutlikkus neile vajaliku toorvee abil.

Põhjaveevaru kinnitatakse aastakümneteks. Suur osa Eestis põhjaveevarude uuringuaruannetest on koostatud Eesti kuulumise ajal Nõukogude Liitu ja Eesti taasiseseisvumise algusperioodil, kasutades tollase Nõukogude Liidu juhendmaterjale. Taasiseseisvunud Eesti astumise järel Euroopa Liitu laienesid Eestile ka Euroopa Liidu keskkonnanõuded ja protseduurid ning nendega tuleb põhjaveevarude aruannete koostamisel arvestada¹.

Aastatel 2018-2020 lõpeb paljude Eesti suuremate veehaarete põhjaveevaru arvutuslik kasutusaeg ja ees seisab nende põhjavee tarbevarude ümberhindamisperiood.

Keskkonnaministri 27.01.2003. a määrus nr 9 „Põhjaveevarude hindamise kord“ on üldise iseloomuga ning põhjaveekomisjonile esitatavate põhjaveevaru uuringuaruannete kvaliteet on ebaühtlane.

Juhend on abimaterjal põhjaveevaru hindamise läbiviijatele, töö tellijatele ning keskkonnaametnikele.

Käesolev juhend on koostatud vastavalt riigihanke 178584 tööülesandele (riigihanke Lisa 1. Hankelepingu eseme tehniline kirjeldus).

¹ Nõukogude Liidu aegsed põhjaveevaru aruanded olid fokuseeritud vaadeldavatele veehaaretele, vältides seejuures veevõtuga kaasneda võivat ülemäärast mõju teistele veehaaretele. Põhjaveevaru uuringu maht tulenes sellal põhjaveemaardla keerukusastmest. Euroopa Liidus lisandus nõue vältida pinnavee ja veest sõltuvatele maismaaökosüsteemide olulist kahjustamist ning säilitada põhjaveekogumi hea seisund.

Sisukord

Eessõna.....	2
Käsitlusala.....	4
Mõisted ja normiviited	4
1 Põhjaveevaru vajadus vaadeldaval alal.....	10
2 Piirkonna hüdrogeoloogilised tingimused	13
3 Ülevaade varem tehtud uuringutest ja põhjaveevaru uurituse hinnang.....	14
4 Koostatava põhjaveevaru uuringu raames tehtud tööde kirjeldus	15
4.1 Olemasolevad veehaarded ja nende seisukord, reostusohu, veekihi parameetrite määramine/täpsustamine, hüdrogeoloogilised katsed	15
4.1.1 Veekihi parameetrite määramine/täpsustamine	18
4.2 Põhjaveevaru uuringu täiendavalt võetavad veeproovid	29
4.3 Põhjaveevaru arvutamiseks koostatud põhjaveemudeli kirjeldus.....	31
5 Põhjaveevaru arvutus.....	37
5.1 Veetasemed ja nende muutused, põhjavee koguseline seisund ning keskkonnamõju põhjaveevaru järgsel veevõtul	39
5.2 Põhjavee kvaliteet, keemiline seisund	41
5.3 Ettepanekud veehaardete jätkusuutlikkuse tagamiseks	49
5.3.1 Soovitused veehaarde kasutuse osas.....	49
5.3.2 Seire ettepanekud	50
5.3.3 Sanitaarkaitseala ja toiteala	51
6 Põhjaveevaru ettepanek	53
7 Ülevaade põhjavee kaitse kogemustest Soomes.....	55
7.1 Pohjavesialueet -määrittäminen, luokitus ja suojelusuunnitelmat, 2016 [28]	55
7.2 Pohjavesitutkimusopas. Käytännön ohjeita, 2005 [23].....	59
7.3 Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus, 2009 [24]	61
7.4 Selvitys pohjavesialueiden rajaamismenettelystä, 2010 [25]	62
8 Kokkuvõte.....	64
9 Kasutatud kirjanduse loetelu	66

Käsitlusala

Kitsamas mõttes on juhendi käsitlusala määratud veeseaduse mõistega „kinnitatud² põhjaveevaru“. Põhjaveevaru hindamist käsitleb konkreetset veeseaduse § 12 ja keskkonnaministri määrus 27.01.2003 nr 9 „Põhjaveevaru hindamise kord“.

Laiemas mõttes on põhjaveevaru hindamisel vaja silmas pidada kogu asjakohast keskkonnaseadustikku. Sealhulgas ka veeseaduse peatükiga 1¹. „Keskkonnanormid, vee kasutamise ja kaitse kavandamine ning korraldamine“ põhjaveevõtuga seonduvaid nõudeid. Samuti looduskaitseadust osas, mis käsitleb (põhja)veest sõltuvaid kaitstavaid elupaiku. Viide viimastele on toodud ka veeseaduse § 3⁶ lõike 1 punktis 5.

Juhendmaterjali põhirõhk on põhjaveevaru koguseliste ja keemiliste aspektide käsitlusel arvestades seejuures ka joogi- tootmisvee võtuga kaasneva keskkonnamõju olulisi aspekte ning käesoleva juhendi seisukohast asjakohaseid nõudeid kehtestatud põhjaveevaru kasutava veehaarde kasutamisel ja kaitsel vastavalt „Joogiveedirektiivi³“ II lisa C osale „Riskihindamine“.

Esitatakse olulisemad põhjaveevaru uuringuaruandes kasutatavad põhjaveega seonduvad mõisted ning nende selgitused ja ülevaade olulisematest põhjaveevaruga seonduvatest veekeskkonna aspektidest johtuvalt Veepoliitika Raamdirektiivist.

Põhjaveevaru uuringuaruande koosseis on esitatud käesoleva juhendi peatükkides 1-6 (esitatult loogilises tegevusjärjekorras). Neis tuuakse ülevaade kõigist olulistest asjaoludest, mis peavad keskkonnaõigusest tulenevalt olema kajastatud põhjaveevaru aruandes. Selgitatakse vastavate alapeatükkide koostamist ja olulisemate andmete visualiseerimise võimalusi põhjaveevaru uuringuaruande koostamisel.

Kehtivate põhjaveevarude olemasolul nende ümberhindamisel ja väiksemate põhjaveevaru uuringute korral ei pea tegema kõiki käesolevas juhendis toodud tegevusi täismahus. Põhjaveevaru uuringuaruanne (edaspidi ka põhjaveevaru aruanne) peab küllaldase faktilisele materjali alusel tõendama põhjaveevaru piisavat uuritust.

Mõisted ja normiviited

Käesolevas juhendis kasutatavad olulisemad mõisted ja nõuded on kehtivast veeseadusest ja keskkonnaministri määrusest nr 9 „Põhjaveevaru hindamise kord“ (27.01.2003).

Vastavalt veeseaduse § 12 lõikele 1 tehakse põhjaveevaru hindamiseks uuringuid ning veeseaduse § 12 lõikele 3 järgi kehtestab valdkonna eest vastutav minister oma määrusega põhjaveevarude hindamise korra. Põhjaveevarud kantakse riiklikku registrisse valdkonna eest vastutava ministri otsuse alusel (veeseaduse § 12 lõige 6).

Põhjaveekiht – üks või mitu maa-alust kivimikihti või muud geoloogilist kihti, mis on piisavalt poorsed ja läbilaskvad, et põhjavesi saaks seal märkimisväärselt voolata, või millest saab olulises koguses põhjavett võtta.

Põhjaveekogum – põhjaveekihis või -kihtides selgesti eristatav veemass⁴. Vastavalt veeseaduse § 3²⁴ lõikele 3 moodustatakse põhjaveekogum põhjavee seisundi hindamiseks, võttes

² Veeseaduse muudatuses on kavas kasutada terminit „kehtestatud põhjaveevaru“.

³ NÕUKOGU DIREKTIIV 98/83/EÜ, 3. november 1998, olmevee kvaliteedi kohta ja selle muutmise 2015/1787

⁴ *Water Framework Directive: Body of groundwater means a distinct volume of groundwater within an aquifer or aquifers*

arvesse valdkonna eest vastutava ministri kehtestatud põhjaveearu olemasolu, põhjaveekihi vett tarvivate inimeste arvu, põhjaveekihi tootlikkust ja põhjavee looduslikku keemilist koostist.

Vastavalt veeseaduse § 3²⁴ lõike 4 punktile 2 kehtestab valdkonna eest vastutav minister määrusega põhjaveekogumite moodustamise korra ning nende põhjaveekogumite nimestiku, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid, seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused ning seisundiklasside määramise korra.

Veeseaduse § 3²⁶ lõike 3 järgi põhjaveekogumi keemiline seisund näitab inimtegevusest tingitud põhjavee keemilise koostise muutusi ning põhjavee koguseline seisund näitab, millisel määral mõjutab põhjaveekogumit veevõtt. Põhjaveekogumi seisund on hea, kui nii põhjaveekogumi keemiline kui koguseline seisund on hea. Muudel juhtudel on põhjaveekogumi seisundiklass halb.

Põhjaveemaardla, (põhjaveevaruga ala) – põhjavee võtmiseks määratud kehtestatud põhjaveevaruga maapõue osa. Vastavalt veeseaduse § 36. lõikele 1 peetakse veevarude arvestust vee hulga, taseme, omaduste, kasutamise ja kasutajate ning puuraukude, veehaarete ja põhjaveemaardlate kohta vastavalt keskkonnaregistri seaduses või selle alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele.

Veeseaduse eelnõus 27.06.2017 kasutatakse mõistet „põhjaveevaruga ala“. Lisaks kehtestatud varude suurusele peab taolise ala kohta olema teada selle ruumiline paiknevus (millise põhjaveekogumiga ta on seotud ja pindalaline ulatus).

Põhjaveemaardlad on enamasti seotud asula või omavalitsuse nime ja territooriumiga.

Põhjaveevaru – arvutuslik põhjavee hulk, mida on võimalik kasutada nii, et oleks tagatud põhjavee hea seisundi säilimine. Vastavalt veeseaduse § 12. lõikele 4 tuleb eelnevalt uuringutega määrata põhjaveevaru põhjaveehaarde rajamisel tootlikkusega üle 500 m³ ööpäevas.

Keskkonnaministri määruse nr 9 seletuskirjas on öeldud: Põhjaveevaru all mõistetakse antud juhul tarbevaru, mida hinnatakse veevarustuse vajaduse lahendamiseks. Põhjaveevaru hindamise ning ümberhindamise nõude kehtestamisega saab vältida põhjavee liigkasutamist. Kui on teada konkreetse halduspiirkonna põhjaveevaru saab välistada olemasolevate varude ületarbimist.

Ka varasemates Eestis kehtinud õigusaktides on põhjaveevaru⁵ käsitus olnud ligilähedaselt sama, ajas jooksul on muutunud sõnastuse täpsus ja seostatus teiste loodusobjektidega:

- Põhjaveevaru all mõistetakse seda põhjavee hulka, mida on rajatavas veehaardes võimalik toota ratsionaalsel viisil etteantud tarbimisrežiimil nii, et see ei mõjutaks negatiivselt ökoloogilist olukorda (keskkonnaministri 18. novembri 1996. a. määruse nr. 55 „Põhjaveevaru hindamise kord“).

⁵ Nõukogude Liidu ajal: *Эксплуатационные запасы, под ним понимается то “количество подземных вод которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока потребления” [11; 12]*

- Vett kasutatakse tingimusel, et looduslikus ringluses säilitatakse vajalik veehulk ning tagatakse selle normatiivne puhtus ja vee-elustiku säilimine (Eesti NSV seadus "Eesti looduse kaitse kohta", Ülemnõukogu seadus nr 2432, 23.02.1990).

Veelgi varasemates vanades Nõukogude Liidu aegsetes venekeelsetes juhendmaterjalides keskenduti peamiselt veehaaretele ja nende nõuetekohase toimimise (veekoguse ja veekvaliteedi) tagamisele põhjaveearu arvutuslikul kasutusajal⁶.

Veeseaduse eelnõu 27.06.2017 järgi on põhjaveearu arvutuslik veeteenuste osutamiseks või enda tarbeks võetav põhjavee hulk, mille kasutamise korral on tagatud, et kehtestatud põhjaveearuga alal ei toimu põhjavee liigvähendamist ega halvene põhjavee seisund⁷.

Põhjaveearu antakse harilikult ühes põhjaveekihi oleva põhjavee kasutamiseks mingi ala (asula, omavalitsuse, ettevõtte) kaevudega. Omavalitsuste liitumisel säilivad põhjaveearuga alade ruumikujud nende senistes piirides.

Põhjaveemaardla piirkond, (põhjaveearu arvestuspiirkond) – põhjaveemaardlas (põhjaveearuga alal) piiritletud põhjaveearu väiksem arvestusüksus.

Põhjaveearu otstarbekaks ja säästlikuks kasutamiseks piiritletakse vajadusel põhjaveearuga ala piires eraldi põhjaveearu arvestuspiirkonnad⁸. Seda tehakse eeskätt kohalikel omavalistustel kasutamiseks oleva põhjaveearu osas parema selguse saamiseks (arengukavade ja planeeringute koostamiseks) ja veevõtulubade väljaandmisel Keskkonnaametis, veevõtu hajutamiseks ning põhjaveearu arvestusperioodil suurema veekvaliteedi muutuse riskiga alade piiritlemiseks. Vajadusel antakse madalam põhjaveearu kategooria suurema riskiga aladele.

Põhjaveemaardla või põhjaveearuga ala piires põhjaveearu arvestuspiirkondade kasutamine võimaldab hajutada veevõttu ja vältida riskialustel aladel (Eestis enamasti

⁶ Подсчитать эксплуатационные запасы подземных вод — это значит доказать, что водозабор определенной технически осуществимой для настоящего времени конструкции будет подавать в течение заданного времени необходимое количество воды нужного потребителю качества [14].

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод должны быть решены следующие основные задачи [15]:

- определена возможная производительность водозабора при заданном понижении уровня и заданном режиме эксплуатации;
- выбрана наиболее рациональная в технико-экономическом отношении схема водозаборного сооружения (тип водозабора - скважины, лучевые водозаборы, галереи и т. д.; количество водозаборных сооружений, система их размещения, расстояния между ними, расходы отдельных водозаборных сооружений, максимальная глубина динамического уровня);
- при наличии источников возможного изменения качества подземных вод доказано, что в процессе эксплуатации качество подземных вод будет отвечать установленным требованиям.

⁷ Põhjaveearu definitsiooni võiks täpsustada sõnaga põhjaveekogumi, sest kõik põhjaveearud jäävad Eestis põhjaveekogumitesse (suuruse järgi kahanevalt: põhjavesi→põhjaveekogum→põhjaveemaardla (põhjaveearuga ala)→põhjaveearu arvestuspiirkond).

⁸ В пределах промышленных месторождений оконтуриваются эксплуатационные участки, под которыми понимают часть территории месторождения, где по совокупности выделенных гидрогеологических и технико-экономических показателей рационально и рентабельно получать промышленные подземные воды в течение всего расчетного срока эксплуатации (обычно 25 лет). На месторождении могут быть один или несколько таких участков[13].

rannikualad) liiga suurt veevõttu. Kambriumi–Vendi veekihid on rannikuäärsel alal sageli ainsaks ühisveevarustuses kasutatavaks joogiveeallikaks. Sama koguse põhjavee võtmine lõuna pool merest kaugemal, vähendab soolase merevee sissetungi ohtu.

Kui põhjaveevaru anda näiteks viie konkreetse töötava kaevu peale, on need veehaarded kaitsetud veetaseme muutuste suhtes, kui nende juurde rajada põhjaveevaru kehtimisperioodil näiteks uusi puurkaeve veevõtuga 400 m³/d. Põhjaveevaruga arvestuspiirkonna olemasolul saab uusi kaeve rajada vaid vaba põhjaveevaru mahus, et poleks ületatud arvestuspiirkonnas kehtiv põhjaveevaru. Vaba põhjaveeressursi puudumisel tuleb taolisel alal teha uus põhjaveevaru arvutus, arvestades taotletavat lisandunud veevõttu.

Veepoliitika Raamdirektiivi järgi põhjaveekogumi koguselise seisundi halvenemise vältimiseks ei tohi põhjavee pikaajaline keskmine veevõtt ületada olemasolevat tegelikku põhjaveeressurssi [5].

Tegelik põhjaveeressurss⁹ – põhjaveekogumi keskmine pikaajaline aastane toitumismäär, millest on lahutatud pikaajaline aastane vooluhulk, mis on vajalik sellega seotud (Veepoliitika Raamdirektiivi artiklis 4 osutatud) pinnavee ökoloogilise kvaliteedi alaste eesmärkide saavutamiseks, sellise vee ökoloogilise seisundi olulise halvenemise ärahoidmiseks ja sellega seotud maismaaökosüsteemide olulise kahjustumise ärahoidmiseks [5].

Siinkohal tuleb silmas pidada, et Veepoliitika Raamdirektiiv käsitleb siinkohal dünaamilist põhjaveevaru¹⁰, mis on seotud maismaaökosüsteemidega, sealhulgas iga-aastase infiltratsiooni ja väljavooluga veekogudesse ning märgaladele. Enamus põhjaveevõttust joogiveeks ei ole Eestis selle tsükliga niivõrd seotud (sügavad veekihid) või sademetega võrreldes olulise mahuga, et mõjutaks maismaaökosüsteeme.

Veepoliitika Raamdirektiiv ei käsitle piirangut põhjaveevaru osas, piirang (aastakeskmise veevõtt < tegelik põhjaveeressurss) on konkreetselt aastakeskmise veevõtu kohta. Põhjaveekogumi seisund ei muutu halvaks, kui kehtiv põhjaveevaru on suurem kui tegelik põhjaveeressurss, direktiivi järgi jälgitakse veevõttu.

Lühiajaliselt on Veepoliitika Raamdirektiivi järgi lubatud põhjavee veevõtt ka suuremas mahus kui seda on vaadeldava põhjaveekogumi tegelik ressurss, seda juhul kui taolisest põhjaveevõttust ei muutu heast halvemaks pinnaveekogumite ja veest sõltuvate ökosüsteemide seisund.

See aspekt on oluline Eestis eeskätt põhjaveekogumites, milledes reaalne veevõtt ja selle lubamiseks määratud põhjaveevaru osakaal moodustavad suure osa põhjaveekogumi tegelikust põhjaveeressurssist (eeskätt Kambriumi-Vendi põhjaveekogumid). Enamasti toituvad Eesti põhjaveekihid maapinnalt infiltreeruvast (*infiltration*) sademest (vähem pinnaveest) ja kihtidevahelise lekke arvelt. Veeküllastumata pinnasest või kivimist põhjaveekihti jõudnud vett käsitletakse veekihi sademetest toitumisena (*recharge*).

⁹ Tegemist on Veepoliitika Raamdirektiivi termini 'Available groundwater resource' ebaõnnestunud tõlkega. Lihtsamini mõistetav oleks "kasutatav põhjaveeressurss"

¹⁰ Looduslik põhjaveevaru on suurem kui tegelik põhjaveeressurss. Looduslik põhjaveevaru on staatilise ja dünaamilise põhjaveevaru summa. Staatiline põhjaveevaru oli võrdne maapinnas oleva gravitatsioonilise vee mahuga (vesi, mis võib raskusjõul pinnases liikuda). Dünaamiline põhjaveevaru on võrdne veehulgaga, mis igal aastal infiltreerus põhjavette [7]

Maapinnalähedane põhjavesi – valdavalt aeroobne (hapnikku sisaldav) põhjavesi, mis esineb harilikult surveta (vabapinnaline) veekihi või veekihtide ülemises 10-30 m osas (enamasti pinnakattes) või õhukese pinnakatte puhul ka aluspõhja kivimeis [7].

Põhjaveekihi kaitstus – põhjaveekihi kaetus vett halvasti juhtiva pinnasekihiga või veepidemega.

Veeseaduse eelnõu 27.06.2017 järgi võib nõrgalt kaitstud või kaitsmata põhjaveega joogiveehaardel, mille projektikohane veevõtt on suurem kui 500 kuupmeetrit ööpäevas, määrata täiendavad kaitsemeetmed, ehk joogiveehaarde toiteala. Seda rakendatakse kui veehaarde sanitaarkaitseala ei taga joogiveehaardes kasutatava põhjavee piisavat kaitset saastumise eest.

Eestis on põhjaveekihid sageli omavahel eraldatud vett vähejuhtivate setete või kivimkihtidega. Üldreeglina on veepidemena käsitletavate pinnase või kivimkihtide kihipinnaga ristsuunaline filtratsioonikoefitsient väiksem kui 10^{-2} m/d [6¹¹, 7]. Veepideme omadustega kivimi- või pinnasekihid takistavad vee liikumist ühest veekihist teise, sügavamate põhjaveekihtide toitumine toimub läbi veepideme omadustega kivimkihtide ülalpool olevate veekihtide veest¹².

Veekihtide vahel veepidemete esinemisest annab teavet nende veekihtide veetasemete erinevus. Kihipinnaga paralleelse filtratsioonikoefitsiendi ja kihipinnaga ristsuunalise filtratsioonikoefitsiendi suhet väljendatakse veekihi anisotroopsussuhtena, settekivimites ja kihiliselt settinud kvaternaarpinnastes on erinevus 2-10 korda.

Oluline on arvestada vett vähejuhtiva kihi paksust, mida suurem see on, seda parem on taolise kihi veepidavus ehk isolatsioonivõime. Numbriliselt iseloomustab pinnasekihi isolatsioonivõimet kihi paksus (m) jagatud kihipinnaga ristsuunaline filtratsioonikoefitsiendiga (k_z), ühikuks saame päevad [10, lk 179]. Kihid millede m/k_z on enam kui 2000-2500 päeva toimivad arvestatavate veepidemetena¹³.

Harilikult on Eestis veepideme omadustega kõik pinnase ja kivimikihid, millede k_z on alla 0.0005 m/d. Vett vähejuhtiva kihi paksusel üle 5 m on kihil veepideme omadused ka siis kui kihipinnaga ristsuunaline filtratsioonikoefitsient $k_z = 0.001$ m/d, vett vähejuhtiva kihi paksusel üle 30 m tekivad kihil veepideme omadused kui k_z on vähemalt 0.01 m/d.

Veepideme omadustega kihi horisontaalne levik peab olema piisavalt suur, et veekihtide vahel tekiks veetasemetes püsivad erinevused.

¹¹ Juhend Eesti geoloogiliseks digitaalkaardistamiseks [6] ütleb et veepide: Setted ja kivimid transversaalse filtratsioonimooduliga <0.01 m/d (sh Kvaternaari savid ja liivsavid, mis kaardistatakse vaid läbilõigetel; Snetnaja Gora kihistu ja Amata kihistu dolokivid ja domeriidid ning savikas aleuroliit; Narva veepide ehk Kernave, Leivu ja Vadja kihistu dolokivid, domeriidid, savid ja aleuroliit; Siluri ja Ordoviitsiumi massiivsed karbonaatsed kivimid ning Alam-Ordoviitsiumi Türisalu ja Varangu kihistu graptoliitargilliit; Lükati-Lontova kihistu savid ja liivsavid; Kotlini kihistu savid, Voronka kihistu Sirgala kihistiku alumise osa aleuriitne savi, aluskorra lõhede ja murenemata kristalsed kivimid).

¹² Kambriumi-Vendi põhjaveekogumite puhul on veekvaliteedi muutuse prognoosimisele oluline toitumine allpoolpaikneva põhjavee arvelt.

¹³ *Aquitards having values hydraulic resistance of 2000 to 2500 days or more, are regarded as acting as aquiclude* (<http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub57/pub57-h2.pdf>) Kihil veepidavust nõudeid arvestatakse näiteks prügilapõhjade juures. Võrreldes hüdrogeoloogiliste veepidemetega on näiteks tava- ja ohtlike jäätmete prügilate puhul vettpidava põhja mineraalkihi nõuded 4-5 korda rangemad, püsijäätmete prügilal kümneid kordi leebemad.

Mitmetes uuringutes viidatakse ka võimalusele, et vett vähejuhtivates savipinnase taolistes setetes on Darcy seadusele vastava filtratsioonivoolu tekkeks vajalik ületada nn alggradient. Kui pinnasepooride suurused savipinnastes või neile analoogsete orgaanikat sisaldavates pinnastes on väga väikesed, on vee liikumine poorikanalites raskendatud pinnaseosakeste ja vee vaheliste molekulaarjõudude tõttu [11, 13, 14, 15]. Põhjaveevarude arvutamise seisukohast võib alggradiendi olemasolu omada tähendust eeskätt veevõtu mõju hindamisel veest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele.

Veehaare – ehitise vee võtmiseks veekogust või põhjaveekihi. Ehitusseadustiku üldosa § 19. lõike 1 järgi peab omanik tagama ehitise ja ehitise kasutamise vastavuse õigusaktidest tulenevatele nõuetele, ehitamiseks ja ehitise kasutamiseks vajalike lubade olemasolu ja ehitise korrashoiu ja kasutamise ohutuse.

Ehitusseadustiku § 130 lg 5 järgi teostab Keskkonnainspeksioon riiklikku järelevalvet ehitiste keskkonna- ja looduskaitse kasutamise, kiirgusohutuse, puurkaevude või -aukude ja salvkaevude sanitaarkaitsealade ja hooldusalade osas. Seejuures teeb ehitise kasutamisega seotud kontrolli ka ehitusloa ja kasutusloa andja ehk kohalik omavalitsus, ehitusseadustiku § 130 lõike 2 järgi: ehitise kasutamise otstarbest tulenevalt selle korrashoiu ja kasutamise nõuetele vastavuse kontrollimine.

Veeand: vabapinnalises veekihi veega küllastunud pinnase omadus ära anda gravitatsiooni- list vett, mis füüsilises mõttes on vabalt väljavoolava vee mahu suhe kivimi kogumahusse, tähistatakse μ [7]. Liivpinnastes veeküllastunud ja maksimaalse molekulaarse veemahtuvuste vahe. On ühikuta suurus mis iseloomustab veemahtu mille saab ruutmeetriselt alalt veekihi veetaseme alanemisel 1 m võrra. Nimetatakse ka gravitatsiooniliseks veeanniks, mudelarvutustes kasutatakse tähist S_y - *Specific yield*.

Puhta kruusa ja jämeliiva veeand on kuni 0.3 mahuosa (survetus vees sama kui efektiivpoorsus), tolmliljal ja savikal liival (samuti madalsooturbal) 0.05–0.1, saviliival ja liivsavil 0.02–0.05, savi ja rabaturba veeand on nullilähedane. Näiteks turvas ja savi võivad palju vett sisaldada, kuid vesi sealt kergelt välja ei valgu. Lubjakivide veeand on sõltuvalt lõhelisusest 0.001–0.02 mahuosa. Karbonaatkivimite veeand sõltub nende lõhelisusest ja väheneb kiiresti sügavuse suunas [7].

Veeandi surve põhjaveekihi nimetatakse rõhuveeanniks. Näitab rõhumuutuse tulemusel vabanevat veekogust, see sõltub vee ja vettandvate kivimite elastsusest. Tähistatakse kui S_s või S , näitab vastavalt kui palju vett vabaneb ruumalaühikust (S_s , ühik m^{-1}) või veekihi pindalaühikust (S) surve ühikulise vähenemise korral¹⁴.

Joogiveehaarde toiteala – veeseaduse eelnõu 27.06.2017 järgi piirkond, millelt põhjavesi liigub veehaardesse ja mille ulatus esitatakse veehaarde sanitaarkaitseala projektis.

Vee liigvähendamine – vee liigvähendamine on tegevus, mille tagajärjel veekogu vooluhulk, veetase või vee maht püsivalt ja oluliselt kahaneb; muutub põhjavee voolusuund, mille tagajärjel tekib või võib tekkida soolase vee või muu vee sissevool põhjaveekihti või halveneb põhjavee kvaliteet; alaneb püsivalt põhjavee tase või surve või väheneb allika vooluhulk.

¹⁴ $S = m \cdot S_s$, m on veekihi paksus [10, lk 330]

1 Põhjaveevaru vajadus vaadeldaval alal

Põhjaveevaru aruande sissejuhatavas peatükis esitatakse informatsioon põhjaveevaru vajadusest, selle olemasolust vaadeldava ala omavalitsuste, asulate ja asumite piires, tuuakse põhjaveevaru aruande seisukohalt vajalik informatsioon milliste arengute ja piirangutega põhjaveevaru hindamisel arvestatakse ja tuuakse viide omavalitsuse vastavale seisukohale kavandatud põhjaveevaru osas.

Veeseaduse eelnõu 27.06.2017 § 219 lõike 3 punkt 5 järgi põhjaveevaru ei kinnitata, kui puudub põhjaveevaru kasutamise põhjendatud vajadus.

Piiratud põhjaveeressursiga põhjaveemaardlates on veevaru perioodiline ümberhindamine vajalik, sest veevõtu täpne planeerimine kümneteks aastateks ette pole seniste kogemuste põhjal võimalik. Põhjaveevaru kehtimisperiood on sedavõrd pikk, et täpset veevajadust enam kui 10 aastaks pole sageli ette teada ja kõiki osapooli rahuldavat suurt veevaru piiratud põhjaveeressursiga põhjaveemaardlasse anda ei saa.

Aastate jooksul Eestis toimuva elanikkonna ümberpaiknemise tõttu tekkiva veevajaduse osas võib tuua näitena, et hoolimata püsielanike arvu kasvust ja linnaelanike ümberpaiknemisest suvilapiirkondadesse, pole Harju maakonna summaarne põhjaveevõtt Kambriumi-Vendi põhjaveekogumist suurenenud. Muutunud on põhjaveevõtu paiknemise muster ja Tallinnas on suurenenud Ülemiste järve pinnaveehaarde vee kasutamise osakaal.

Harjumaa põhjaveevaru arvestuspiirkondadest on põhjaveevõtu kasv olnud iseloomulik Viimsi valla põhjaveevaru arvestuspiirkonnas. Väikeste Kambriumi-Vendi põhjaveevarudega Harku valla Muraste ja Tabasalu arvestuspiirkondade ning Saku valla arvestuspiirkondades veevõtu suurendamise kava tingis sealse põhjaveevaru ümberhindamise vajaduse aastal 2016.

Piiratud tegeliku põhjaveeressursiga Kambriumi-Vendi põhjaveekogumis on senise praktika põhjal põhjaveevaru ümberhindamise tulemusel vähendatud ka summaarset maakonna põhjaveevaru alandamiseks ebasoovitavate muutuste riski veehaardes võetavale veele. Kui see pole konkreetsetes põhjaveevaru arvestuspiirkonnas võimalik, on veehaare viidud rannikust kaugemale¹⁵.

Taotletava põhjaveevaru osas peab olema kohaliku omavalitsuse seisukoht. Kohalikul omavalitsusel on õigus, võime ja kohustus seaduste alusel iseseisvalt korraldada ja juhtida kohalikku elu, lähtudes valla- või linnaelanike õigustatud vajadustest ja huvidest ning arvestades valla või linna arengu iseärasusi. Kohaliku omavalitsuse korralduse seaduse § 6 lõike 1 järgi on omavalitsuse ülesandeks korraldada antud vallas või linnas ka veevarustust ja kanalisatsiooni, ka ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kava koostamist korraldab kohalik omavalitsus.

