

PÕHJAVEEKOMISJON

EESTI PÕHJAVEE KASUTAMINE JA KAITSE

TALLINN – 2004

LAIVE ALLIKAS



Sisukord

	SISSEJUHATUS	5
1	MIS ON PÕHJAVESI	5
1.1	PÕHJAVESI VEERINGES	6
1.2	PÕHJAVEE LIIKUMINE	12
2	PÕHJAVEEKIHID EESTIS	14
3	PÕHJAVEE KEEMILINE KOOSTIS	22
4	PÕHJAVEEVARU	28
4.1	PÕHJAVEE KASUTAMINE	29
	<i>Kvaternaari põhjaveekihid (Q)</i>	31
	<i>Ülem–Devoni põhjaveekihid (D₃)</i>	31
	<i>Kesk–Devoni põhjaveekihid (D₂)</i>	32
	<i>Kesk–Alam–Devoni põhjaveekihid (D₂₋₁)</i>	32
	<i>Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekihid (S–O)</i>	33
	<i>Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjaveekiht (O–Cm)</i>	33
	<i>Kambriumi–Vendi põhjaveekihid (Cm–V)</i>	34
	<i>Mineraalvesi</i>	37
5	PÕHJAVEE KAITSE	39
5.1	ÕIGUSLIKUD PÕHIMÕTTED	39
5.2	PÕHJAVEE HULGA SÄILITAMINE	41
	<i>Põhjaveevõtt veehaaretel</i>	42
	<i>Põhjavee ärajuhtimine mäetöödel ja kuivendamisel</i>	42
	<i>Maaparandus</i>	44
	<i>Mõju ökosüsteemidele</i>	45
5.3	INIMMÕJU PÕHJAVEE KVALITEEDILE	47
	<i>Põhjavee reostus õlisaaduste ja fenoolidega</i>	48
	<i>Maavarade kaevandamine ja sulfaatreostus</i>	50
	<i>Põllumajanduse mõju põhjaveele</i>	51
	<i>Põhjavee koostise muutused veehaarete töötamisel</i>	55
5.4	PÕHJAVEE KVALITEEDI SÄILITAMINE	56
	<i>Põhjavee kaitstus</i>	56
	<i>Sanitaarkaitsealad</i>	59
	<i>Nõuded kaevule</i>	61
	<i>Karsti ja allikate kaitse</i>	62
	<i>Põhjavee kaitse Pandivere kõrgustikul</i>	67
5.5	REOSTUNUD PÕHJAVEE TAASTUMISE VÕIMALUSED	69
	<i>Põhjavee isepuhastumine</i>	69
	<i>Põhjavee puhastamine</i>	70
6	PÕHJAVEE KASUTAMISE TULEVIK	72
7	PÕHJAVEEGA SEONUVAID MÕISTEID	75

Joonised

<i>Maapinnalähedane (enamasti vabapinnaline) ja survealine põhjavesi</i>	6
<i>Vee ringkäik looduses</i>	7
<i>Netoinfiltratsioon ja põhjavee äravool jõevõrku peegeldavad põhjavee toitumist ..</i>	8
<i>Põhjavee toitumise aastasisene jaotus, oktoober 1994 kuni september 1995</i>	8
<i>Põhjavee moodustumine</i>	9
<i>Veeand sõltub pinnase poorsusest</i>	10
<i>Maapinnalähedase põhjavee temperatuuri ja veetaseme muutused Tapal</i>	11
<i>Vabapinnalise põhjavee liikumine</i>	12
<i>Vee tegelik liikumiskiirus sõltub vett sisaldava pinnase poorsusest</i>	13
<i>Põhjavee liikumine puurkaevu</i>	14
<i>Kvaternaari veekihtide põhjaveekogumid</i>	15
<i>Põhjaveekihtide ja veepidemete paiknemine</i>	16
<i>Devoni veekihtide põhjaveekogumid</i>	17
<i>Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide põhjaveekogumid</i>	18
<i>Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi levik põhjaveekogumina</i>	19
<i>Kambriumi–Vendi veekihtide levik maismaal põhjaveekogumitena</i>	20
<i>Süsihappegaasi, vesinikkarbonaadi ja karbonaadi vahetamine vees sõltuvalt pH-st ..</i>	23
<i>Põhjavee keemilise koostise muutus vastavalt sügavuse suurenemisele</i>	24
<i>Suure fluooriooni sisaldusega mandriala Siluri–Ordoviitsiumi veekihtides</i>	25
<i>Baarium Kambriumi–Vendi veekihtides Ida–Virumaal</i>	25
<i>Efektiivdoos Kambriumi–Vendi põhjavee joogiveena kasutamisel</i>	27
<i>Veevõtt veehaaretest aastail 1990–2001</i>	29
<i>Veevõtt ja põhjaveevaru on koondunud linnadesse ja alevitesse</i>	30
<i>Maakondade veehaarete põhjaveevaru ja veevõtt</i>	30
<i>Alanduslehtri areng Kambriumi–Vendi veekihtides Paldiski Narva joonel</i>	35
<i>Survetaset ja ainete kontsentratsioone põhjavees saab modelleerida</i>	36
<i>Põlevkivi tootmise mõju Ordoviitsiumi põhjaveekihtide veetasemele</i>	43
<i>Kurtna–Vasavere piirkonnas ristuvad erinevad hviid</i>	45
<i>Kurtna–Vasavere piirkonna hüdrogeoloogiline läbilõige</i>	46
<i>Reostuse levik põhjavette ja kaevudesse</i>	47
<i>Kohtla–Järve tööstusprügila põhimõtteline läbilõige</i>	48
<i>Nitraatiooni kontsentratsiooni kujunemine Pandivere ja Adavere piirkonnas</i>	53
<i>Nitraatide sisaldused nitraaditundliku ala maapinnalähedases põhjavees</i>	54
<i>Põhjavee kaitstuse kategooriad põllumajanduses</i>	58
<i>Põhjavett mõjutav inimtegevus toimub suures osas kaitsmata põhjaveega aladel ..</i>	58
<i>Paide veehaarde arvutatud piirangute vööndid ja situatsioon aastal 2001</i>	60
<i>Puurkaev</i>	61
<i>Tõusu ja langeallikad</i>	63
<i>Allikate kaitseks tuleb vältida veetaseme muutusi ja põhjavee reostumist</i>	66
<i>Tapa lennuvälja reostuskolle ja põhjavee puhastustööde väljakud</i>	70

Fotod

<i>Kohtla–Järve tööstusprügilas johtub suurim oht vanast fuuside järvest</i>	<i>49</i>
<i>Holstre–Nõmme asfaltbetoonitehas, aastal 2003</i>	<i>50</i>
<i>Sõnniku lumme vedamine on veekeskkonnale äärmiselt ohtlik</i>	<i>52</i>
<i>Kügemõisa allikas</i>	<i>64</i>

Tabelid

<i>Eesti põhjavee liigestus</i>	<i>21</i>
<i>Sademetevee keemiline koostis Eestis 1960–75 aastail</i>	<i>22</i>
<i>Eesti olulisemad mineraalvee leiukohad.....</i>	<i>37</i>

SISSEJUHATUS

Põhjavesi on tähtsaim joogiveeallikas. Maapõuest allikatena väljavoolav põhjavesi toidab kuivaperioodidel jõgesid ja aitab säilitada väärtuslikke veelupaiku. Puhas põhjavesi on sama oluline loodusvara nagu nafta või kivisüsi. Eestis on suured puhta põhjavee varud.

Märkamatu rikkusena meenub põhjavesi sageli alles siis, kui kaev on kuivanud, vesi haiseb või igakuine veearve suureneb. Reostatud põhjavesi meenutab pikka aega meie varasemat hoolimatust.

Põhjavee säästlik kasutamine nõuab pidevat hoolt. Tänapäevaks on tööstuspiirkondades ja asustatud aladel reostunud suur osa maapinnalähedastest põhjaveekihtidest. Nende asemel kasutatakse sügavaid põhjaveekihte. Sügavate veekihtide iidne vesi pole aga alati tervislik. Seetõttu peame mõnedes linnades puhast vett kaugemalt juurde tooma.

Hüdrogeoloogia on teadus põhjaveest ja veekihtidest, nende säästlikust kasutamisest ja kaitses, mis eeldab teadmisi mitmes valdkonnas, nagu geoloogia, hüdroloogia, füüsika, keemia, mikrobioloogia, matemaatika ning insenerioskused. Käesolev trükis püüab anda üldise ülevaate põhjavee kasutamisel ja kaitsel vajalikest teadmistest.

Eesti hüdrogeoloogiline uurimine algas 19. sajandi keskpaigas. Tallinnas puuriti endise rannapatarei juurde 1842–1845 esimene süvapuurkaev (91,5 m), millega avastati sinisavi all liivakivis suures koguses surveist põhjavett. Tartus rajati 1908.–1909. a Meltsiveski tiikide lähedusse puurkaevud – neist kaks töötavad tänapäevani.

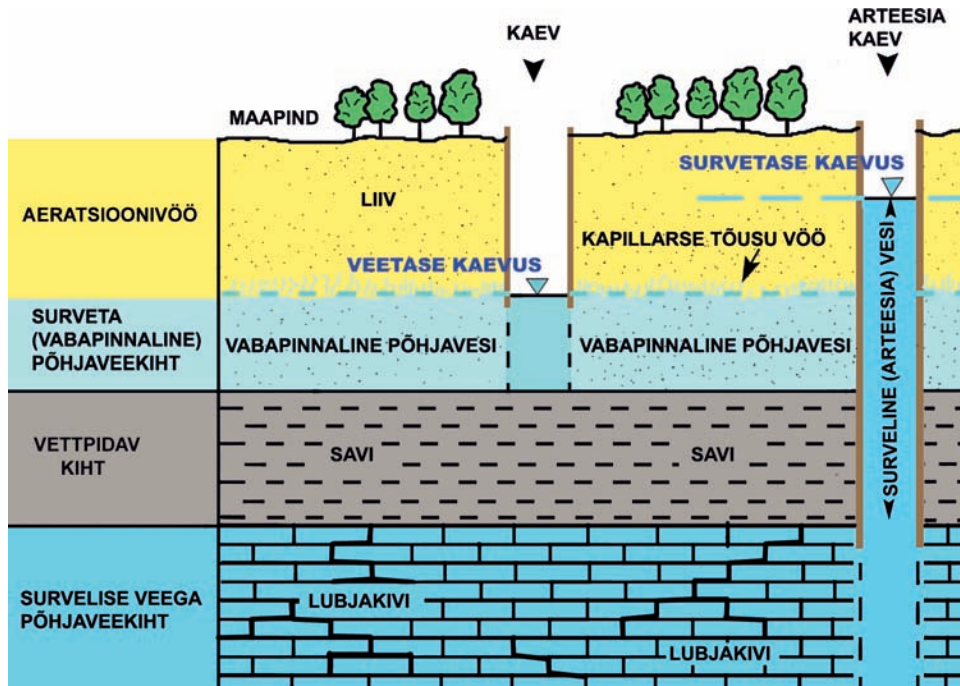
Autorid loodavad, et käesolev raamat aitab säilitada meie esivanemate lugupidamist vee vastu ning täiendab teadmisi, mis on vajalikud hindamatu loodusvara – põhjavee kasutamise korraldamisel.

MIS ON PÕHJAVESI

Põhjavee all mõistetakse maakoore ülaosa kivimite ja setete poorides ja lõheded olevat vett, mis võib liikuda raskusjõu või rõhu toimele. Kui kaevata või puurida vett läbilaskvasse pinnasesse auk, siis täitub see teatud sügavuses veega. Seejärel kaevises stabiliseerunud surveta veetase on põhjaveetase ja sellest allpool pinnases olev vesi on põhjavesi.

Allpool põhjaveetasel on pinnas veeküllastunud (küllastusvöö). Kapillaarjõudude mõjul tõuseb vesi pinnase poorides põhjaveetasemest pisut kõrgemale. Ülalpool

põhjaveetaset, mitteküllastunud kihis, sisaldab pinnas erineval määral vett, kuid seda pole võimalik kasutada (niiskus, seotud vesi, infiltreeruv vesi). Maapinna ja põhjaveetaseme vahele jäävat vahemikku nimetatakse aeratsioonivööks.



Joonis 1 Maapinnalähedane (enamasti vabapinnaline) ja surveiline põhjavesi

Maapinnalähedane põhjavesi on vabapinnaline ja järgib üldiselt maapinna reljeefi, olles madalikel ja orgudes maapinna läheduses, kuid kõrgematel aladel sügavamal. Sel moel peegeldab maapinnalähedase põhjavee pind maapinna reljeefi mõnevõrra madalamal ja “silutud” kujul.