Tööstusettevõtte tootmise vajaduseks ettenähtud veevärgile ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni seadus ei laiene, kuid ka sel juhul omab kohalik omavalitsus kooskõlastuste ja lubade protseduuriga võimet põhjavee kasutuse suunamiseks nii, et oleks tagatud kohalike huvide arvestamine haldusüksuse ühisveevärgi arendamiseks ja selle jätkusuutlikkuse tagamiseks.

Kohaliku omavalitsuse haldusterritooriumil võib olla enam kui üks vee-ettevõtte ja lisaks teisi olulisi tööstusettevõtteid, kes kasutavad põhjavett. Omavalitsus peab teadma oma arengukavade, planeeringute, ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavade järgseid ja jooksvalt plaanitavaid veevõtu vajadusi ja suundumusi kõige paremini. Omavalitsus võib oma otsuses

¹⁵ Viimsis viidi Kambriumi-Vendi veekihi Metsasihi veehaare rannikust kaugemale poolsaare keskele ebasoodsate muutuste riski vähendamiseks

vee-ettevõtja määramisega olla volitanud paljude veevarustuse küsimustega tegelemise ka vee-ettevõtjale (ettevõtjatele), kuid omavalitsuse vastutus joogiveevarustuse osas säilib. Omavalitsusel on oluline roll ka oma territooriumi ettevõtluse arengu suunamisel ja põhjaveeaspektid võivad mõnigi kord olla sellele piiranguks.

Kui põhjaveevaruna on kavas vaid üks veehaare (uus või olemasolev) mingile tootmisettevõttele, nimetatakse see põhjaveevaru aruande sissejuhatuses, kuid ka siis peab kohaliku omavalitsuse seisukoht kavandatust olema põhjaveevaru aruandes viidatud (näitamaks kohaliku omavalitsuse nõusolekut põhjaveevaru taotluses esitatuga ja sellega arvestamist kohaliku elu ja ettevõtluse arendamisel).

Kui põhjaveevaru puudub ja asula servas või selle lähedal kavandatakse tööstustarbimiseks sama põhjaveekihi vett (mida kasutatakse asula joogiveevarustuseks), võib olla vajalik tööstusettevõtte põhjaveevaruga ala hulka haarata ka asula ala. Seda juhul, kui tööstusettevõtte veevõtt põhjustab olulise veetaseme muutuse asula veevarustuse kaevudes ja vee liikumissuuna muutus tekitab olulisi riske asula veevarustusele.

Kohaliku omavalitsuse seisukoht on kavandatava põhjaveevaru jaoks kindlasti vajalik. Pole välistatud, et tulevikus võidakse veeseadusega sätestada maapinnalähedase põhjavee veehaardel toiteala määramine ühes lisanduda võivate veekaitseliste piirangutega¹⁶. Lisanduda võiva test maakasutuse piirangutest peab omavalitsus olema teadlik, et arvestada neid siis planeeringutes.

Praegused kehtivad põhjaveevarud ja veevõtt. Esitatakse kokkuvõtlik ülevaade ajaloolisest veevõtust ja põhjaveevarudest. Kavandatud põhjaveevaru võrdlus praeguse veevõtuga (ka olemasoleva põhjaveevaruga) on vajalik üldpildi saamiseks veevajadusest kavandatava põhjaveevaruga alal.

Veevõtt kirjeldatakse olemasolevate põhjaveevaruga alade, arvestuspiirkondade ja kaevude kaupa. Esitatakse vee erikasutajate nimekiri vaadeldava veekihi põhjaveevaruga alal, vee erikasutuslubade ja keskkonnakomplekslubade lubatud veevõttud¹⁷, varasemad ja praegused veevõttud ja keskkonnaloa järgsed maksimumveevõttud (suurem tabel esitatakse vajadusel vastava lisana).

Esitatakse loeteluna alal olemasolevad põhjaveevarud, ruumikujude olemasolul ka põhjaveevaru arvestuspiirkondade ruumikujud ja nende muutmise korral ka kavandatud ruumikuju(d). Varasema olulise veevõtu olemasolul esitatakse ajaperioodi pikkus peab olema piisav ilmestamiseks kavandatava põhjaveevaru mahus veevõttu. Enam kui 20-25 aasta tagust veevõttu ei pea harilikult esitama, kui pole vajadust näidata, et selline suur veevõtt on tehniliselt olnud võimalik.

¹⁶ Veeseaduse eelnõu 27.06.2017: Kui joogiveehaarde projektikohane veevõtt on suurem kui 500 kuupmeetrit ööpäevas ja põhjavesi on nõrgalt kaitstud või kaitsmata ning sanitaarkaitseala ei taga joogiveehaardega avatud põhjaveekihi vee piisavat kaitset põhjavee kvaliteedi piirväärtuste, põhjavee saasteainesisalduse läviväärtuste nõuete kohaselt, samuti kui on tõenäoline, et põhjaveekogumi head seisundit ei saavutata, võib sellise joogiveehaarde toitealal määrata täiendavad kaitsemeetmed ehk joogiveehaarde toiteala. Joogiveehaarde toiteala käesoleva paragrahvi tähenduses on piirkond, millelt põhjavesi liigub veehaardesse ja mille ulatus esitatakse veehaarde sanitaarkaitseala projektis.

¹⁷ Keskkonnalubade ülevaatamisel tuleb panna tähele, et mis kohustused on veevõtjale loaga pandud taseme ja põhjavee keemilise koostise seires.

Survelise põhjaveekihi põhjaveearu ümberhindamisel varu kasutusaja lõppemise tõttu võib põhjaveearu hindamise mahtu vähendada, kui põhjaveevõttul ei ole põhjaveearuga alal vee- taseme ega kvaliteedi probleeme ilmnenu ning kavandatav põhjaveevõtt on alal olnud põh- javeearust väiksem¹⁸.

Kui olemasolev põhjaveearu on antud näiteks viie töötava kaevu peale, on ikkagi otstarbekas moodustada põhjaveearuga ala (või arvestuspiirkond), sest see oma viiest kaevust suurema levikualaga kaitseb nende viie kaevu põhjaveearu lisanduda võivate veehaarete mõju eest. Väga väike põhjaveearuga ala või arvestuspiirkond ja 5 üksikut kaevu seda niihästi ja konk- reetselt ei tee. Vaadeldavasse veekihti võidakse (kasvõi viie kaevu vahele) rajada näiteks uus puurkaev veevõtuga 400 m³/d, mis võib avaldada olulist mõju mõnele neist viiest põhjaveeva- ruga puurkaevust.

Kui vaadeldava veekihi põhjaveearu uuringualal pole, kirjeldatakse kus on lähimad selle vee- kihi põhjaveearuga alad ja/või veekihi veevõtjad ning esitatakse nende kohta oluliseks pee- tavad andmed.

¹⁸ teisisõnu, arvutusliku kasutusaja jooksul pole kehtivat põhjaveearu ära kasutatud

2 Piirkonna hüdrogeoloogilised tingimused

Peatükk ei pea olema ülemäära detailne ja sisaldama kõiki hilisema peatükkide 4 ja 5 detailseid näitajaid. Peatükist peab selguma kas kavandataval põhjaveearuga alal on tegemist lihtsate või keeruliste hüdrogeoloogiliste tingimustega. Esitatakse asjakohane informatsioon piirkonna hüdrogeoloogilisest ehitusest ja põhjaveekogumitest võimaldamaks mõista uuringuaruande edasistes peatükkides esitatud seisukohti ja järeldusi.

Esitatakse ülevaade kavandatud põhjaveearu alal levivatest veekihtidest, hüdrostratigraafilisest liigestusest¹⁹ ja selle seostest põhjaveekogumitega, veekihtide sobivusest ühisveevarustuseks. Põhjaveekogumite ja hüdrogeoloogiliste ühikute paiknemine hüdrogeoloogilises läbilõikes on olemas Keskkonnaagentuuri kodulehel http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/pohjaveekogumid_hydrogeoloogilises_labiloikes_egk_2014.pdf ja leitav Eesti Stratigraafia Komisjoni kodulehelt <http://stratigraafia.info/>.

Peatükki lisatakse hüdrogeoloogiliste tingimuste ja seoste mõistmiseks vajalikud joonised ja läbilõiked, andmed põhjaveekihi kaitstusest ühes vastavate viidetega²⁰. Kaardipildis esitatakse põhjaveearu toitumise osas oluliste mattunud orgude ja geoloogiliste rikkevööndite levik. Kirjeldatakse veekihtide toitumistingimused, veekihtide vahelised lekkes, esitatakse üldistus veetasemetest ja nende muutustest olemasoleva seire andmete ja mõõtmistulemuste järgi.

Põhjaveearu aruandes vaadeldava veekihi osas tuleb esitada kehtiva veemajanduskava (sh veemajanduskava koostamiseks tehtud eriuuringute asjakohane teave) vastava põhjaveekogumi ning põhjaveearu veekihist ülal- ja allpool paiknevate põhjaveekogumite seisundi teave (koguseline ja keemiline seisund, ohustatud ja halba seisundit või ohustatust põhjustavad survetegurid, tegelik põhjaveeressurss).

Kavandatud põhjaveearule olulisuse korral esitatakse asjakohane teave kavandatud põhjaveearuga ala maa ja maapõue kasutusest (sh karjäärid ja kaevandused²¹). Käsitletakse võimalikku seost kavandatava põhjaveearuga alal vaadeldava veekihi ja pinnaveekogude ja maismaaökosüsteemidega. Kui seost pole, siis nii öeldaksegi seda vastava põhjendusega.

¹⁹ Üldine liigestus vaata juhend „Eesti geoloogiliseks digitaalkaardistamiseks“ seletuskiri Tabel 4. Eesti hüdrostratigraafiline liigestus (Perens, 2007). Geoloogilise kaardistamise M 1:50000 aladel võib kasutada seal toodud liigestust. Kui alal on varasemate uuringutega väljaselgitatud detailsem liigestus, tuuakse liigestus selle järgi ühes vastava viitega. Universaalset liigestust Devoni, Siluri ja Ordoviitsiumi osas ei ole, see sõltub asukohast (nagu Kvaternaari puhulgi).

²⁰ <http://www.envir.ee/et/pohjavesi>, Maa-ameti geoportaal <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed/Geoloogiline-baaskaart/Juhendid-ja-seletuskirjad-p139.html>, aruanne „Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine ja põhjaveekogumite hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine [4]. Reeglina käsitlevad põhjaveekaitstuse kaardid esimese aluspõhjakiivimite leviva põhjaveekihi kaitstust ja sügavamal paiknevate veekihtide osas tuleb lisaks kaardipiltidele tutvuda vastavate seletuskirjadega.

²¹ põhjaveearu veekihi vett väljapumpavate karjääride veekõrvaldust tuleb käsitleda ka peatükis 4.3, 5.1 ja 5.2.

3 Ülevaade varem tehtud uuringutest ja põhjaveevaru uurituse hinnang

Peatüki eesmärgiks on näidata, et koostatav põhjaveevaru aruanne on arvesse võtnud ja käsitleb kõiki vaadeldava ala varasemates põhjaveevaru aruannetes, hüdrogeoloogilistes uuringutes ja arengukavades oluliseks peetud aspekte ja koostatavas põhjaveevaru aruandes tehtavad edasised tööd on planeeritud otstarbekalt. Mida rohkem saadakse kasutuskõlblikku piisavalt kaasaegset teavet, seda vähem tuleb teha täiendavaid töid põhjavee keemilise koostise täpsustamisel põhjaveevaru aruande koostamisel.

Esitatakse asjakohane ülevaade varasematest põhjaveevaru ja hüdrogeoloogilistest töödest, mis andmebaasidest või uuringutest andmeid saadi. Peatüki järeldusena tuuakse esile edasised koostatavas põhjaveevaru aruandes vajalikuks loetud tegevused ja kontrollitavad aspektid.

Kindlasti tuleb käsitleda varasemates uuringutes läbiviidud vaadeldava veekihi ja sellele oluliste veepidemete hüdrogeoloogiliste parameetrite määramiseks tehtud katsetööde tulemusi. Seda selleks, et hinnata koostatavas põhjaveevaru aruandes täiendavate puurimistööde ning pumpamise ja geofüüsikaliste uuringute tegemise vajadust.

Olemasolevas ekspluateeritavas veehaardes veekihi parameetrite täpsustusi katsetega reeglina tegema ei pea, kui on kasutada eelmistest uuringutöödest tehtud katsetöid või on olemas töötavate veehaarete veevõtu ja tasemete andmed. Need töötavate veehaarete andmed peavad olema siis kooskõlas varasemate uuringute vastavate näitajate ja prognoosidega.

Esitatakse asjakohane teave riiklikust põhjaveeseirest, Terviseameti joogiveeallika ja joogivee seirest, vee erikasutusloa nõuete järgi kogutud andmetest, ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavade, arengukavade²² ja jääkreostuse uuringutest, kui need andmed on kavandatud põhjaveevaruga alal olemas.

Kaitsmata põhjaveekihi korral käsitletakse kavandataval põhjaveevaruga alal ja sellega vahetult külgneval alal olevate põhjaveevarule potentsiaalselt ohtlike saasteallikate väljaselgitatust varasematest uuringutest, esitatakse andmed saastunud põhjaveega alade ja muude potentsiaalselt ohtlike saasteallikate kohta.

Esitatakse hinnang varasema uurituse piisavusest koostatava põhjaveevaru aruande jaoks. Koostatud ülevaatest peab selguma, mis asju on oluliseks peetud varasemates uuringutes. Vajadusel tuleb neid kunagisi olulisi aspekte ka koostatavas põhjaveevaru aruandes kontrollida.

Näiteks kui on kunagi kusagil olnud probleeme vee keemilise koostise osas, tuleb koostatavas põhjaveevaru aruandes seda käsitleda põhjavee keemilise koostise peatükis 5.2. Vältida tuleb olukorda, et kunagi probleemseks peetud asjaolu pole koostatavas aruandes enam üldse käsitletud. Kui kunagi varem esinenud probleemi enam pole või oli selle tõstatamine ekslik, siis nii tulebki koostatavas põhjaveevaru aruandes öelda.

²² On esinenud olukordi kus mingis varasemas ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavas või arengukavas on toodud põhjavee osas mingeid probleemseid aspekte ja veeanalüüse, mis pole täna riiklikes andmebaasides ja veetootjatelt saadaval. Üllatuste vältimiseks on otstarbekas omada maksimaalselt informatsiooni.

4 Koostatava põhjaveearu uuringu raames tehtud tööde kirjeldus

Peatükis esitatakse koostatava põhjaveearu aruande jaoks (lisaks kolmele esimesele ülevaatepeatükile) tehtud tööde ja vastava metoodika kirjeldus ning tulemuste analüüs.

4.1 Olemasolevad veehaarded ja nende seisukord, reostusohu, veekihi parameetrite määramine/täpsustamine, hüdroteoloogilised katsed

Veehaardete seisukorra ülevaatus eesmärg on kontrollida, et kavandatud põhjaveearu kasutavad puurkaevud, pumplad ja sanitaarkaitsealad oleksid nõuetekohased ja ei põhjustaks põhjaveearu kehtimisperioodil põhjavee kvaliteedi halvenemist. Vastavad ettepanekud veehaardete seisukorra osas esitatakse põhjaveearu aruande peatükis 5.3. Veehaardete seisukorra ülevaatusel saadakse täiendavad andmed töötavate kaevude veetasemetest, see võimaldab täpsustada kavandatava põhjaveearu mahus veevõtuprognoosi arvutust või modelleerimist²³. Vajadusel täpsustatakse töötavate kaevude seiskamisel veehaardet ja veekihti iseloomustavat kaevu eritootlikkust, sest see võib olla aja jooksul muutunud nii suuremaks kui ka väiksemaks.

Esitatakse olemasolevate veehaardete seisukorra osas asjakohane vajalik peetud informatsioon. Hinnatakse kaevude sanitaarkaitsealade vastavust nõuetele. Vaadatakse üle puurkaevpumplate sanitaarsed tingimused (et kaevuhoones ja sanitaarkaitsealal poleks veetootmiseks mittevajalikke esemeid, vesi pumplahoones ja uputusjäljed pumplaseintel jne), et puurkaevude manteltorud oleks piisavalt kõrgemal põranda pinnast ja kaevusuue oleks suletud nõuetekohase päisega vältimaks kõrvalise vee sattumist kaevu. Dokumenteeritakse häired veehaardete töös johtuvalt kaevu tootlikkuse muutustest, põhjavee puhastamisest joogiveeks jne. Kui võimalik, mõõdetakse kaevude sügavused, veetase, kirjutatakse üles kaevupumba paiknemise sügavus. Hinnatakse kaevu tehnilist seisukorda ja täpsustatakse puurkaevust pumbatavat vett mõjutada võivad potentsiaalsed reostusallikad. Pannakse kirja kaevuomaniku arvamus vee piisavusest ja kvaliteedist.

Veehaardete seisukorra ülevaatus ala kattub tavaliselt kavandatava põhjaveearuga alaga. Vajadusel korral võib see olla ka suurem, kui kavandatud põhjaveearuga alast väljapoole jääb põhjaveearuga sama veekihi vett tarbivaid suure veevõtuga kaevu. Olemasolevate veehaardete seisukorra hindamisel võib piirduda keskkonnaloa aluste kaevudega, kui kavandatava põhjaveearu veevõtt ei ohusta väikese veevõtuga üksiktarbijate veevõtte (mitteohustamist tuleb peatükis 5 ja 6 siis kinnitada).

Olemasolevate veehaardete seisukorra ülevaatus käigus täiendatakse põhjavee keemilise koostise andmeid kaevuomanike käest saadud analüüsitulemustega (otsekontaktidega saadakse tavaliselt rohkem analüüse kui üldiselt küsides). Täpsustatakse dünaamilisi veetasemeid töötavates kaevudes ja staatilisi veetasemeid nende seiskamisel ja mittetöötavates kaevudes, kogutakse veetootja poolt mõõdetud veetasemete andmed.

Vajadusel tuleb kavandataval põhjaveearuga alal ja sellega vahetult külgneval alal täpsustada andmeid saastunud põhjaveega alade ja muude potentsiaalselt ohtlike saasteallikate kohta eesmärgil, et kas neist on ohtu põhjaveearule vee keemiliste näitajate osas (põhjavee keemilise koostise peatükis 5.2).

²³ Väikese veevõtuga kaevudes on dünaamiline veetase kaevu mittetöötamisel lähedane staatilisele veetasemele, seiskamisel taastub see kiiresti

Kui põhjaveevaru vee keemilistele näitajatele oht puudub, pole vastavate ühendite kontrollimine kõikides kavandatava põhjaveevaruga ala kaevudes kohustuslik. Potentsiaalsest saasteallikast lähtuva ohu puudumine tuleb tõestada põhjavee liikumissuunas allavoolu lähima kaevu vee keemilise koostise uuringuga. Kui esineb oht põhjaveevaru vee keemilistele näitajatele, siis tuleb põhjavee keemilise koostise peatükis 5.2 neid aineid käsitleda (selleks peab olema ka piisav kogus vastavaid veeanalüüside tulemusi), meetmed ohu vähendamiseks ja seireks esitatakse peatükis 5.3.

Kui varasemate uuringute andmed veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite osas on piisavad (peatükist 3, ka varasem veevõtt on olnud näiteks oluliselt suurem kui kavandatav põhjaveevaru) ja vee erikasutajate käest saadud veevõtu ja tasemete andmed on olemas ega pole vastuolus varasemate hüdrogeoloogiliste näitajatega, pole täiendavaid katseteid vaadeldava veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite täpsustamiseks vaja teha.

Veehaarete seisukorra ülevaatus käigus kogutud andmete ja peatükis 3 oleva teabe järgi probleemsete veehaarete seisukorra täpsustamiseks võib teha geofüüsikalisi uuringuid. Geofüüsikalised uuringud on otstarbekad lisateabe saamiseks, kui kaevust on kavas võtta oluline veekogus ja ei olda kindel, et vee kvaliteet säilib või on kahtlusi kaevu tehnilises seisukorras. Enamasti on need vanad kaevud ning häireid töös põhjustavad sageli lekkivad manteltorud, filtrite ummistumine (mehaaniline ja keemiline²⁴), kaevusügavuse oluline vähenemine, tehiskivistused kaevus, sisse kukkunud pump jne.

Kaevu andmete ja konstruktsiooni vastavust keskkonnaregistri andmetele saab kontrollida videouuringu, kavernomeetria ja voolukiiruste mõõtmisega (võimaldab piiritleda veerikkaid ja veevaeseid intervale ja kontrollida suuremaid lekkeid kaevu manteltorus).

Taolised geofüüsikalised tööd on vajalikud eeskätt kaevuomanikule ja otsese vajaduseta neid põhjaveevaru aruande raames reeglina ei tehta. Voolukiiruste mõõtmine vettandvate tsoonide piiritlemiseks võib olla otstarbekas uute projekteeritavate kaevude konstruktsioonide täpsustamiseks. Kaevu seisukorra osas kahtluste olemasolul saab geofüüsikaliste tööde tegemise põhjendatud ettepaneku tuua peatükis 5.3. Geofüüsikaliste tööde metoodiline juhend on leitav http://www.envir.ee/sites/default/files/hydrogeoloogilis-geofuusikaliste_moote-seadmete_kasutamise_metoodiline_juhend.pdf.

Töötavate veehaarete puhul võib saada lisaandmeid kaevu seiskamisel veetaseme taastumisest. Kontrollida keskkonnaregistri andmete järgse eritootlikkuse säilivust. Väikese veevõtu korral taastub veetase töötavas kaevus kiiresti ja nii saadakse kaevu seiskamisel ka veekihi veetasemete osas täiendavat informatsiooni.

Kaevude eritootlikkused ($q=Q/s$) annavad võimaluse hinnata vaadeldava veekihi veejuhtivust km . Üldlevinud on surveliste või survetute veekihtide vastavad lähendused [10]:

$$\frac{Q}{s} = \frac{km}{2000} \quad \text{ja} \quad \frac{Q}{s} = \frac{km}{1500}$$

Kirjanduses kohtab mitmeid paikkonna ja veekihi jaoks üldistatud vastavaid eritootlikkuse üleminekulähendusi.

²⁴ Keemiline filtrite ummistumine on seotud tavaliselt karbonaatide tasakaalu muutusega johtuvalt veevõtu rõhulangusest tingitud süsinikdioksiidi väljumisest veest. Sellega kaasneb ka mittelahustuvate raua ja mangaaniühendite moodustumine ja settimine kaevu ning pumba pinnale [10]

Logani lähenduse²⁵: $km = 1.22Q/s$, eritootlikkus tuleb anda kujul m^3/d alanduse meetri kohta. Kaevude eritootlikkuse $l/s \cdot m$ kujul ning saame Logani lähenduse $km = 105 \cdot$ eritootlikkus).

Paikkonna ja veekihi spetsiifilised on:

- lõhelistes karbonaatkivimites, El-Naga 1994 $km = 1.81 \left(\frac{Q}{s}\right)^{0.917}$
- karbonaatkivimites, Mace 1997 $km = 1.231 \left(\frac{Q}{s}\right)^{1.05}$
- lubjakivides Edwards-Trinity $km = 0.78 \left(\frac{Q}{s}\right)^{0.98}$
- lõhelistes karbonaatkivimites, Fabbri 1997 $km = 0.785 \left(\frac{Q}{s}\right)^{1.07}$
- Razak and Huntley 1991 $km = 15.3 \left(\frac{Q}{s}\right)^{0.67}$

Eestis on kasutatud Nõukogude Liidu aegset V.M Šestakovi töödel tuginevaid valemeid²⁶. Vabapinnalistes veekihtides $km = (0.9 \text{ kuni } 1.1)Q/s$ ja survealistes veekihtides $km = (1.2 \text{ kuni } 1.5)Q/s$ [31, lk 141-142]²⁷.

Kaevude eritootlikkuse $l/s \cdot m$ kujul on Eestis enamasti kasutatud valemit $km = 130 \cdot q$.

Reeglina eeldavad need ülaltoodud lähendusvalemid stabiliseerunud pumpamisrežiimi saavutamist, eelistatud on survealine veekiht, eeldatakse kaevu veetaseme alanduse määramisel kaevu konstruktsioonist tuleneva paranduse mittevajalikkust, eritootlikkuse määramisel peaks veetaseme alandus olema kaevus olnud vähemalt 0.5 m jne.

Seega annavad kaevude eritootlikkused küll täiendavat informatsiooni veekihi veejuhtivusnäitajate muutlikkuse kohta, kuid eritootlikkuse määramise ebatäpsusest johtuvalt tuleb nii saadud veejuhtivusnäitajatesse suhtuda kriitiliselt, uute ühisveevarustuse veehaarete kavandamisel on vajalikud pikemaajalised pumpamiskatsed.

Uute veehaarete rajamisel tehakse katsetööd selleks eraldi tehtava hüdrokeoloogilise uuringu raames või siis hilisemaks ekspluatatsiooniks sobiva katsepuuraugu(kude) katse ja uuringutööde abil.

Kavandades põhjaveevaru uuringut alal, kus põhjaveevaru seni pole olnud, on eelistatav veekihi parameetrite määramine ekspluatatsioonilise katsepuuraugu abil. See võimaldab saada puuraugust katseandmed kavandatava veehaarde tööga võrreldavates tingimustes. Taoliseks uuringuks võib olla otstarbekas teha eraldi uuringuprogramm, mis võib olla põhjaveevaru aruande üheks etapiks (näiteks Türi linna Türi-Alliku veehaarde põhjaveevaru uuring ja põhjaveevaru kinnitamine).

²⁵ <http://www.hwe.org.ps/Education/Birzeit/GroundwaterEngineering/Chapter%203%20-%20Groundwater%20Flow%20to%20Wells.pdf>, Chapter 3, Groundwater flow to wells, lk 274

²⁶ Väiksem kordaja on peeneteralisemates liivades, suurem jämedateralisemates [31].

²⁷ Ka Driscoll 1986 ütleb, et võrreldes survealise veekihiga oleks vabapinnalises veekihis eesolev kordaja kuni neljandiku võrra väiksem

4.1.1 Veekihi parameetrite määramine/täpsustamine

Taastumis- ja pumpamiskatsed veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite määramiseks tehakse enamasti uutes veehaardes. Taastumis- ja pumpamiskatsed tuleb läbi viia varasemate katsete andmete puudumisel olemasolevates töötavates veehaardes, kui soovitakse neis veevõttu mitmekordistada ja on kahtlus, et kavandatud veekogus pole selle veehaardega kättesaadav. Katsetulemuste osas esitatakse lisaks graafikutele arvutuste lähteandmete tabel (mõõdetud veetasemed ja veekogused), see võimaldab arvutustulemusi kontrollida ka teiste arvutusskeemide rakendamise korral. Valemarmutuse puhul tuleb esitada ka valemi kasutamise piirtingimused ja analüüsida nende mõju saadud tulemusele.

Kui põhjaveevaru jaoks vajaliku veevõtu mahus veevõtt on tõestatud veehaarde kasutamisega varasematel aastatel, võib see olla piisav tõestus põhjaveevaru koguse olemasolust. Kui varasemat põhjaveevaru aruannet, hüdrogeoloogilisi põhjaveekihi arvutusparameetreid (vaata peatükk 3) ega veehaarde eksploatatsioonikogemust kavandatud põhjaveevaruga ligilähedase suurusjärgus mahuga pole, tuleb tehtava põhjaveevaru mahus veevõtu mõju arvutusteks vajalike hüdrogeoloogiliste parameetrite saamiseks teha katseteid (taastumis- ja pumpamiskatsed).

Katsetulemuste järgi hüdrogeoloogiliste näitajate leidmisel on oluline õige arvutusskeemi valimine (surveline või survetu veekiht, kas avatakse terve veekiht või ainult osa sellest, milline on veekihi eeldatav anisotroopsus, kaevu omataktusest johtuv mõõdetud ja tegeliku veetaseme erinevus²⁸ jne).

Ühe puuraugu katsetustest saadakse reeglina vaid veekihi veejuhtivus (*km*). Vaatluspuuraugu või vaatluspuuraukude kasutamisel saadakse ka teave vabapinnalise veekihi pinnase veeanist, survealise veekihi korral selle rõhuveeannist. Pumpamiskatsel järgneb veetaseme taastumise mõõtmine ja hüdrogeoloogilised näitajad arvutatakse nii pumpamise kui taastumise andmete põhjal.

Töötava veehaarde korral tehakse võimalusel selle seiskamine ning veekihi veejuhtivus arvutatakse taastumisandmetest kasutades väljapumbatud veekogust. Katsetulemustest õigete hüdrogeoloogiliste näitajate saamiseks sobiva valemi leidmiseks on kasulikud varasemad arvutuskogemused ja praktilised teadmised valemite ja arvutusskeemide kasutamisest.

Universaalset pumpamise või taastumiskatse valemit pole, valemarmutuse korral tuleb põhjaveevaru aruandes esitada vastav arvutusskeem selgitava joonise ja tekstiga. Katsetulemuste osas esitatakse veetaseme- või pumpamisgraafikutele lisaks arvutuste lähteandmete tabel (mõõdetud tasemed ja veekogused), see võimaldab arvutustulemusi kontrollida ka teiste arvutusskeemide rakendamise korral.

Kui arvutusskeem on põhimõtteliselt õige (valemi kasutamise piirtingimused on täidetud), siis pole eri nimede ja kujuga valemite kasutamisel saadavad erinevused kuigi suured (tabel 1).

²⁸ Omab tähendust kui veetaseme alandus töötavas kaevus on üle 10 meetri

Tabel 1 Väljavõte eri arvutusmeetoditega saadud survealise veekihi veejuhtivusest (km) ja rõhuveeannist (S)²⁹

Eri meetoditel saadud survealise veekihi hüdrogeoloogilised näitajad, Oude Korengijk [Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. G.P. Kruseman, N.A. de Ridder. International Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands, 1994]		
Meetod	km (m^2/d)	S (—)
Thiem 1	385	—
Thiem 2	390	—
Theis	392	1.6×10^{-4}
Jacob 1	385	1.7×10^{-4}
Jacob 2	370	4.1×10^{-4}
Jacob 3	437	1.7×10^{-4}

Katsete arvutustulemustest saadakse reeglina vaadeldava veekihi filtratsioonikoefitsient k , kihi veejuhtivus km , vaatluspuuraugu andmetest vabapinnalises põhjaveekihi veeand või survealise veekihi rõhuveeand.