Sügavamal esineb põhjavesi harilikult vettpidavate kihtide vahel ning on seetõttu surveiline. Survelist põhjavett nimetatakse ka arteesiaveeks. Kaevu rajamisel surveleisse põhjaveekihti tõuseb veetase kaevus tunduvalt kõrgemale vettandva pinnase lasumissügavusest (joonis 1).

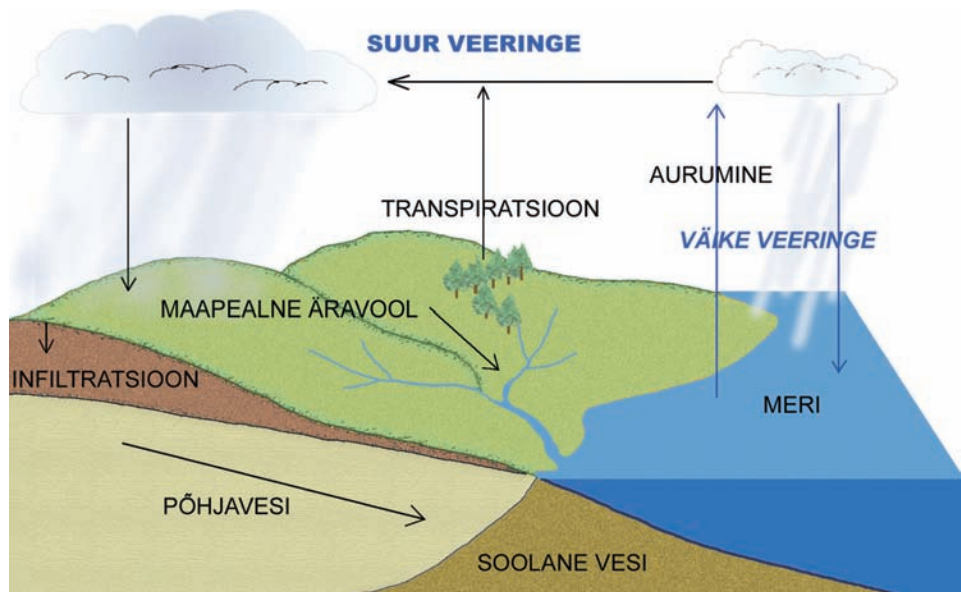
1.1 Põhjavesi veeringes

Veeringe jagatakse tinglikult kaheks: väike veeringe ja suur veeringe (joonis 2). Väike veeringe hõlmab atmosfääri ja hüdrofääri – mere pinnalt auruv vesi langeb sademetena otse merre.

Suur veeringe hõlmab kõiki nelja sfääri (atmosfäär, hüdrofäär, litosfäär ja biosfäär). Suures veeringes kandub atmosfääris auruna olev vesi õhuvooludega maismaale

ja langeb sademetena alla. Maismaal kasutatavad taimed ja loomad osa vett elutegevuseks ning ülejäänud vesi liigub pinnast ja veekogusid pidi taas merre.

Maapinnale langenud sademete maasse imbunud osa täiendab põhjaveevaru. Et kevad- ja sügisperioodil ülejääv vesi saaks kiiresti maasse valguda, peab põhjaveetasole olema piisavalt sügaval ja maapind hea imamisvõimega. Põhjavesi liigub raskusjõu mõjul kõrgematelt aladelt madalamatele, jõudes filtratsioonivooluna allikatesse, pinnaveekogudesse või merre. Sademetevaesel ajal toimub põhjavee väljavool pinnaveekogudesse kõrgemate alade põhjaveetaseme alanemise arvel. Ilma põhjavee juurdevooluta jõed kuivavad või muutuvad suvel veevaeseks.

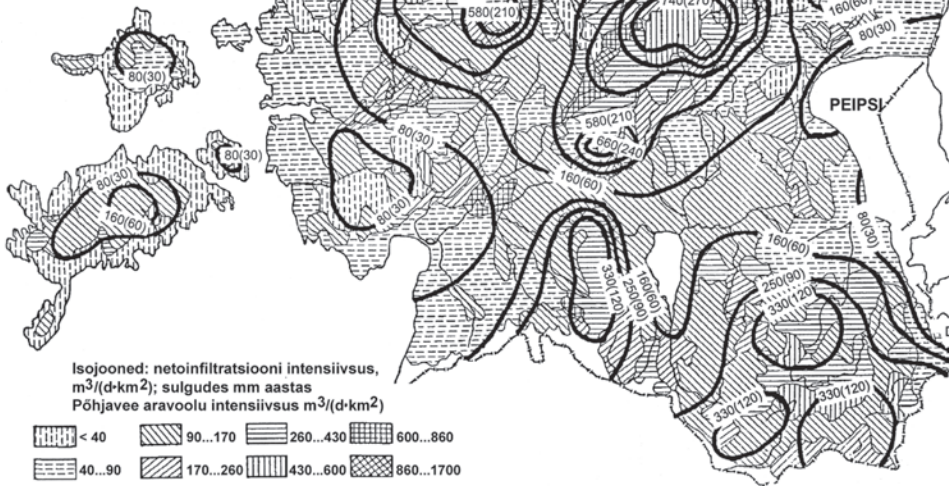


Joonis 2 Vee ringkäik looduses

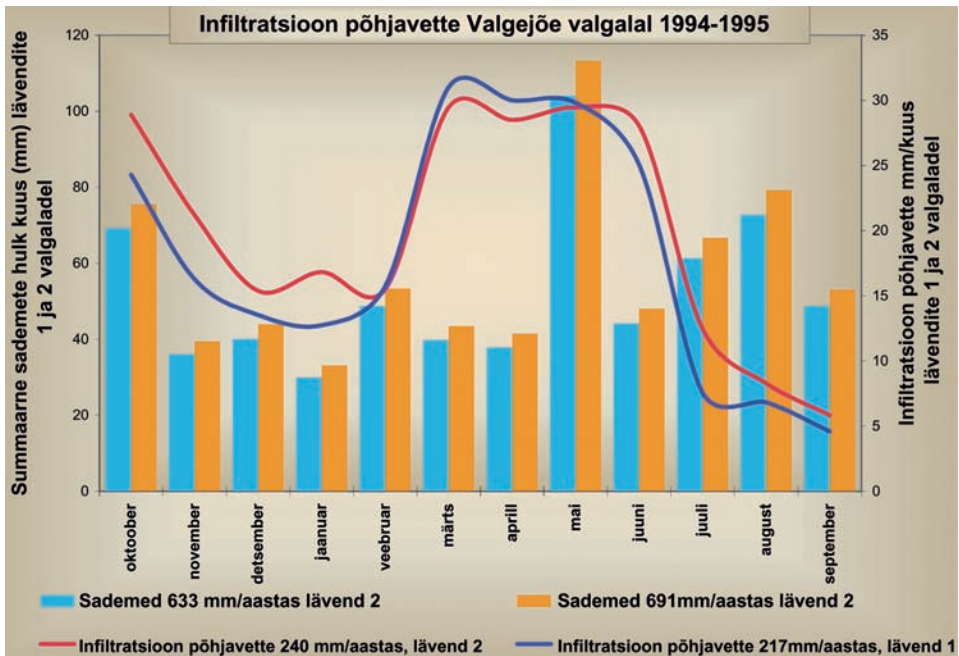
Põhjavee toitumine. Sademete keskmisest aastasummast – 600–800 mm, moodustab pinnavee äravool 260 mm ehk 39%. Sademete hulk on suurem kõrgustikel. Eesti alale langevatest sademetest läheb põhjavee toiteks keskmiselt 70 mm aastas ehk 10%. Infiltreeruva vee arvel kujuneb põhjaveevaru.

Kõige intensiivsem on põhjavee toitumine Pandivere kõrgustikul, ulatudes 200–300 mm aastas, väiksem on põhjavee toitumine Lääne-Eestis ning Võrtsjärve ja Peipsi madalikul ning rabaaladel, jäädes seal vahemikku 0–50 mm aastas (joonis 3). Võrreldes kuivade maadega on liigniisketel aladel (sood, märgalad) põhjavee toitumine väiksem. Oluline on ka taimkatte iseloom. Püsirohumaalt ja eriti metsamaalt on aurumine suurem kui põldudelt. Seepärast on põhjavee toitumisel suur oluline osa põllumaadel ja seal moodustunud põhjavee kvaliteedil.

0 20 40 60 km



Joonis 3 Netoinfiltratsioon ja põhjavee arvool jõeõrku peegeldavad põhjavee tootumist

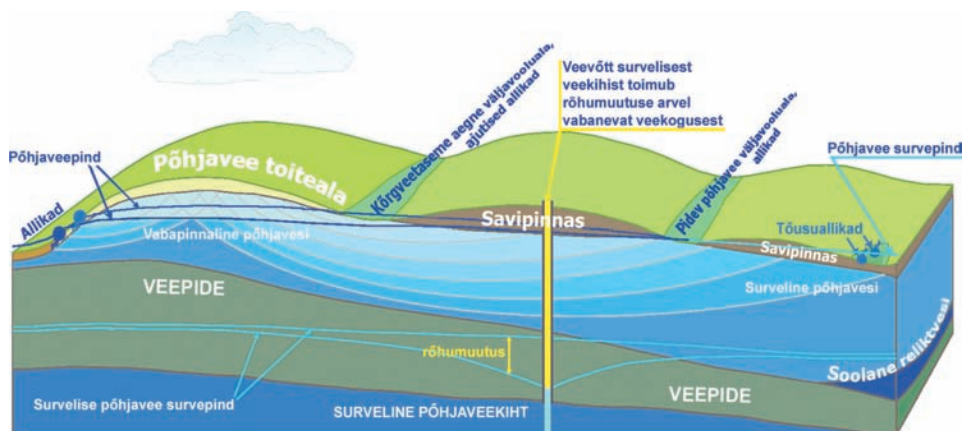


Joonis 4 Põhjavee tootumise aastasisene jaotus, oktoober 1994 kuni september 1995

Intensiivne infiltratsioon põhjavele toimub kevadel, sügisvihmade ja talviste sulade ajal, enim kui külmunud pinnas sulab ning lumesulavesi imbub läbi pinnakatte ning jõuab maapinnalähedase põhjaveeni. Hiliskevadel–suvel ning talvel võib hoolimata sademetest põhjavee toitumine olla väike (joonis 4), enamik sademeveest suveperioodil aurub, talvel aga jääb lumena külmunud pinnasele.

Põhjaveetaseme sesoonse kõikumise muutused ei ületa harilikult 2 m, kuid kõrgustikel ja karstialadel võib amplituud olla suurem. Põhjavesi voolab välja madalamatel aladel, nagu kõrgendike nõlvad ja jõgede orud. Sademetevaesel ajal toimub põhjavee väljavool pinnaveekogudesse veetaseme alanemise arvel. Sel moel on põhjavesi looduses pidevas tsüklilises liikumises (joonis 5).

Veekihid ja veepidemed. Minevikust pärineb arusaam, et vesi liigub pinnases mööda “veesooni”, millele tuleb rajada kaev. Sellist arusaama on võimalik veevarustuse praktikaga siduda veeküllastunud liivasoonte otsimisega moreenpinnases või lõhevööndite ja karstiõõnsustega lubjakivides. Enamik puurkaevudest rajatakse siiski lihtsalt veeküllastunud pooride või lõhedega pinnastesse, kus vesi liigub raskusjõu mõjul kogu kihi ulatuses.

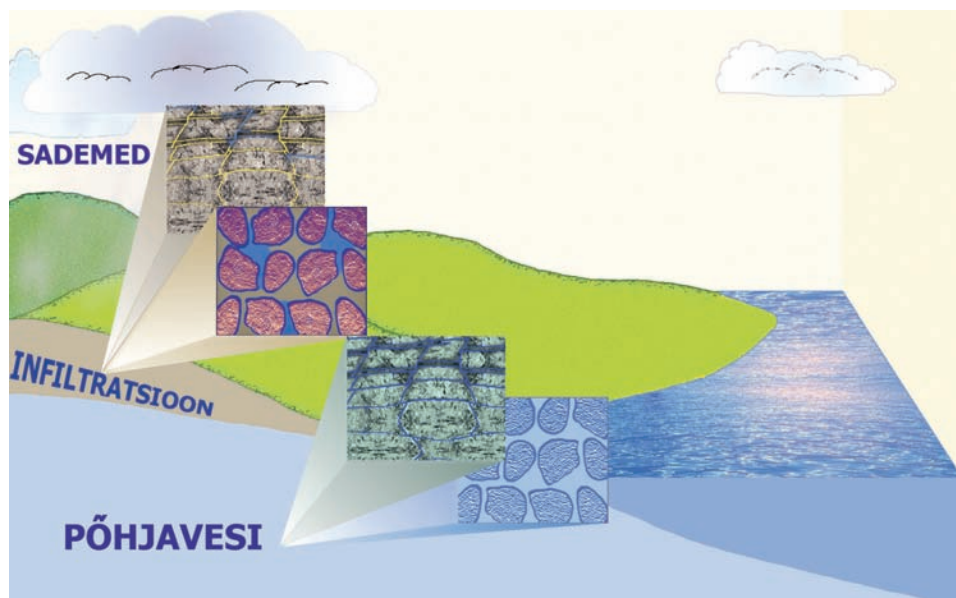


Joonis 5 Põhjavee moodustumine

Kivimite erinevast veejuhtivusest tingituna on maapõues hulk vaheldumisi lasuvaid vettandvaid ja vettpidavaid kihte. Kaevudest suurema veevõtu mõjul tekib põhjavee vaba- või survepinnas lehterjas nõgu ehk alanduslehter (Joonis 5).