Põhjaveevaru arvutusel on veekihi veeand või rõhuveeand vajalikud eeskätt põhjaveetaseme muutuste prognoosimiseks ajas põhjaveevaru arvutuslikul kasutusperioodil. Vaid filtratsioonikoefitsiendi k määramisega võib piirduda maapinnalähedase põhjaveekihi veehaarde paiknemisel veekihiga hüdrauliselt seotud pinnaveekogude juures (kui need määravad veehaarde mõjuraadiuse).

Pumpamisele reageeriva vaatluspuuraugu olemasolul saab veekihi veeanni või rõhuveeanni katse mõjupiirkonna jaoks arvutada stabiliseerumata veetaseme arvutusskeemiga (Theis ja tema valemil tuginevad arvutusskeemid).

Lühiajaliste (kuni 2-3 tundi) katsepumpamistega üksikpuuraugust täpsustatakse vaid filtratsioonikoefitsiendi k ja veekihi veejuhtivuse km väärtusi³⁰. Mida pikemaajalisem on pumpamine seda suuremat ala arvutustel leitavad näitajad iseloomustavad ja seda tõeväärsem on tulemus veehaarde hilisema kasutamise seisukohast. Hüdrogeoloogiliste parameetrite arvutamisel on eelistatavamad katsetulemuste graafikute lõpuosad³¹, samas tuleb pikaajalise pumpamiskatse andmete analüüsis välistada infiltratsiooni mõju katsetulemuste arvutustes.

Pikaajalistel suure veekogusega pumpamiste tulemuste interpreteerimisel tuleb arvestada, et pumpamise mõju võib ulatuda katsetulemusi mõjutavate nähtusteni: veekogu, veekihi horisontaalsuunalise piirini (klint, savipinnastega ürgorg), teine töötav veehaare jne.

Pikaajalistel pumpamiskatsetel tuleb tagada, et puudub väljapumbatud vee tagasivoolu mõju katsetulemustele. Survelise veekihi pumpamiskatsetel tuleb vältida survetu olukorra teket, selle tekkel tuleb kasutada veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite leidmisel vastavalt modifitseeritud valemil.

²⁹ Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. G.P. Kruseman, N.A. de Ridder. International Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands, 1994.

³⁰ Vaid keerulised arvutusskeemid [Kansas Geological Survey KGS; Hyder et al., 1994] võimaldavad ühe puuraugu katsetamisest rõhuveeandi määrata.

³¹ Need iseloomustavad veekihti katsekohast kaugemal, vee liikumine on stabiilsem

Pikaajalise pumpamiskatse kestvus on harilikult 1-3 päeva. Johtuvalt katsetingimustest (peamiselt veekogus ja uuritava veekihi mõõtmed) võib stabiliseerunud režiim saabuda ka 2-3 tunniga, kuid võib ka üldse mitte saabuda isegi 3-5 ööpäevaga. Ühisveevarustuse uute kaevude katsepumpamiste kestvus peaks olema vähemalt üle ühe ööpäeva.

Vaatluspuuraukudega pumpamiskatse kavandamisel tuleb hinnata katseperioodil tekkiva mõjuraadiuse ulatust, et veetaseme alandus jõuaks katseperioodil vaatluspuuraukudeni. Täpsemad andmed saadakse, kui katsepumpamise lähimas vaatluspuuraugus on veetaseme muutus vähemalt 0.5m.

Veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite arvutamise valemitele on iseloomulik, et need on täpsed nn ideaaljuhu jaoks, valemite kujud võivad eri allikates modifitseeruda kajastamaks puuraugu nn tegelikku raadiust, puuraugu töötava osa paiknemist veekihi vertikaallõikes, survetu veekihi mõne valemi kasutatavusele võivad lisanduda piirangud katseaugu raadiuse ja töötava osa suhtest, kaugusest veekoguni (R võib asendada veekoguni kauguse kordsega) jne.

Stabiliseerunud režiimiga hüdrogeoloogiliste katsete arvutusvalemid tuginevad peamiselt Dupuit või Thiemi valemi teisendustel. Kasutada võib ka sobivaid pumpamiskatsete interpreteerimiseks tehtud arvutiprogramme. Alljärgnevalt esitame valiku enamlevinud arvutusvalemitest.

1. Surveline veekiht, stabiliseerunud režiim, ühe vaatluspuurauguga, puuraugu töötav intervall avab kogu veekihi:

$$k = \frac{0.366Qlg \frac{r_1}{r_0}}{m(s_0 - s_1)} \quad (1, [17, lk 119])$$

2. Vabapinnaline veekiht, stabiliseerunud režiim, ühe vaatluspuurauguga, puuraugu töötav intervall avab kogu veekihi:

$$k = \frac{0.73Qlg \frac{r_1}{r_0}}{(2H - s_0 - s_1)(s_0 - s_1)} \quad (2, [17, lk 119])$$

Q on puuraugu tootlikkus

m survele veekihi paksus

H on vabapinnalise veekihi paksus

r_1 on kaugus vaatluspuurauguni

r_0 pumpamise puuraugu raadius

s_0 ja s_1 on veetaseme alandused pumpamise puuraugus ja vaatluspuuraugus

Kui puuraugud ei ava oma töötava osaga kogu veekihti, viiakse ülaltoodud valemitesse sisse vastav parandustegur ξ (ksii). Parandusteguritega valemiteid saab kasutada kui puuraugu töötava osa pikkuse ja veekihi paksuse suhe on suurem kui 0.1 [17].

Vaatluspuuraugu paiknemisel pumpamise puuraugust suuremal kaugusel kui veekihi paksus, pole vaatluspuuraugu osas parandusteguri ξ kasutamine vajalik. Seega on pikaajalistel katsepumpamistel eelistatav, et vaatluspuuraugu kaugus oleks suurem kui vettandva kihi paksus.

Ühe vaatluspuurauguga katsete puhul on arvutusvalemities (1 ja 2) kõige veatundlikum katsepuraugu raadius mistõttu on arvutustulemused vähemtäpsed.

Tegelik katsepuuraugu efektiivraadius sõltub kivimi lõhelisusest, filtrite kasutamisest, nende takistusest jne. Katse pumpamiskaevu töötava osa omadustest sõltub veetase pumpamise puuraugus (eriti suurte veevõttude korral). Seetõttu on arvutustäpsuse suurendamiseks eelitatavad kahe ja enama vaatluspuurauguga katsed ja katsetatava veekihi parameetrite arvutused tehakse siis väljapumbatud veekoguse ja vaatluspuuraukude veetasemete järgi.

Survelises põhjavees kasutatakse veekihi veejuhtivuse km hindamiseks ka nn Thiemi valemikuju, mis sisuliselt on analoogne valemiga (1). Alljärgnevalt toome Thiemi valemikuju kahe vaatluspuuraugu korral (vähendamaks pumpamise puuraugu raadiuse ja pumpamise puuraugu veetaseme ebatäpsuse mõju). Ühe vaatluspuurauguga katsete puhul on arvutusvalemities kõige veatundlikum katsepuuraugu raadius ja veetase seal, seetõttu tuleb eelistada kahe vaatluspuurauguga pikaajalisi katseid.

$$km = \frac{Q}{2\pi(s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (3, [10, lk 344])$$

r_1 ja r_2 on vastavalt kaugused vaatluspuuraukudeni

s_1 ja s_2 on veetaseme alandused vaatluspuuraukudes

Stabiliseerunud režiimiga katsete Dupuit või Thiemi valemite teisendusteks on ka Eestis kasutatav nn „suure kaevu“ valem (3a) veekoguste hindamiseks kaevandisse:

$$Q = \frac{2.73 \cdot km \cdot s}{\lg \frac{R}{r}} \quad (3a)$$

3a valemis on R mõjuraadius ja r kaevandi raadius

Thiemi valemikuju vaatluspuurauguta vabapinnalises veekihis (sama mis ka nn „suur kaev“ vabapinnalises ja on valemi 2 teisendus) on järgmine:

$$Q = \frac{k(H^2 - h^2)}{0.733 \lg \frac{R}{r}} \quad (4, [10, lk 70])$$

Q on puuraugu või katsekaevu tootlikkus

H on vabapinnalise veekihi paksus enne pumpamist

h on veetase puuraugus või katsekaevus vabapinnalise veekihi põhjast

R on mõjuraadius

r on pumpamise puuraugu, suurkaevu või kaevandi raadius

Mingil kaugusel r_1 pumpamise puuraugust tekkiva stabiliseerunud veetaseme saab arvutada valemist:

$$h_1 = \sqrt{H^2 - \frac{0.733 Q \lg \frac{R}{r_1}}{k}} \quad (5, [10, lk 70])$$

Survelises veekihis lühiajalisel pumpamisel mingil ajahetkel tekkiva mõjuraadiuse ulatuse võib arvutada valemist³²:

$$R_0 = \sqrt{2.25km \frac{t}{S}} \quad (6)$$

R₀ on mõjuraadius mingil ajahetkel

t on aeg

S on rõhuveeand

Survetus veekihis [32]

$$R = \sqrt{1.9kh \frac{t}{n}} \quad (6a, \text{Aravin ja Numerov 1953})$$

R on mõjuraadius,

t aeg,

h on veekihi paksus põhjast lugedes alandatava veepinnani pinnani,

n on efektiivpoorsus (sama mis μ)

Veevõtu mõjuraadiuse hindamiseks kasutatakse ka Sichardt'i valemit

$$R = 3000\Delta s\sqrt{k} \quad (6c, [10, \text{lk 316}])$$

Δs on veetaseme alanemine puuraugus, (filtratsioonikoefitsient k peab olema antud meetrites sekundi kohta).

Veevõtu mõjuraadiuse hindamiseks on kasutatud ka valmeid

$$[33, \text{lk 208}] \quad \text{ja} \quad R = 0.34\sqrt{\frac{Q}{w}} \quad (\text{kus } w \text{ on infiltratsioon } m/d) [33, \text{lk 124}]$$

Ülaltoodud valemite kasutamine annab häid tulemusi, kui on täidetud olulisemad valemi kasutuse piirtingimused, valemi sobivust konkreetseks arvutuseks on parim kontrollida reaalse mõõtmistulemusega. Stabiliseerunud režiimi saavutavad katsed on reeglina pikaajalised ja sageli ei õnnestu katse vältel säilitada ühesugust väljapumbatavat veekogust.

Sõltuvalt valemist on enamlevinud nõueteks, et kaevuga avatakse kogu veekiht, saavutatakse stabiliseerunud katserežiim, vaatlusaugud on veekihi paksusega võrreldaval kaugusel, algne veepind on horisontaalne jne. Katsete tulemused võivad sõltuda veel täiendavatest asjaoludest: veekihi näitajad pole homogeensed, mõjuraadius ulatub veekoguni (peamiselt vabapinnalises veekihis), teiste veetarbijate mõju jne.

Eespooltoodud valemid ei arvesta leket teistest kihtidest, vabapinnalise veekihi korral tuleb pikemaajalise mõju korral kindlasti arvestada ka veekihi toitumisega eeldatava mõjuraadiuse arvutamisel.

Arvestamiseks eri tegurite mõju, kasutatakse veekihi hüdrogeoloogiliste parameetrite määramiseks sageli paljusid erinevaid valemeid ja keerulisi arvutuskäike (etalongraafikuid, veeta-

³²<http://www.hwe.org.ps/Education/Birzeit/GroundwaterEngineering/Chapter%203%20-%20Groundwater%20Flow%20to%20Wells.pdf>, Chapter 3, Groundwater flow to wells, lk 226

seme alanemise aeggraafikuid jne). Valemite kasutamisel on oluline mõista, mis näitaja muudab kõige enim valemiga arvutatavat tulemust. Mõnikord on keerulise valemi mõne liikme mõju tulemusele teatud tingimuste juures väike, mis võimaldab teha valemites lihtsustusi (näiteks *Jacob-Cooper* lihtsustus).

Otstarbekas võib olla saadud hüdrogeoloogiliste parameetrite kontrolliks teostada pöördarvutus. Kasutades katsetulemustest saadud veekihi parameetreid k , km , S_y või S_s teha mõnes teises valemiga (näiteks mittestatsionaarses) tagasiarvutus, et vaadata kas katsel mõõdetud veevõttu või veetaset õnnestub saavutada kasutades katsetulemustena saadud veekihi parameetreid³³.

Reeglina on katsetulemuste alusel saadud näitajad alati õigemad kui katsetulemusi mittekasutatavate arvutuskäikude ja valemite abil saadud näitajad, viimastes esineb tegureid, mis mõjutavad oluliselt tulemust³⁴. Mitme valemi järjestikusel kasutamisel ebatäpsused reeglina vähenevad.

Valemite vigu ja piiranguid saab vältida, kui katset korrata vastaval katse- või valemisarvutuste näitajatest (k , km , Q , S_y või S_s) moodustatud valemite imiteerival lihtsustatud põhjaveemudelil³⁵. Sageli on valemisarvutuse korrektseks läbiviimiseks kulutatud tööaeg isegi suurem kui taolise lihtsustatud nn valemimudeli koostamine modelleerimistarkvaraga.

Stabiliseerumata režiimi korral arvutatakse püsiva tootlikkusega katsete korral survealuse veekihi näitajad tuginedes katsetulemuse võrdlemisele Theis etalongraafikuga. Theis valemi põhikuju on:

$$s = \frac{Q}{4\pi km} W(u) \quad (7, [10, lk 233]) \quad \text{siit teisendus} \quad km = \frac{QW(u)}{4\pi s}$$

kus $W(u)$ on puuraugu funktsioon ja u tuleneb valemist $u = \frac{r^2 S}{4kmt}$ (7a, [10, lk 233])

s on veetaseme alandus
 r on kaugus vaatluspuurauguni,
 t on aeg
 S on rõhuveeand
 Q on puuraugu tootlikkus m^2/d

Theis meetod seisneb pumpamise andmegraafiku (logaritmiliste telgedega alanduse (s) ja aja (t/r^2) graafik) sobitamisel samas skaalas etalongraafikuga (logaritmiliste telgedega ($W(u)$ ja ($1/u$)). Ühe vaatluspuuraugu korral piirduakse (t/r^2) telje asemel aja t graafikuteljega.

$W(u)$ väärtused erinevate u väärtuste jaoks etalongraafiku koostamiseks saadakse käsiraamatutes esitatud tabelitest või vastavast olemasolevast Exceli failist jne.

³³ Kui k väärtuste osas tuginetakse laboritulemustele, liivades puhul terasuuruse määrangutele, arvutustes kasutatud lahenduskäik on katsetulemustest sõltumatu ja sedavõrd keeruline, et tekivad kahtlused selle õigsuses jne.

³⁴ Eesti tingimustes näiteks lubjakivide poorsus/efektiivpoorsus sanitaarkaitseala suuruste arvutamisel, tekivad suured vead tingliku mõjuraadiuse nn nulljoone arvutamisel.

³⁵ Kaev ei pea olema veekihti läbiv, veepinna kallakus võib olla kaldu, pumpamine vastab ajas tegelikkusele, paremini saab arvestada kihtide vahelisi lekkeid, toitumist jne

Andmegraafikut nihutades sobitatakse sealne kõver etalongraafikuga enam-vähem kokku langetama, valitakse kokkupuutepunkt (u_p) ja loetakse etalongraafikult $W(u)_p$ ja $(1/u)_p$ väärtused ja andmegraafikult kokkupuutepunkti $(t/r^2)_p$ ja S_p väärtused.

Seejärel arvutatakse veekihi näitajad

$$km = QW(u)_p / 4\pi S_p; \quad W(u)=1 \text{ korral } km = Q / 4\pi S_p \quad (7b)$$

$$S = \frac{4km \left(\frac{t}{r^2}\right)_p}{\frac{1}{u_p}}; \quad u=1 \text{ korral } S=4km \cdot t_p / r^2; \quad S=Q t_p / \pi r^2 S_p \quad (7c)$$

Theis etalongraafikute meetodit kasutatakse suhteliselt harva, kuna selle lihtsustused annavad ligilähedaselt samaväärseid praktikas kasutatavaid tulemusi. Eestis kasutatakse katseandmete töötlemises reeglina Jacob-Cooper või teisi (peamiselt Nõukogude Liidu aegsete vene kirjandusallikatele tuginevate) Theis meetodi lihtsustusi³⁶.

Jacob-Cooper lihtsustuse korral väljendub logaritmilisel ajateljel veetaseme muutus (s) lineaarfunktsioonina. Üksikpuuraugust veekihi veejuhtivuse km arvutamiseks on Jacob-Cooper meetod üks eelistatuimaid. S arvutatakse vaid vaatluspuuraugu³⁷ abil ja aeg peab valemis (9) olema ööpäevadeks viidud.

Veetaseme muutusest koostatud logaritmilise ajateljega graafikul valitakse sirge lõik ja leitakse selle tõus Δs ühe logaritmilise ajaühiku kohta.

Graafiku sirge pikendus telje nullini annab aja t_0 , mida kasutatakse seejärel S arvutamiseks (t_0 tuleb valemis teisendada siis ööpäevadeks). Graafikult leitud sirge tõusu Δs abil arvutatakse pumpamiskatse järgsed veekihi näitajad:

$$km = 2.3Q / 4\pi \Delta s \quad \text{ehk } km = 0.183Q / \Delta s \quad (8, [10, lk 234])$$

$$S = 2.25 km t_0 / r^2; \quad S = 2.3Q t_0 / 1.78 \pi r^2 \Delta s \quad (8a, [10, lk 234])$$

Mitme eri kaugusel paikneva vaatluspuuraugu korral koostatakse veetaseme alanduse ja vaatluspuuraukude vahemaa logaritmiline graafik ja arvutus tehakse taolise vahemaade graafiku Δs abil.

Pumpamisel lõpetamisel taastumiskatse järgne Jacob-Cooper arvutuskäik veekihi veejuhtivuse km määramiseks on sarnane eeltooduga (ajateljel arvestatakse seejuures eelnevat pumpamisaega).

Nõukogude Liidu aegses kirjanduses kasutatakse mitmeid erinevaid Jacob-Cooper lihtsustuse taolisi Theis meetodi teisendusi. Nende kasutamisel ja võrdlemisel tuleb arvestada, et rõhuveeanni (S) asemel on Nõukogude Liidu aegse või venekeelse kirjanduse valemite kasutatud tasemejuhtivust (vabapinnalises) või piesojuhtivust (survelises veekihis) ühikuga m^2/d , mis arvuliselt võrdub kihi veejuhtivuse km ja μ või S jagatisega[30].

³⁶ Tingimuseks on et $u > 0.05$, kasutatakse ka $t/r^2 > 5 \cdot S/km$

³⁷ Vaatluspuuraugu korral tuleb arvestada kas vaatluspuurauk on põhjaveevoolu suunas allavoolu või nn ülesvoolu. Veekogude lähedal on kasutatavast valemi jaoks eelistatav katsepuuraugu ja vaatluspuuraugu paiknemine paralleelselt veepiiriga.

Kuna tänapäeval kasutatakse põhjaveevaru järgse veevõtu ja koosmõju hindamisel valemeid harva³⁸ ja põhjaveemudelid kasutavad reeglina ruumalaühiku kohta antavaid S_y ja S_s väärtusi, siis käesolevas juhendis taseme- või piesojuhtivusega (a , a^*) seotud valemeid ei esitata. See ei tähenda, et neid kasutada ei sobi, lihtsalt nendest arusaamine ja tulemuste võrdlemine eeldab omaaegsete juhendmaterjalide kasutamist ja tundmist.

Pikemaajaliste pumpamiskatsete korral, kui on vaja tõestada, et veehaare suudab töötada kavandatud suure veevõtuga, samuti põhjaveearvutustes põhjaveemudelite kasutamisel, on sageli otstarbekas korrata pumpamiskatset põhjaveemudelil.

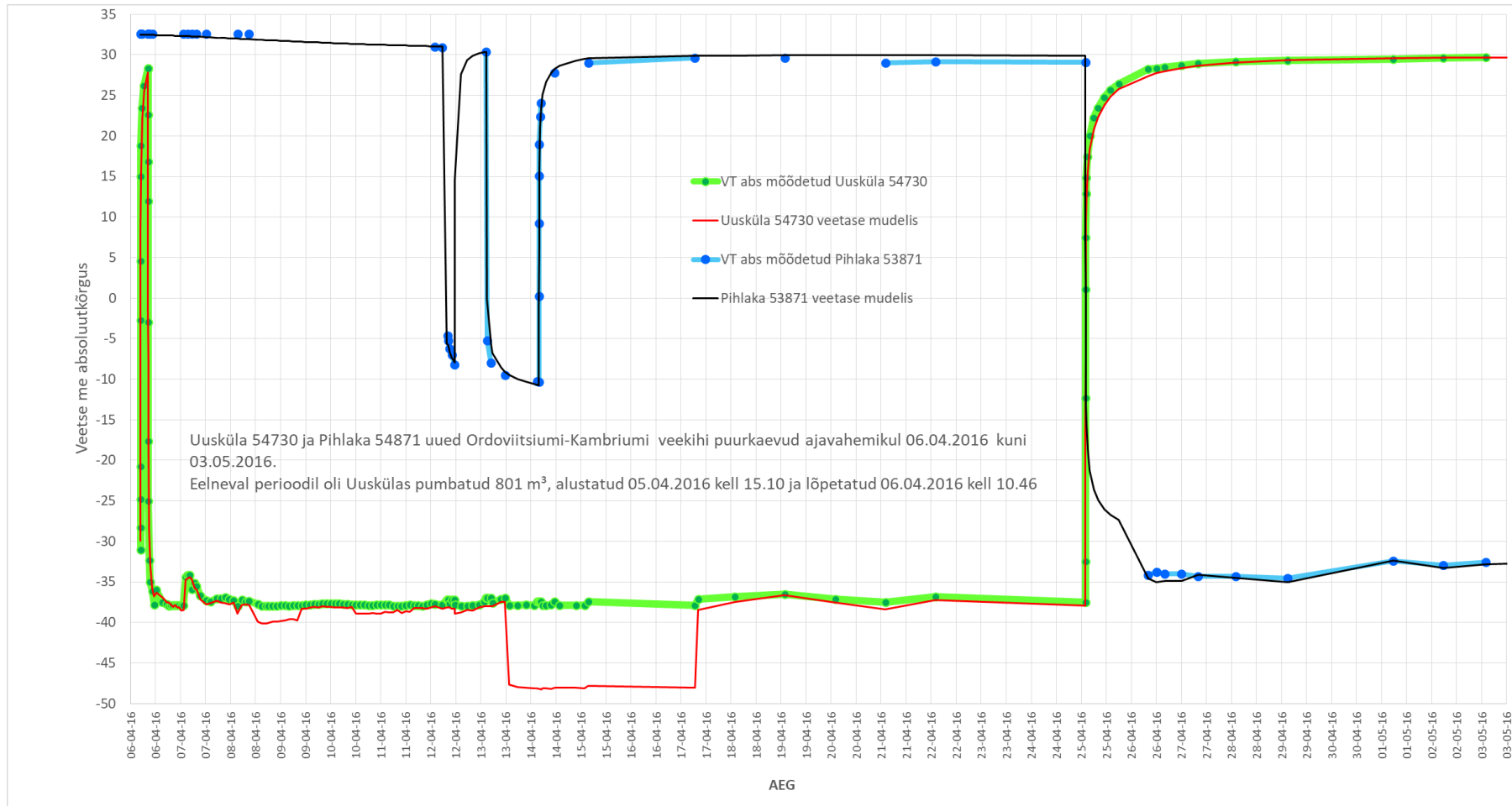
Pumpamiskatse edukas kordamine mudelil võimaldab kinnitada ka põhjaveemudelis kasutatud näitajate õigsust (vaata joonis 1).

Isegi joonisel 1 esitatud tulemuste saamiseks kasutatud mudeliga võrreldes oluliselt lihtsustatud põhjaveemudeli kasutamine (nn valemi imiteerimine³⁹) annab pumpamiskatsel sageli valemarmutusest täpsemad veekihi näitajad, kuna võimaldab igal ajahetkel kasutada tegelikku veevõttu, arvestab parandusi johtuvalt kihtide vahelisest lekkest, katsepuuraugu töötava intervalli paiknemisest veekihi vertikaallõikes ja veekihi kallakusest. Mitme päeva kestvusega pumpamiskatsetel on ka sagedane, et veevõtt katse ajal eri põhjustel katkeb või on muutlik, mis vähendab oluliselt valemarmutuse täpsust või teeb need äärmiselt keeruliseks.

Sageli on põhjaliku valemarmutuse meetodi valik ja arvutuse tegemine sama töömahukuse ja ajakuluga kui valemi imiteerimine põhjaveemudelil. Valemarmutuse puhul tuleb põhjaveevaru aruandes kindlasti tuua ka valemi kasutamise kohta toodud piirtingimused ja analüüsida nende mõju tulemusele. Põhjaveevaru aruandes valemile ja arvutusskeemile viitamisel tuleb eelistada vastavat publitseeritud raamatut või artiklit.

³⁸ Valemite vigu ja piiranguid saab vältida juba katse- või valemarmutuste näitajatest (k , km , Q , S_y või S_s) moodustatud valemite imiteerival lihtsustatud põhjaveemudelil

³⁹ Johtuvalt katse pikkusest tuleb taolises pumpamise mudelis arvestada ka kaevu veemahuga, lühemaajalistel katsetel rohkem, pikemaajalistel vähem.



Joonis 1 Rapla O-C veekihi katsekaevude pumpamise mõõdetud ja modelleeritud veetasemed ajavahemikul 06.04.2016-03.05.2016

Veekihte eristavad vettpidavamad kihid. Sageli on põhjaveearu veekihi toitumistingimused määratud lekkega läbi ülal paikneva vett vähejuhtiva suhtelise veepideme (samahästi võib esineda ka toitumine või leke allpool olevate kihtide kaudu).

Taolise suhtelise veepideme filtratsiooniparameetrite (tähtsaim on km) saamine on võrreldes põhjaveearu vettandva veekihiga veelgi raskem. Eesti kõige olulisemate Siluri-Ordoviitsiumi ja Lükati-Lontova veepidemete kohta katseandmeid reeglina pole, nende vett vähejuhtivate kihtide näitajad on saadud kaudselt (bilansi ja mudelarvutustest)

Alljärgnevalt toome arvutusnäite Narva lademe suhtelise veepidemena käsitletavate kihtide näitajate määramisest [8, Sirgala, Narva ja Narva II mäeeraldiste lõunaosa geoloogiliste ja hüdrogeoloogiliste puurimistööde aruanne. OÜ Inseneribüroo Steiger, Tallinn 2015].

Lühiajaliste katsepumpamiste põhjal filtratsioonimooduli k arvutamiseks kasutati Erkini arvutusmetoodikat, arvutus tehakse veetaseme taastumisest (Maaparanduse käsiraamat I. Maaparanduse alused, Eesti Riiklik Kirjastus, J. Kurkus, Tallinn 1962).

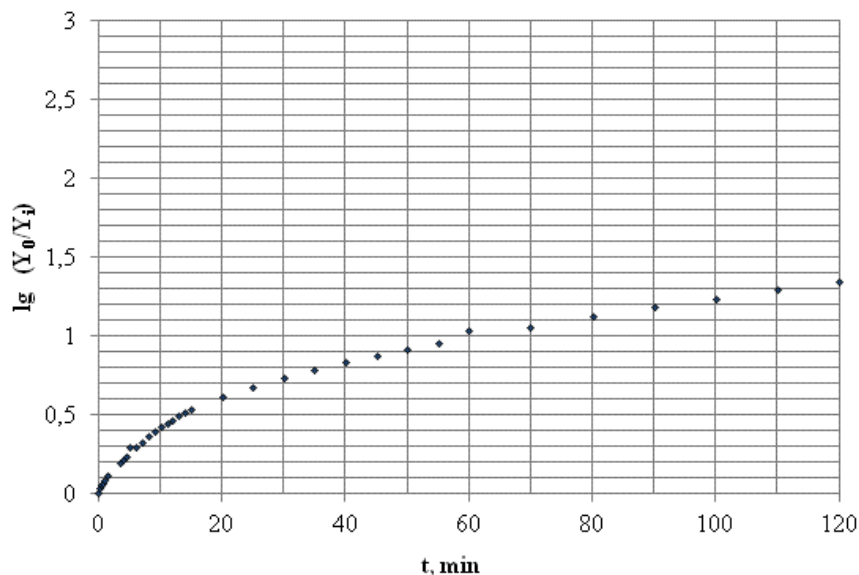
Erkini metoodika kasutusvaldkond on vaid väikese veejuhtivusega kihtide vastavate näitajate määramiseks.

$$K = \frac{3,5r^2}{H + 2r} \times tg\alpha \quad r - \text{puuraugu raadius, m; } H - \text{töötav intervall, m;}$$

$$tg\alpha - \text{minuti ja lg meetri tangens, mis on leitav alljärgneva valemiga: } tg\alpha = \frac{\lg \frac{Y_0}{Y_i}}{t_i}$$

Y_i – alandus ajahetkel i , m; Y_0 – kogualandus, m; t_i – aeg, min.

Graafikul 1 on toodud puuraugu PA-1 katsetulemused kasutades Erkini arvutusmetoodika kasutamiseks.



Graafik 1 Veetaseme taastumine puuraugus PA-1 [8]

Vaatluspuuraugu olemasolul ja selle reageerimisel pumpamisele saab kasutada ka Jacob-Cooperi arvutusmetoodikat.

$$km = \frac{2,3Q}{4\pi(h_0 - h)} \quad (8, [10, lk 234])$$

$$S = \frac{2,25 \times km \times t_0}{r^2} \quad (8a, [10, lk 234])$$

km – veejuhtivus, m^2/d ;

Q – vooluhulk, l/s ;

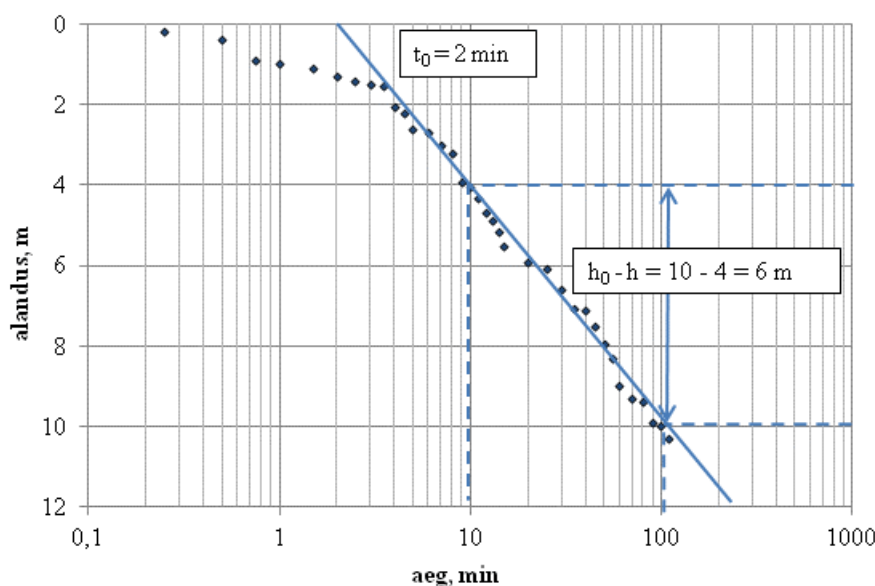
$h_0 - h$ – veetaseme alandus ühe logaritmitsükli kohta, m ;

S – veekihi rõhuveeand, Storativity;

t_0 – aeg, kus joon lõikab 0-telge, min ;

r^2 – kaugus vaatluspuurkaevuni, m .

Graafikul 2 on toodud Jacob-Cooperi lahenduskäik graafiliselt puurkaevul P-12/H-1.



Graafik 2 Veetaseme alanemine puuraugus P-12/H-1 [8]

NB! Põhjaveekihi parameetrite määramine on tegelikult vajalik ainult juhul, kui on vaja prognoosida midagi, mida konkreetselt mõõta ei saa.

Kui vajalikud andmed: puurkaevude toodangud ja pika kasutusaja jooksul kujunenud veetaseme alanemine on teada, siis pole keerukate arvutuste esitamine sedavõrd oluline. Ka kolme ja enama päeva pikkused pumpamisandmed ei garanteeri probleemide tekke puudumist pikajärglises veehaarde eksploatatsioonil. Probleemide õigeaegseks avastamiseks ja ennetamiseks on vajalik teha seiret.

Keerukaid põhjaveemudeleid on vaja eeskätt konfliktsetel aladel. Ülejäänud juhtudel on mõistlik kasutada valemitesse pandavate näitajatega tehtud kontseptuaalset laadi mudelite arvutusi veevõtust johtuvate riskide hindamiseks (alanduse maksimaalne võimalik ja tõenäone mõju naaberkaevudele, allikatele, kaitsealadele). Kui valemearvutuste tulemus näitab taoliste reaalsete riskide võimalikku esinemist, siis on mõtet kasutada keerulisi põhjaveemudeleid.

Kui tegemist on olemasoleva veehaarde tootlikkuse suurendamisega lihtsalt üle $500 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$, siis võib veehaarde vajaliku toodanguga käima panna ja mõõta veetasemed, selline katse on kõige kindlam „mudel“.

4.2 Põhjaveevaru uuringu täiendavalt võetavad veeproovid

Lisades kokku kogutud varasema põhjavee keemilise koostise andmetele täiendavalt võetavate veeproovide analüüsitulemused, saame põhjaveevaru aruande peatükis 5.2 kasutatava andmestiku. See peab võimaldama kinnitada, et vaadeldava veekihi põhjavee keemiline koostis on kõigi praegu kehtivate nõuete järgi piisavalt uuritud ja olemasoleva andmestiku alusel saab teha pädeva põhjavee keemilise koostise muutuste prognoosi. Analüüsides peatähelepanu peaks olema põhjaveevarule riski põhjustavatel põhjavee keemilise koostise näitajatel. Vaid veetootja(te) andmetega piirdumisel võivad põhjavee keemilise koostise olulised aspektid jääda piisava tähelepanuta.

Täiendavalt võetavate veeproovide vajaduse ja mahu üle otsustamiseks tuleb koostada olemasolevate veeanalüüsides tulemusi kajastav nn põhjavee keemilise koostise fail kavandatava põhjaveevaruga ala⁴⁰ vaadeldava veekihi osas (Keskkonnaagentuur, riikliku põhjaveeseire, Terviseamet ja muudest punktide 3 ja 4.1 täitmisel teatavaks saanud andmetest). Üksnes veetootja(te) andmetega piirdumisel võivad põhjavee keemilise koostise olulised aspektid jääda piisava tähelepanuta. Uute veehaarete korral tuleb lähtuda Keskkonnaministri 09.07.2015. a määrus nr 43 „Nõuded salvkaevu konstruktsiooni, puurkaevu või –augu.... „ lisas 4 toodud veeanalüüsides komponentidest.

Koostatud olemasoleva põhjavee keemilise koostise ülevaate põhjal hinnatakse täiendavate veeproovide võtmise vajadust. Täiendavaid veeproove on vaja võtta juhul, kui viimase 2-3 aasta osas pole asjakohaste näitajate väärtusi põhjaveevaru aruande jaoks vajalikus koguses. Varasemad andmed on trendide ja muutuste prognoosimiseks küll sobivad, kuid oluliste veehaarete osas peavad andmed olema kaasaegsed, mistõttu reeglina võetakse põhjaveevaru aruandes täiendavaid veeproove.

Täiendava põhjavee keemilise koostise analüüsides vajaduse üle otsustamisel võib loobuda analüüsides kordamisest, kui kaevust on paari aasta tagune sobiva analüüsitud komponentide hulgaga veeproov olemas.

Mida rohkem on piisavalt kaasaegset kasutuskõlblikku põhjavee keemilise koostise asjakohast teavet, seda vähem tuleb võtta täiendavaid põhjaveeproove. Vajakajäämist korral põhjavee keemilise koostise uuringus on põhjaveevaru kehtestamine problemaatiline.

Vaadeldava veekihi kohta vajaliku teabe osas lähtutakse praegusel hetkel peamiselt sotsiaalministri määrustes nr 1 „Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinnaja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded“⁴¹ ja nr 82 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ sätestatud nõuetest.

Lisaks tuleb kavandatava põhjaveevaruga alal jääkreostuse olemasolul ja sellest vaadeldavale veekihile ohu korral arvestada keskkonnaministri määrmuses nr 39 (11.08.2010) „Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused“ toodud komponentidega. Põhjaveevaru veekihi jaoks on olulised eeskätt määrmuses esitatud künnisarvud.

Kuna põhjaveevaruga ala kuulub reeglina põhjaveekogumisse, tuleb lähtuda ka keskkonnaministri määrmusest nr 75 (29.12.2009) „Põhjaveekogumite moodustamise kord ja nende põhjaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid,

⁴⁰ andmete vähesusel ka sellest väljaspool

⁴¹ Määrus 1 „Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinnaja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded“ muutub kehtetuks seoses Euroopa Liidu Joogiveedirektiivi muudatustega.

seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende saasteainete sisalduse läviväärtused ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kord⁴². Põhjavee keemilise koostise prognoosil tuleb kontrollida trende selles määruuses toodud kvaliteedinäitajate osas.

Täiendavate veeproovide võtmise kava koostamisel tuleb arvestada, et enamasti ei piisa vaid olemasoleva põhjavee keemilise koostise teabe järgi puuduolevate komponentide määramisest. Põhjaveekihi keemilise koostise muutuste prognoosimisel ja iseloomustamisel on vajalikud ka üldnäitajate määramine, vaata peatükk 5.2.

Johtuvalt põhjaveearu uurimise lepingu tingimustest, võib olla vajalik täiendavate veeproovide võtmise kava ka kooskõlastada tellijaga, sest alles peale kogu põhjavee keemilise koostise varasema teabe kokku kogumist on võimalik täpselt hinnata täiendavate analüüside kogust põhjaveearu aruande vajadusteks.

Kui põhjaveearu aruande tellija kinnitab, et täiendavaid asjakohaseid andmeid pole, saab kohe põhjaveearu hinnapakkumises öelda vajalike laborianalüüside maksumuse⁴².

Koostatud täiendavate veeproovide kava alusel võetakse veehaaretest vajalikud veeproovid ja lisatakse nende analüüsitulemused olemasolevasse põhjavee keemilise koostise faili, et kasutada neid põhjaveearu aruande peatükis 5.2).

Lihtsatel juhtudel, kui uuritavaid kaeve on vähe ja on selge, et olulisi täiendavaid laborianalüüsi vee-erikasutajatelt lisandumas pole, saab veeproovid võtta juba veehaarete seisukorra ülevaatuse käigus (peatükk 4.1).

⁴² Kuid ka siis ei saa põhjavee keemilise koostise andmete olemasolu varasemates aruannetes ja Keskkonnaagentuuri, riikliku põhjaveeseire, Terviseameti jne andmetest põhjaveearu aruandes ignoreerida

4.3 Põhjaveevaru arvutamiseks koostatud põhjaveemudeli kirjeldus

Põhjaveevaru aruandes esitatakse modelleerimisaegse veetaseme samatasemejoonte joonis⁴³ ja varasema olulise veevõtu korral modelleeritud veetasemete ja mõõdetud veetasemete graafikud seirepunktides. Aruandes esitatakse põhjaveevaru järgse veevõtu korral kujunevate modelleeritud veetasemete samatasemejoonte joonis ja põhjaveevaru järgse veevõtu korral tekkiva veetaseme muutuse samatasemejoonte joonis (alandus võrreldes modelleerimisaegse veetasemega). Põhjaveevõtu eri variantide korral tehakse seda ka arvestusväärtete variantide osas. Mudelisse viidav veevõtufail on soovitatav esitada põhjaveevaru aruande juurde vastava geoinfo töötlemist võimaldava failina. Põhjaveekomisjoni põhjendatud taotluse korral tuleb lisada Modflow sisendfailid (sh lähteveetasemete, arvutatud veetasemete mudelifailid ning mudelibilanss).

Põhjaveevaru järgse veevõtu korral kujunevate veetasemete ja praeguste veetasemete suhtes tekkiva alanduste prognoosimiseks tehakse üldreeglina vastav mudelarvutus. Kui veehaarde kasutamine on tõestanud selle jätkusuutlikkuse vajalikus mahus ja muid põhjaveevaru andmist limiteerivaid tegureid pole, võib piirduda lihtsustatud mudelarvutusega.

Lihtsamatel juhtudel on võimalik need põhjaveevaru järgsel veevõtul kujunevad veetasemed ja veetaseme alandus ka arvutada Theis valemi või selle teisenduste abil, kuid mitme veehaarde koosmõju korral läheb valem arvutuse skeem keeruliseks ja saadav tulemus on mudelarvutusega võrreldes tunduvalt ebatäpsem.

Nii mudel- kui valem arvutustel on oluline ajafaktor veetasemete kujunemises. Kui kiiresti prognoositud veetase välja kujuneb (tinglikult alanduslehtri leviku kiirus) on sageli väga oluline prognoositud põhjaveevõtu mõju hindamisel ka veest sõltuvatele ökosüsteemidele jne.

Enamik põhjaveemudeleid on välja töötatud tulevikuolukorra prognoosimiseks, kuid mudelid võivad rekonstrueerida minevikusituatsioone ja teostada inseneriarvutusi. Põhjaveemudeleid saab kasutada põhjavett mõjutava tegevusega kaasneva mõju hinnangutel, hüpoteeside testimisel jne. Põhjaveemudel on peamine kvantitatiivne tööriist, mis on saadaval põhjavee uurimisel, mudelitulemuste visualiseerimine on oluline põhisõnumite edastamiseks üldsusele ja otsustajatele. Põhjaveemudelite abil saab olulist teavet veevoolusuundadest, veekvaliteedi kujunemisest, reoainete liikumisest ja veetaseme muutuste potentsiaalsest mõjust.

Põhjavee modelleerimine algab küsimusest, mis käsitleb modelleerimise eesmärgi, reeglina tehakse põhjaveemudelid konkreetsetele küsimustele vastuste saamiseks.

Põhjaveemudelit tehes on oluline, et mudeli koostaja seaks endale täpsed eesmärgid, millele mudel vastuseid peaks andma, sest universaalse kõigeks sobiva universaalse põhjaveemudeli koostamine pole reeglina tellija raha- ja ajapiirangu tõttu võimalik.

Põhjaveemudeli eesmärgiks on põhjaveevaru järgse veevõtu kontrollimine veendumaks, et kavandatav tarbimiskoormus on vaadeldavatel aladel hüdrogeoloogiliste tingimuste järgi võimalik ja ei põhjusta ülemääraseid veetasemete alanemisi töötavates või kavandatud veehaardetes. Vajadusel täpsustatakse prognoositud põhjaveevõtu mõju pinnaveekogudele ja veest sõltuvatele ökosüsteemidele.

⁴³ Kõik joonised tuleb esitada sobivas mõõtkavas (vajadusel kasutada tekstisisiselt A4 või A3 paberiformaati), et asjakohaselt, loetavalt, piisava resolutsiooniga ja arusaadavalt oleks parimal võimalikul moel põhjaveevaru aruandes edastatud nende jooniste mõte. Spetsiifiliste põhjavee mudelprogrammide väljatrükkide kasutamisel tuleb arvestada, et need peavad olema arusaadavad ka vastava mudelprogrammi oskusteta.

Peamiselt tehakse põhjaveearu arvutustel põhjaveemudelid eri veekoguste (sh variandid kui vaja) võtmise korral kujunevate veetasemete prognoosiks, vähem veekvaliteedi muutuste hinnanguteks. Samas ei maksa unustada, et veetasemete muutusest tingitud vee liikumissuundade muutus võib pikaajalises plaanis tuua kaasa muutusi ka vee keemilises koostises.

Veekvaliteedi muutuste hinnangud põhjaveemudelil tehakse eraldi nn transpordimudelitega. Näiteks MT3D või mõni selle analoog, mis kasutavad koostatud veevoolu põhjaveemudelit veekvaliteedi andmete arvutusteks (tehakse kui põhjaveearu järgset veevõttu ohustav nähtus on teada ja uuritud).

Maapinnalähedase põhjavee veehaardele vajalikku sanitaarkaitseala või toiteala ulatust saab hinnata Modflow põhjaveemudelil tugineva Modpath või mõne selle analoogi abil.

Põhjaveearu aruande vastavas peatükis esitatakse ülevaade põhjaveemudeli ülesehitusest ja kasutatud hüdrogeoloogilistest näitajatest ning esitatakse asjakohane informatsioon tõestamiseks koostatud põhjaveemudeli sobivust põhjaveearu arvutuse vajadusteks. Tuuakse vastav ülevaade mudeli koostamiseks kasutatud lähteandmetest (mudeli koostamisel kasutatud puuraukude ja puurkaevude arv, varasemate mudelduste vastav teave jne).

Eestis on põhjaveearu aruannetes modelleerimisel kasutatud Groundwater Vistas ja GSM tasulisi tarkvarasid⁴⁴ ja vabavara Modelmuse.

Kõik need modelleerimisprogrammid (kaasa arvatud Eestis juurutamisel olev Freewat vabavara), tuginevad üle maailma põhjaveemudelites enimkasutatud Modflow arvutuslahendustel (Modflow 2000 ja 2005). Keskkonnamudelite üldprotsessid on kirjeldatud arvukates vastavates juhendmaterjalides (näiteks <https://www.epa.gov/modeling/guidance-document-development-evaluation-and-application-environmental-models>).

Enimlevinud tarkvaralahenduste (Groundwater Vistas, GSM, Visual Modflow, Modelmuse, Freewat⁴⁵) omavaheline erinevus seisneb Modflow arvutusskeemile ettevalmistavate failide koostamiseks kasutatavates ning Modflow arvutustulemuste visualiseerimiseks kasutatavates erinevates kasutajaliidestest.

Üldreeglina võimaldavad tasulised arvutusprogrammid Modflow arvutusteks vajalike failide hõlpsamat ettevalmistamist, modelleerimise läbiviimist ning modelleerimistulemuste visualiseerimist ilma täiendava geoinfo töötlemist võimaldava tarkvara olemasoluta, mis teeb modelleerimisprotsessi kiiremaks.

Modflow arvutustel baseeruvate modelleerimistarkvarade puhul on tähelepanuväärne asjaolu, et sageli on ühe modelleerimistarkvara poolt Modflow arvutusteks ettevalmistatud nn Modflow sisendfailid (Modflow 2000 ja 2005) üle viidavad kasutamaks neid ka mõnes teises modelleerimispaketis. Nii saab näiteks Groundwater Vistas modelleerimispaketiga vajadusel korrata teises tarkvarapaketi tehtud arvutust. Selleks on vajalikud Modflow sisendfailid.

Kuna eri tarkvarade andmekasutus võib olla siiski mingi erisusega, on mudeli ühest programmist teise üleviimise ja modelleerimise kordamise edukuse kontrolliks vajalikud veel lähteveetasemete ja arvutatud veetasemete failid ning mudelibilanss.

⁴⁴ Lisaks on Eestis kasutatud veel Visual Modflow tarkvara muudel põhjaveearvutustel

⁴⁵ <http://freewat.ut.ee/avaleht>

Põhjaveearu aruande vastavas modelleerimispeatükis tuuakse kasutatud põhjaveemudeli kirjeldus, mudelikihtide ülesehitus, mudelis kasutatud kihtide filtratsioonikoefitsiendid ja vabapinnaliste kihtide veeannid S_y ja surveliste kihtide rõhuveeannid S_s (ruumalaühiku kohta), nende vahemikud kihi olemasolu alal⁴⁶ mudelis.

Põhjaveemudeli veekihtide ja suhteliste veepidemete näitajad saadakse enamasti üldistusest vaadeldava ala kaevude eritootlikkustest ja vaadeldaval alal ning mujal Eestis tehtud põhjaveemudelite andmetest. Pumpamiskatse olemasolu korral kasutatakse katsetatud veehaarde juures põhjaveemudelis vastavaid katseandmeid. Katsetatud veehaardest eemal peab mudelilal arvestama ka teiste kaevude eritootlikkuste või katseandmetega.

Põhjaveemudeli kirjelduses esitatakse mudelis ülevaade sademetest toitumise (*recharge*) ja mudelisse viidud ääritingimuste kasutamisest. Enim kasutatakse põhjaveemudelites veehaarete, jõgede, järvede, kuivenduskraavide ning veetasemest ja kihi veejuhtivusest sõltuvad ääritingimused. Nimetatakse näitajad, mis on mudelis püsivad ja mis ajas muutuvad.

Survelises veekihis mudeli äärtes veetasemest ja kihi veejuhtivusest sõltuva ääritingimuse⁴⁷ kasutamisel tuleb arvestada, et üldreeglina viiakse suure pindalaga mudelisse mudeli nn looduslik veetase (veetase ilma veevõtuta) ja seejärel reguleeritakse ääritingimuse veejuhtivusnäitajate abil selle töötamine mudelis asjakohaseks (kasutades selleks praegust ja varasemat veevõttu).

Survelise põhjavee suure pindalaga põhjaveemudelis kihtidevaheliste lekete olulisuse korral võib survelistes kihtides teistest ääritingimustest kui veevõtt ka loobuda, kui mudelibilanss näitab tühist vee lisandumist nende teiste ääritingimuste kaudu.

Sel juhul saadakse põhjaveearu(de) järgse veevõtuga kujunevad veetasemed tegelikust küll mõnevõrra madalamad (tinglikult varuteguriga). Kui taolise tingliku varuteguriga saadud veetasemetest veekasutajatele probleeme ei ilmne, pole veevõtule lisaks täiendavate ääritingimuse lisamine neis survelise põhjavee kihtides hädavajalik.

Mudelarvutustes esitatakse põhjaveearuga ala bilansi olulised osad, veevõtt ja toitumise komponendid (vaadeldavast veekihist väljastpoolt põhjaveearu ala, kihtide vahelisest lekkest, ürgorgudest, sademetest, pinnaveekogudest jne) ja hinnatakse johtuvalt põhjaveearu järgsest veevõtust nende muutuste olulisust.

Kui põhjaveearu mudel on alal, kus veevõtt ei mõjuta oluliselt pinnaveekogusid ning veest sõltuvaid maismaaökosüsteeme, võib põhjaveearu mudelis ajas muutuvana piirdudagi vaid veevõtuga.

Mudelisse viidav veevõtufail tuleb esitada põhjaveearu aruande juurde vastava geoinfo töötlemist võimaldava failina. Lisaks veevõtu geoinfo töötlemist võimaldavale failile tuleb põhjaveearu aruandes esitada veehaarete osas tabel kaevudest põhjaveearuga alal, tabelis on olemasolevad ja teadaolevalt kavandatud veehaarded ühes nende põhjaveearu mahus veevõtuga. Taoline veehaarete nimekiri (tabel) ei tähenda, et põhjaveearu alal ei võiks veevõtt olla mõnedes kaevudes teistsugune.

⁴⁶ Kui mingi kiht mudelis puudub, kasutatakse sel alal sageli ülal paikneva mudelikihi näitajaid

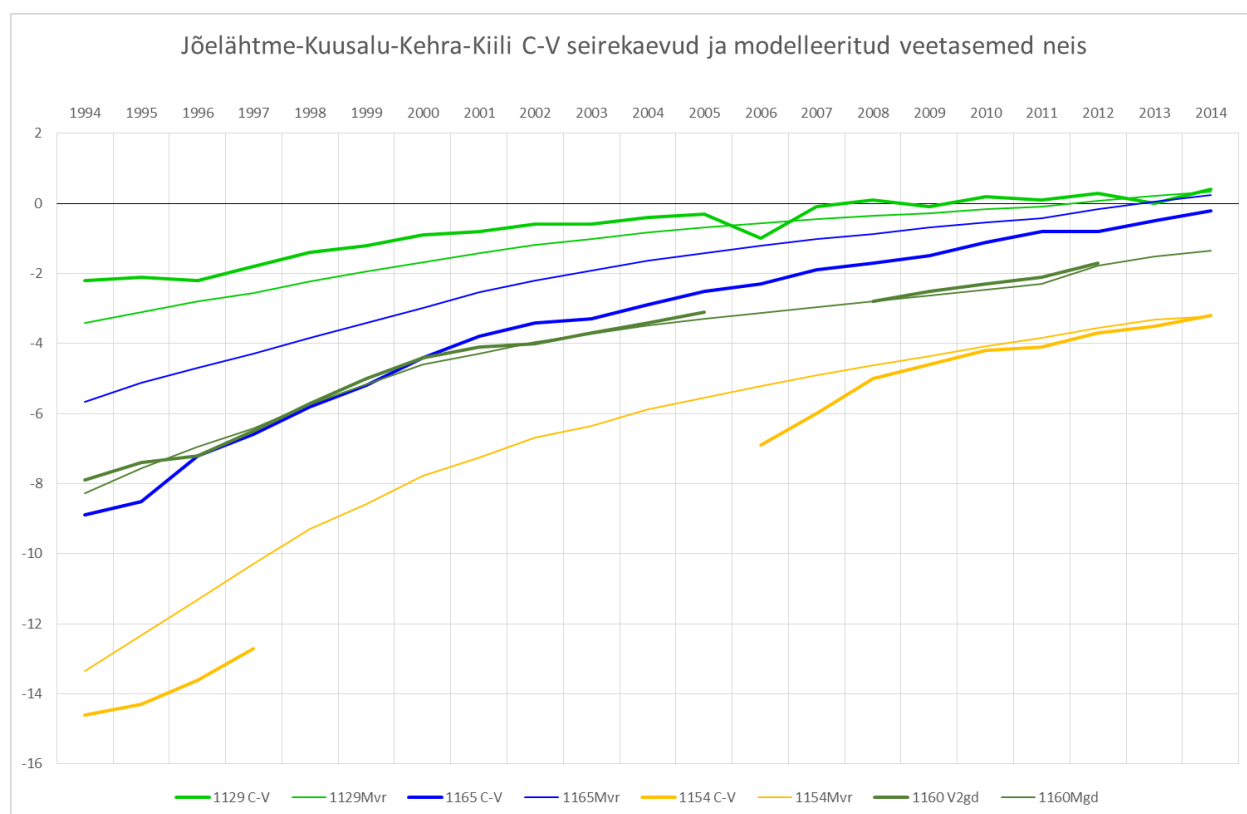
⁴⁷ GHB (*General Head Boundary*)

Kavandatud põhjaveearuga ala piires veehaarete veevõttude muutus on reeglina aktsepteeritav ilma täiendavate põhjaveearu arvutusega⁴⁸. Eelistatult tuleb põhjaveearu aruande arvutus teha kaevude veevõtu jaotuse järgi, mis on põhjaveearu aruande koostamise ajal kõige tõenäolisem.

Põhjaveearu uuringu järel alale veehaarete rajamise korral peavad põhjaveearu mahus veevõtu tingimused olema põhjaveemudelil läbi analüüsitud.

Põhjaveemudeli ajaperiood peab hõlmama kogu põhjaveearu arvutuslikku kasutusaega (Eesti tavaliselt 25 aastat). Kui põhjaveearu järgne veevõtt pinnaveekogusid ja veest sõltuvaid ökosüsteeme ei ohusta, saab modelleerimisel kasutada pikema kestvusega ajasammu ja mudeli toitumine (*recharge*) võib olla püsiv.

Kui ei saa välistada kavandatud põhjaveevõtu mõjul pinnaveekogumite ja veest sõltuvate ökosüsteemide olulist kahjustamist, tuleb praeguse situatsiooni kirjeldamiseks mudelisse viia kõik praegu olemasoleva mõju survetegurid ja analüüsida põhjaveearu järgsel veevõtul lisanduvat prognoositavat mõju ja selle leevendusmeetmeid. Seejuures tuleb arvestada, et põhjaveevõtu mõjul võib veekihi toitumine oluliselt suureneda.



Graafik 3 Näide aastakeskmistest Kambriumi-Vendi veekihi mõõdetud (boldid) ja modelleeritud veetasemetest

Kuna veevõttud ammumistest aegadest on tänasega võrreldes sageli suurema ebatäpsusega, püütakse parim mudeli kokkulangevus saavutada põhjaveearu aruande koostamise ajahetkeks. Veevõtu täpsuse paranemisest ja mudeli arvutustes kasutatud 1993 aasta seisuga kujutava lähteveetasemetest tuleneva vea vähenemist näitab mõõdetud ja mudeli poolt arvutatud veetasemete kokkulangevuse paranemine ajas (graafik 3).

⁴⁸ Veevõtu keskkonnaloa andja võib küsida ka vastavat ekspertarvamust (lihtsaim on kehtiva põhjaveearu aruande koostajalt).

Põhjaveemudeli kasutamisel põhjaveevaru aruande koostamisel peab mudeli koostaja aru saama, kuidas mudelisse viidavad näitajad ja tingimused tulemusi mõjutavad, suutma valitud lahendust ja kasutatud näitajate arvvaartusi loogiliselt põhjendada. Mudelis peaksid olema vaid asjad, mis mudeli kasutamise eesmärgist lähtuvalt on hädavajalikud.

Modelleerimisprotsessi käigus tuleb hinnata koostatud põhjaveemudeli vastavust tegelikku põhjaveesüsteemiga ja arvutustulemuste asjakohasust uuringueesmärgis seatud küsimustele vastamisel. Hinnatakse mudeli tundlikkust, täpsust ning usaldusväärsust.

Taolisel põhjaveemudeli valideerimisel analüüsitakse, kas mudelis kasutatud oluliste aspektide arvuline esitus on uuringu eesmärkide saavutamiseks piisav, põhjaveemudeliga saadav tulem on eesmärgi täitmiseks sobiv ja vastab vajadustele⁴⁹.

Modelleerimisel tuleb arvestada mudeli tundlikkust eri hüdrogeoloogiliste näitajate muutmise osas. Selleks tehakse põhjaveemudeli vastavate näitajate tundlikkuse analüüs, kuidas ja mis-sugused mudelisse viidavad näitajad mõjutavad enim mudeli arvutuse tulemust, et mudeli kalibreerimisel saaks keskenduda olulistele näitajatele. Sageli on suurtes põhjavee mudelites ühes paigas üks näitaja oluline ja teises kohas on olulised teised asjad.

Põhjaveemudeli kalibreerimine on protsess, kus tundlikke mudelinäitajaid muutes saavutatakse kalibreerimiskohtades mudeli arvutustulemuste piisav vastavus kalibreerimiseks kasutatud näitajatele. Lisaks põhjavee taseme punktidele (sh aegread) saab mudeli kalibreerimisel kasutada mudeli bilansi komponente, kuivade/märgade alade paiknemist, veekogude ja veejuhtmete tasemeid jne. Vastavalt mudeli ülesannetele valitakse need olulised näitajad, millele osas mudel kalibreeritakse ja verifitseeritakse.

Ajalise mudeli kalibreerimistulemuste kasutamisel tuleb arvestada mudeliala suurust, seirepunktide paiknemist ning seire- ja veetasemete andmete kvaliteeti. Kui mudelis on muutuvaks suuruseks vaid aastakeskmise veevõtt, võib kindlasti aktsepteerida mõõdetud ja modelleeritud veetasemete vahel veetaseme aastasisese kõikumise suurusi erinevusi[19]. Põhjalik ülevaade mudeli kalibreerimisest on esitatud Mary C. Hill juhendis "*Methods and Guidelines for Effective Model Calibration*", U.S. Geological Survey 1998⁵⁰.

Mudelile seatud ülesannete järgi vajalikuks peetud näitajate osas kalibreerimise edukuse korral (mõningates mudelites sealhulgas ka vastavad aegread) on mudel tõestatult usaldusväärne, see on verifitseeritud.

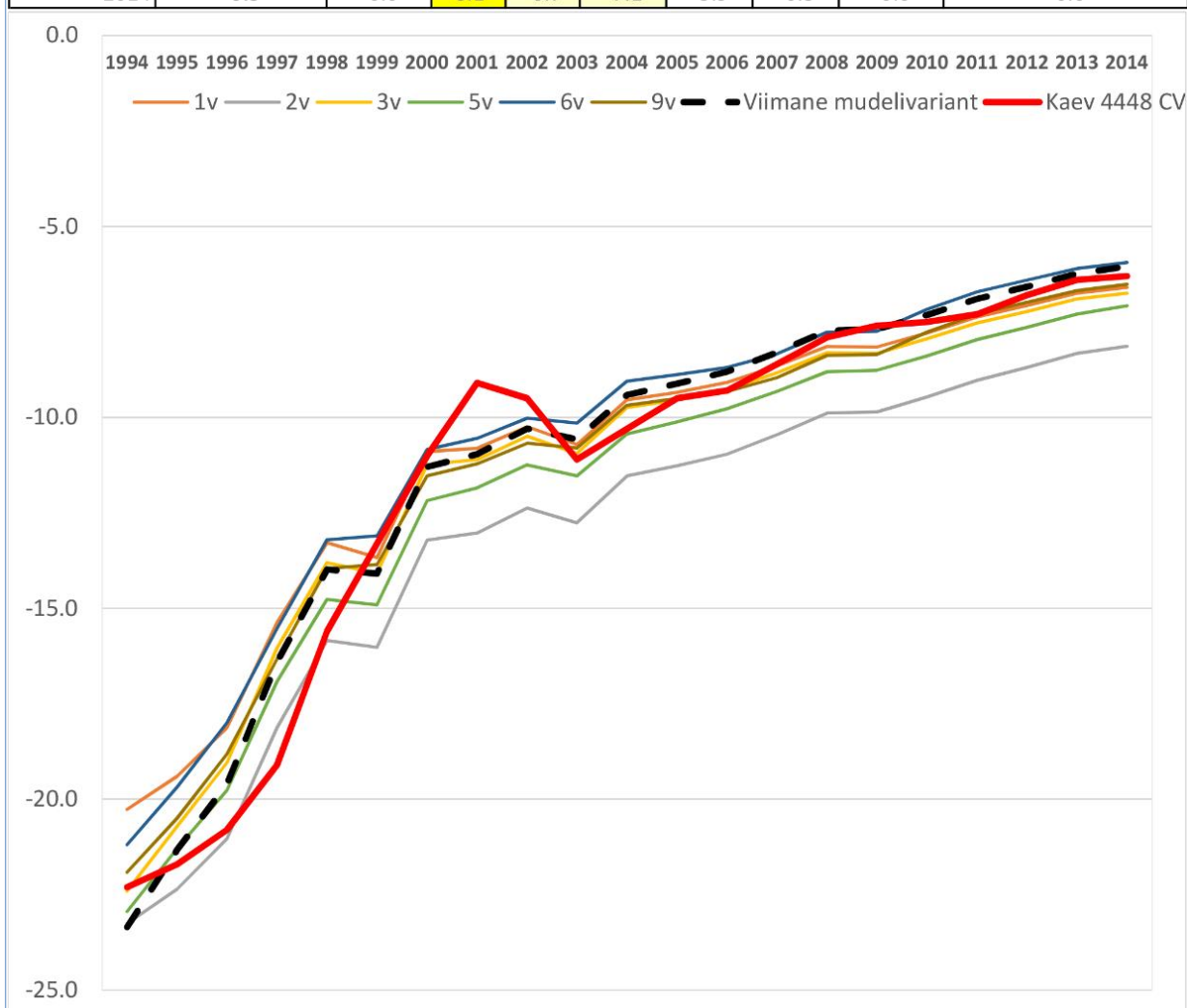
Põhjaveemudel on täpselt nii hea, kui täpsed on sinna viidud lähteandmed ja olemasolevad seireandmed. Mudeli arvutuste kokkulangevusel mõõdetuga saab täpsustada ka mudelis kasutatavaid hüdrogeoloogilisi parameetreid (millele osas andmeid on reeglina vähe).