Põhjaveekihi moodustab enam–vähem ühtlase litoloogilise ilmega poorsetes kivimites või pinnastes (näit. lubjakivi, liivakivi, liivpinnased) ulatuslikul alal leviv põhjavesi. Eestis levivad põhjaveekihid on hüdrostratigraafilisel põhimõttel jagatud gruppidesse, mida on nimetatud kas veekompleksideks, veeladestuteks või veeladestikeks. Üldiseks kasutamiseks mõeldud materjalides on soovitatav kasutada eestkätt sõnu veekiht ja veekihid. Nii on käesolevas väljaandes ka tehtud.

Veeand. Veeküllastunud kihi veeand oleneb vett sisaldavate pinnaste poorsusest ja selle iseloomust (joonis 6). Pinnas võib küll sisaldada palju vett, kuid põhjaveekihi puhul huvitab meid vee kogus, mis liigub raskusjõu mõjul (veeand). Näiteks turvas ja savi võivad palju vett sisaldada, kuid vesi sealt välja ei valgu. 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. Lubjakivide veeand on sõltuvalt lõhelisusest 0,001–0,02 mahuosa.



Joonis 6 Veeand sõltub pinnase poorsusest

Survelises põhjaveekihis rõhumuutuse tulemusel vabanev veekogus sõltub vee ja vettandvate kivimite elastsusest. Näiteks Kambriumi–Vendi veekihtides on ühikulise rõhumuutuse korral ruumalaühikust vabanev veekogus suurusjärgus 10^{-6} .

Põhjavee temperatuur. Maakoore 10–30 m paksuses ülemises kihis sõltub kivimite ja põhjavee temperatuur õhutemperatuuri aastaringsest kõikumisest. Sügavamal on suhteliselt püsiva temperatuuriga vahemik, millest sügavuse suunas liikudes hakkab kivimite ja põhjavee temperatuur suurenema.

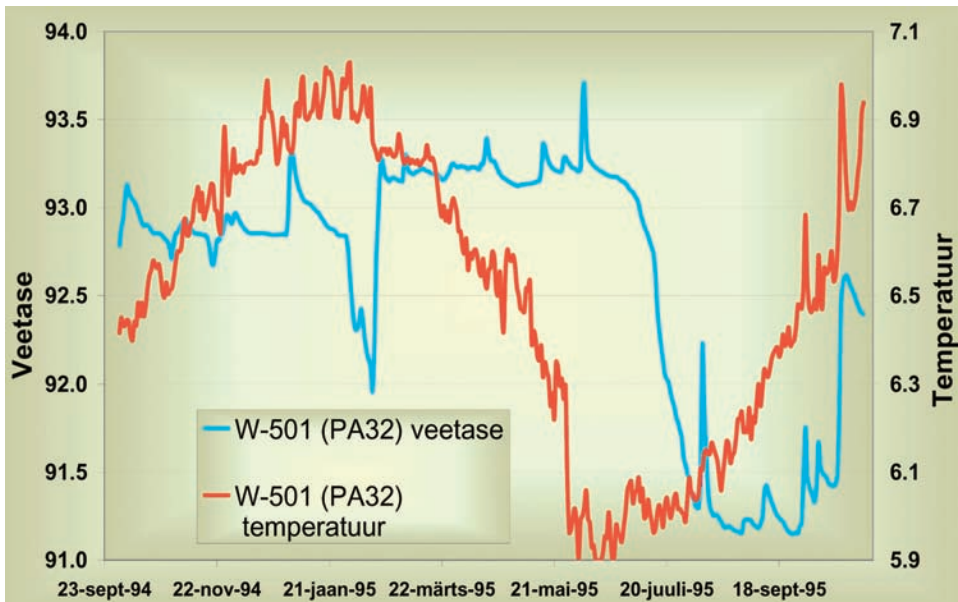
Sügavusvahemikku meetrites, kus kivimite ja põhjavee temperatuur tõuseb ühe kraadi võrra, nimetatakse geotermiliseks astmeks. Kasutatakse ka mõistet geotermiline gradient, mis näitab, mitu kraadi tõuseb maakoore temperatuur sügavamale minnes iga 100 m kohta. Geotermilise gradiendi keskmine väärtus on umbes 3 °C 100 m kohta.

Õhutemperatuuri kõikumisest tingitud põhjavee temperatuuri muutused ulatuvad suuremal osal Eesti territooriumist keskmiselt paarikümne meetri sügavusele, Pandivere kõrgustikul ka kuni 30 m, Lääne-Eestis ja läänesaartel 10–15 m ning Põhja-Eestis vaid 5–11 m sügavusele. Eelnimetatud sügavustest allpool esineb aastaringselt püsiv temperatuur 6–7 °C.

Sügavamal hakkab põhjavee temperatuur tõusma, ulatudes näiteks Pärnu tasandikul 100 m sügavusel püsivalt 9,2–10,2 °C (geotermiline aste selles vahemikus on 33 m, mis on ka maakoore keskmine) ning 200 m sügavusel 10,3–10,6 °C (selles vahemikus on geotermiline aste keskmisest suurem, nimelt 100 m).

Mõnevõrra üllatuslikult on aga Kesk-Eestis 200 m sügavusel temperatuur vaid 8 °C (geotermiline aste ligi 100 m). Seda on seletatud Pandivere kõrgustiku mõjuga, kus teadaolevalt esineb intensiivne põhjavee vool ülalt alla. Kirde-Eestis on 200 m sügavusel settekivimites mõõdetud temperatuuri 14,0–14,5 °C, mis annab geotermilise astme väärtuseks keskmisest väiksema tulemuse, nimelt 25 m.

Eesti alal on kõige kõrgem seni mõõdetud põhjavee temperatuur Kirde-Eestis 200 m sügavusel aluskorra kivimitesse ulatuvas puuraugus ning see on 15–16 °C, mis teeb geotermilise astme väärtuseks kõigest 20–22 m.

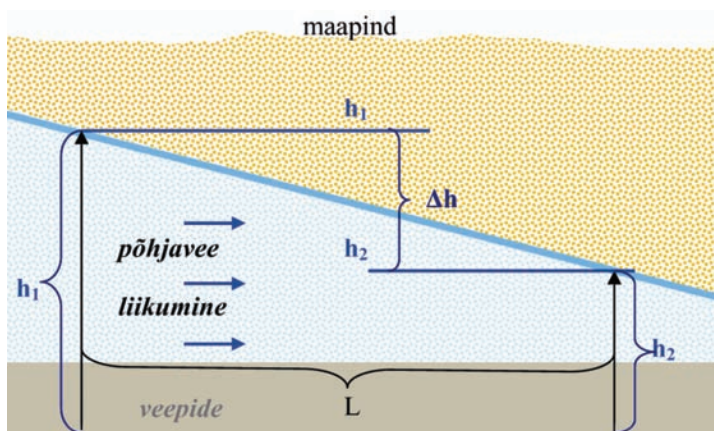


Joonis 7 Maapinnalähedase põhjavee temperatuuri ja veetaseme muutused Tapal

1.2 Põhjavee liikumine

Põhjavesi liigub kõrgema veetasemega toitealadelt madalamatele, järgides veepinna kallet, mida nimetatakse ka gradiendiks. Põhjavee poorses keskkonnas liikumise põhiprintsiibid sõnastas 19. sajandi keskel prantsuse hüdraulik H. Darcy (1803–1858), kes võttis kasutusele mõiste filtratsioonikoefitsient. Darcy seadus kõlab järgmiselt:

põhjavee kogus (Q), mis läbib ajaühikus kivimit, on võrdeline rõhu langusega (Δh) ning veevoolu ristlõike pindalaga (A) ja pöördvõrdeline vee liikumise tee pikkusega (L).



Joonis 8 Vabapinnalise põhjavee liikumine

Valemina näeb Darcy seadus välja nii:

$$Q = kA \frac{\Delta h}{L}$$

Q – vee vooluhulk;

L – vee liikumise tee pikkus;

A – ristlõike pindala;

$\Delta h = h_2 - h_1$ on rõhkude vahe;

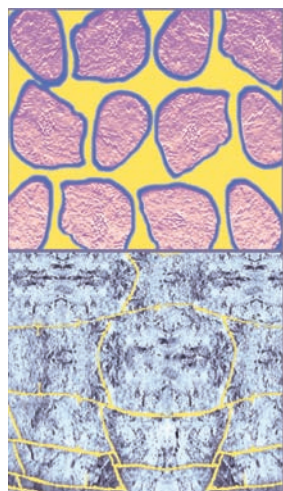
k – pinnase filtratsioonikoefitsient;

$\frac{\Delta h}{L}$ tähistatakse tavaliselt I ja nimetatakse hüdrauliliseks kaldeks ehk gradiendiks.

Savikates pinnastes on vee liikuma hakkamiseks vajalik ületada pinnaseomadustest sõltuv alggradient.

Seega $Q = kI$ ja kI tähistatakse kui filtratsioonikiirust $v=kI$. Filtratsioonikiirus pole tegelik vee voolukiirus kivimikihi poorides ja tühikutes. Selline oleks voolukiirus, kui veevool hõlmaks tervet ristlõiget A . Tegelik vee voolukiirus on filtratsioonikiirus jagatud vett sisaldava kihi efektiivpoorsusega (suhtarvuna väljendatud).

Seega võib tegelik vee liikumiskiirus sama gradiendi juures kordades erineva võrdse filtratsioonikoefitsiendiga pinnastes (joonis 9).



Liivpinnas,
filtratsioonikoefitsient $k=5$ m/d,
efektiivpoorsus(kollane) on 15%

Vee liikumiskiirus lubjakivi lõhes on 10 korda suurem kui liivas. Samades tingimustes levib võimalik reoaine lubjakivides tunduvalt kaugemale ja kiiremini

Lubjakivi,
filtratsioonikoefitsient $k=5$ m/d,
efektiivpoorsus(kollane) on 1,5%

Joonis 9 Vee tegelik liikumiskiirus sõltub vett sisaldava pinnase poorsusest

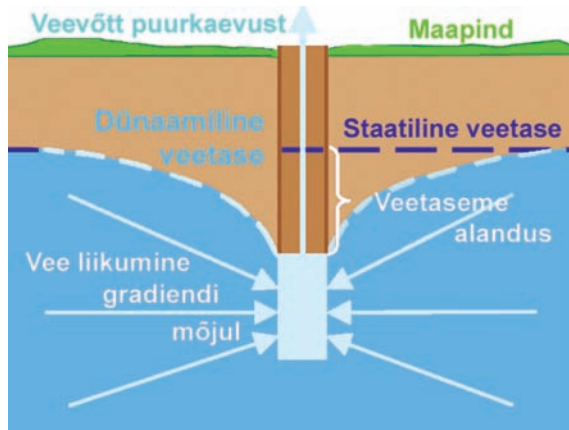
Põhjavee tegeliku liikumise kiirust on vaja teada reostuse liikumise kiiruse hindamiseks. Veepinna levinumad looduslikud kalded Eestis on 0,01–0,001 ja ligikaudne vee tegelik liikumiskiirus erinevates pinnastes on:

- tolmliivas 5 m/aastas;
- peenliivas 20 m/aastas;
- keskliivas 70 m/aastas;
- kruusliivas 250 m/aastas;
- puhtas kruusas 5 m/päevas;
- karstunud lubjakivis üle 100 m/päevas.

Hüdrogeoloogiliste arvutuste (veehaarete mõju, saadavad veekogused jne) juures iseloomustab põhjaveekihi omadusi enim põhjaveekihi veejuhtivus (km), mis on vettandva pinnase filtratsioonikoefitsiendi (k) ja veekihi paksuse (m) korrutis.