Uues asukohas põhjaveevaru uurides võib puududa võimalus mudeli valideerimiseks varasemal veevõtul moodustunud veetasemete järgi. Sel juhul saab kasutada katsepumpamise korramist mudelil [9].

⁴⁹ Põhjaveemudel võib ju küll olla väga hea, kuid see mudel ei pea sobima meid huvitava ülesande lahendamiseks. Universaalseid mudelid nõuavad eriti suuremahulist tööd.

⁵⁰ Ökosüsteemile mõju arvutavatest põhjaveemudelitest uute tulemuste saamine on sageli keeruline, vaata näitena „*Integrated management of groundwater and dependent ecosystems in a Finnish esker*“, Pekka M. Rossi, University of Oulu, 2014.

Aasta	Kaev 4448 CV	1v	2v	3v	5v	6v	9v	10v	Viimane mudelivariant
1994	-22.3	-20.3	-23.2	-22.4	-22.9	-21.2	-21.9	-23.2	-23.3
1995	-21.7	-19.4	-22.4	-20.7	-21.3	-19.7	-20.5	-21.2	-21.3
1996	-20.8	-18.1	-21.0	-19.0	-19.8	-18.0	-18.8	-19.4	-19.6
1997	-19.1	-15.4	-18.1	-16.0	-16.9	-15.5	-16.3	-16.2	-16.4
1998	-15.6	-13.3	-15.8	-13.8	-14.8	-13.2	-14.0	-13.8	-14.0
1999	-13.3	-13.7	-16.0	-14.1	-14.9	-13.1	-13.8	-13.9	-14.1
2000	-11.0	-10.9	-13.2	-11.2	-12.2	-10.8	-11.5	-11.1	-11.3
2001	-9.1	-10.8	-13.0	-11.1	-11.8	-10.5	-11.2	-10.8	-11.0
2002	-9.5	-10.2	-12.4	-10.5	-11.2	-10.0	-10.7	-10.1	-10.3
2003	-11.1	-10.7	-12.8	-10.9	-11.5	-10.1	-10.8	-10.4	-10.6
2004	-10.3	-9.5	-11.5	-9.7	-10.4	-9.0	-9.7	-9.3	-9.4
2005	-9.5	-9.3	-11.3	-9.5	-10.1	-8.9	-9.5	-9.0	-9.1
2006	-9.3	-9.1	-11.0	-9.3	-9.8	-8.7	-9.3	-8.7	-8.8
2007	-8.6	-8.7	-10.5	-8.8	-9.3	-8.3	-9.0	-8.2	-8.3
2008	-7.9	-8.1	-9.9	-8.3	-8.8	-7.8	-8.4	-7.6	-7.7
2009	-7.6	-8.2	-9.9	-8.3	-8.8	-7.7	-8.3	-7.6	-7.7
2010	-7.5	-7.8	-9.5	-7.9	-8.4	-7.2	-7.8	-7.2	-7.3
2011	-7.3	-7.4	-9.0	-7.5	-8.0	-6.7	-7.3	-6.8	-6.9
2012	-6.8	-7.1	-8.7	-7.2	-7.6	-6.4	-7.0	-6.5	-6.6
2013	-6.4	-6.7	-8.3	-6.9	-7.3	-6.1	-6.7	-6.2	-6.2
2014	-6.3	-6.6	-8.1	-6.7	-7.1	-5.9	-6.5	-6.0	-6.0



Graafik 4 Näide mudeli töövariantide arvutatud veetasemetest kaevus katastri nr 4448

Piirdudes uue koha peale veehaaret kavandades vaid põhjaveevaru aruande koostamise aegsest ajast edaspidi tulevikku töötava põhjaveemudeliga, võivad prognoosid tulevikusituatsiooni ennustamisel osutada ebatäpseteks. Seda ka juhul, kui saavutatakse mõõdetud ja modelleeritud veetasemete osas suurepärane kokkulangevus mudeli ajaperioodi algushetkel.

Arvestada tuleb, et suure pindalaga olemasolevad põhjaveemudelid annavad mudeli üldisel kalibreerimisel enamasti hea korrelatsiooni, kuid konkreetse meid huvitava paiga veehaarde jaoks ei pea see mudel enam niihästi sobima.

Kui meid huvitavas kohas pole veetaseme seirerida, tuleb mudeli usaldusväärsuse kontrolliks kasutada mudelitulemuste kaudsemate näitajate analüüsi (bilanss ja bilansi komponendid, jõed, kuivad/märjad alad, mudeli töö eri veevõttude korral ja selle puudumisel jne)⁵¹.

Kui kavandatud põhjaveevaruga alal on olnud eelnev oluline põhjaveevõtt, tuleb koostatud põhjaveemudeli tõeväärsuse kajastamiseks demonstreerida mudeli tööd neil eelnevatel aastatel. Hea kokkulangevus annab kindluse ka põhjaveevaru arvutusliku kasutusaja ulatuses tehtava prognoosarvutuste suuremast usaldusväärsusest.

Oluline on, et mudel käituks eri veevõttude korral loogiliselt, arvutades varasemate aastate veevõtu ja veehaarde paigutuse juures veetasemeid, mis vastavad varasemate aastate veetasemete mõõtmistulemustele (vaata graafikud 3 ja 4).

5 Põhjaveevaru arvutus

Põhjaveevaru arvutus tehakse põhjaveevaru arvutusliku suuruse ja kasutusaja kohta. Hinnatakse põhjaveevaru kasutamisest tulenevaid veetasemete ja veebilansi muutusi ning mõju põhjavee keemilisele koostisele. Põhjaveevaru arvutusel arvestatakse varasemat veevõttu ja põhjavees toimunud looduslikke ja inimtekkelisi muutusi ning muid põhjavee kasutust limiteerivaid tegureid.

Nagu eelnevates peatüki 4 alapeatükkides öeldud, tuleb põhjaveevaru aruandes näidata põhjaveevaru järgse veevõtu korral kujunev veetase ja selle alanemine praeguste veetasemete suhtes. Seda võib teha nii mudel- kui valemarmutusega, kuid mitme veehaarde koosmõju korral läheb valemitel tuginev arvutusskeem keeruliseks ja saadav tulemus on mudelarvutusega võrreldes ebatäpsem. Seetõttu on veehaarde koosmõju arvestamisel reeglina eelistatud põhjaveevaru veekihi mudelarvutused.

Mudelarvutustes esitatakse põhjaveevaruga ala bilansi olulised osad, veevõtt ja toitumise komponendid (vaadeldavast veekihist väljastpoolt põhjaveevaruga ala, kihtidevahelisest lekkest, ürgorgudest, sademetest, pinnaveekogudest jne) ja hinnatakse põhjaveevaru järgsest veevõttust johtuvalt nende muutuste olulisust.

Põhjaveevaru järgse veevõtu veetasemed ja selle alanemine võivad olla esitatud ka eelnevas modelleerimispeatükis. Sel juhul esitatakse siin peatükis eeskätt põhjaveevaru järgset veevõttu limiteerivad tingimused, tõestamaks et kavandatud veevõttu korral jäävad need täide.

⁵¹ Siit tuleneb ka põhjaveevaru aruande koostamisel vajadus mõõta ja saada teavet veetasemetest kaevude ülevaatusel.

Põhjaveearu võib limiteerida põhjaveearu mahus veevõtul kujuneva veetaseme alanemise olulise ebasoovitava mõju ilmumine (sh pinnaveekogudele ja põhjaveest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele) ja põhjaveearu veekihi keemilise koostise ebasoodsate muutuste oht (esitatakse vastavas põhjavee keemilise koostise peatükis 5.2).

Kui kavandatud põhjaveearu mahus põhjaveevõtt tekitab teistel veetarbijatel olulisi raskusi veevõtul või põhjustab pinnaveekogude või veest sõltuvate maismaaökosüsteemide olulist kahjustamist, arvutatakse põhjaveearuga lubatava veevõtu kogus lähtudes pinnaveekogumite või veest sõltuvate maismaaökosüsteemide seisundi säilitamiseks Keskkonnaameti poolsetest kriteeriumitest.

Kui muidu käsitleb põhjaveearu aruanne vaid vaadeldava põhjaveearu veekihi toimuvaid muutusi, siis pinnaveekogude või veest sõltuvate maismaaökosüsteemide seisundile olulise mõju korral esitatakse veetasemete ja veebilansi muutuste asjakohane informatsioon vajadusel ka teiste veekihtide osas. Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemide asukohad on toodud TLÜ Ökoloogia Instituudi 2015 aasta aruandes „Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk“[20] ja ka veemajanduskavades 2015-2021 (kinnitatud Vabariigi Valitsuse protokollilise otsusega 07.01.2016) <http://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/vesi/veemajanduskavad/veemajanduskavad-2015-2021>).

Vabapinnalise põhjavee korral või juhul kui kasutatakse aluspõhjakiivimates esinevat maapinnalt esimest kaitsmata või nõrgalt kaitstud põhjaveekihti - piiritletakse veehaarde tinglik teala ja arvutatakse vajalik sanitaarkaitseala põhjavee keemilise koostise ebasoodsate muutuste vähendamiseks.

Lähtudes kvaliteetse vee säästliku kasutamise põhimõttest, ei anta põhjaveearu eri tingimuste järgses maksimaalses võimalikus mahus. Nii tehakse eeskätt taastumatute põhjaveekihtide kasutamisel, kui esimene prioriteet on elanikkonna varustamine joogiveega ja alternatiivsed joogiveeallikad puuduvad või nende kasutuselevõtt on ülemäära kallis.

5.1 Veetasemed ja nende muutused, põhjavee koguseline seisund ning keskkonnamõju põhjaveevaru järgsel veevõtul

Tuuakse ülevaade veetasemetest ja esitatakse nende muutuste prognoos põhjaveevaru järgsel veevõtul. Käsitletakse põhjaveevaru järgse veevõtu mõju teistele veehaaretele ja analüüsitakse teisi põhjaveevaru kasutamist limiteerivaid olulisi aspekte, mis tulenevad kavandatud veevõtu mõjust (näiteks ebakvaliteetse vee leke alumistest kihidest, mere lähedus, pinnaveekogud ja veest sõltuvad maismaaökosüsteemid jne). Tõestatakse, et põhjaveevaru kasutamise aja jooksul ei toimu sellel alal põhjavee liigvähendamist ja ei halvene põhjaveekogumi koguseline seisund. Ebaselguste ilmnedes tehakse ettepanekud nende täiendavaks kontrolliks ja seireks peatükis 5.3 rakendatavate meetmete abil.

Aruandes esitatakse modelleeritud või valemarmutatud veetaseme muutuste prognoos veehaaretel ja seirepuuraukudes. Kui põhjaveevaru mahus veevõtul tekkivate veetasemete prognoos on esitatud põhjaveemudeli kirjelduse peatükis 4.3, esitatakse siin peatükis 5.1 põhjaveevaru seisukohalt olulised järeldused ühes viitega eespooltoodud modelleerimispeatüki vastavatele joonistele.

Esitatakse kokkuvõtte olemasoleva keskkonnalubade järgse veetasemete seire (ka riikliku põhjaveeseire) piisavusest põhjaveevaruga alal ning tuuakse põhjendused selle täiendamiseks (ettepanekud peatükis 5.3).

Põhjaveevaru aruandes esitatakse vaadeldava veekihi põhjaveekogumi ja vajadusel ka põhjaveevaru veekihist ülal- ja allpool ning kõrval paiknevate põhjaveekogumite osas veemajanduskava asjakohane teave nende koguselisest seisundist, halba seisundit või ohustatust põhjustavad survetegurid, tegelik põhjaveeressurss ja selle kasutamine.

Veetaseme alanemisel on oluline, et survealise põhjavee korral säiliks veekihi survealine seisund ja põhjavesi oleks kättesaadav olemasolevates veehaaretel ilma vajaduseta lasta pump kaevu töötava intervalli sügavusele. Võrreldes pumba paiknemisega manteltorus, on selle paiknemisel kaevu töötavas intervallis võimalike rikete teke tõenäolisem.

Eestis on kriteeriumiks survealisest veekihist kaevudega võetava maksimaalse veekoguse arvutamisel nõue, et põhjaveevaru järgsel veevõtul jääks veetase kõrgemale veekihti katva veepideme alumisest pinnast. See võimaldas varasemates arvutustes kasutada survealise veekihi valemide (survelis-survetu veekihi arvutusvalemid on oluliselt keerukamad) ja väldib aeroobse olukorra tekkest toimuda võivad muutused vee keemilises koostises. Kui vaadeldav põhjaveekiht on survealis-survetu (näiteks klindi läheduses), tuleb maksimaalselt vältida survetu olukorra olulist suurenemist põhjaveevaru järgsel veevõtul.

Põhjaveevõtu olulise mõju korral, mis kahjustab pinnaveekogumeid ja veest sõltuvaid ökosüsteeme (võib tekkida peamiselt vabapinnalises veekihis põhjaveevaru arvutamisel), analüüsitakse tekkiva mõju suurust ja põhjendatakse põhjaveevaru ettepaneku suuruses põhjaveevõttu. Seejuures arvestatakse juba olemasolevat mõju ja surve tegureid ning prognoositava mõju leevendusmeetmeid.

Põhjaveevaru uuringu aruande järel uute veehaarete rajamise korral peavad põhjaveevaru mahus veevõtu tingimused olema läbi analüüsitud vastaval põhjaveemudelil. Oluliste suure veevõtuga veehaarete mudelarvutustel saadakse parem kokkulangevus (vaata joonis 1), kui modelleerimisel kasutada sellise veehaarde juures kaevudiametri lähedast sujuvalt muutuvat mudelivõrku.

Pumba sügavuse valikul tuleb suure veevõutuga kaevude korral arvestada, et mõõdetud ja tegeliku veetaseme erinevus kaevus muutub ruutfunktsioonina veevõtu suhtes (veevõtu suurendamine 2 korda muudab mõõdetud ja tegeliku veetaseme erinevust kaevus kuni 4 korda jne). Kui põhjaveearu järgse veevõtu korral kujunevate veetasemete osas esitatakse veetasemete samatasemejooned, saab veehaarde veevõtust johtuvad veetasemeparandused vajadusel leida vastava arvutuse teel. Kaevupumba sügavuse valikul tuleb lisaks lähtuda kaevu katseandmetest (näiteks eritoodang), sobiv kaevupumba sügavus sõltub pumba tootlikkusest, puurkaevu konstruktsioonist, filtrite lisatakistusest jne.

Lihtsatel juhtudel (mõnest puuraugust koosneva veehaarde puhul) valem arvutuste kasutamisel esitatakse vastav prognoosimetoodika valemite, graafikute ja tabelitega. Mudelarvutuse korral piirdatakse peatükis 4.3 esitatule lisaks vaid vajalike täiendustega ja muu vajalikuks peetava informatsiooniga.

Kui keskkonnaregistri andmete järgi on põhjaveearu alal töötavaid kaeve, milles veetaseme alanemine põhjaveearu järgsel veevõtul takistab sealset veevõttu, esitatakse nende kaevude nimekiri ja käsitletakse võimalikke lahendusmeetmed (peatükis 5.3).

Veetasemete osas esitatakse käesolevas peatükis vastav kokkuvõte, tõestamaks et põhjaveearu kasutamise aja jooksul ei toimu põhjavee liigvähendamist ja ei halvene põhjaveekogumi koguseline seisund. Käsitletakse ka põhjaveearu järgse veevõtu korral tekkivate veetasemete mõju teistele veehaardetele ja ehitistele. Kui kavandatud põhjaveearuga alal on palju olemasolevaid veehaardeid, tuleb põhjaveearu aruandes veenduda, et kaevude konstruktsioonid võimaldaksid vajaliku veevõtu, kui veetase alaneb põhjaveearu mahus veevõtu korral prognoositud tasemeni.

Põhjaveearule ebasoodsat mõju omavate tegurite⁵² olemasolul näidatakse ja põhjendatakse, kuidas taolise ebasoodsa teguri mõju on arvestatud (leevendatud) põhjaveearu järgse veevõtu korral. See on kindlasti vajalik ohustatud põhjaveekogumi puhul vältimaks põhjaveekogumi seisundi muutust.

Arvestada tuleb, et karjäärade ja kaevanduste mõju põhjaveearudele võib olla põhjaveearu veekogust suurendav või vähendav ning vee kvaliteeti mõjutav.

Käesoleva peatüki tekstis peavad olema käsitletud kõik varasemates peatükkides esitatud veetaseme muutusest tuleneda võivad olulised aspektid. Kui põhjaveearu järgse veevõtu korral ühtegi veetasemete muutusest johtuvat põhjaveearu ohustavat tegurit pole, siis nii see siin ka öeldakse.

Kui käesolevast peatükist ilmneb põhjaveearu järgse veevõtu korral mingi veekvaliteeti mõjutada võiv riskifaktor, analüüsitakse seda ohu korral põhjaveekvaliteedi peatükis.

⁵² Ohustavateks teguriteks on näiteks mere lähedus, ebakvaliteetse vee leke alumistest kihtidest, põhjaveearu veekihi vett väljapumpavad karjäärid ja kaevandused, põhjaveearu veekihi veetasemest sõltuvad pinnaveekogud ja maismaaökosüsteemid jne. Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemide asukohad on toodud TLÜ Ökoloogia Instituudi 2015 aasta aruandes „Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk“ [20].

5.2 Põhjavee kvaliteet, keemiline seisund

Esitatakse kokkuvõtte põhjavee keemilistest näitajatest ja põhjavee keemilises koostises toimunud muutustest. Lisaks esitatakse põhjavee keemilise koostise prognoos veevarude järgsel veevõtul. Käsitletakse põhjaveevaru veekihile vastava põhjaveekogumi keemilist seisundit ja olulise mõju võimaluse korral esitatakse põhjaveest sõltuvate pinnaveekogude ja maismaaökosüsteemide seisundi käsitlus. Vajadusel hinnatakse ohtlikest saasteallikatest ning saastunud või joogiveeallikana sobimatu loodusliku vee sisetungist tulenevaid ohte põhjaveevarule. Seejuures tuleb eraldi välja tuua põhjaveevaru kasutamise seonduvad asjaolud, kui veekvaliteedi muutuste prognoos seab kahtluse alla veevõtu jätkumise peale põhjaveevaru tähtaja ületamist. Ebaselguste ilmnedes ja põhjaveevarule ohtlike vee keemilise koostise trendide olemasolul tehakse ettepanekud nende näitajate täiendavaks kontrolliks peatükis 5.3 rakendatavate meetmete abil.

Põhjavee kvaliteedi peatükis tuginetakse puurkaevude rajamisel, veetootjate poolt vee erikasutusloa ja Terviseameti joogiveeallikate osas nõuete täitmise, käesoleva põhjaveevaru aruande koostamise, asjassepuutuvate erinevate varasemate uuringute, riikliku põhjaveeseire jne käigus võetud veeproovidele.

Peatükis peavad olema käsitletud kõik varasemates peatükkides ilmnenu olulised põhjavee kvaliteedi aspektid. Põhjavee kvaliteeti analüüsitakse eesmärgil, et veetootjal oleks tarbijatele võimalik tagada veevõrku antava vee vastavus sobivate veetöötluslahendustega.

Joogiveeallikana kasutatava põhjavee kvaliteedi ja selle muutuste prognoosi abil tagatakse veevarustussüsteemi jätkusuutlikkuse põhjaveevaru kasutamise ajal ja välditakse veekvaliteedi muutusest tulenevat veekogumite seisundi halvenemist. Käsitletakse põhjaveevaruga samas veekihis paiknevate karjäärade ja kaevanduste mõju põhjavee kvaliteedile.

Põhjaveevaru aruandes esitatakse vaadeldava veekihi põhjaveekogumi ja vajadusel ka põhjaveevaru veekihist ülal- ja allpool ning vajadusel ka kõrval külgnevate põhjaveekogumite asjakohane veemajanduskava teave kogumi keemilisest seisundist, halba seisundit või ohustatust põhjustavatest surveteguritest.

Kasutades varasemate uuringute põhjavee keemilise koostise teavet (peatükk 3), veehaarete seisukorra ülevaatusel lisandunud andmete (peatükk 4.1) ning täiendavalt võetud (peatükk 4.2) veeanalüüside abil koostatud andmestikku⁵³, esitatakse põhjaveevaruga ala põhjavee keemilise koostise ülevaade. Kui kvaliteedinäitajate piirväärtusi ei ole ületatud, kuid veehaaretes esineb trend nende ületamiseks põhjaveevaru kasutamise ajal, tuleb vastavate näitajate trende käsitleda põhjavee keemilise koostise muutuste prognoosis.

Esitatakse kokkuvõtte olemasoleva keskkonnalubade järgse põhjavee keemilise koostise seire (ka riikliku põhjaveeseire) piisavusest põhjaveevaruga alal ning tuuakse põhjendused selle täiendamiseks (ettepanekud peatükis 5.3).

Veekvaliteedi näitajaid võrreldakse kehtivate asjakohaste määruste nõuetega, peamiselt sotsiaalministri määrused nr 1 „Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavandatava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded“ ja nr 82 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“.

⁵³ näiteks Exceli tabel nõuete ületamise või ebasoodsa trendi olemasolu järgi värvitud lahtritega jne

Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõudeid arvestatakse põhjaveevaru aruandes eesmärgil, et veetootjal oleks veetootlusega võimalik tagada veevõrku antava vee vastavus tarbijatele. Aruandes käsitletakse ka Terviseameti andmestikus olevaid veevõrgust võetud joogivee kontrollanalüüsides tähtsatud ületamisi ning hinnatakse ületamiste seoseid vaadeldava põhjaveevaru vastava veekihi veekvaliteediga. Kui ületamisi pole, siis nii öeldaksegi.

Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded sätestavad vastavad joogiveeallika kvaliteediklassid ja põhjaveevaru aruandes tuleb lähtuda eri kvaliteediklassi vee osas seatud tingimustest. Halvema kvaliteediklassiga vee kasutamiseks joogiveeallikana võib olla vajalik lisada Terviseameti kooskõlastus põhjaveevaru aruandele. Igal juhul tuleb põhjaveevaru uuringu käigus püüda leida võimalikult hea loodusliku koostisega põhjaveevaru, mille käitlemine nõuetele vastava koostisega joogiveeks ei ole ülemäära kallis.

Tulenevalt „Joogiveedirektiivi“⁵⁴ II lisa osa C „Riskihindamine“ rakendamisest teeb veetootja riskihinnangu vastavalt EVS-EN 15975-2:2013 (Joogiveega varustamise turvalisus. Riski- ja kriisijuhtimise juhised. Osa 2: Riskijuhtimine). Selle käigus tuvastatakse ka veehaarde toitealal esinevad ohud ja ohusündmused ja tehakse nende kohta käiv riskihinnang.

Terviseamet teeb ära ka üleriigilised põhjaveekogumi põhised riskihinnangud ning peale riskipõhise lähenemise rakendamist (sotsiaalministri määrus 1 „Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinnaja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded“ muutub kehtetuks seoses Euroopa Liidu Joogiveedirektiivi lisade muudatustega) tuleb põhjaveevaru aruandes põhjavee kvaliteedi hindamisel ja prognoosides arvestada riskihindamiste tulemustega.

Kui veeallika jaoks pädevat riskihinnangut tehtud ei ole, tehakse sellest oluline osa (põhjavee kvaliteedi uuringute ja vee kvaliteedi säilimise prognoos) põhjaveevaru uuringu käigus. Maapinnalähedase põhjavee korral on oluline eeskätt põhjaveehaarde valgala.

Põhjaveevaruga ala kuulumisel põhjaveekogumisse tuleb lähtuda ka keskkonnaministri määrusest „Põhjaveekogumite moodustamise kord ja nende põhjaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid, seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende saasteainete sisalduse läviväärtused ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kord“. Kontrollitakse selles määru- ses toodud näitajate läviväärtuste ja piirsisalduste vastavaid trende.

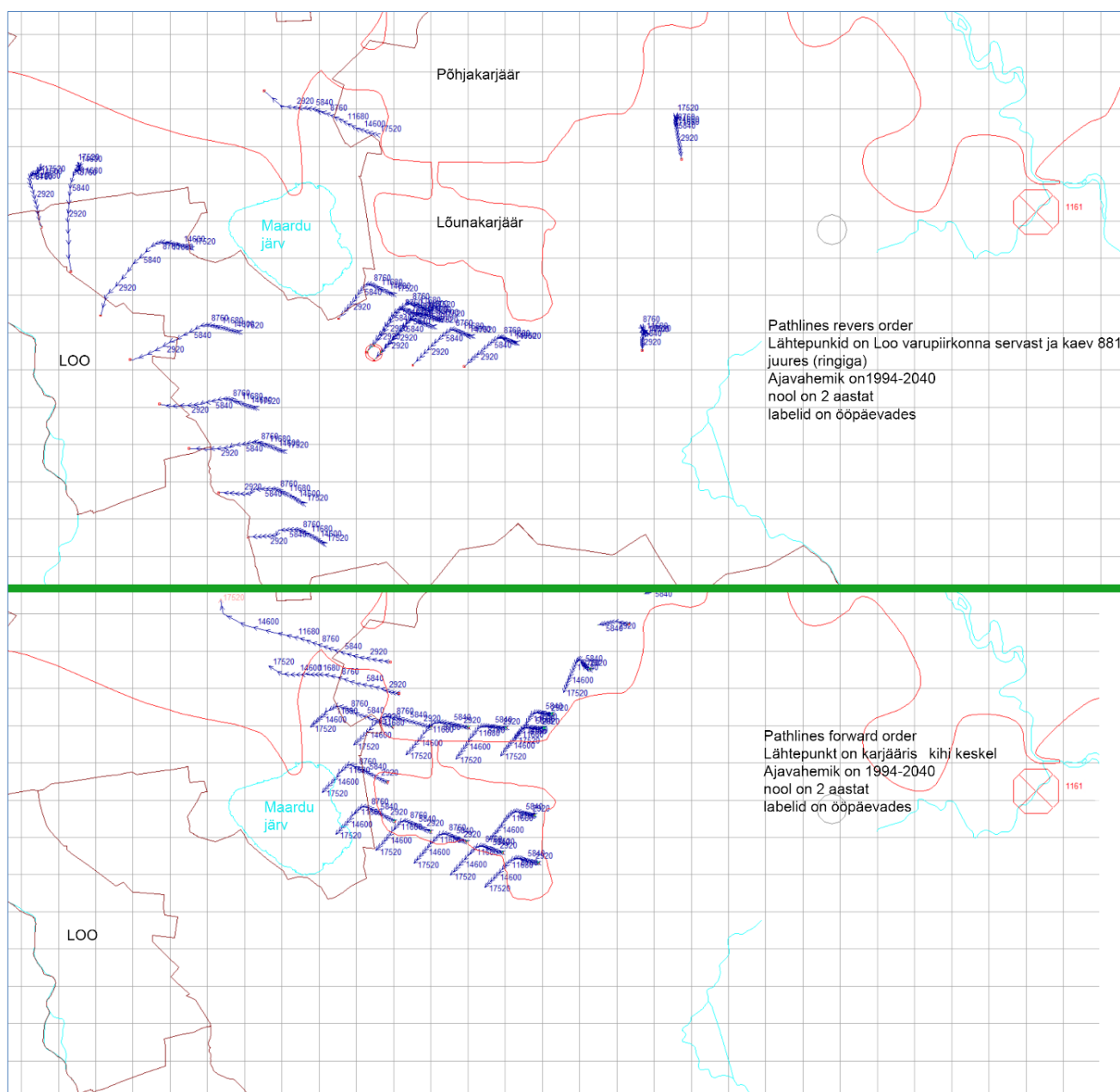
Aruandes analüüsitakse, kas põhjaveevaru järgse veevõtu poolt johtuda võiv põhjavee keemilise koostise muutus ohustab põhjaveekogumi head seisundiklassi.

Kuna joogivee ja põhjaveekogumite määru- sed ei sisalda paljude ohtlike ainete osas kontrollnäitajaid, tuleb kavandatava põhjaveevaruga alal jääkreostuse olemasolul (ja ohu korral vaadeldavale veekihi- le) põhjavee keemilise koostise käsitleluses arvestada ka keskkonnaministri määru- ses nr 39 „Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused“ toodud künnisarvudega. Nende ületamisel (kui ei jääda alla joogivee ja põhjaveekogumite määru- ste vastavaid nõudeid) on põhjaveevaru andmine alale probleemne ja vajab Terviseameti seisukohta taolise vee kasutamiseks joogiveevarustuses.

⁵⁴ NÕUKOGU DIREKTIIV 98/83/EÜ, 3. november 1998, olmevee kvaliteedi kohta

Lähtutakse varasemates uuringutes määratud jääkreostuskolde reostust põhjustavatest ainetest. Kui need ained pole hõlmatud joogivee ja põhjaveekogumite määrustega, kontrollitakse kavandatud põhjaveevaru alal veekvaliteeti põhjaveekihi reostumise ohu korral.

Põhjaveevaru veekihti ohustava jääkreostuse või veekvaliteedile ebasoodsa mõjuga kihtide vahelise vee lekke ohu korral hinnatakse nende mõjutegurite poolt põhjustava ohu suurust. Analüüsitakse ajaliselt töötava põhjaveemudeli veeosakeste teekonda reostusallika mõju hindamisel (*pathlines*), tehakse vastavad lahendusarvutused ja vajadusel ka põhjavee keemilise koostise muutuste modelleerimine.



Skeem 1 Veeosakeste trajektoord (*pathlines*) näitavad et Maardu karjäär toimib täna Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavett drenivana ja ei ohusta vee-erikasutusloaga veetarbijaid.

Skeemil 1 toodud situatsiooni osas peeti põhjaveevaru aruandes [18] vajalikuks kaevust nr 881 joogiveeallika süvaanalüüsil iga viie aasta tagant kontrollida kaevuvees raskmetallide sisaldusi, sest maksimaalse põhjaveevaru mahus veevõtul kiireneb Ordoviitsiumi liivakive avava endise Maardu karjääri alalt vee liikumine Loo põhjaveevaru piirkonna suunas.

Põhjaveekogumi seisundiklassi muutuse võib põhjustada ka põhjaveest sõltuvate pinnaveekogumite või veest sõltuvate maismaaökosüsteemide halb seisund, kui on tõestatud, et nende halva seisundi põhjuseks on põhjavesi.

Kui põhjaveearu järgse veevõtu korral tekib oht pinnaveekogumite või veest sõltuvate maismaaökosüsteemide oluliseks kahjustumiseks (sh vee liikumissuundade muutusest tulenev mõju), analüüsitakse põhjaveekvaliteedi muutuse mõju pinnaveekogumi seisundiklassi muutusele lähtudes keskkonnaministri vastavate määruste nõuetest⁵⁵. Neid nõudeid tuleb arvestada aladel kus paiknevad põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, asukohad vaata TLÜ Ökoloogia Instituudi 2015 aasta aruanne „Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk“ [20]. Taolisel analüüsil tuleb arvestada praegust situatsiooni ja juba olemasoleva mõju survetegureid, prognoositavat mõju ja selle leevendusmeetmeid.

Olemasoleva põhjavee keemilise koostise andmestiku abil esitatakse põhjavee kvaliteedi hinnang, põhjavee kvaliteediklassid ja käsitletakse veekvaliteedi ajalisi muutusi. Vajadusel kasutatakse veekvaliteedi ja ajaliste muutuste illustreerimiseks arusaadavaid graafikuid.

Põhjavee muutuste prognoosi tegemisel on oluline, et loodulikult on põhjaveekihtide vesi reeglina tasakaaluseisundis. Üksiku näitaja määramine põhjaveearu aruande põhjavee keemilise koostise prognoosi jaoks pole enamasti piisav, sest järelduste tegemiseks ja veekäitlemise jätkusuutlikkuse tagamiseks on vaja jälgida ka vee keemilist koostist tervikuna (redokstingimused, ioonid, anioonid, vaba CO₂ jne)⁵⁶.

Eestis on kasutatud põhjavee keemilise koostise üldiseloomustuse (nt vesi on HCO₃-Ca-Mg tüüpi) täpsustamiseks ja tüpiseerimiseks *Kurlovi* valem, esitades vee keemiline koostise põhinäitajad milligrammekvivalent/l osakaalu protsentidena vastavakujulise valemiga.

Harilikult taolisel tüpiseerimisel komponente, mida on vähem kui 10% määratud ühendite mg-ekv/l summast ei esitata. Vesi saab nimetuse esimese kahe aniooni ja kahe katiooni järgi kahanevas järjekorras. Nimetuse ette lisatakse mineralisatsioon grammides (kõik ioonid + 50% HCO₃) või kuivjääk.

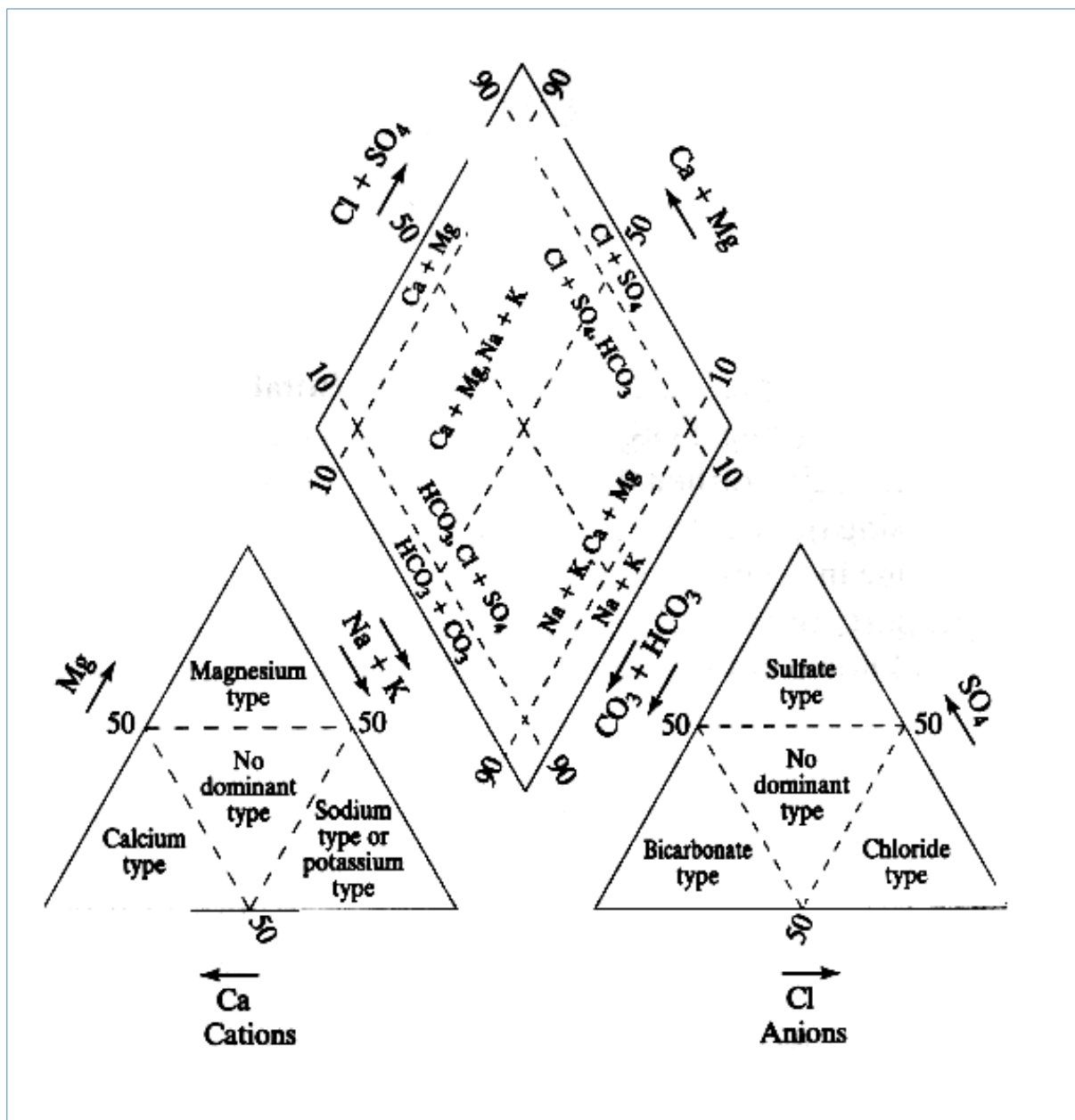
Kurlovi valemist sobivam on põhjaveearude jaoks kasutada Piper graafikud, milles alumiste anioonide ja katioonide kolmnurkades olevad punktid projitseeritakse üles veekeemiatüübi rombile. Piper graafikuid saab koostada Ameerika Geoloogiateenistuse põhjavee kodulehelt allalaaditava GW_Chart programmi abil https://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/GW_Chart/GW_Chart.html.

Piper graafikute eeliseks on paljude analüüside korraga visualiseerimine, tulemusi saab hõlpsalt kasutada vee tüpiseerimiseks koostise järgi ja vaadelda veekihtide segunemist ajas. Piper graafikud ei sobi vete jaoks, milles on tavalisest põhjaveest erinevaid anioonide või katioonide suuri kontsentratsioone.

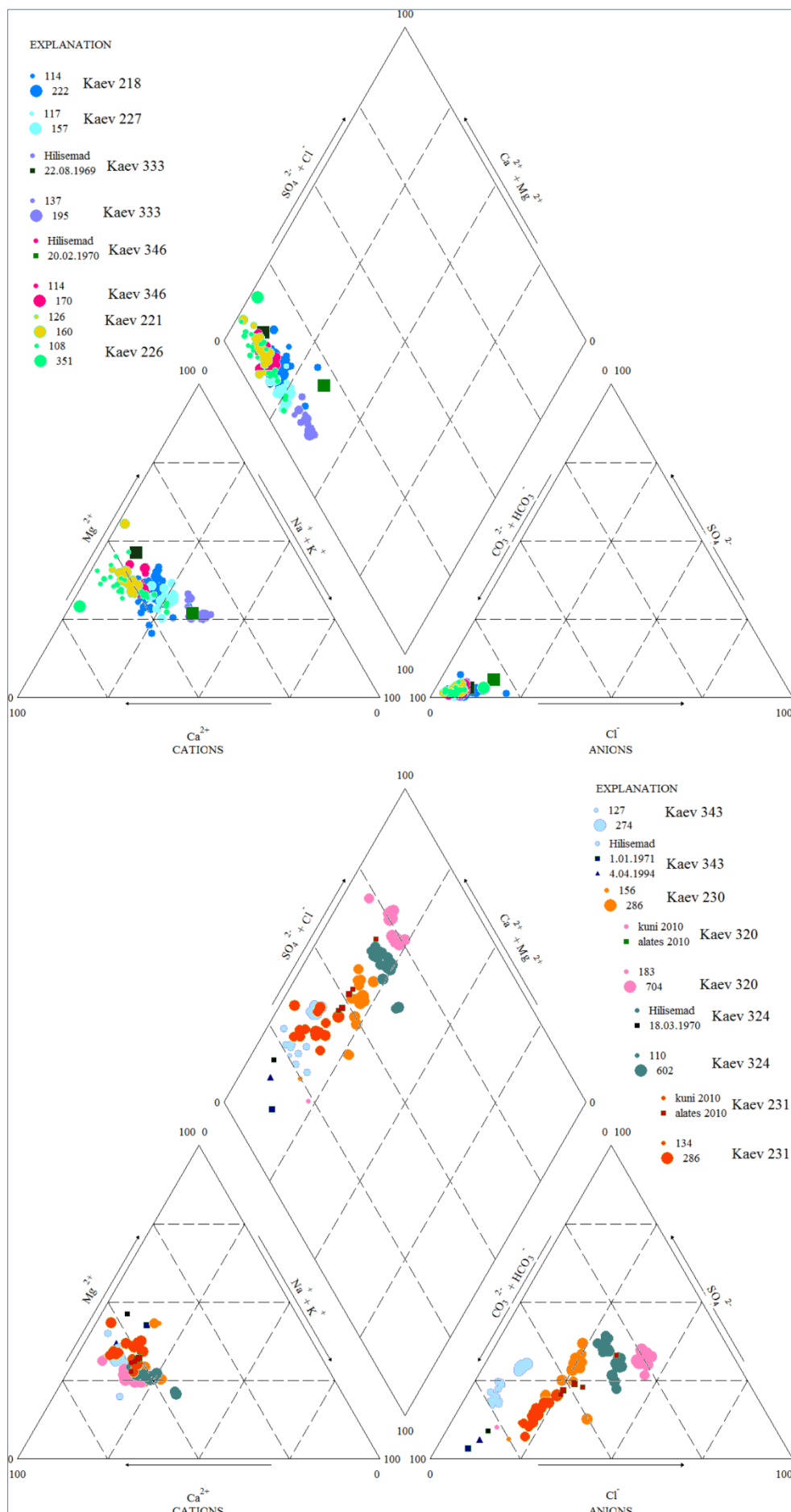
⁵⁵ „Pinnaveekogumite moodustumise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord“ ja „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimistu, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekiri“

⁵⁶ Ohtu kirjeldava indikaatoraine seiret tuleb teha suurema sagedusega, kuid määrata tuleb ka veetüüpi kirjeldavaid üldkomponente (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃ ja kuivjääk, neid siis väiksema sagedusega).

Põhjavee tüpiseerimine Piper graafiku abil on toodud skeemil 2. Piper graafikute kasutamise näited Eestis on esitatud skeemidel 3 ja 4.



Skeem 2 Põhjavee tüpiseerimine Piper graafiku järgi, Applied Chemical Hydrogeology, Alan E. Kehew, Prentice Hall 2001

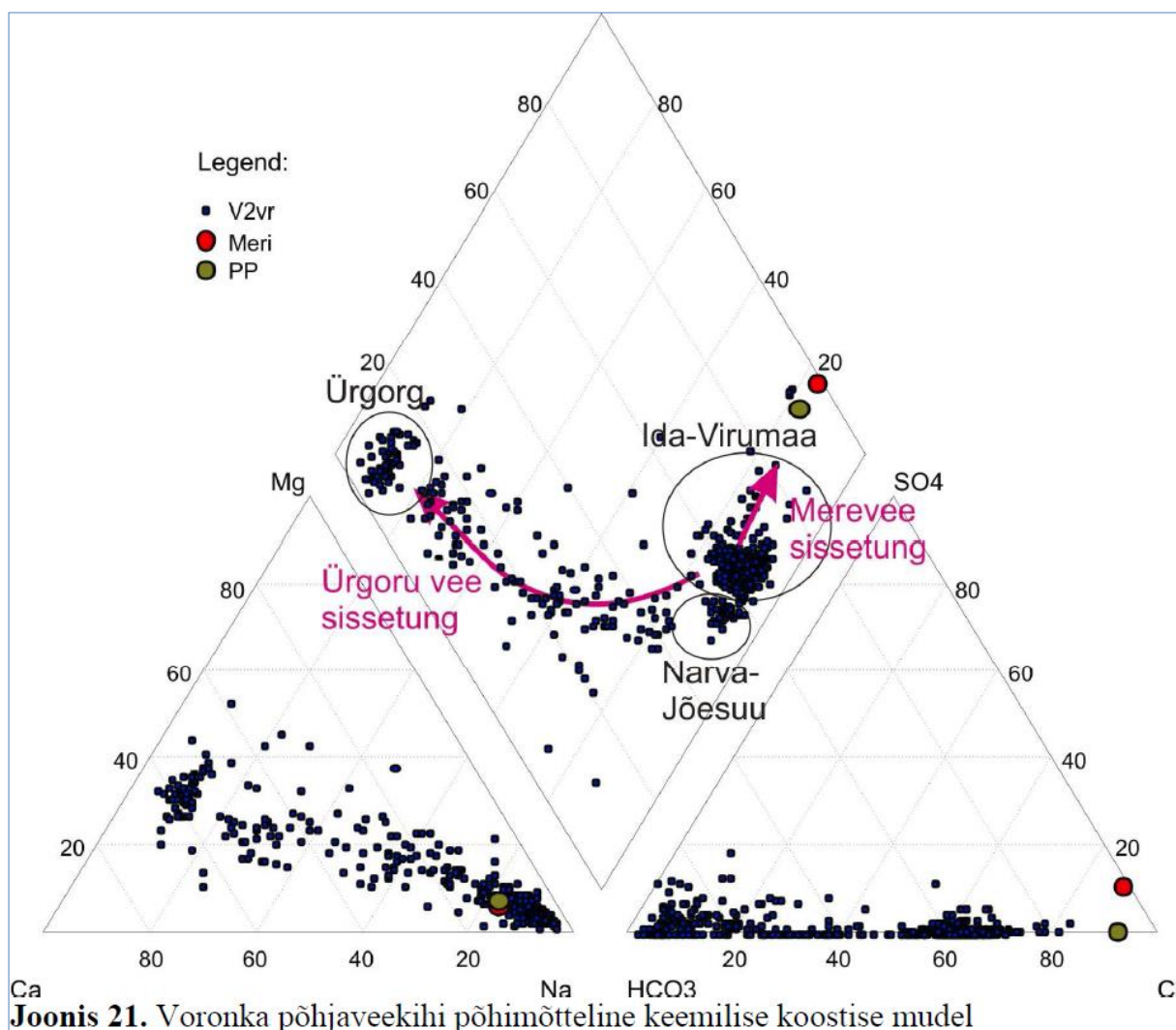


Skeem 3 Tallinna Nõmme piirkonna O-Cm veekihi eristuvad kaks kaevudegruppi [21]

Väikese kloriidide ja sulfaatide sisaldusega kaevude põhjavee keemiline koostis on toodud üllemisel Piper diagrammil.

Alumisel Piper diagrammil on toodud suurema mineralisatsiooniga vett kasutavad kaevud ning võib täheldada aeglaselt muutusi põhjavee keemilises koostises, kuid see ei ohusta kaevude kasutamist joogiveeallikana kavandatud põhjaveevaru ajaperioodil [21].

Muutused põhjavee keemilises koostises on normaalsed arvestades kasutatava Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjavee keemilise koostise tsonaalsust, mille on põhjustanud võimalikud jääaegsed mageda vee piirkonnad ja veekihi lokaalne toitumine Männiku ürgoru suunalt.



Skeem 4 Ida-Virumaa Kambriumi-Vendi põhjavee keemilise koostise muutuste ja segunemiste analüüsimine Piper graafikute abil [22]

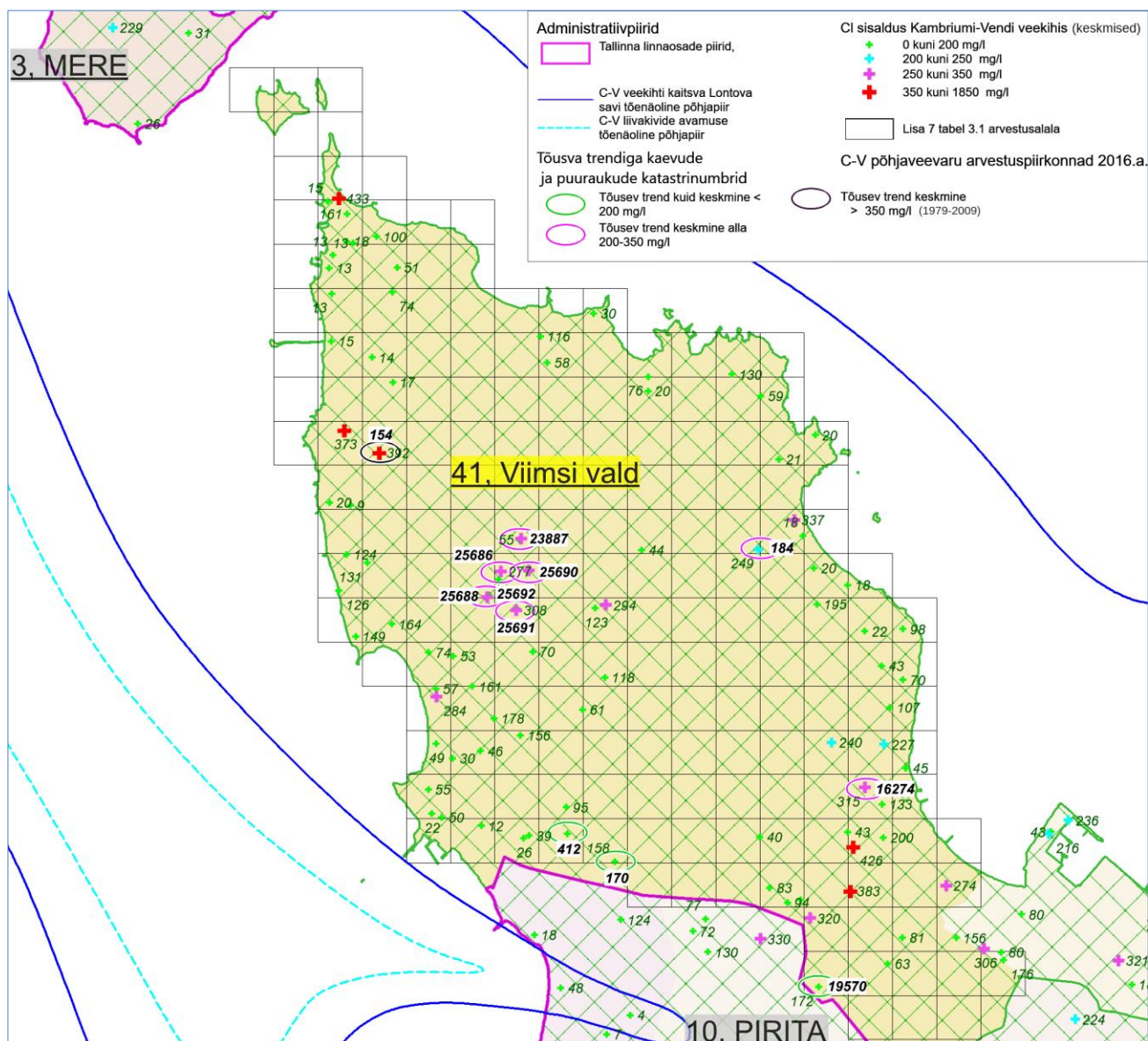
Skeemil 4 toodud Piper graafikul on näha Ida-Virumaa üksikutes mereäärsetes kaevused tõsine suundumus kaevuvee segunemisele mereveega [22].

Harilikult annab Piper graafikute kasutamine piisava kindluse põhjavee keemilise koostise tulevikuprognosiks. Põhjaveemudeli kasutamisel põhjavee keemilise koostise muutuste prognoosimiseks on vajalik anda mudelikihtidele lähtekontsentratsioonid. Oluline on ka teave vee kihi pinnase töötavast efektiivpoorsusest. Taolise mudeli ajasamm peab olema piisavalt väike kajastamaks veeproovides mõõdetud kontsentratsioone. Mudeli veevõttud on soovitatav panna mudelisse kaevude töötava osade ulatuse järgi ning mudeliruudu suurus peaks olema ligilähedastelt võrdne vaadeldava veekihi kihi paksusega.

Eestis on taolisi põhjaveemudelil tuginevaid põhjavee keemilise koostise mudelkatseid tehtud eeskätt mereäärsete ohupiirkondade selgitamiseks (Tallinna põhjaveemudeli edasiarendus 1999.a. Vahearuanne tööst "Harju maakonna ordoviitsiumi-kambriumi ja kambriumi-vendi veekomplekside tarbevaru määramine", AS Maves 1999) ja Kopli poolsaare veekvaliteedi muutuste prognoosimise (*Upconing of saline water from the crystalline basement into the Cambrian-Vendian aquifer system on the Kopli Peninsula, northern Estonia. Andres Marandi, Leo Vallner. Estonian Journal of Earth Sciences, 2010, 59, 4, 277-287*)

Vaadeldava põhjaveekihi vee keemiliste ühendite sisaldusi ja põhjaveearu kasutamist ohustavate muutuste trende saab vajadusel visualiseerida ka pindalaliselt. Seda tehakse põhjaveearu seisukohalt kriitiliste komponentide osas.

Kuna analüüsides andmed pärinevad sageli eri ajaperioodidest ja paiknevad pindalaliselt ebaühtlaselt, on kontsentratsioonide isohüpside või analoogsete värvustega toonitud asjakohaste jooniste koostamine sageli raskendatud. Parema ülevaate saamiseks on kasutatud andmepunktide keskmisi sisaldusi märkides sinna juurde põhjaveearule ebasoodsate trendide esinemise. Põhjaveearu seisukohalt mitme kriitilise komponendi olemasolul esitatakse need vajadusel ka vastaval koondjoonisel, kui säilib selle arusaadavus ja loetavus.



Skeem 5 Viimsi kloriidide sisaldus ja veemahu ning kontsentratsioonide arvestusala ruutude paiknemine [18]

Kui veekvaliteedi ajalised muutused on tühised, joogiveallika valiku määrase vastava kvaliteediklassi muutus on ebatõenäoline ja peatükis 5.1 pole põhjaveearu järgse veevõtu korral veekvaliteeti mõjutada võivaid riskifaktoreid, kinnitatakse põhjaveearu aruandes veekvaliteedi säilimist põhjaveearu kasutamise ajal nõuetekohasena.

5.3 Ettepanekud veehaarete jätkusuutlikkuse tagamiseks

Esitatakse soovitused põhjaveevaru kasutuse asjakohaseks ohjeks arvestades seejuures ka veemajanduskavas kavandatud tegevusi. Vajadusel saab loetletud ettepanekud lisada keskkonnalubade nõuetesse, või saadab Keskkonnaamet loaomanikule vastavasisulise märgukirja.

5.3.1 Soovitused veehaarde kasutuse osas

Põhjaveevaru kasutamise jätkusuutliku tagamise meetmed. Tehtud veehaarete seisukorra ülevaatuse (peatükk 4.1) põhjal esitatakse vajadusel ettepanekud:

- likvideerimist või rekonstrueerimist vajavad puurkaevud;
- korrastamist vajavad pumplahooned;
- kaevude seadistamiseks (näiteks on proovivõtukraanid puudu, veetaseme mõõtmisvõimaluse vajadus) ja nende seisundi tehniliseks kontrolliks;
- kaevude töörežiimi osas;
- hooldustööde tegemiseks (mõõta kaevusügavus sinna settinud settekoguse hindamiseks ja õigeaegse puhastamise kavandamiseks);
- kaevude konserveerimiseks, lammutamiseks;
- mittetöötavate kaevude kasutuselevõtu tingimused, uute rajamine jne.

Kaevuomaniku kohustused on toodud ehitusseadustiku üldosa §19. Omaniku kohustused.

Ehitise kasutamisega seotud kontrolli teostab ehitusloa ja kasutusloa andja ehk kohalik omavalitsus, ehitusseadustiku § 130 lg 2, ehitise kasutamise otstarbest tulenevalt selle korrashoiu ja kasutamise nõuetele vastavuse kontrollimine.

Ehitusseadustiku § 130 lg 5 järgi teostab Keskkonnainspeksioon riiklikku järelevalvet ehitiste keskkonna- ja looduskaitse kasutamise, kiirgusohutuse, puurkaevude või -aukude ja salvkaevude sanitaarkaitsealade ja hooldusalade osas.

Uute veehaarete rajamise korral esitatakse soovitused veehaardekaevude paiknemise ja nende veevõtu jaotuse osas. Suuremate uute rajatavate veehaarete korral on põhjaveevaru mahus veevõtu tingimuste andmisel vajalik tugineda asjakohasel põhjaveemudelil tehtud analüüsile.

5.3.2 Seire ettepanekud

Põhjaveehaarde seire programm koostatakse eelkõige eesmärgiga vähendada põhjavee liigtarbimise ja saastumise riski ning rakendada õigeaegselt meetmeid veehaarde jätkusuutlikkuse tagamiseks. Andmed põhjaveekihi veetaseme ja vee kvaliteedi osas on vajalikud ka põhjaveevarude hindamiseks põhjaveevaru arvutusliku kasutusaja lõppemisel või ümberhindamise vajaduse tekkimisel, samuti põhjaveekogumi seisundi hindamiseks. Seire kavandamisel on oluline identifitseerida, kas põhjaveevaru ja veehaarete seisukohalt on oluline põhjavee taseme või põhjavee keemilise koostise seire või mõlemad.

Soovituslikult peaks põhjavee taseme kohta olema põhjaveevaru arvestuspiirkonnast vähemalt üks veetaseme mõõtmine aasta kohta. Vee-ettevõtte peaks säilitama ja kasutama kaevude automaatse veetasemete seire korral sobivaid üldistatud veetaseme andmeid tulevaste põhjaveevaru aruannete ja „Joogiveedirektiivi“ kohase riskihinnangu tegemiseks. Analoogselt võiks kavandada ka põhjavee kvaliteedi seiret.

Vee kvaliteedi seire komponendid ja seire sagedus määratakse johtuvalt peatükkides 5.1 ja 5.2 ilmnenu asjaoludest ja riski hinnangust põhjavee kvaliteeti ohustavate komponentide osas. Arvestada tuleb seejuures ka veemajanduskavas põhjaveevaruga alal kasutatava põhjaveekihi põhjaveekogumi seisundit ohustavate saasteainesisalduse läviväärtuste ja piirsaldustega. Eesmärgiks on tagada järgmise põhjaveevaru aruande jaoks vajalike põhjaveeandmete olemasolu ja põhjaveekogumite usaldusväärne seisundi hindamine.

Seire (järelevalve) oluliseks osaks on ka puurkaevude heakorra ja sanitaarkaitseala nõuete täitmise perioodiline kontroll. Kaitstava toiteala olemasolul tuleb tähelepanu pöörata ka vee-kaitse nõuete täitmisele toitealal (sh näiteks ohtlike objektide korrasolek, kütuste, väetiste ja mürkkemikaalide kasutamise kitsendustest kinnipidamine).

Kui vastavalt peatükkides 1, 4.3, 5.1 ja 5.2 esitatule ilmneb oht kaitstavatele põhjaveest sõltuvatele elupaikadele, esitatakse ettepanekud põhjaveeveevõtu mõju integreeritud seire korraldamiseks. Taolise seire kavandamisel tuleb arvestada praegust situatsiooni, juba olemasoleva mõju survetegureid, prognoositavat mõju ja mõju leevendusmeetmeid. Esitatakse soovitatavad seirepunktid, näitajad ja soovituslik seiresagedus ning lisatakse vajadusel joonis seirepunktide asukohtadega.

5.3.3 Sanitaarkaitseala ja toiteala

Veehaarde sanitaarkaitseala ja selle projekti olemasolu ning nõuetele vastavust tuleb põhjaveevaru uuringu aruandes käsitleda vastavalt Veeseaduse § 28 ja 28¹ (käsitlevad sanitaarkaitseala ulatust ja kitsendusi sanitaarkaitsealal) ning Keskkonnaministri määrusele nr 61 16.12.1996 „Veehaarde sanitaarkaitseala moodustamise ja projekteerimise kord ning sanitaarkaitsealata veevõtukoha hooldusnõuded põhjavee kaitseks“. Sanitaarkaitseala ulatus võib olla kuni 200 m veehaarde äärmistest veevõtukaevudest⁵⁷.

Nõuetekohase sanitaarkaitseala olemasolu või selle loomise võimalus on määrava tähtsusega põhjaveevaru hindamisel. Keskkonnaministri määrus 27.01.2003 nr 9 „Põhjaveevaru hindamise kord“ paragrahv 2 lõige 1 punkt 4 järgi tuleb põhjaveevaru aruandes esitada sanitaarkaitseala ulatuse ja kehtestamise teostatavuse hinnang koos omavalitsuse seisukohaga vajalike veekaitsemeetmete rakendamisest sanitaarkaitsealal ja veehaarde ümbruses (toitealal).