Kui võetakse vett, alaneb põhjaveetaseme puuraugu ümbruses ja vesi hakkab hüdraulilise gradiendi mõjul liikuma puuraugu suunas (joonis 10). Põhjavee esialgse taseme ja pumpamise mõjul tekkinud veetaseme vahet nimetatakse alanduseks.

Pumpamise mõjul tekkinud veepinna alanemise piirkonda nimetatakse alanduslehtriks. Alanduslehtri ulatus on seda suurem, mida enam vett veekihist välja pumbatakse.



Joonis 10 Põhjavee liikumine puurkaevu

Veekihti rajatud kaevisesse tulev veekogus sõltub stabiliseerunud veetaseme korral veekihi veejuhtivusest (km) ja veetaseme alandusest (S). Lihtsalt võib oodatavat veekoguse suurusjärku (Q) hinnata järgmise valemi abil: $Q = kmS$, kus S on veetaseme alandus.

Puurkaevu toodang oleneb konstruktsioonist ja filtri materjalist, kaevu töötava osa pikkusest ja paiknemisest veekihis, puurimise meetodist jne. Seepärast määratakse iga konkreetse kaevu toodang ja kasutustingimused proovipumpamisega. Sageli väheneb ajaühikus puurkaevu jõudva vee hulk filtri läbilaskvuse halvenemise tõttu, põhjuseks ummistus liiva või rauaühenditega.

Põhjaveekihi ja kaevu tootlikkuse iseloomustamiseks kasutatakse mõistet erideebet (q), mis on puurkaevu toodangu (Q) ja püsima jäänud alanduse (S) suhe: $q = Q/S$, mõõdetuna $l/s \cdot m$.

2 PÕHJAVEEKIHID EESTIS

Eesti geoloogilise läbilõike aluse moodustab monoliitne aluskord, mis koosneb kristalsetest moonde- ja tardkivimitest. Kohati esineb aluskorra kivimite mõnekümne meetri paksuses ülemises osas lõhesid, kus leidub vähesel määral ka vett (Alam-Proterosoikumi veekiht).

Aluskorral lasub pealiskord, mis koosneb (alt üles) Vendi, Kambriumi, Ordoviitsiumi, Siluri ja Devoni ladestu settekivimitest ning pinnakattest, mille moodustavad Kvaternaari ladestu purdsetted. Põhjavesi esineb kogu Eesti territooriumil. Enamasti on põhjaveekihid maapinna läheduses ja kergesti kättesaadavad. Kulukam on veekihi kasutuselevõtt aladel, kus veekiht asub sügaval vettpidavate setete või kivimite all – nagu kohati Lõuna–Eesti moreenkõrgustikel ja Põhja–Eesti rannikualadel (joonis 12).

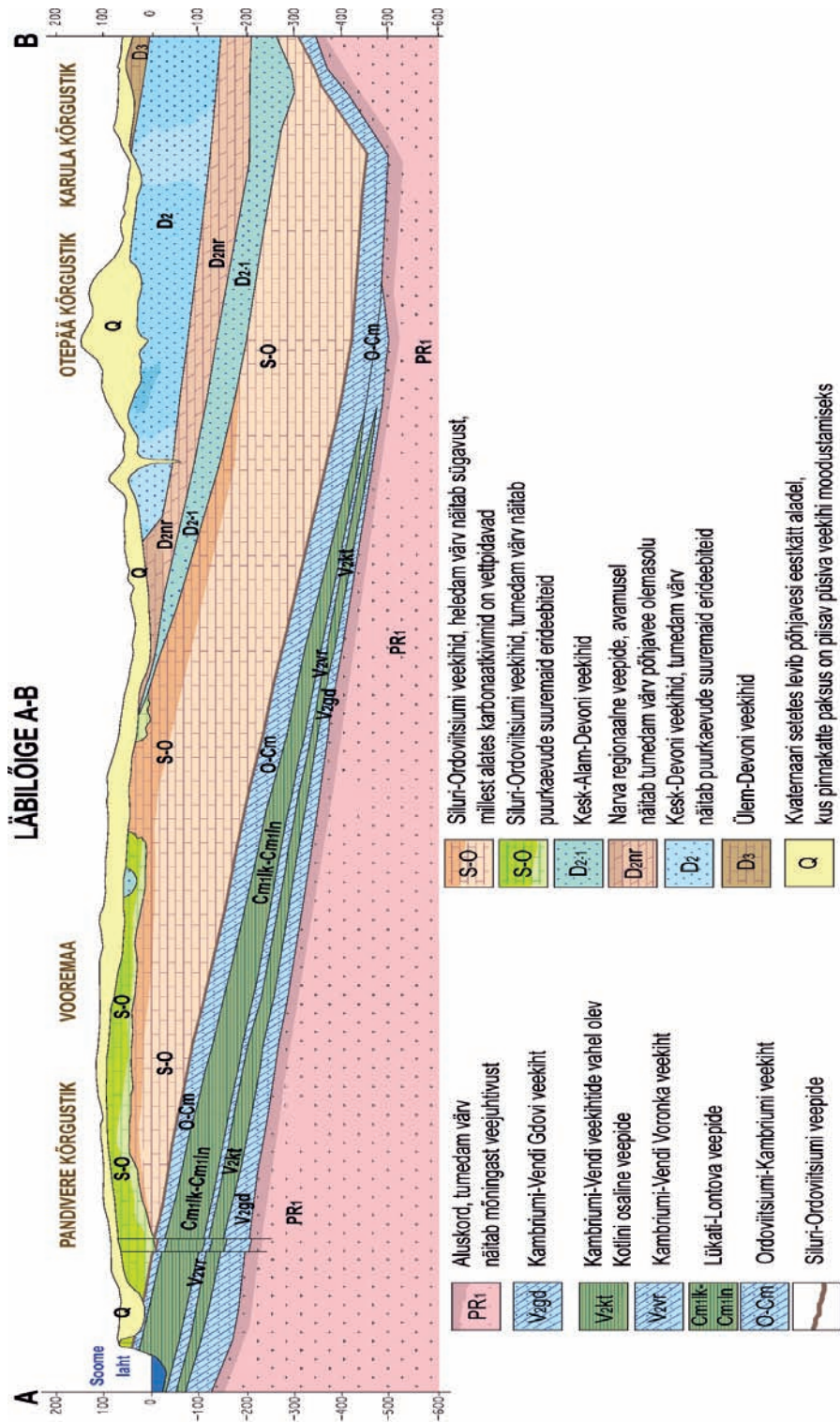
Aluspõhja sette kivimite läbilõikes vahelduvad vettjuhtivad liivakivid ja karbonaatsed kivimid (lubjakivi ja dolomiit) vettpidavate savi, mergli, savika lubjakivi ning monoliitse lubjakivi kihtidega. Liivakivis on vett kogu läbilõike ulatuses, karbonaatkivimite veeand sõltub nende lõhelisusest ja väheneb kiiresti sügavuse suunas. Alates 100–120 m sügavusest on karbonaatkivimid enamasti monoliitsed ja veetud, Lääne–Eestis muutuvad karbonaatkivimid vettpidavaks juba 40 m sügavusest alates. Lõuna–Eestis on sügaval paiknevate veekihtide vesi soolane ja seda kasutatakse mineraalveena.

Veemajanduskavades käsitletakse põhjavett, mida kasutatakse või soovitakse tulevikus joogiveeallikana kasutusele võtta, või mis on mingil muul moel oluline, põhjaveekogumitena. Selline käsitlus hõlbustab regionaalsete põhjavee kasutamise ja kaitse meetmete kavandamist.

Kvaternaari veekihid levivad erineva geneesiga soo–, tuule–, jõe–, mere–, jääjärve–, liustikujõe– ja liustikusetetes. Enamik kasutatavast põhjaveest saadakse liiva ja kruusa levikualadel. Vesi liigub vettandvate setete poorides. Olulisemad Kvaternaari põhjaveekogumid on toodud joonisel 12.



Joonis 11 Kvaternaari veekihtide põhjaveekogumid



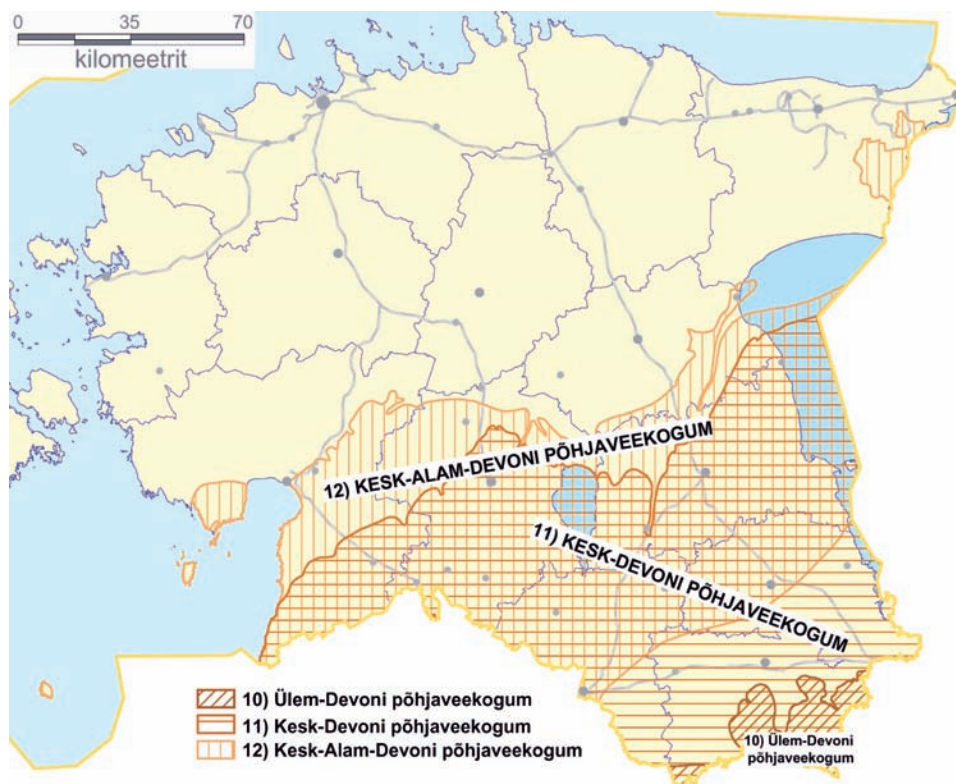
Joonis 12 Põhjaveekihtide ja veepidemete paiknemine

Ülem-Devoni (D_3) veekihtid levivad Eesti äärmises kaguosas Dubniki (D_{3db}) ja Pļaviņase (D_{3pl}) lademe karstunud ja lõhelises dolomiidis ning lubjakivis (joonis 13). Vesi liigub vettandvate kivimite lõhedes. Ülem-Devoni karbonaatkivimite avamusalal leidub karstilehtreid, mille kaudu lumesula- ja vihmavesi jõuab kiiresti sügavamatesse aluspõhjakihitidesse.

Kesk-Devoni (D_2) veekihtid levivad Lõuna-Eestis eeskätt Gauja (D_{2gj}), Burtnieki (D_{2br}) ja Aruküla (D_{2ar}) lademe liivakivis ja aleuroliidis (milledes esineb savi vahekihte ja läätsi). Vesi liigub vettandvate kivimite poorides ja ka lõhedes.

Kesk-Alam-Devoni ($D_{2,1}$) veekihtid levivad samuti Lõuna-Eestis Pärnu (D_{2pr}) ja Rezekne (D_{1rz}) ning Tilže (D_{1tl}) lademe peeneteralises nõrgalt tsementeerunud liivakivis ja aleuroliidis, milles esineb savikaid ja dolomiitse tsemendiga liivakivi vahekihte.

Vesi liigub vettandvate kivimite poorides ja ka lõhedes. Kesk-Alam-Devoni põhjavesi on enamasti survealine, kusjuures survepind ulatub madalamatel aladel kohati üle maapinna, põhjustades kaevudel ülevoolu.