Maapinnalähedase põhjaveekihi veekvaliteedi kujunemisele on oluline piirkonna maakasutus. Hinnata tuleb alal olevate ja potentsiaalsete koormusallikate ohtu veehaarde veekvaliteedile.

Põhjaveevaru aruande eelnevatest peatükkides peab kujunema seisukoht, kas on vajadus veehaarde sanitaarkaitseala suurendamiseks 200 meetrini ning koostada sanitaarkaitseala projekt.

Sanitaarkaitseala taolise suurendamise ja selleks projekti vajaduse korral (uutel veehaardetel on sanitaarkaitseala projekt veehaardeprojekti osaks) esitatakse sanitaarkaitseala projekt põhjaveevaru aruande eraldi lisana. Põhjaveevaru aruande põhjavee kvaliteeti käsitlevas peatükis tuuakse hinnang, kas põhjaveehaarde vee kvaliteeti on võimalik säilitada põhjaveevaru kavandatud kasutusaja jooksul. Kui ka 200 meetrini suurendatud sanitaarkaitsealast ei piisa, viiakse läbi taolise maapinnalähedase veehaarde toiteala⁵⁸ määramine, lisades selle sanitaarkaitseala projekti.

Maapinnalähedase põhjaveekihi veehaarde vajaliku sanitaarkaitseala ulatust hinnatakse ning taolise veehaarde kaitstav toiteala piiritletakse Modflow põhjaveemudelil tugineva Modpath või mõne selle analoogi abil, arvestades seejuures veehaarde saastumise riski koormusallikatest (maakasutus, ohtlikud objektid ja saastunud alad). Eestis on maapinnalähedase põhjaveehaarde sanitaarkaitseala laiendamise vajaduse korral kaitstava valgala pindalaks võetud ka põhjaveevarust neljandiku suuruses veevõtuga arvutatud veebilansi järgne toiteala⁵⁹.

Veehaarde kaitseks loodava toiteala ulatus ja piirangute ettepanekud esitatakse veehaarde sanitaarkaitseala projektis, seejuures tuleb lähtuda veehaarde saastumise reaalse ohu vältimise või vähendamise vajadusest.

⁵⁷ Veeseaduse § 28 lõige 5. Sanitaarkaitseala võib ulatuda veevõtukohast kuni 200 meetrini, kui põhjaveekihist võetakse üle 500 kuupmeetri vett ööpäevas. Sellise sanitaarkaitseala piirid kehtestab veehaarde projekti alusel Keskkonnaamet.

⁵⁸ Veeseaduse eelnõu 27.06.2017: Kui joogiveehaarde projektikohane veevõtt on suurem kui 500 kuupmeetrit ööpäevas ja põhjavesi on nõrgalt kaitstud või kaitsmata ning sanitaarkaitseala ei taga joogiveehaardega avatud põhjaveekihi vee piisavat kaitset põhjavee kvaliteedi piirväärtuste, põhjavee saasteainesisalduse läviväärtuste nõuete kohaselt, samuti kui on tõenäoline, et põhjaveekogumi head seisundit ei saavutata, võib sellise joogiveehaarde toitealal määrata täiendavad kaitsemeetmed ehk joogiveehaarde toiteala.

⁵⁹ Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundliku ala veehaarde toitealade piisava kaitse tagamine, AS Maves 2005

Veehaarde toitealal olevate ohtude ja ohusündmuste identifitseerimine ja nende kohta käiv riskihinnang võib olla sanitaarkaitseala projekti, toiteala määramise või põhjaveevaru aruande koostisaosaks.

Veehaarde kaitseks toitealal täiendavate piirangute rakendamiseks tuleb oht veehaardele põhjendada vastava riskihinnanguga. Joogiveedirektiivi järgse täieliku riskihinnangu teeb vee-tootja vastavalt EVS-EN 15975-2:2013 (Joogiveega varustamise turvalisus. Riski- ja kriisijuhtimise juhised. Osa 2: Riskijuhtimine).

Käsiraamatu veevarustuse turvalisuse tagamiseks on välja andnud WHO⁶⁰. Teadaolevalt on Sotsiaalministeeriumi ja Keskkonnaministeeriumi poolt ettevalmistusel määrus, millega kehtestatakse asjakohase riskihindamise kohustus vee-ettevõtetele.

Vee-ettevõtete töö lihtsustamiseks on soovitatav põhjaveevarude aruandes soovitud vee koguse ja vee kvaliteedi saamisega seotud riskide analüüs esitada ka eraldi lühikokkuvõttena (näiteks tabelina), kus on vajadusel toodud viited pikematele käsitlustele põhjaveevaru aruande raames. Vee-ettevõtte saab põhjaveevarude uuringu tellimisel selles osas esitada oma konkreetset soovid seejärel kui eelviidatud koostamisel olev riskihindamise määrus jõustub.

Põhjaveevaru hindajal on soovitatav tutvuda keskkonnariski hindamise põhimõtetega. Eesti keeles on Tõnis Põdra poolt koostatud käsiraamat internetis kättesaadav⁶¹.

Siinkohal tuleb rõhutada, et põhjaveevaru uurimisel ei piisa riski hinnanguks võimalike riskide loetlemisest ja saastunud alade ning keskkonnohtlike objektide loetelu ära toomisest andmebaaside alusel. Veehaaret reaalselt mõjutava toiteala piires tuleb informatsioon potentsiaalsete saasteallikate, saastatud alade ja maakasutuse osas kaasajastada. Kriitilised objektid tuleb üle vaadata ja esitada vajadusel ettepanekud nende likvideerimiseks või korrastamiseks.

Sisuliselt nõuab selle informatsiooni esitamist ka keskkonnaministri määrus 27.01.2003 nr 9 „Põhjavee hindamise kord“ § 2 lõige 1 punkt 4: sanitaarkaitseala ulatuse ja kehtestamise teostatavuse hinnang koos omavalitsuse seisukohaga vajalike veekaitsemeetmete rakendamisest sanitaarkaitsealal ja veehaarde ümbruses (toitealal).

⁶⁰ World Health Organisation, *Water Safety Plan manual (WSP manual): Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*

⁶¹ Tõnis Põder 2015. Keskkonnariski hindamine. Keskkonnaministeerium http://www.envir.ee/sites/default/files/krh_kasiraamat_loplik.pdf

6 Põhjaveevaru ettepanek

Põhjaveevaru tuleb hinnata ja kinnitada juhul, kui põhjaveehaarde⁶² või põhjaveevaruga ala veevõtt ühest põhjaveekihi on suurem kui 500 m³ ööpäevas.

Kokkuvõtvalt on põhjaveevaru kinnitamise eelduseks:

- põhjaveevaru vesi ei ole saastunud;
- puudub põhjaveehaarde saastumise oht (sh põhjaveehaare sanitaarkaitseala ei asu ohtlike ainetega saastunud alal, toiteala põhjavesi ei ole saastunud jne);
- põhjaveehaaretele on kehtestatud või võimalik kehtestada nõuetekohane sanitaarkaitseala, maapinnalähedase põhjaveekihi kasutamisel veehaarde saastumise ohu korral ka joogiveehaarde toiteala;
- põhjaveevaru kasutamine ei ohusta piirkonna teiste veekasutajate veevõttu ega veest sõltuvaid looduskaitse seaduse alusel kaitstavaid elupaiku.

Eelnevate nõuete eiramine tuleb kõne alla ainult siis, kui muud veeallikad piirkonnas puuduvad.

Põhjaveevaru võib anda nii üksikule veehaardele kui ka mitmetele veehaaretele ühes põhjaveemaardlas või põhjaveevaruga alal. Suurel põhjaveevaruga alal mitmetele sama veekihi veehaaretele põhjaveevaru andmisel on otstarbekas piiritleda pindalaliselt põhjaveevaru arvestuspiirkonnad. Põhjaveevaru arvestuspiirkonna rakendamise plussideks on:

- selgus kohalikul omavalitsusel arengukavade ja planeeringute koostamisel,
- lihtsam on välja anda keskkonnalube veevõtuks,
- võimaldab hajutada veevõttu ja vältida riskialustel aladel (Eestis enamasti rannikualad) liiga suurt veevõttu.
- võimaldab paremini kaitsta põhjaveevaru töötavaid veehaardeid uute veehaarete rajamise mõju eest. Põhjaveevaru arvestuspiirkonna olemasolul saab uusi kaeve seal rajada vaid vaba põhjaveevaru mahu, et poleks ületatud arvestuspiirkonnas kehtiv põhjaveevaru.
- võimaldab põhjaveevaru arvestusperioodil suurema veekvaliteedi muutuse riskiga alade eraldi piiritlemise (vajadusel antakse suurema riskiga aladele madalam põhjaveevaru kategooria).

Surveliste veekihtide puhul on põhjaveevaru arvestuspiirkonna ruumikuju kujundamisel otstarbekas lähtuda Maa-ametis toodud administratiiv või asustusjaotusest, arvestades seejuures ka veehaarete paiknemist.

Keskkonnaregistris peetakse põhjavee arvestust põhjaveehaarete nimistuna. Selles on kirjed: põhjaveekihi varu uuritus, kehtiva põhjaveevaru kogus, võetava põhjavee kogus, põhjaveevaru kasutamise aeg ja valdkonnad. Põhjaveevaru teave ja arvestuspiirkonnad on nähtavad Eesti Looduse Infosüsteemis hüdrogeoloogia valdkonna all.

Seega peab uuringuaruande põhjaveevaru peatükk sisaldama arusaadavat joonist (või viidet taolisele joonisele eelnevas tekstis), mis alale ja sealolevatele suurkaevudele põhjaveevaru on

⁶² Või mingi ala (asula, linn, linnaosa jne) põhjaveehaarete

antud ning olulist teavet põhjaveearu andmetest (uuringu põhjaveearude jaotuse tabel): veekiht; põhjaveemaardla, põhjaveemaardla piirkond (põhjaveearuga ala, põhjaveearu arvestuspiirkonnad); põhjaveearu suurus; arvutuslik kasutusaeg; põhjaveearu kategooriad ja veekasutuse eesmärk.

Vajadusel esitatakse peatükis ka eritingimused ja täpsustused põhjaveearu kasutamiseks, põhjavee saastumise riski vähendamise meetmed, arvestuspiirkondade pindala jne. Keskkonnaregistrile esitatakse põhjaveearuga alade ruumikujud geoinfo töötlemist võimaldavas formaadis.

Kui eelnevates peatükkides on analüüsitud eri suurusega põhjaveearu variante, siis käesolevas peatükis esitatakse neist eelistatuim. Selgitatakse, miks see on eelistatuim.

Tuakse kokkuvõttev informatsioon põhjaveearu kasutamise mõjust olemasolevatele ja kavandatavatele teistele veehaaretele, ehitistele ning ökosüsteemidele, põhjaveearu kategoriseerimisest. Esitatakse kokkuvõttev hinnang kavandatud põhjaveearu kasutamise mõjust põhjaveekogumi seisundile. Vajadusel viidatakse põhjaveekogumi tegeliku põhjaveeressursi osas tehtud täpsustustele koostatud põhjaveearu aruande tekstis.

Põhjaveearu kategooriad tarbevaru (T_1 , T_2) ja P erinevad teineteisest põhjaveearu uurituse poolest. Parema uurituse tähendab seda, et vajaliku koguse ja kvaliteediga põhjavesi on suurema tõenäosusega tagatud. Võrreldes T_1 ja T_2 kategooriatega, võib prognoosvaru P väiksema uurituse tõttu olla ebapiisav suuremate (üle $1000\text{m}^3/\text{d}$) mitmest puurkaevust koosneva uute veehaarete projekteerimiseks.

7 Ülevaade põhjavee kaitse kogemustest Soomes

Võrreldes maapinnalähedase põhjaveega on survele kaitstud põhjavee kasutamine ja kaitse Eestis juba praegu tunduvalt reeglipärasem ja on suuremal osal Eesti põhjaveevarudest vastavate põhjaveevaru arvestuspiirkondadega loogiliselt ohjatatav.

Eestis on põhjaveevarude kaitse osas esile kerkinud probleemid seotud eeskätt maapinnalähedase põhjaveevaru aladel, kus põhjavesi on kaitsmata või nõrgalt kaitstud (Tapa, Kuressaare Tõlli, Paide, Vasavere, Meltsiveski).

Soomes on põhjalikult käsitletud just maapinnalähedase põhjavee kasutamist ja kaitset ning allpool esitame kokkuvõtte olulisematest töödest [23, 24, 25 ja 28]. Soome põhjaveealad on analoogilised Eesti maapinnalähedaste vabapinnalise põhjaveevarude veehaarete aladega.

Üldist. Ühisveevarustuses on Soomes põhjavee osa 63%, sellest 15% on tehispõhjavee osa, vee-ettevõtete poolt päevas väljaantava põhja- ja tehispõhjavee kogus on 700 000 m³[28]. Kaljupinnasesse rajatud kaeve arvatakse Soomes olevat 150 000, neist sadakond on kasutusel ka ühisveevarustuses. Kaljupinnasest vett võtvad veehaarded on Soomes väikese veeanniga 1-30 m³/d [23]. Põhjaveealadel moodustuvaks veekoguseks arvatakse 5 miljonit m³/d [28].

Veeand (efektiivpoorsusena) on kvaternaarisetetes 0.2-0.3, kaljupinnases 0.005-0.0005. Liivakruusa alade sademetest 30-60 % infiltreerub põhjaveeks.

Lisaks üldisele Veepoliitika Raamdirektiivi kohasele põhjaveekaitsele on Soomes kaks täiendavat seadusandlusele tuginevat põhjavee kaitsemeetet. Veeseaduse põhine veehaarde veekaitsevöönd ja veemajandusseaduse järgi piiritletud põhjaveealad ühes kaitsekavadega.

Põhjaveealade kaitsekavad on tulnud Soomes eelistatud kaitsemeetmeks. Pindala järgi suurim on põhjavee moodustumisala, põhjaveeala võib olla sellest väiksem ja kõige väiksem on veehaarde veekaitsevöönd. Kui põhjavee moodustumise valgala on suurem kui põhjaveeala, siis nende kahe piiri vahele jäävat ala kutsutakse põhjaveeala äärevööndiks.

Erinevalt veevõtu korral põhjaveealal olla võivast veekaitsevööndist, pole veekaitsekava rangelt veevõtupõhine ja keskkonnaloaamet (*ELY keskused*) ei pea seda kinnitama.

Omavalitsus võib anda keskkonnakaitseaduse paremaks täitmiseks kohalikke tingimusi arvestavaid keskkonnakaitse korraldusi. Need ei saa puudutada keskkonnaloa, registreerimisvajaduse ja riigikaitse või piirivalve asju. Eesmärgiks on täpsustada ja selgitada omavalitsuses olevaid kohustusi ja tavasid keskkonnakaitseks. Valla korraldustega võib täpsustada kinnistu reovee käitlust, kemikaalide ladustamist, jäätmete paigutamist põhjaveealal jne.

7.1 Põhjavesialueet -määrittäminen, luokitus ja suojelusuunnitelmat, 2016 [28]

2016 aasta detsembris ilmus juhendmaterjal põhjaveealade määramiseks, klassifitseerimiseks ja kaitseks. Esitatakse viited vastavatele õigusaktidele ja nende kasutamiseks maakasutuse suunamisel. Taotletakse, et põhjaveealade määramine ja kaitseplaanide kavandamine toimuks ühetaoliste kriteeriumite alusel.

Võrreldes varasemate töödega [23, 24, 25] on keskkonnaloaametil (ELY keskused) võimalus määratleda täiendnimetusena põhjaveealade E klass, kus põhjaveest otseselt sõltub pinna-vee- või maismaaökosüsteem.

Põhjaveealad. Harilikult on põhjaveeala veekihi pinnase $k > 1$ m/d. Suurimad põhjaveealad on pindalalt kuni 35 km², veevõtuvõimalusega kuni 20 000 m³/d. Taoliste suurte põhjavee-veehaarete katsepumpamiste kestvuseks on olnud 1-3 kuud.

Põhjaveeala piir võidakse panna ka mööda veekihti katva vähemalt 3 m paksuse savikihi ($k < 0.0001$ m/d) esinemisala piiri. Põhjaveeala välispiiri määratlemisel ei tugineta rangelt hüd-rogeoloogilistele näitajatele. Põhjaveealade piirid määratakse põhjaveeala moodustamishet- kel olemasolevate andmete alusel. Vajadusel neid hiljem täpsustatakse.

Põhjaveealad, nende piiride määramine ja liigitus on Soomes veemajandusseaduse (*vesien- hoitolaki*) järgne, need alad on ka Veepoliitika Raamdirektiivi järgseteks kaitsealadeks. Põhja- veealad sisalduvad ka keskkonnakaitseaduses (*ympäristönsuojelulaki*). Põhjaveealade raja- mise lähtekohaks on veekasutus ja selle kaitsevajadus.

Keskkonnaloaametid (ELY-keskused) hindavad põhjaveealade veekogused, määravad põhja- veealade asukohad, piirid, arvestades ala geoloogilist ehitust, veetasemeid ja vee liikumis- suundi.

Põhjaveealadel pole otsest seadustest tulenevaid mõju (piiranguid), kuid nende olemasolu mõjutab keskkonda puudutavaid otsuseid loataotluste protseduuris. Eeskätt arvestatakse tao- liste põhjaveealade kaitsevajadusega maakasutuse kavandamisel. Maakasutuse kavandami- seks on seega vajalik informatsioon põhjaveealadest, veevõttust ja selle kavast, põhjavee kait- sevajadusest ja erinevate tegevuste mõjust põhjaveele. Planeerimise ja ehituse ohje mõjutab oluliselt põhjavee kaitset põhjaveealadel.

Põhjaveealade veekaitsekavades määratakse eeskätt inimtegevusest johtuvad ohud põhja- veele, mis võivad takistada sealt veevõttu ja kavandatakse vastav kava ohtude eemaldamiseks ja riskide vähendamiseks.

Põhjaveealad olid 2016 aastani klassifitseeritud veevõtu ja selleks sobivuse ning kaitsevaja- duse järgi kolme klassi: 1 klass, veevõtu jaoks olulised; 2 klass, veevõtuks sobivad ja 3 klass, muud põhjaveealad. Aastal 2015 lõpuks oli kokku 5930 põhjaveeala, neist kuulus 1 klassi 2186, 2 klassi 1640 ja 3 klassi 2104 [28].

Uuendatud veemajandusseaduse järgi klassifikatsioon 2016 mõnevõrra muutus, klassifikat- sioon veevõtu järgi on kaheastmeline ja lisandub põhjaveealade E täiendnimetusena või eraldi põhjaveealana (1, 2, 1E, 2E ja E). E põhjaveealade põhjaveest sõltub otseselt keskkonnakaitse või mõne muu seaduse järgi kaitstav pinnavee- või maismaaökosüsteem.

Omavalitsuste ülesandeks on arendada veemajandus ühiskonnaarengule vastavaks ja tagada selline veemajandus, et oleks piisavalt ja kõlblikku olmevett sobivate hindadega. Omavalit- sused on põhjaveealade kaitse võtmepositsioonil, sest enamus riskist põhjaveele tuleneb põh- javeealade maakasutusest. Kui mingit riskitoimingut kavandatakse põhjaveealal, võidakse pla- neerimise ja loamenetluses arvestada põhjaveealast johtuvate tingimustega, vähendamaks põhjavee reostumisohtu.

1 klassi olulised põhjaveealad on veetõtuks kasutuses või võetakse kasutusele⁶³ veevõtuks vähemalt 50 inimese vajadusteks või veevõtuks üle 10 m³/d (siia kuuluvad ka hädaolukorra tagavaraveehaarete veevõtualad).

Keskkonnakaitseadus sätestab üldise põhjavee saastamiskeelu, kuid põhjaveealad (hõlmab kõik klassid) on selles eraldi esile toodud. Ka veeseaduses (*vesilaki*), terviseaduses (*tervey- densuojelulaki*) ja maapõueseaduses (*maa-aineslaki*) on veevõtu ja põhjaveealasi käsitlevaid lõike.

⁶³ Eestis ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kava näiteks, on tehtud kava ja uuringud (*selvitykset*)

1 klassi olulised põhjaveealad on Veepoliitika Raamdirektiivi järgi kaitstavateks aladeks, neil on vajalik seire kui vett võetakse üle 100 m³/d. Vajalikud kaitsemeetmed määratakse juhtumipõhiselt. Põhjaveealal võidakse mõningatele tegevustele sätestada ka keskkonnaluba.

2 klassi veevõtuks sobivad põhjaveealad eristuvad esimesest klassist selle poolest et neid ei kasutata või pole teada vajadust nende kasutuselevõtuks. Alalt saadav veekogus on üle 100m³/d. Taoline ala paikneb sageli liigkaugel veetarbijatest, kuid ala kasutusele võtmise vajadus võib esile tulla tulevikus veevajaduse muutudes.

Varasem 1 klassi põhjaveeala võidakse näiteks muuta 2 klassi põhjaveealaks, kui sinna pole veehaaret rakendatud või seda pole enam kavas teha või enam seal vett ei võeta, alal pole enam ka hädaolukorra tagavaraveehaaret.

E klassi põhjaveealade põhjaveest sõltub otseselt kaitstav pinnavee⁶⁴- või maismaaökosüsteem⁶⁵ Kaitstav nähtus peab olema looduslik või looduslähedane, keskkonnakaitseaduse või loodusdirektiiv vastavad elupaigatüübid (näiteks allikasood), veeseaduse või metsaseaduse järgi kaitstavad allikad, allikaalad, allikatiigid, allikaojad jne. Lisaks veekogusele loetakse oluliseks ka veekvaliteeti. Otseseks põhjaveest sõltuvaks pole nähtus, kui põhjavesi voolab sinna vaid ajuti mingi voolusängi või nire kaudu.

E klass täiendnimetus (1E, 2E) ei tekita uusi kaitsemeetmeid 1 ja 2 klassi põhjaveealadele, see on informatiivne nagu seda on ka põhjaveealad 1 ja 2, E klassi täiendnimetusega teavitatakse põhjaveealal olevatest muude seaduste järgi kaitstavatest objektidest. Kui E klassi põhjaveealal soovitakse keskkonna- või veeseaduse kohast luba tegevuseks, tuleb loamenetluses arvestada mõju ka muude seaduste järgi kaitstavatele põhjaveest sõltuvatele pinnavee- või maismaaökosüsteemidele.

Põhjaveeala veekaitsekava. Põhjaveeala veekaitsekaval pole õiguslikku tähendust mingi piiranguna, mistõttu selle koostamisest ja rakendamisest ei tulene otsest kompensatsioonikohustust omavalitsusele või veetootjale. Võimalikud kompensatsioonid selgitatakse juhtumipõhiselt keskkonna, maapõueseaduse või kemikaaliseaduse järgi tehtud taotluste menetlemisel.

Veekaitsekavad katavad veevõtu jaoks olulised 1 klassi põhjaveealad, kuid neid on tehtud ka veevõtuta, kuid selleks sobivate 2 klassi põhjaveealadele, kokku on neid tehtud üle 300.

Veekaitsekava rakendamise abil soovitakse ennetavalt vältida põhjaveekvaliteedi halvenemist ja tagada põhjaveealal saadaolev veekogus. Veekaitsekava eesmärgiks on tagada põhjaveeala põhjaveekoguse säilimine kasutuskõlblikuna ilma ülemääraste piiranguteta maakasutusele.

Veekaitsekava koostamine on vabatahtlik, peavastutus selle koostamisel on omavalitsusel, kaasatakse keskkonnaamet, veetootja jne. Veekaitsekava rahastab põhiosas omavalitsus või veetootja, kava tehakse 5-10 aastaks. Üks veekaitsekava võib hõlmata kõiki omavalitsuse põhjaveealasi. Veekaitsekava valmimisest teavitab reeglina omavalitsus.

Põhjaveealal olevatele või sinna lisanduda võivatele ohuallikate osas koostatakse tegevussoovitused, millede rakendamisel kõrvaldub või väheneb põhjavee saastumise risk. Veekaitseka-

⁶⁴ Pinnaveeökosüsteem on põhjaveest otseselt sõltuv kui sinna väljuval põhjaveekogusel on tähendus vaadeldava ökosüsteemi kaitse ja säilimise seisukohast.

⁶⁵ Maismaaökosüsteem on põhjaveest otseselt sõltuv kui sinna väljuval põhjaveekogusest tuleneb vastav elupaigatüüp, selle säilimine ja kaitse.

vas käsitletakse ka põhjaveest otseselt sõltuvad kaitstavaid pinnavee- või maismaaökosüsteeme ja nende kaitsevajadust. Vajadusel esitatakse veekaitsekavas tegevused põhjavee kvaliteedi ja koguse seireks ning võimalike reostusõnnetuste jaoks. Kavandatud tegevuste elluviimise seiret teeb vastav juhtgrupp, kus kesksel kohal on omavalitsuse, keskkonnaloaameti ja vee-ettevõtjate esindajad. Joogiveeks kasutatava põhjavee kaitseks koostatud veekaitsekava kasutatakse joogivee kvaliteedi tagamiseks „Joogiveedirektiivi⁶⁶“ II lisa osa C „Riskihindamine“ järgselt tehtavas riskihinnangus.

Veekaitsekavas esitatakse teave ala põhjaveest, veekvaliteedist, praegusest ja kavandatud maakasutusest, veehaaretest, põhjaveevõtu vajadusest, veehaarete veekaitsevöönditest ja nende lisamis või muutmisevajadusest, põhjavee saastumistohtu põhjustavatest tegevustest, reostunud aladest, saastumisohu vähendamiseks rakendatavatest tegevustest ning muud põhjaveekaitse seisukohalt vajalikukspeetud asjaolud.

Põhjaveeala kohta tehakse *WSP (Water Safety Plan)* tegevuskava⁶⁷ põhine riskihinnang või kasutatakse mõnda muud riskihinnangu meetodit.

Põhjavee kaitsmist tuleb võtta arvesse põhjaveeala maakasutuse kavandamisel ja seal ehitamisel. Planeerimisprotsessi riikliku eesmärgi kohaselt tuleb põhjavee saastumise- või muutmise riski põhjustavad ettevõtted ja tegevused paigutada piisavalt kaugele veevõtuks kasutatavatest või selleks sobivatest põhjaveealadest, et poleks ohtu.

Põhjaveealad esitatakse planeeringute joonistel ja nendel alade maakasutusele võidakse lisada põhjavee kaitset käsitlevaid planeeringutingimusi. Tegevuse planeeringutingimuste formuleerimisel võidakse lisada täpsustusi johtuvalt põhjaveeala veekaitsekavas toodud eesmärkidest ja tegevussoovitustest.

Kohaliku omavalitsuse keskkonda käsitlevate korralduste (*määräyksiä*) abil täpsustatakse keskkonnakaitseseaduse asju kohapealse keskkonna kaitseks, need kehtivad vaid omavalitsuse piires ja ongi omavalitsuste kaupa erinevad. Taoliste korralduste väljaandmine pole omavalitsustele kohustuslik kui rakendades üldiseid seaduste nõudeid ei teki keskkonnareostust.

Kohaliku omavalitsuse keskkonna ja ehitamisvaldkonna ohjes võidakse hea elukeskkonna säilitamiseks ja tagamiseks välja anda seega vastavaid korraldusi, neis võidakse tugineda põhjaveeala veekaitsekavas toodud eesmärkidest ja tegevussoovitustest.

Veekaitsekavas on otstarbekas esitada ettepanekud põhjaveekaitseks, rakendamaks neid planeeringute, keskkonda käsitlevates korraldustes ja ehitamisnõuetes (kütusemahutite paigutamine, liiklus, sademevesi, immutamine jne).

Veehaarde veekaitsevööndid. Veekaitsevööndid tulenevad veeseadusest, need on alad, kus on vajalik selle ala kasutamist piirata veehaarde jätkusuutlikkuse tagamiseks. Veekaitsevööndid võidakse määrata veevõtuloaga või sellest eraldi. Veehaarde veekaitsevöönd moodustatakse, kui see on vajalik seaduses määratud eesmärkide saavutamiseks.

Põhjavee kvaliteedi tagamine tähendab, et veeallika vesi peab olema ohutu ja sobima veevõtuks, veekaitsevööndi võib määrata ka veehaarde veekoguse kaitseks.

⁶⁶ NÕUKOGU DIREKTIIV 98/83/EÜ, 3. november 1998, olmevee kvaliteedi kohta ja selle muutmine 2015/1787

⁶⁷ WSP on olmevee tegevuskava, mille eesmärgiks on leida ja ohjata riske veekvaliteedi tagamiseks veetootmise protsessi kogu ulatuses, sh veevõtuks kasutatavast põhjaveest. Internetipõhine WSP (<https://wspssp.fi>) on vee-ettevõtetele ja riigiametnikele tasuta kasutamiseks.

Veehaarde veekaitsevööndid on 220-l veehaardel, ehk vaid 10 % veehaaretest. Viimased 25 aastat on neid vähe juurde lisandunud johtuvalt protsessi pikkusest ja asjaolust, et veetootja on mõningatel juhtudel pidanud maaomanikule kompensatsioone maksma. Samuti on keskkonkaidse seaduse põhjavee saastamiskeeldu loetud piisavaks, mistõttu pole vajadust olnud täiendavate veekaitsevööndite lisandumiseks.

Traditsiooniliselt hõlmab veekaitsevöönd veevõtuala ning selle lähi- ja kaugkaitsevööndit. Üksteisele lähedal olevatel veehaardetel võib olla ühine veekaitsevöönd, erinevad veevõtualad ja lähikaitsevööndid, kuid näiteks ühine kaugkaitsevöönd.

Viimastel aastatel lähi- ja kaugkaitsevööndeid eraldi pole määratud. Veekaitsevöönd võib piirida veevõtuala, kuid võib hõlmata ka kogu põhjaveeala. Veekaitsevööndid on piiritletud peamiselt maakatastri piiride järgi, mistõttu need sageli erinevad põhjaveeala piiridest.

Veehaarde veekaitsevööndi määramist võib taotleda veetootja. See võidakse määrata ka keskkonnaloaameti (*ELY keskus*), omavalitsuse keskkonnaametniku või kellegi muu asjassepuutuva taotluse korral. Taotluse esitaja koostab ka vastava selgituse.

Veekaitsevööndi otsuse teeb riigi piirkonnavalitsus⁶⁸, kes teavitab sellest ja seda kordab kohalik omavalitsus oma ametlikes teadaannetes. Piirangud ei saa olla rangemad, kui on vältimatult vajalikud kaitse-eesmärgi saavutamiseks, seetõttu võivad need veekaitsevööndi piires olla erinevad.

Veekaitsevööndi korraldus võib olla maakasutust piirav, informatiivne või suunav (piirata näiteks potentsiaalsete reostusobjektide olemasolu, nende sinna kavandamist, nende laiendamist jne). Kui alale on koostatud põhjaveeala veekaitsekava, arvestatakse selles esitatuga.

Veekaitsevööndi korraldusega täpsustatakse maakasutuse tingimused planeeringutes ja antakse neile nõuetele õiguslik alus. Järgitakse, et määruks oleksid arvestatud ka muudest seadustest kui veeseadus tulenevad ala kasutuspiirangud. Veehaarde omanikul või veehaarde kasutajal on kohustus korvata teise osapoole saamatajäänud tulu, mis johtub täiendavatest piirangutest, mis ületavad seadusest tulenevaid.

Seadusejärgsete piirangute nõuetekohase täitmise kulud ja veekaitsevööndi lisapiirangute tõttu nõ saamatajäänud tulude omavaheline eristamine on mõnikord tõlgendamise asi ja saamatajäänud tulu hinnatakse juhtumipõhiselt. Reeglina pole veekaitsevööndi korraldusest tingitud kompensatsiooninõuet esitatud.

Veehaarde veekaitsevööndi korralduse andja võib vajadusel anda keskkonnaloaga erisuse mingiks tegevuseks, mis on veekaitsevööndis muidu piiratud. Veehaarde veekaitsevööndi korraldusi võib aja jooksul muuta, kui seda tingib veekaitsevööndi korralduse ettenägematu või järelmõju, asjaolude muutus või turvalisuspõhjused.

7.2 Põhjavesitutkimusopas. Käytännön ohjeita, 2005 [23]

.... käsitleb veevarustuse põhjavee uuringuid. Soome põhjaveealad on analoogilised Eesti maapinnalähedaste vabapinnalise põhjaveevarude veehaarete aladega. Kaljupinnasest vett võtavad veehaarded on Soomes väikese veeanniga 1-30 m³/d. Soome nõudeid Eesti tingimustesse ülekantult, oleks Eestis maapinnalähedase vabapinnalise põhjavee kasutamisel üle 2500 m³/d vajalik teha keskkonnamõju seaduse järgne protseduur (arvata et vähemalt KMH eelhindang).

⁶⁸ Aluehallintovirasto, Eestis tähendaks see maakonnavalitsust

Maapinna ja põhjaveepinna vahel liikuvat vett Soome juhendmaterjalides põhjaveena ei käsitleta (gravitatsiooni abil põhjavette liikuv pinnasevesi, *maavettä*), taolist vett uuritakse inim-mõju selgitamiseks gravitatsiooniliste ja vaakumlüsimeetritega (Eesti on kasutatud põlluma-janduse mõju täpsustamiseks, Soomes ka golfiväljakutel).

Üldisest põhjaveetasemest ülalpool oleva vett vähejuhtiva kihi pinnale moodustub ajutine üla-vesi, ülaveekiht (*orsivesi*), ka see pole Soomes reeglina põhjaveena käsitletud.

Põhjaveeuuring tehakse saadava veekoguse, selle kasutamissobilikkuse, põhjavee kaitsmisva-jaduste ja loatingimuste selgitamiseks. Kasutatakse ka põhjaveemudeleid, kuid rõhutatakse tegelike mõõtmiste olulisust.

Taotluslik on, et veevõtusüsteemi rajamisel poleks hiljem vajadust täiendavateks kulutusteks johtuvalt mingist keskkonnamõjust, kuna see tingib ühisveevarustuse lahenduse sobimatuse ja tehtud investeeringute raiskumineku.

Põhjaveeuuringute teave on omavalitsustes ja keskkonnanaloometis. Põhjaveealade olema-soluga arvestatakse planeeringutes. Põhjaveekasutaja peab olema kursis põhjaveele mõjuva-test riskiteguritest ja tal on kohustus seirata oma veevõtu mõju.

Keskkonnajärelevalve on suuteline hindama veevõtust tulenevaid keskkonnaaspekte/riske.

Keskkonnanaloomet võib veevõtuloa taotluse põhjal kinnitada **veehaarde veekaitsevööndi** (*protection zone*) tervisekaitse või põhjavee puhtuse säilitamise põhjustel. Kui veekaitsevöönd kellegi huve ei kahjusta, tehakse see keskkonnanaloometi lihtmenetlusena.

Veekaitsevööndite mõningate piirangute rakendamise tõttu on makstud veevõtja poolt kom-pensatsioone, mistõttu tehti aastatel 1960 - 1980 veekaitsevööndid minimaalses suurus. Veekaitsevööndis piirati tegevusi, mis põhjustasid ohtu põhjavee kogusele ja kvaliteedile.

Kui veekaitsevöönd on määratud, tuleb vastavaid nõudeid täita ka ajal kui veekaitsevööndist tekkinud riive kolmas osapool taotles muudatust veekaitsevööndi osas. Põhjavee üldist reos-tumiskeeldu käsitletakse ka nii, et kompensatsioone veekaitsevööndi eest pole vaja olnud iga-kord maksta.

Veekaitsevööndis ei saa ilma keskkonnanaloometi nõusolekuta olla püasutatud elamuid, ladu-sid, mahuteid, kanalisatsioonitorustikke ja ettevõtteid, kust võivad pääseda põhjavette veekvaliteeti muutvad reoained. Veekaitsevööndis ei tohi teha tegevusi, mis ka õnnetusjuh-tumi tagajärjel võiksid halvendada võetava vee kvaliteeti.

Varasematel aastatel on veekaitsevööndit jagatud lähi⁶⁹- ja kaugvööndiks. Praegu on reosta-mine keelatud kogu veekaitsevööndis ja olemasolevad lähi- ja kaugvööndid on vaid spetsialis-tidele kasutamiseks, neid ei esitata avalikkusele mõeldud joonistel [25].

Veekaitsevöönditele lisaks kasutatakse **veekaitsekava**, mille üldine eesmärk on sama kui vee-kaitsevööndil, kuid nõuete täitmine on vabatahtlik, kohustuslik vaid Veepoliitika Raamdirek-tiivi järgsetel põhjavee kaitsealadel.

Erinevalt veekaitsevööndist pole veekaitsekava seega veevõtupõhine ja keskkonnanaloomet ei kinnita seda. Veekaitsekava on juhendiks nii ametnikele kui põhjavee esinemisalal tegutseja-tele (maakasutuse planeerimisel, keskkonnanaloomade käsitlemisel, jäätmekavade koostamisel ja kaevandamisalade väljaandmisel).

⁶⁹ Lähivöönd arvutati bakterioloogilise saastumise ohu järgi, 50-60 ööpäevane teekond

Veekaitsekava koostatakse keskkonnaametnike ja veetootjate ühistööna (kaasatakse kohalik omavalitsus, Maanteeamet, sõjaväeüksused, inimeste ühendused, energiaettevõtted jne). Veekaitsekavas hinnatakse kõiki põhjaveele riskifaktoreid ja kavandatakse meetmed riski vähendamiseks või kõrvaldamiseks. Koostatakse asjaomaste poolte vastav tegevuskava, selle täitmist hinnatakse aastati.

Põhjaveealad, mis on saanud kõrge riskihinnangu on tegevuste rakendamisel esmanimekirjas⁷⁰. Keskkonnaloaametid hindavad põhjaveealade riske, lähtudes seejuures ka Veepoliitika Raamdirektiivi põhjaveekogumite ohustatuse hinnangumetoodikast[24]. Veekaitsekavu tehakse nii riskialustele kui looduslikele põhjaveealadele.

7.3 Põhjavesialueiden kartoitus ja luokitus, 2009 [24]

.... käsitleb põhjaveealade kaardistamist ja klassifitseerimist. Kui mingit riskitoimingut kavandatakse põhjaveealal, võidakse planeerimise ja loamenetluses arvestada põhjaveealast johtuvate tingimustega, vähendamaks põhjavee saastumisohtu.

Veevõtu jaoks olulised(I), veevõtuks sobivad (II) ja muud põhjaveealad (III) pole seadusandluses eristatud, liigitus on keskkonnaloaameti sisene ja kuna see pole ametilik otsus ei saa seda ka kohtus vaidlustada. Vaidlustada saab keskkonnaloade ja planeeringute otsuseid. Seadusandlus kaitseb kogu põhjavett ning keskkonnaloaameti klassifitseeritud põhjaveealadel on kaitsevajadus lihtsalt suurem.

I klassi olulised põhjaveealad on veetõtuks kasutuses või võetakse 20-30 aasta jooksul kasutusse (Eestis ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavad näiteks) või on planeeritud hädalukordade tagavara veevõtualana vähemalt 50 inimese vajadusteks või veevõtuks üle 10 m³/d. I klassi põhjaveeala võidakse muuta II klassi põhjaveealaks, kui sinna pole veehaaret rakendatud või seda pole enam kavas teha või enam vett ei võeta. I klassi oluline põhjaveeala võib hõlmata kogu põhjaveeala või siis veevõtu seisukohalt sellest vajaliku osa. Kuna põhjaveeala kasutatakse või vajadus selle kasutamiseks on selge, siis on vajalikud ka kaitsemeetmed. Kaitsemeetmed on juhtumipõhised.

II klassi veevõtuks sobivad põhjaveealad eristuvad I klassist selle poolest, et neid ei kasutata või pole teada vajadust nende kasutuselevõtuks. Alalt kahe-kolme kaevuga saadav veekogus on üle 100m³/d, moodustuv põhjaveekogus on üle 250 m³/d või ala oleks uuringu järgi sobiv veevõtuks. Taoline ala paikneb sageli liigkaugel veetarbijatest.

III klassi muud põhjaveealad vajavad joogiveeallikana kasutamiseks lisauuringuid veekoguse, veekvaliteedi, reostuse, toorveekäitluse täpsustamiseks. Klassifitseerimata jäetakse alad, mida ei saa joogiveeallikana kasutada ka veepuhastuse rakendamisel.

Soomes tegeletakse eeskätt I ja II klassi põhjaveealadega, neil aladel kavandatava tegevuse võib keelata kui tekib oht põhjavee saastumiseks.

Põhjaveetaset ega voolusuunda ei tohi muuta, kui sellest tuleneb kahjulik mõju veekogusele või kvaliteedile, tekivad raskused veesaamiseks näiteks teistel kinnistutel (veeseadus, Soomes peamiselt kaevandamise mõjul).

⁷⁰ Näitena maantee mõju korral kloriidide kasvatendents või sisalduse on üle 10-25 mg/l kõrgemal looduslikust tasemest.

Keeld pole absoluutne (va saastamiskeeld), loaga võib vett võtta ja ümber suunata, kui sellest saadav kasu ületab võimalikku kahju. Luba ei anta, kui see tekitab ühisveevarustuse jaoks takistusi. Põhjaveealade Veepoliitika Raamdirektiivi järgse seisundihinnangu teevad piirkondlikud keskkonnaloaametid.

7.4 Selvitys pohjavesialueiden rajaamismenettelystä, 2010 [25]

.... selgitab peamiselt Soome seadusandlusest tulenevaid võimalusi ja tutvustab erinevaid sektorite kavades ja juhendmaterjalides käsitletud põhjavee ja selle kaitset puudutavaid aspekte. Põhjaveekaitse (saastamiskeeld) asjad kuuluvad keskkonnaministeeriumile, veekasutuse ja taimekaitseasjad maa ja metsaministeeriumile.

Põhjaveeala uuringu maksumused on 15 000–25 000 EUR/km², kuni 80 000 EUR põhjaveeala kohta, geoloogilise ehituse selgitamine on maksnud 12 000–250 000 EUR põhjaveeala kohta. Kogu Soomes olevat kulutatud 6.3 miljonit EUR 160 põhjaveeala uuringuks.

Üldplaneeringuis käsitletakse põhjaveealadest tulenevaid eesmärgi. Maakasutuses tuleb arvestada ka põhjaveekaitse ja –kasutamisega, arvestades seejuures ka veekogumite hea seisundi saavutamise ja hoidmise nõuet. Põhjaveealad on kõikidel planeeringujoonistel. Üldplaneeringus võib olla peatükk, mis esitab põhjaveealade kaitseks vajalikuks peetavad tingimused. Omavalitsuse planeeringus arvestatakse põhjaveealadega võimaldamaks suurema riskiga tegevused jätta väljapoole põhjaveeala.

Üld- ja kohalikes planeeringute põhjal võib kohalik omavalitsus anda põhjaveealade kaitset puudutavaid korraldusi (*määräyksiä*). Näitena tuuakse, et uued karusloomafarmid peavad paiknema alal, kus ei teki põhjaveereostumise ohtu⁷¹, olemasolevad viiakse ära olulistel põhjaveealadelt.

Veemajanduskava asjade arvestamine keskkonnaloade väljaandmisel on nii vee- kui keskkonnakaitse seaduses. Veemajanduskava ei takista üksiku keskkonnaloa väljaandmist, kui veemajanduskavad meetmed ei johtu just sellest loaandmisest tegevusest. Veemajanduskava veekaitsealad tähendavad kõiki I klassi põhjaveealasid.

Põhjaveeala käsitlevate loa- ja muude taotluste menetlemise käigus määratakse juhtumipõhiselt täpsemad piirangud. Põhjaveealal juba olemasolevate tegevuste korral tuginetakse piirangute osas selle tegevuse põhjustataval riskil põhjaveele, kui tuvastatakse vastav oht. Piirata saab sõnniku ja taimekaitsevahendite kasutamist, kui see on vajalik keskkonnakaitse seaduse täitmiseks.

Omavalitsuse korralduste (*määräyksiä*) abil täpsustatakse keskkonnakaitse seaduse asju kohapealse keskkonna kaitseks, need kehtivad vaid omavalitsuse piires ja ongi omavalitsuste kaupa erinevad. Taoliste korralduste väljaandmine pole omavalitsustele kohustuslik, kui juba rakendades üldiseid nõudeid ei teki keskkonnareostust.

Põhjaveealal olevale põllule võidakse sätestada kaitsevöönd ja selle hooldus või lihtsalt maaviljelus eraldi lepinguga, seda keskkonnatoetuste põhi ja lisameetmetest tõhusamate meetmete rakendamiseks (5-10 aastased lepingud). Leping on riigi ja põllumehe vaheline. Põhjaveeala kaitsevööndite lepinguid on sõlmitud 158, kokku 893 ha. Toetuse suurus arvutatakse kulude ja tulukaotuse põhjal, võidakse maksta ka piirangust tulenevat looduskaitsehüvitist (*luonnonhaittakorvausta*).

⁷¹ Oht on ilmselt uuringuga ikka tõestatud.

Üheks võimaluseks on ka põhjaveealade põllumajanduse eritoetus, kui põllud paiknevad I või II klassi põhjaveealal. Leping võib hõlmata kogu põllu, kui suurem osa põllust on põhjaveealal.

Eritoetuse saamiseks peab maaharija kohustuma täitma toetuse taotluse juurde lisatud kava järgseid meetmeid. Nendeks võivad olla ka väetisekasutuse, maaharimise (küünd ilmselt), taimekaitsevahendite kasutamise piiramine või lõpetamine. Eritoetust ei maksta maaharijale, kui meetmed tulenevad teistest alale rakenduvatest seadusaktidest ja korraldustest (kohaliku omavalitsuse keskkonnakaitseseaduse alused korraldused), seega kui rakendatavast meetmest on juba saadud juba hüvitis või toetus. Eritoetust makstakse kuni 156 EUR hektarile, see pole olnud maaharijatele kuigi atraktiivne.

Soomes on põhjaveealade veekaitsekavadega tegeletud juba enne Veepoliitika Raamdirektiivi jõustumist, veekaitsekava on põhiline veekaitsemeede. Veekaitsekava piirangud pole seadusest otseselt tulenevad, kuid nendega arvestatakse ala maakasutuse kavandamisel. Põhjaveeala veekaitsekava on paljude osapoolte ühistöös koostatud selgitav dokument ja oluliseks peetakse et ka põhjavee mõjutajad oleksid oma võimalikest mõjudest teadlikud. Kohustuslikuks peetakse, et põhjavett mõjutava tegevusega ettevõttel on selgus oma mõjude osas, selleks on koostatud vastavaid juhendmaterjale [26]. Põhjaveeala veekaitsekava võimaldab selgitada ja põhjendada piirangute rakendamise vajalikkust põhjavett mõjutavate tegevuste osas, see on juhend nii ametnikele kui põhjaveealal tegutsejatele (maakasutuse planeerimisel, keskkonnalubade käsitlemisel, jäätmekavade koostamisel ja kaevandamislubade väljaandmisel). Põhjaveealad on kõikidel planeeringujoonistel ja üldplaneeringus võib olla peatükk, mis esitab põhjaveealade kaitseks vajalikuks peetavad tingimused.

Kohalik omavalitsus võib anda keskkonnakaitse seaduse paremaks täitmiseks kohalikke tingimusi arvestavaid keskkonnakaitse korraldusi. Need ei saa puudutada keskkonnanõuet, registreerimisvajaduse ja riigikaitse või piirivalve asju. Kohaliku omavalitsuse keskkonna ja ehitamisvaldkonna ohjes hea elukeskkonna säilitamiseks ja tagamiseks välja antud korraldusi rakendatakse ohu korral ühisveevarustuses kasutatava põhjaveeallikale, üldiste seaduste paremaks täitmiseks. Nende eesmärgiks on täpsustada ja selgitada omavalitsuses olevaid kohustusi ja tavasid keskkonnakaitseks, vähendada riski põhjaveele. Valla korraldustes võib täpsustada kinnistu reovee käitlust, kemikaalide ladustamist, jäätmete paigutamist põhjaveealal jne.

Veehaarde veekaitsevöönd moodustatakse, kui see on vajalik seaduses määratud eesmärkide saavutamiseks. Veehaarde veekaitsevööndid on 220-l veehaardel, ehk vaid 10 % veehaardetest. Enamasti on keskkonnakaitse seaduse põhjavee saastamiskeeldu loetud piisavaks ja seetõttu pole vajadust olnud täiendavate veekaitsevööndite lisandumiseks. Veekaitsevööndi otsuse teeb riigi piirkonnavalitsus, kes teavitab sellest ja seda kordab kohalik omavalitsus oma ametlikes teadaannetes. Veekaitsevööndi piirangud ei saa olla rangemad, kui on vältimatult vajalikud kaitse-eesmärgi saavutamiseks, seetõttu võivad need veekaitsevööndi piires olla erinevad. Veehaarde omanikul või kasutajal on kohustus korvata teise osapoole saamatajäänud tulu, mis johtub täiendavatest piirangutest (kui need ületavad seaduste järgseid). Veetootja on mõningatel juhtudel pidanud maaomanikule kompensatsioone maksma johtuvalt veekaitsevööndist.

Eestis oleks taoline süsteem (eeskätt veekaitsekavad) rakendatav eeskätt maapinnalähedase põhjaveevaru kaitseks aladel, kus põhjavesi on kaitsmata või nõrgalt kaitstud (näiteks Tapa, Kuressaare Tõlli, Paide, Vasavere, Meltsiveski).

8 Kokkuvõte

Põhjaveevaru aruandes antakse ülevaade veevajadusest, toimunud veevõtust, ala uuritusest ja hüdrogeoloogilistest tingimustest, veekihti mõjutavatest teguritest, põhjavees toimunud muutustest ning prognoositakse põhjaveevaru järgsel veevõtul tekkivaid muutusi veekihis hinnates ka nende muutuste mõju. Põhjaveevaru on vajalik hinnata, et tagada olemasolevate ja kavandatavate veehaarete ning veevarustussüsteemide jätkusuutlikkus neile vajaliku toorvee abil.

Põhjaveevaru aruanne peaks tegevuste loogilise järjekorra põhjal seega sisaldama järgmisi osi (säilitades olulised sisuaspektid, võivad peatükkide järjekord ja nimetused muutuda, kui see aitab kaasa aruande paremale selgusele ja loetavusele):

1. Põhjaveevaru vajadus vaadeldaval alal (sh olemasoleva põhjaveevaru kasutus ja vee erikasutuslubade järgsed veevõtud, taotletava varu otstarve)
2. Piirkonna hüdrogeoloogilised tingimused (sh põhjaveekogumite vajalikus mahus käsitus)
3. Ülevaade varem tehtud uuringutest koos hinnanguga põhjaveevaru uurituse kohta (et koostatav põhjaveevaru aruanne on oma järelduste tegemisel olnud informeeritud kõigist varasemates uuringutes oluliseks peetud põhjaveeaspektidest)⁷²
4. Koostatava põhjaveevaru uuringu raames tehtud tööde kirjeldus
 - 4.1 Olemasolevad veehaarded ja nende seisukord (sh reostusohu, veetasemed, häired veehaarete töös jne)
 - 4.1.1 Veekihi parameetrite määramine/täpsustamine, vajadusel
 - 4.2 Põhjaveevaru uuringu käigus täiendavalt võetavad veeproovid (maht ja määratavad ühendid selguvad eelnevate punktide käigus kogutud põhjavee analüüsist)
 - 4.3 Põhjaveevaru arvutamiseks koostatud põhjaveemudeli kirjeldus (kui alal on olnud eelnev oluline põhjaveevõtt, siis verifitseerimiseks näidata varasemate aastate veevõtu ja veehaarete paigutuse juures mudeli kokkulangevus veetasemete mõõtmistulemustega).
Põhjaveekihi hüdrogeoloogilised parameetrite iseloomustus, sh lamava ja lasuva veepideme hüdrogeoloogilised omadused, rikkevööndite mõju, põhjaveevaru toitumistingimused, põhjaveemudeli ääretitingimuste iseloomustus (sh, pinnaveekogud). Modelleerimisel tuleb arvestada vajadusega käsitleda põhjaveevaru kasutamise mõju hinnangut teistele veehaaretele (sealhulgas üksikmajapidamiste kaevudele), põhjaveekogumitele, ehitistele ja pinnaveekogudele ning üldisele ökoloogilisele seisundile.
5. Põhjaveevaru arvutus
 - 5.1 Veetasemed ja nende muutused, koguseline seisund ning keskkonnamõju põhjaveevaru järgsel veevõtul
 - 5.2 Põhjavee kvaliteet, keemiline seisund (sh vee töötlemise vajadus)
 - 5.3 Ettepanekud veehaarete jätkusuutlikkuse tagamiseks
 - 5.3.1 Soovitused veehaarde kasutuse osas
 - 5.3.2 Seire ettepanekud
 - 5.3.3 Sanitaarkaitseala ja toiteala
vajadusel veeallika riski hinnangu kokkuvõte (tehakse vee-ettevõtte tellimisel)
6. Põhjaveevaru ettepanek

⁷² Peatükid 1-3 on sissejuhatavad konkreetseks põhjaveevaru uuringuks. Nende maht sõltub asukohast ja varasematest uuringutest, nende olemasolul saab kavandada optimaalses mahus põhjaveevaru uuringu vahetute tööde peatükkides 4 ja 5 tehtavad tööd.

Põhjaveearu aruannet illustreeritakse vastavate asjakohaste joonistega. Põhjaveearu hindamisel tuleb määrata ja piiritleda põhjaveearuga ala ulatus geoinfo töötlemist võimaldavas vormis. Enamasti on vajalik ülevaatejoonisel näidata keskkonnalubade järgsed veevõttud kaevude kaupa, vajadusel lisatakse sinna põhjaveearu veekihi vett väljapumpavate karjääride ja kaevanduste piirid ühes nende veekõrvaldusega.

Kui veehaarete seisukorra ülevaatus hõlmab kümneid kaeve, koostatakse ka selle kohta vastav ülevaatejoonis (sh vajadusel lisades sinna ülevaatus käigus mõõdetud veetasemed, seisepunktid). Sobivale ülevaatejoonisele võib kanda ka reostunud alad ja veehaardeid ohustavad potentsiaalsed reostusallikad jne.

Veetasemete osas esitatakse joonised modelleeritud (näidates sealjuures ka põhjaveeseire ja veehaarete seisukorra ülevaatusel mõõdetud veetasemed) ja põhjaveearu järgsel veevõtul kujunevatest veetasemetest (sh veetaseme alanemistest). Põhjaveearu mahus veevõtu mõju esinemisel veest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele tuuakse vastaval joonisel ka nende asukohad.

Põhjaveearu seisukohalt kriitiliste veekeemia komponentide osas esitatakse vastav joonis näidates sellel andmepunkti keskmist sisaldust ja olulisi trende. Põhjaveearu seisukohalt mitme kriitilise komponendi olemasolul esitatakse need vajadusel ka vastaval koondjoonisel, kui säilib selle arusaadavus ja loetavus.

Väheste kaevude korral võib eelpoolloetletud jooniste informatsiooni esitada kombineeritult ühel joonisel, säilitades seejuures edastatava informatsiooni arusaadavuse ja loetavuse. Koostatud ülevaatejooniste juures tuleb näidata ka vastava veekihi põhjaveearuga ala.

Kõik joonised tuleb esitada jooniste eesmärgipärast kasutamist võimaldavas mõõtkavas (tekstisiseselt A4 või A3 paberiformaadil⁷³), et asjakohaselt, loetavalt, piisava resolutsiooniga ja arusaadavalt oleks parimal võimalikul moel esitatud nende jooniste mõte.

Spetsiifiliste põhjavee mudelprogrammide väljatrükkide kasutamisel (enamasti sobivad need põhjavee mudeli kirjeldustesse) tuleb arvestada, et need peavad olema loetavad ja arusaadavad ka vastava mudelprogrammi oskusteta.

Kui põhjaveearu aruandes mingi käesolevas juhendis eespool käsitletud peatüki, alapeatüki või selle alalõigu temaatika pole oluline, tuuakse koostatavas põhjaveearude aruandes asjakohased vastavad põhjendused. Selleks, et aruande lugejail oleks üheselt selge, miks selle teema käsitlemine on põhjaveearu aruande seisukohalt ebaoluline (et see temaatika pole lihtsalt unustatud).

Survelise põhjaveekihi põhjaveearu ümberhindamisel varu kasutusaja lõppemise tõttu võib põhjaveearu hindamise mahtu vähendada, kui põhjaveevõtul ei ole põhjaveearuga alal veetaseme ega kvaliteedi probleeme ilmnenud ning kavandatav põhjaveevõtt on alal olnud põhjaveearust väiksem. Tarbija puudumisel kantakse liigne põhjaveearu keskkonnaregistri arvestusest maha ja arhiveeritakse.

⁷³ Aruande elektroonilisteks lisadeks olevad joonised võivad olla ka suuremal elektroonilisel paberil

9 Kasutatud kirjanduse loetelu

1. Põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kriteeriumite ja metoodika väljatöötamine. AS Infragate Eesti, Tallinn 2013.
2. Põhjaveekogumite seisundi hindamine, Hartal Projekt OÜ, Tallinn 2014.
3. Põhjaveekogumite ohustatust ja halba seisundit põhjustavate koormuste vähendamise meetmeprogramm ja selle tegevused. AS Infragate Eesti, Tallinn 2015.
4. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine ja põhjaveekogumite hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2012.
5. Vee raamdirektiiv, Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2000/60/EÜ, konsolideeritud tekst.
6. Juhend Eesti geoloogiliseks digitaalkaardistamiseks, Maa-Amet, Tallinn 2015.
7. Eesti Põhjavee kasutamine ja kaitse, Põhjaveekomisjon, Tallinn 2005
8. Sirgala, Narva ja Narva II mäeeraldiste lõunaosa geoloogiliste ja hüdrogeoloogiliste uurimistööde aruanne. OÜ Inseneribüroo STEIGER, Tallinn 2015.
9. Rapla linna Uusküla veehaarde rekonstrueerimine, Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi põhjaveearu arvutus Rapla arvestuspiirkonnas. AS Maves, Tallinn 2016
10. Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology. D.J. Poehls and Gregory J. Smith. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2009
11. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. Гавич И.К., Ковалевский В.С., Язвин Л.С. Новосибирск, НАУКА, 1983.
12. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Биндеман Н. Н., Язвин Л. С. Москва, Недра. 1970.
13. Общая гидрогеология. Климентов П.П., Богданов Г.Я. Учебник для вузов. Москва, Недра 1977.
14. Общая гидрогеология. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Учебник для вузов. Москва, Недра, 1988.
15. 15. Гидрогеология. Под ред. В. М. Шестакова и М. С. Орлова. - Москва, МГУ, 1984.
16. AS Võru Vesi poolt Võru linnas kasutatavate põhjaveearude ümberhindamine, OÜ Ringtale, Tartu 2015
17. Поиск и разведка подземных вод для крупного водоснабжения. Методическое пособие. Недра, 1969.
18. Harjumaa Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi veekihtide Harku, Jõelähtme, Viimsi, Saku valdade ning Tallinna (välja arvatud Nõmme ja Lasnamäe linnaosa) ja Maardu linna põhjaveearude ümberhindamise uuring. AS Maves, Tallinn, 2016
19. Pohjaveden virtauksen mallintaminen. Ympäristöopas. Mikko Seppälä ja Sirkku Tuominen. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki 2005.
20. Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk, TLÜ Ökoloogia Instituut, Tallinn 2015

21. Tallinna Ordoviitsiumi-Kambriumi Lasnamäe ja Nõmme kinnitatud põhjaveevarude ümberhindamise uuring. AS Maves, Tallinn, 2015.
22. Põhjavee keemiline modelleerimine Cm-V põhjavees Ida- Virumaal. Tartu Ülikool, Geoloogia osakond, Koostanud: A. Marandi, Tartu 2009.
23. Pohjavesitutkimusopas. Käytännön ohjeita. Toimittanut Timo Kinnunen. Suomen vesi-yhdistys, 2005.
24. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus, ympäristöopas. Ritva Britschgi, Merja Antikainen, Maria Ekholm-Peltonen, Vesa Hyvärinen, Esko Nylander, Petri Siiro ja Tapani Suomela. Suomen ympäristökeskus, 2009.
25. Selvitys pohjavesialueiden rajaamisen menettelystä. Toimittanut Minna Hanski. Suomen ympäristö 7, Ympäristöministeriö 2010.
26. Tarkistuslista toiminnanharjoittajien pohjavesiselvitysten hallintaan. Sari Kauppi, Sirkku Tuominen, Taina Nystén, 2015.
27. Kaakkois-Suomen vesienhoidon toimenpideohjelma pohjavesille. 12.11.2009.
28. Pohjavesialueet -määrittäminen, luokitus ja suojeleusuunnitelmat. Ritva Britschgi ja Jari Rintala, Suomen Ympäristökeskus 29.11.2016.
29. Joogiveega varustamise turvalisus. Riski- ja kriisijuhtimise juhised. Osa 2: Riskijuhtimine. EVS-EN 15975-2:2013 (inglise keeles).
30. Практикум по динамике подземных вод. Левченко И.И., Фисун И.В. Москва, Недра 2008.
31. В.М. Шестаков, И.П.Кравченко, И.С.Пашковский. Практикум по динамике подземных вод. Москва, МГУ, 1975.
32. Alessio Fileccia Some simple procedures for the calculation of the influence radius and well head protection areas (theoretical approach and a field case for a water table aquifer in an alluvial plain). Acque Sotteranee - Italian Journal of Groundwater (2015).
33. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород, Е.Е.КЕРКИС, Недра 1975.