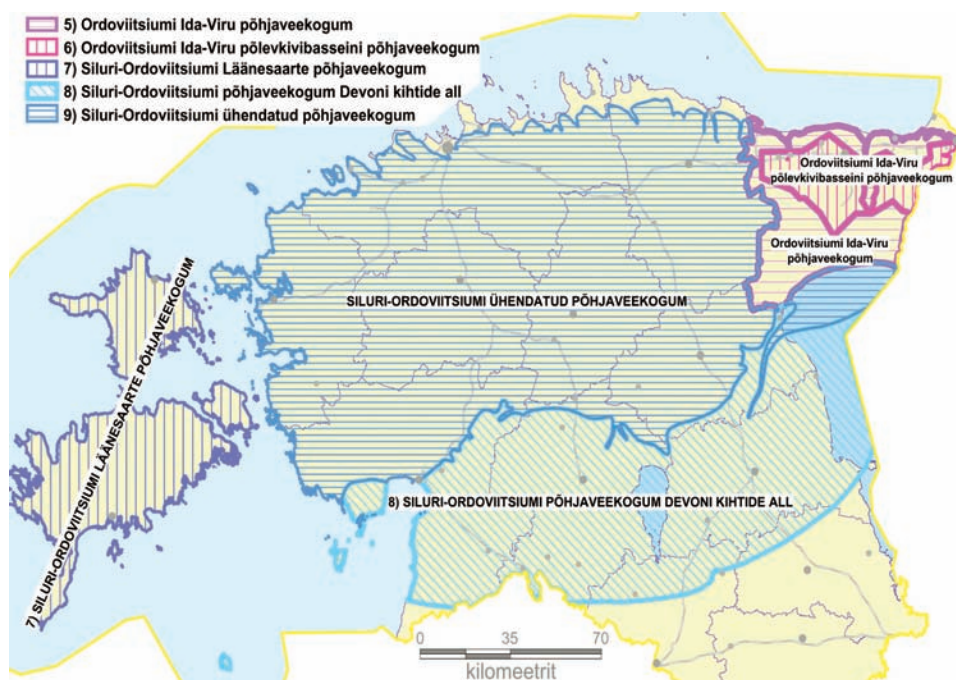
Joonis 13 Devoni veekihtide põhjaveekogumid

Siluri–Ordoviitsiumi (S–O) veekihid on oluliseks veevarustuse allikaks pea kogu Eestis (joonis 14). Põhjavesi levib Siluri ja Ordoviitsiumi ladestu lubjakivis ja dolomiidis, milles esinevad savikama koostisega vahekihid.

Karbonaatkivimite kuni 30 m paksune ülemine osa on lõheline ja karstunud ning põhjavesi liigub lõhedes. Sügavamal kui 100–120 m kivimi lõhelisus väheneb ning praktiliselt pole seal ka vett.

Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekihtid toituvad avamusalal sademeveest ja võivad kergesti reostuda, eestkätt õhukese pinnakattega aladel.

Madalamatel aladel on Siluri–Ordoviitsiumi põhjavesi survealine, kusjuures survetase võib kõrgustike jalamil ja jõeorgudes ulatuda 0,5–2 m võrra üle maapinna. Paljudes kohtades voolab Siluri–Ordoviitsiumi põhjavesi ka allikatena maapinnale.



Joonis 14 Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide põhjaveekogumid

Ordoviitsiumi–Kambriumi (O–Cm) veekihi põhjavesi levib peaaegu kogu Eestis Alam–Ordoviitsiumi Pakerordi lademe (O₁pk) ja Alam–Kambriumi kihistute liivakivis ja aleuroliidis.

Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi põhjavesi puudub Põhja–Eestis klindieelsel rannikumadalikul ja kohati Lõuna–Eestis. Veekihi põhjavesi on maapinnalt lähtuva reostuse eest kaitstud. Vesi liigub vettandvate kivimite poorides ja ka lõhedes.

Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi põhjavesi on oluliseks ühisveevarustuse allikaks Põhja–Eestis, seda veekihti kasutati ka Pärnus, Viljandis ja Tartus. Lõuna pool on vesi soolane ja ei leia joogiveeallikana kasutust (joonis 15).

Värskas villitakse Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi veest Värsksa mineraalvett.



Joonis 15 Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi levik põhjaveekogumina

Kambriumi–Vendi (Cm–V) põhjaveekihid levivad Kambriumi ja Vendi ladestu terrigeensetes kivimites üle kogu Eesti (joonis 16) sealhulgas ka mere all Soome lahe lõunaosas.

Lääne pool Rakvere–Põltsamaa–Otepää joont moodustab Lontova (Cm₁ln), Voronka (V₂vr) ja Gdovi (V₂gd) kihistu liivakivis ja aleuroliidis leviv põhjavesi ühtse Kambriumi–Vendi veekihi.

Rakvere–Põltsamaa joonest ida pool aga jaotab 20–40 m paksune Kotlini aleuroliidist ja savist koosnev veepide (V₂kt) Kambriumi–Vendi veekihid kaheks eraldi põhjaveekihiks: üleval Voronka veekiht (V₂vr) ja all Gdovi veekiht (V₂gd).

Kambriumi–Vendi põhjavesi on hästi kaitstud maapinnalt lähtuva reostuse eest. Põhjavesi on surveine. Vesi liigub vettandva liivakivi ja aleuroliidi poorides ja kohati ka lõhedes. Mattunud orgude läheduse on Kambriumi–Vendi veekihtide vesi moodustunud jääajal Eesti ala katnud mandrijää sulamisveest ja tänapäeva sademete infiltratsiooniveest. Mattunud orgudest kaugemal on vesi kümneid kordi vanem.

Kui teised Eesti põhjaveekihid toituvad infiltreeruvast sademeveest, karstiveest ja lasuvate aluspõhjakihtide infiltratsiooniveest, siis Kambriumi–Vendi veekihtide

toitumisel on määrav osa mattunud orgude veel ja vee juurdevoolul Soome lahe põhjasetetest aladel, kus veetaseme survepind on allpool merepinda.



Joonis 16 Kambriumi–Vendi veekihtide levik maismaal põhjaveekogumitena

Alam–Proterosoikumi veekiht (PR_1) hõlmab aluskorra mõnekümne meetri paksuse pealmise osa, kus moonde- ja tardkivimite lõhedes leidub vähesel määral soolakat või soolast vett, kohati esineb vett ka kristalsete kivimite peal olevas murenemiskoorikus. Selle veekihi vett veearustuses ei kasutata.

Alljärgnevalt on toodud tabel, mis kajastab Eesti hüdrostratigraafiat ja annab olulisemate veekihtide ning veepidemete üldise iseloomustuse.

Tabel 1 Eesti põhjavee liigestus

Põhjaveekihtid ja veepidemed	Vettandvad kivimid, täpsustavad nimetused	Valdav paksus, (m)	Veetase maapinnast, (m)	Filtratsiooni-koefitsient, m/ööpäevas	Eri-deebit, (l/s•m)	Mineraalsus, (g/l)
Kvaternaari (Q),	Detailsemalt liigestatav vastavalt setete geneesile. Liivpinnastes moodustub arvestatav veekiht, savipinnased on vettpidavad.	2–50	0,1–15	0,3–30 liivpinnas, 0,1–0,0001 savipinnas	<0,1–10 liivpinnas	0,05–0,4
Ülem-Devoni (D ₃),	Dubniki ja Plavinase lademe dolomiit ja mergel (D ₃ db–D ₃ pl)	17–25	3–8	1–50	0,3–3	0,2–0,6
Snetnaja Gora–Amata veepide (D ₃ sn–D ₂ am): Amata lademe ja Plavinase lademe Snetnaja Gora kihistu aleuroliit savi vahekihtidega		8–10				
Kesk-Devoni (D ₂)	Gauja, Burtnieki ja Aruküla lademe liivakivi ja aleuroliit D ₂ gj–D ₂ ar), tuntud ka kui Tartu veekompleks	50–250	1–20	1–3	0,3–2,0	0,3–0,5
Narva regionaalne veepide (D ₂ nr): Narva lademe savikas aleuroliit, domeriit mergel ja savi. Avamusalal annab Narva lade kohati vett ja kuulub siis Kesk–Alam–Devoni veekihti		40–100		10 ⁻⁴ –10 ⁻⁵		
Kesk–Alam–Devoni (D ₂₋₁)	Pärnu, Rezekene ja Tilze lademe liivakivi ja aleuroliit, tuntud ka kui Pärnu veekiht (D ₂ pr–D ₁ tl). Kasutusel koos Siluri veekihtidega moodustab Kesk–Alam–Devoni–Siluri veekompleksi	30–80	1–30	2–5	0,3–2	0,3–0,5
Siluri–Ordoviitsiumi S–O Piirkonniti ka Siluri või Ordoviitsiumi	Siluri ja Ordoviitsiumi ladestu lubjakivi ja dolomiit	10–200	2–25	1–50 (5–8)	2–8	0,3–0,7
Silur–Ordoviitsiumi regionaalne veepide: Volhovi (O ₁ vl), Latorpi (O ₁ lt), Varangu (O ₁ vr) ja Pakerordi (O ₁ pk) lademe lubjakivi, mergel, aleuroliit, savi ja argilliid		3–15		10 ⁻⁴ –10 ⁻⁶		
Ordoviitsiumi–Kambriumi (O–Cm, ka O–Cm ja O–C)	Alam–Ordoviitsiumi Pakerordi lademe (O ₁ pk) ning Alam–Kambriumi ladestiku (Cm ₁)liivakivi ja aleuroliit	20–60	2,5–50	1–3	0,1–0,5	0,3–0,5
Lükati–Lontova veepide (Cm ₁ lk–Cm ₁ ln), tuntud kui Lontova veepide: Alam–Kambriumi ladestiku Lükati ja Lontova kihistu aleuroliit ja savi		40–70		10 ⁻⁶ –10 ⁻⁷		
Kambriumi–Vendi (Cm–V, ka Cm–V, C–V)	Alam–Kambriumi ladestiku alumises osas on ka vettandvat liivakivi, mille vesi kuulub Kambriumi–Vendi veekihti	20–50	5–80	2–5	0,3–2	0,3–0,6
	Vendi ladestu Voronka kihistu (V ₂ vr) liivakivi ja aleuroliit					
	Kottlini veepide (V ₂ kt). Vendi ladestu Kottlini kihistu aleuroliit ja savi moodustavad Ida–Eestis püsiva veepideme	20–40			10 ⁻⁶ –10 ⁻⁷	
	Vendi ladestu Gdovi (V ₂ gd) kihistu liivakivi ja aleuroliit	40–70	30–100	5–6	0,5–5	0,5–0,7
Alam–Proterosoikumi (PR ₁)	Aluskorra murenemiskoorigu ja lõhelise vööndi põhjavesi	20–50				4–20

3 PÕHJAVEE KEEMILINE KOOSTIS

Sademe osa põhjavee koostise kujunemisel. Vihm ja lumi sisaldavad samu ioone, mis esinevad pinna- ja põhjavees: kaltsium-, magneesium-, vesinik-karbonaat-, naatrium-, kaalium-, kloriid-, sulfaat-, nitraatiooni jt.

Naatrium-, kaalium- ja kloriidioon, osaliselt ka sulfaatioon satuvad atmosfääri merelt õhku paisatavate veepiiskadega. Kaltsium-, magneesium- ja karbonaatioon satuvad atmosfääri koos tolmuga. Valdav osa atmosfääris leiduvast sulfaat- ja nitraatioonist on paisatud atmosfääri tööstusheitmetega, milleks on tehaste suits ja muud gaasilised ning tahked heitmed. Lämmastikuühendid satuvad atmosfääri põllumajandustootmise kõrvalproduktina ja nitraatioon moodustub atmosfääri alumistes kihtides õhulämmastiku (N_2) ja osooni (O_3) ühinemisel. Eelmise sajandi keskosa sademevee koostis on toodud tabelis 2.

Tabel 2 Sademevee keemiline koostis Eestis 1960–75 aastail

Sademed	Komponentide sisaldus, mg/l*								
	Mineraalsus	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
Lumi (12 proovi)	6,4–34,6	0,2–8,0	0,0–1,0	0,0–2,5	0,3–1,2	0,0–23,2	0,0–15,8	0,7–6,0	0,0–4,0
	18,2	3,5	0,4	0,9	0,6	8,2	4,9	2,0	1,4
Vihm (21 proovi)	4,8–45,5	0,2–7,4	0,1–3,7	0,0–5,5	0,0–3,7	0,0–35,0	2,3–10,5	0,5–5,5	0,0–8,0
	31,5	4,1	1,5	3,0	1,4	17,1	4,5	4,8	3,0
Keskmine	23,0	3,7	0,8	1,7	0,9	11,2	4,6	3,0	2,0

*Ülal sisalduse piirid, all keskmine sisaldus

Riikliku keskkonnaseire andmetel oli 2003 aastal sademevee keskmine koostis vaatluspunktides järgmine: kloriidiooni sisaldus 0,4–2,1 mg/l; nitraatiooni sisaldus 1,3–2,3 mg/l; sulfaatiooni sisaldus 3–8 mg/l.

Sademe keemilise koostise mõju maapinnalähedase põhjavee loodusliku koostise kujunemisel on määrava tähtsusega. Aurub vaid puhas H₂O, s.o toimub justkui vee destilleerimine. Umbes kaks kolmandikku sademetes sisalduvatest mineraalainetest jõuab varem või hiljem põhjavette, kusjuures vee mineraalainete sisaldus suureneb aurumise mõjul keskmiselt neli korda.

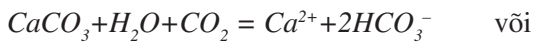
Kui sademevesi on läbinud allapoole valgudes aeratsioonivöö, saavutab vesi selle piirkonna maapinnalähedasele põhjaveele iseloomuliku keemilise koostise, sealhulgas naatriumi (Na⁺), kloriidiooni (Cl⁻) ja sulfaatiooni (SO₄²⁻) sisalduse 2–20 mg/l. Sügavamates veekihtides, aeglase veevahetuse vöös, on nende komponentide sisaldus tunduvalt suurem.

Ainsateks looduslikeks lahustuvateks ühenditeks meie pinnases on karbonaadid,

eelkõige CaCO_3 (kaltsiit) ja $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomiit), mis rikastavad vett kaltsiumi, magneesiumi ja vesinikkarbonaatioonidega.

Karbonaadid. Karbonaatide sisaldus põhjavees ei olene sellest, kas vesi liigub karbonaatkivimites, kruusas, moreenis või liivakivi lõhedes (ka liivakivis on tsementeerivaks aineks karbonaatne materjal), vaid vees lahustunud vaba CO_2 hulgast. Seepärast on Eestis maapinnalähedane põhjavesi kõikjal (välja arvatud rabad ja suured liivaalad) sarnase keemilise koostise ja mineraalsusega.

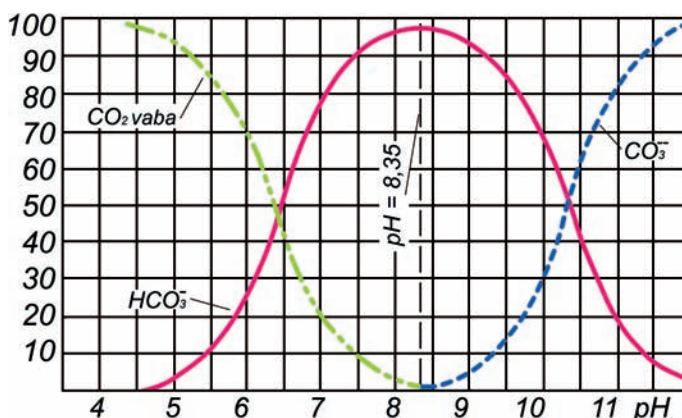
Kaltsiumi ja magneesiumi karbonaadid saavad vees lahustuda vaid vaba CO_2 olemasolul. See protsess kulgeb järgmiselt:



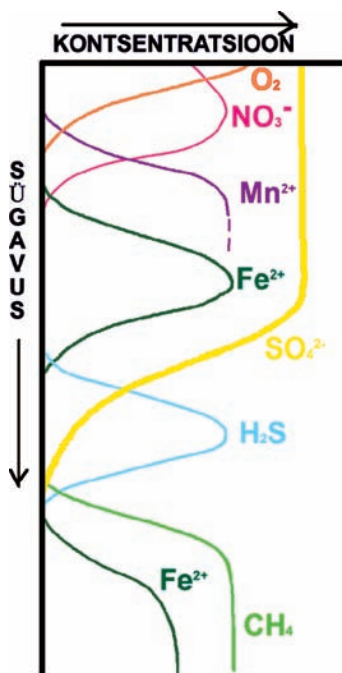
Kõrvuti vaba süsinikdioksiidi (CO_2) ja vesinikkarbonaatiooniga (HCO_3^-) võib põhjavees esineda ka karbonaatioon (CO_3^{2-}). See, kui palju või kas üldse põhjavees on karbonaatiooni, oleneb vee pH-st.

Näiteks kui vee $\text{pH} < 4,5$, saab vees olla vaid vaba CO_2 , kuid vesinikkarbonaatioon ja karbonaatioon puuduvad täielikult. Kui vee pH väärtus hakkab suurenema, ilmub vette vesinikkarbonaatioon, kuid vaba CO_2 sisaldus hakkab vähenema: $\text{pH} = 6,5$ puhul on HCO_3^- ja CO_2 molaarne kontsentratsioon võrdne, so kumbagi on 50%. Kui $\text{pH} = 8,35$, saab vees püsida vaid HCO_3^- , st et tema molaarne kontsentratsioon on 100%, vaba CO_2 puudub täiesti.

Edasisel pH tõusmisel ilmub vette CO_3^{2-} ning HCO_3^- sisaldus hakkab vähenema; $\text{pH} = 10,4$ juures on mõlema nimetatud iooni molaarne kontsentratsioon võrdne, so kumbagi on 50%. Kui pH väärtus tõuseb 12–ni, kahaneb HCO_3^- kontsentratsioon nullini, samal ajal aga CO_3^{2-} kontsentratsioon jõuab 100%-ni. Eelöeldut illustreerib joonis 17.



Joonis 17
Süsihappegaasi,
vesinikkarbonaadi ja
karbonaadi vahetamine
vees sõltuvalt pH-st



Joonis 18 Põhjavee keemilise koostise muutus vastavalt sügavuse suurenemisele

Põhjavee keemiline koostis sõltub veekihi lasumis-sügavusest. Maapinna lähedal on hapnikurikas tsoon, kus esinevad nii nitraat- kui ka sulfaatioon. Sügavuse suurenedes kaob veest vaba hapnik, seejärel kasutavad mikroorganismid ära nitraat- ja sulfaatiooni hapniku. Vastavalt ilmuvad vette lahustunud mangaan ja raud, hiljem väävelvesinik, seejärel lagunevad ka karbonaadid ja vette ilmub metaan.

Seepärast on sügavate veekihtide vees sageli joogiveeks kasutamiseks liigselt rauda, mangaani, väävelvesinikku ja ammooniumiooni. Kõiki neid on võimalik veest kõrvaldada veele hapniku lisamise (õhutamise ja filtreerimise) teel.

Sügavates veekihtides, aeglase veevahetuse vöös, on kohati säilinud merelise tekkega suure Na^+ ja Cl^- sisaldusega iidne põhjavesi, milles ka mikrokomponentide sisaldus on kohati suurem joogiveele lubatud piirsisaldusest. Kiire veevahetuse vöös, aeroobsetes tingimustes oleva põhjavee mikroelementide sisaldus on üldjuhul väike.

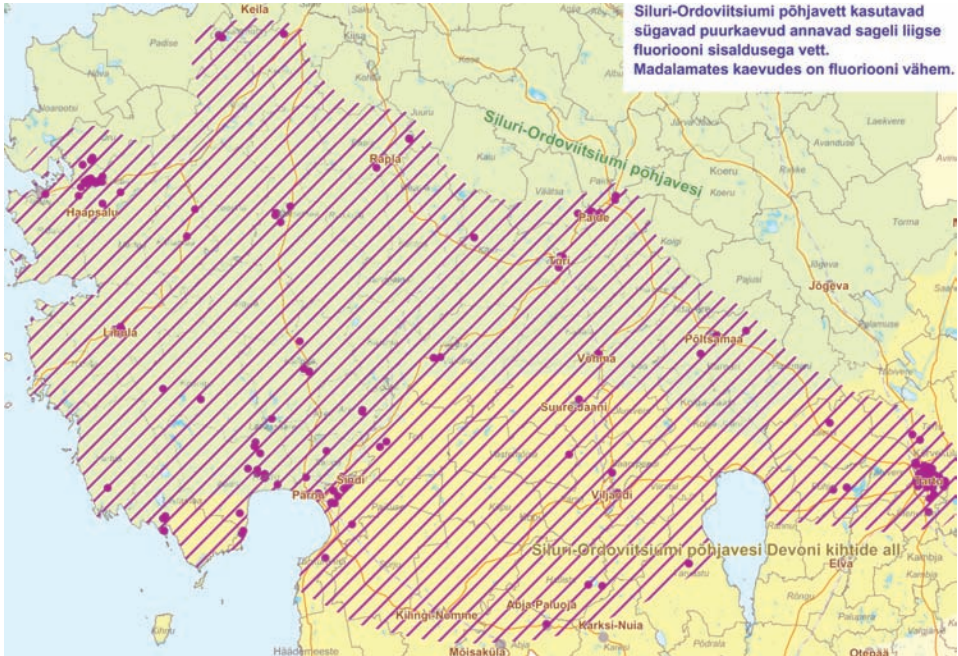
Fluor. Fluoriooni suurt sisaldust esineb peamiselt Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide vees Lääne- ja Kesk-Eestis (joonis 19). Kõikjal mujal Eestis on fluoriooni sisaldus põhjavees tunduvalt madalam.

Madalates puurkaevudes (sügavusega alla 30 m) on fluoriooni sisaldus $< 1,5$ mg/l, kontsentratsioonid 4–7 mg/l esinevad 100 meetrist sügavamates puurkaevudes. Sügavate puurkaevude vees on lisaks fluorioonile kohati ka suur boorisaldus.

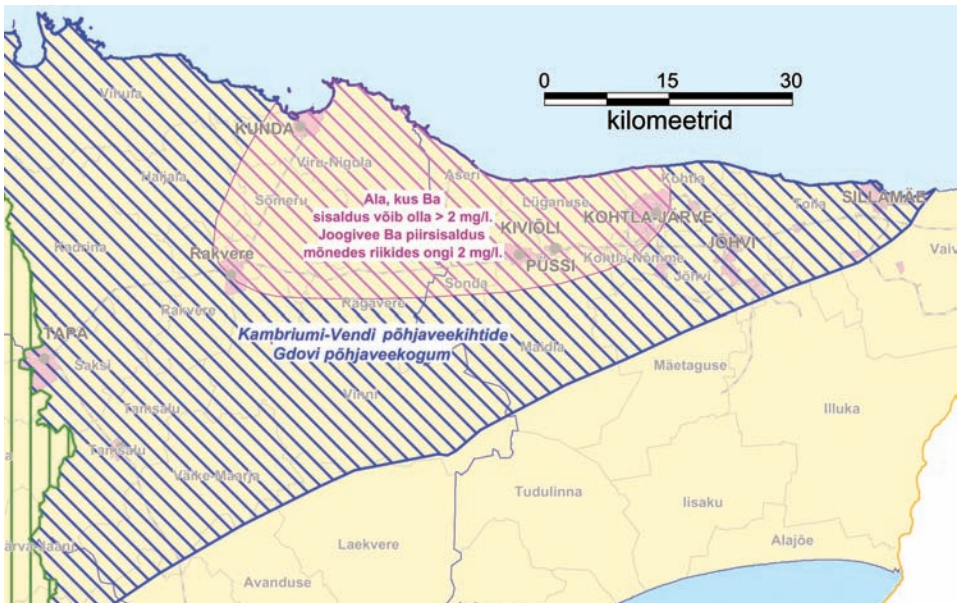
Baarium. Kohati esineb sügavate põhjaveekihtide anaeroobses vees anomaalselt suur baariumisisaldus (joonis 20). Kambriumi–Vendi põhjavees esinev baarium on arvatavasti pärit aluskorra murenemiskoorikust.

Intensiivne veevõtt veehaaretest soodustab aluskorra ja selle murenemiskooriku vee mõju Kambriumi–Vendi veekihtide alumise osa vee keemilisele koostisele. Eesti joogivees ei ole baariumi piirsisaldus normeeritud, lubatavaks maksimumsisalduseks joogivees võib lugeda 2 mg/l.

Inimtegevus muudab põhjavee keemilist koostist nii aeroobses kui anaeroobses suunas. Põhjavesi muutub näiteks hapnikurikkamaks kuivenduse mõjul ja nitraati sisaldavate väetiste kasutamisel.



Joonis 19 Suure fluoriooni sisaldusega ala Siluri–Ordoviitsiumi veekihtides



Joonis 20 Baarium Kambrumi–Vendi veekihtides Ida–Virumaal

Liigniiskete maastike kuivendamisel laguneb orgaaniline aine intensiivselt, oksüdeerub kivimites esinev püriit ja vette tekib hulgaliselt sulfaat- ja vesinikkarbonaatiooni. Sellega koos tõuseb ka põhjavee üldine mineraalainete sisaldus.

Kaevanduste üleujutamisel ja kuivendatud maade märjaks jäämisel satub põhjavele orgaanilise aine rikas vesi. Seetõttu võib kaevuvette ilmuda ammoooniumioon ja kahevalentne raud. Samasugune protsess toimub ka põhjavee orgaanilisel reostumisel sõnniku või naftaproduktidega. Ka nitraatväetiste väiksema kasutamisega võib kaasneda aeroobse veekihi paksuse vähenemine, sest põhjaveekihi kaob küll nitraat, kuid sinna ilmub kahevalentne raud ja ammooonium.

Radionukliidid põhjavees. Radioaktiivsuseks nimetatakse aatomituumade omadust spontaanselt laguneda, mille tulemusena vabaneb energia ja üldjuhul tekivad uued tuumad, mida eristatakse massi ja aatomnumbri järgi. Selle protsessiga kaasneb üht või mitut liiki kiirguse emissioon. Põhjavee radionukliidide sisaldus pärineb aluskorra kivimitest (graniit, gneiss jt.), seetõttu on põhjavee suurem radionukliidide sisaldus seotud Kambriumi–Vendi veekihtide veega.

Vee radionukliidide sisalduse väljendamiseks kasutatakse aktiivsuskontsentratsiooni, mille ühikuks on Bq/l.

Radionukliidid põhjavees jaotatakse: α -kiirgajateks ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra ;
ja β -kiirgajateks ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{40}K .

Need moodustavad vastavalt summaarse α - ja β -aktiivsuse.

Rahvusvahelise Kiirguskaitsekomisjoni 1993. aasta soovitude järgi võib põhjavee radioloogilist ohtlikkust esialgselt hinnata eriaktiivsusindeksi (I) järgi, mis arvestab summaarset α - ja β -aktiivsust ning radoonisaldust. Kui arvatud eriaktiivsusindeks $I < 1$, siis vesi ei ole radioloogiliselt ohtlik.

Kui eriaktiivsusindeks on üle 1, tuleb vees kontrollida summaarset α - ja β -aktiivsust moodustavate üksikute radionukliidide ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra sisaldust, mille põhjal arvutatakse oodatav aastane efektiivdoos E.

Efektiivdoos on kõikides inimese organites või kudedes neeldunud kiirgusenergia summa, mille ühikuks on Sv (sivert). Joogiveega saadav (arvestuslik kogus täiskasvanule on 2 liitrit ööpäevas) aastane efektiivdoos ei tohi olla üle 0,1 mSv.

Joogiveega saadav efektiivdoos üle 0,2 mSv aastas, arvesse võttes ka toidu ja õhuga lisanduvat kiirgusenergiat, põhjustab ameerika teadlaste hinnangu alusel vähki haigestumise riski suurenemist. Radioloogiliste näitajate poolest ei vasta Kambriumi–Vendi veekihtide põhjavee suuremalt jaolt eeltoodud nõudele (joonis 21). Üle 90% ülemäärasest oodatavast efektiivdoosist annavad vees lahustunud loodusliku raadiumi isotoobid ^{226}Ra ja ^{228}Ra .



Joonis 21 Efektiivdoos Kambriumi–Vendi põhjavee joogiveena kasutamisel

Otsuse, kuivõrd ohutu on inimese tervisele suurema (üle 0,1 mSv aastas) efektiivdoosiga Kambriumi–Vendi joogivee kasutamine, saavad tervisekaitseorganid teha pärast terviseriski hinnangut. Eesti elanikel on looduslikest allikatest saadav aastane efektiivdoos 2–4 mSv ja inimtegevusest tulenev täiendav summaarne kiirgusdoos aastas ei tohiks ületada 1 mSv.

Teistes Eesti põhjaveeveekihtides on radionukliidide sisaldus väike ning ei põhjusta põhjavee joogiveena kasutamisel ülemäärast efektiivdoosi.

Üldise kiirgusohutuse seisukohalt on oluline ka radoonisaldus põhjavees, olmeveena kasutamisel võib esineda gaasilise radooni sattumist siseõhku, põhjustades sissehingamisel täiendava kiirgusdoosi inimese kopsudele.

Teadadolevad radoonisaldused Eesti põhjavees on väikesed: Kambriumi–Vendi põhjavees ca 15 Bq/l ja Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjavees ca 17 Bq/l. Põhjamaade kiirguskaitse instituutide poolt väljatöötatud soovitusel ei nõuta mingite abinõude rakendamist, kui joogivees lahustunud radoonisaldus on alla 100 Bq/l.

Seega ei tohiks põhjavee kasutamisel joogiveena esineda looduslikust radoonisaldusest tulenevaid probleeme, kuid veetötluseta üksikveekasutajatel võib tekkida mõningane täiendav radoonisaldus näiteks duširuumide õhus.

Eesti pole ainus riik, kus põhjavesi on suurenenud raadiumisisaldusega. Probleeme joogivee radioloogiliste näitajatega on ka Kanadas, USA-s (Illinoisi osariigis just raadiumiga), Lõuna–Ameerika riikides, Prantsusmaal, Saksamaal, Ukrainas, Soomes ja mujalgi.

4 PÕHJAVEEVARU

Eesti keskmine netoinfiltratsioon on 70 mm aastas – seega on summaarne igaaastaselt asenduv põhjavee kogus suur. Pole võimalik kogu põhjaveevaru ära kasutada, siis kuivaksid allikad ja jõed. Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiiv annab põhjaveeressursi mõisteks põhjaveekihtide keskmise pikaajalise toitumismäära, millest on lahutatud pinnaveekogude hea seisundi säilitamiseks vajalik vooluhulk.

Põhjaveevaru all mõistetakse vee kogust, mida lubatakse veehaarete abil kasutusele võtta. Põhjaveevarude summa on väiksem põhjaveeressursist. Põhjaveevaru hindamisel, jaotamisel ja kasutamisel arvestatakse kõigi piirkonna veetarbijate huvisid ning välditakse põhjaveest sõltuvate ja kaitset vajavate liikide elupaikade seisundi halvenemist. Põhjavee kasutamise reguleerimine on vajalik eelkõige piirkondades, kus elanike ja tootmise vajaduste rahuldamiseks napib puhast põhjavett.

Põhjaveevaru jaguneb uurituse detailsusest sõltuvalt tarbevaruks T_1 või T_2 ning prognoosvaruks P. Prognoosvaru P on haldus- või hüdrogeoloogilise piirkonna põhjavee eeldatav hulk, millega tuleb arvestada piirkonna arengukavade koostamisel, vee erikasutuslubade väljastamisel ja ühest puurkaevust koosneva veehaarde projekteerimisel.

Kinnitatud põhjaveevaru on Eestis keskmiselt 360 liitrit ööpäevas inimese kohta. Põhjaveevaru on jaotunud ebaühtlaselt maapinnalähedaste ja sügavate põhjaveekihtide vahel. Enamasti tuleb Eesti põhjavett joogiveeks kasutamiseks töödelda.

Põhjaveevaru määramine on vajalik, kui veehaarde või ühte piirkonda koondunud kaevude grupi abil tahetakse vett võtta enam kui 500 m³/ööpäevas. Põhjaveevaru hindamiseks tehakse uuringutööd, millega tõestatakse, et arvutusliku aja jooksul on soovitud veekogus saadaval, teistel olemasolevatel veevõtjatel säilib veevõtuvõimalus ja arvestusliku aja jooksul on vee kvaliteet püsiv või jäävad toimuvad muutused lubatud piiridesse.

Uuringute käigus selgitatakse välja joogiveeallika valiku nõuetele paremini vastavad põhjaveekihid, võimalikud veekogused, vee kvaliteet ja tehakse selle muutuste prognoos, antakse hinnang sanitaarkaitseala ulatuse ja kehtestamise osas, tuuakse soovitud põhjaveevaru kasutamise kohta. Kui põhjavesi ei vasta joogiveeallika valiku kvaliteediklassidele ja muud joogiveeallikad puuduvad, ent vee töötlemine tagab kvaliteetse joogivee, võib joogiveeallikat tervisekaitsetalituse kirjaliku nõusoleku alusel kasutada.

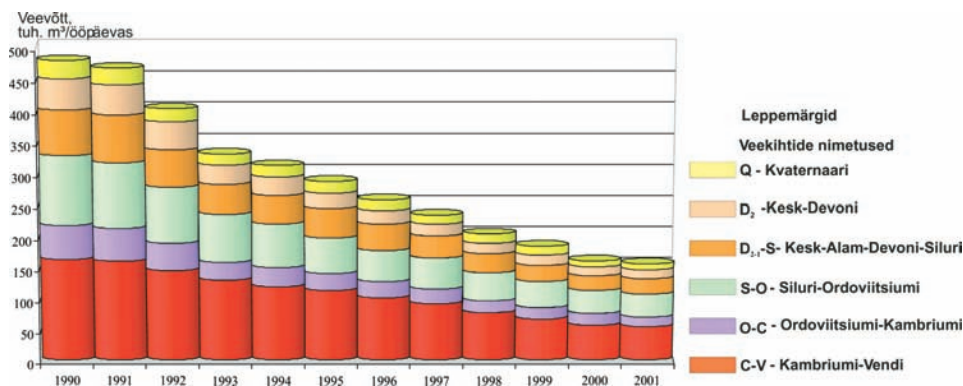
Maapinnalähedase veekihi põhjaveevaru korral, mis enamasti on reostuse eest looduslikult kaitsmata, on tähtis veehaarde sanitaarkaitseala kehtestamine ja vajalike veekaitsemeetmete rakendamine veehaarde ümbruses. Vee-ettevõtte, s.t vee kasutaja seisukohalt on oluline, et põhjaveevaru määramine tagaks vajaliku vee koguse ja kvaliteedi säilimise varu kehtivusperioodil. Piisava veevaru puudumise korral on liivaaladel võimalik põhjaveevaru täiendada pinnavee arvel, luues nii põhjavee tehisvaru. Eestis on kõige paremad geoloogilised ja hüdrogeoloogilised eeldused põhjavee tehisvaru loomiseks Tallinna külje all Männiku liivikul.

4.1 Põhjavee kasutamine

Enamasti kasutatakse Eestis joogiveevarustuses põhjavett, pinnavett kasutatakse ainult Tallinnas ja Narvas. Põhjavett võetakse kõigist põhjaveekihtidest üle kogu riigi. Salvkaevude ja alla 5 m³/ööpäevas veevõtuga puurkaevude veevõtu üle arvestust ei peeta. Kõige suurem on veevõtt Kambriumi–Vendi ja Siluri–Ordoviitsiumi veekihtidest.

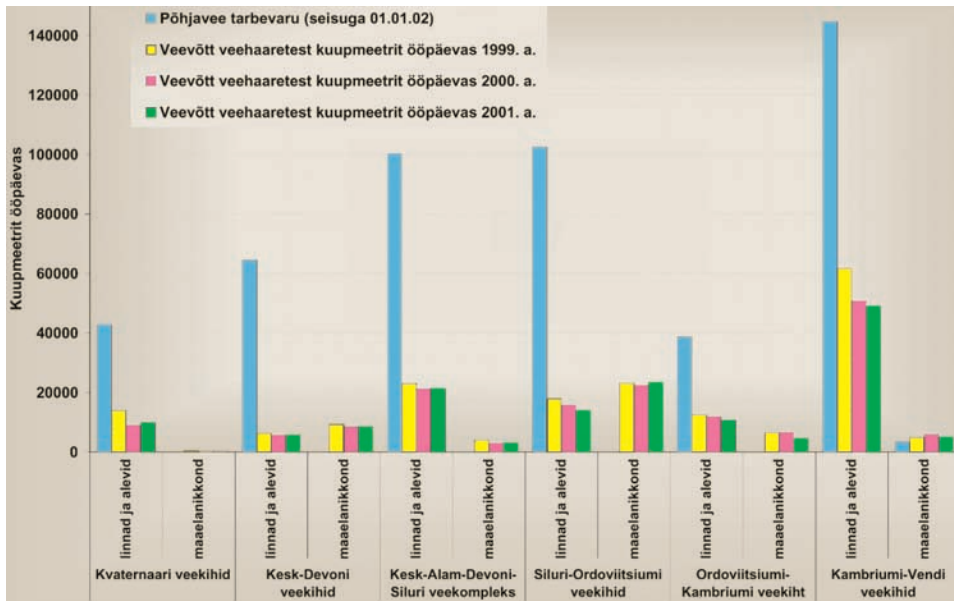
Kinnitatud põhjavee tarbevaru oli 2003 aasta alguses 499700 m³/ööpäevas, mille moodustasid 189 põhjaveevaru arvestuspiirkonda. Kinnitatud tarbevarust 55% kuulub Põhja–Eesti veehaardetele, kuna sinna on koondunud põhiline tööstus ja majandustegevus.

Eestis on kvaliteetse põhjaveevaru puudus Kirde–Eestis, kus maapinnalähedane põhjavesi on põlevkivitööstuse poolt rikutud ning Kambriumi–Vendi Gdovi veekihis levib soolakas põhjavesi, mis sisaldab sageli ülemääraselt baariumi ja eeldatav efektiivdoos ületab lubatud piirnormi. Tallinnas ja mujal põhjarannikul, kus Kambriumi–Vendi veekihid on peamiseks ja sageli ainukeseks ühisveevarustuse allikaks, on probleemiks eeskätt ülenormatiivne efektiivdoos, mis seab küsimärgi alla nende veekihtide edasise kasutamise võimalused.

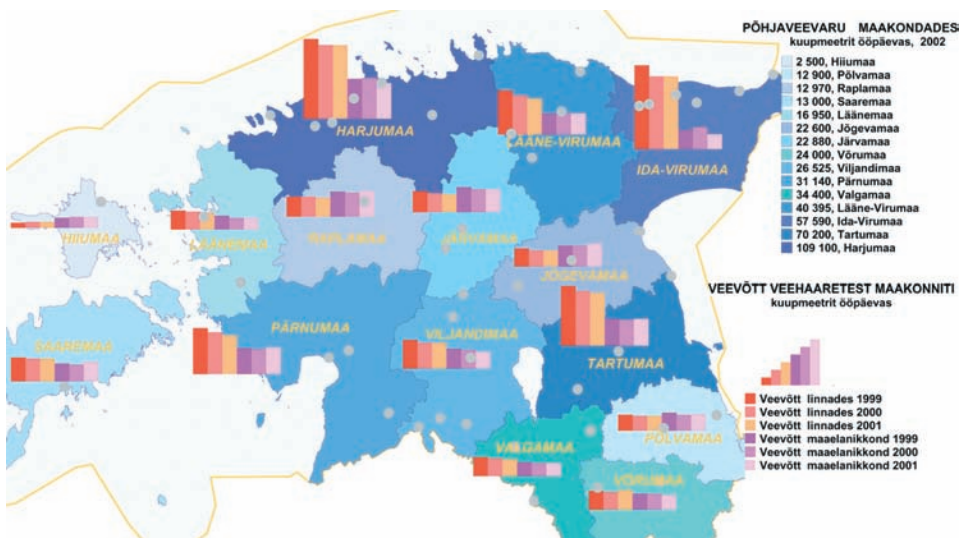


Joonis 22 Veevõtt veehaaretest aastail 1990–2001

Põhjaveet kasutati 1990. aastal 480 000 m³/ööpäevas, mis aga järgmiste aastate jooksul tunduvalt vähenenud (joonis 22). Põhjuseks oli suurte tööstustarbijate hulga vähenemine, veesäästliku tehnoloogia juurutamine ja elanikkonna kokkuhoidlikum veekasutus. Selle tulemusena kasutati põhjavett 2001. a. 156033 m³ ööpäevas, mis on vaid kolmandik 1990 aasta vastavast näitajast.



Joonis 23 Veevõtt ja põhjaveevaru on koondunud linnadesse ja alevitesse



Joonis 24 Maakondade veehaarete põhjaveevaru ja veevõtt

Suurima põhjaveevõtuga veehaarded on Harju ja Ida–Viru maakonnas (joonis 24). Joogiveena kasutuskõlblik põhjavee tarbevaru võib senisest põhjalikumate vee kvaliteedi uuringute tulemuste põhjal lähiajal veelgi väheneda. Põhjaveevaru ümberhindamine on varu piiratuse tõttu vajalik eelkõige Virumaal ja Harjumaal. Mujal Eestis põhjavee puudust ei ole, kui ei reostata kasutusel olevat põhjavett.

Kvaternaari põhjaveekihtid (Q)

Ühisveevarustuses kasutatakse peamiselt liustikujõesetete (liiv ja kruus) vett. Suuremad ühisveehaarded on rajatud Ahtme lähedal Vasaveres, Tartus Meltsiveskis ja Tallinnas Seevaldis. Neist viimane enam ei tööta.

Kvaternaari põhjaveekihtide veevaru on uuritud ja kinnitatud Tallinnas kokku neljale veehaardele (Männiku, Seevaldi, Ülemiste kaptaazliin ja Külmallika). Kasutatakse vaid Külmallika veehaaret (Röömu allikat) Nõmme Tervisespordikeskuse tarbeks. Tallinna täiendava veeallikana pakub enim huvi Männiku liiviku põhjavesi.

Ida–Virumaa linnade, peamiselt Jõhvi ja Ahtme oluliseks veevarustusallikaks on Vasavere veehaare, millel on põhjavee tarbevaru kinnitatud 8000 m³/ööpäevas ja praegune veevõtt on 5000 m³ ööpäevas. Tõenäoliselt tuleb Vasavere mattunud oru põhjavett hakata rohkem kasutama kogu tööstuspiirkonna linnade jaoks. Vasavere veehaarde veevaru mõjutab maavarade kaevandamine (põlevkivi, liiv, turvas). Põhjaveevõtul tuleb arvestada ka Kurtna järvistu kaitse–eesmärkidega.

Tartu linnas töötab Meltsiveski veehaare, kus veevõtt on viimastel aastatel vähenenud ja moodustab vähem kui 50% kinnitatud tarbevarust (12000 m³/ööpäevas). Meltsiveski veehaarde põhjavesi on reostustunnustega, mis avalduvad NO₃⁻ suhteliselt suures sisalduses, üksikproovides on kohati vees leitud ka ohtlikke aineid. Kuigi viimastel aastatel on nitraatide sisaldus vähenenud, jääb see siiski 25–30 mg/l piiresse kaevudes.

Ajalooline veehaare on olnud kasutuses juba ligi sajandi ja veetootmine võiks seal ka tulevikus jätkuda, kui linnaoludes suudetakse vee kvaliteeti säilitada. Erakordselt suure sademete hulga tõttu oli 2001. aastal Meltsiveski veehaarde survele veetase kuni 0,58 m üle maapinna, mis on kogu pikaajalise põhjaveeseire vaatlusrea kõrgeim veetase. Taoline kõrge veetase ohustab põhjavee sissetungiga majade keldreid. Veehaarde sulgemisel tuleb lähikonnas hakata tegelema veetõrjega, sest kunagised looduslikud allikad on ammu täidetud.

Kvaternaari veekihtide põhjaveevaru on kinnitatud ka Kuusalu vallas ja Otepääl. Kokku on Kvaternaari veekihtide põhjavee tarbevaru kinnitatud 01.01.2003. a. seisuga 42825 m³/ööpäevas, millest kasutatakse 27%.

Ülem–Devoni põhjaveekihiid (D₃)

Ülem–Devoni põhjavesi levib väikesel alal Kagu–Eestis, on Võrumaal Meremäe ja Misso vallas põhiline joogiveeallikas. Eesti põhjaveekatastris arvel olevast 26 puurkaevust on enamik kvaliteetse veega (vastab joogivee kvaliteedinõuetele). Probleemsemateks komponentideks on kohati esinev suur rauasisaldus ($Fe_{\text{üld}}$ keskmiselt 0,7 mg/l), NH_4^+ -sisaldus ja hapnikutarve.

Kesk–Devoni põhjaveekihiid (D₂)

Kesk–Devoni põhjavee tarbevaru on kinnitatud 6 Lõuna–Eesti linnale kokku 15 arvestuspiirkonnas 64575 m³/ööpäevas (seisuga 01.01.2003). Veevõtt veehaaretest moodustas 2002. aastal 12% kinnitatud põhjaveevarust. Riiklik põhjaveekataster sisaldab andmeid ligi 2000 puurkaevu või puuraugu kohta.

Kõige ebameeldivam komponent Kesk–Devoni põhjavees on raud ($Fe_{\text{üld}}$), mille keskmine sisaldus (1,3mg/l), ületab rohkem kui 6 korda joogiveele lubatud piirsisaldust (0,2 mg/l). Seoses veevõtu vähenemisega süvenevad veevõrgu seisvas vees anaeroobsed tingimused, mille ilminguteks on Fe_2^+ -sisalduse suurenemine, SO_4^{2-} -sisalduse vähenemine ning väävelvesiniku tekkimine anaeroobsete bakterite elutegevuse tulemusena.

Põhjavee anaeroobsuse tõttu on ca 16% puurkaevude vees rohkem kui 0,5 mg/l NH_4^+ . Kohati on puurkaevude vees täheldatud suuremat Ni^{2+} -sisaldust (0,024–0,033 mg/l; Otepää, Tõrva, Viljandi, Võru).

Kesk–Alam–Devoni põhjaveekihiid (D₂₋₁)

Kesk–Alam–Devoni põhjavesi on tähtis joogiveeallikas Pärnus, Viljandis ja Tartus. Kuna vett tarbitakse enamasti koos allpool lamava Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekihtide ülemise osa (Siluri) põhjaveega, siis peetakse veevaru ja veevõtu arvestust kui Kesk–Alam–Devoni–Siluri (D₂₋₁–S) põhjaveekompleksist. Veekihtide tarbevaru on 01.01.2003. a. seisuga 100200 m³/ööpäevas, millest käesoleval ajal kasutatakse ligikaudu 22%.

Suurim tähtsus on Kesk–Alam–Devoni–Siluri põhjaveel Pärnu linna ühisveevarustuses, mis tugineb praegu Reiu ja Vaskräama veehaaretele.

Suuremal osal levikualast vastab põhjavee keemiline koostis joogivee normidele. Kõige rohkem teevad muret raua ($Fe_{\text{üld}}$ keskmine sisaldus on 0,69 mg/l) ja Cl^- sisaldus. Kloriidiooni esineb joogiveele lubatust (250 mg/l) suuremas koguses mereäärsete Pärnu linnaveehaarde ja Reiu veehaarde vees, samuti ka Põlvas.

Suur SO_4^{2-} -sisaldus (>250 mg/l) Kagu–Eesti veekihtide vees on erandlik ja tõenäoliselt pärineb lasuva Narva lademe kipsist ($CaSO_4$).

Kohati on veevõtu vähenemine tarbepuurkaevudes süvendanud anaeroobset keskkonda, mille tulemusena on suurenenud Fe^{2+} -sisaldus ja anaeroobsete bakterite elutegevuse tulemusena tekkinud väävelvesinik (Viljandi, Tõrva, Suure-Jaani jt). Mikrokomponentidest on täheldatud Ni^{2+} (0,03–0,045 mg/l; Põlva, Pärnu, Mustla, Suure-Jaani) ja Ba^{2+} suurenenud sisaldust (3,58 mg/l, Häädemeeste).

Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekihtid (S–O)

Siluri–Ordoviitsiumi veekihtid on Eestis levikult kõige ulatuslikumad. Põhjavee tarbevaru on kinnitatud 45 arvestuspiirkonnas kokku 104545 m³/ööpäevas. Suurima kinnitatud tarbevaruga (üle 10000 m³/ööpäevas) on Jõgeva, Kuressaare, Paide, Põltsamaa ja Tapa linn. Samas on osa uuritud ja kinnitatud põhjaveevaru arvestuspiirkondi (Paide–Vodja, Tapa–Moe I, Väike–Maarja) tarbijatest nii kaugel, et neid ei hakata ilmselt kunagi kasutama.

Üldse oli 01.01.2003. a. seisuga Eestis arvel 21 veehaardepiirkonda, mida ei kasutatud. Tegelik veevõtt moodustab 22% kinnitatud põhjavee tarbevarust.

Nitraatide keskmine sisaldus Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide maapinnalähedases põhjavees on sageli kordades suurem kui teistes veekihtides. Piirkonniti on lämmastikühendite sisaldus erinev, olles suurem intensiivse põllumajandusega ja kaitsmata põhjaveega piirkondades, näiteks Pandivere ja Adavere–Põltsamaa nitraaditundlikel aladel

Mereäärsetes piirkondades on põhjavee joogiveena kasutamisel sageli probleemiks suur Cl^- -sisaldus, ühtekokku kuni 7% puurkaevude vees. Enamik neist paiknevad Saaremaal, Hiiumaal, Muhus, Vormsis ja Lääne–Eestis. Sageli on Siluri–Ordoviitsiumi põhjavesi mereäärse piirkonna ainuke veekiht, mistõttu alternatiivsete veeallikate leidmine on keerukas.

Suurenenud SO_4^{2-} -sisaldusega (üle 250 mg/l) kaeve leiame kohati Saaremaa rannikupiirkondades ja Ida–Virumaa põlevkivikaevanduste ümbruses, kus see on tingitud vastavalt sapropeelist ja püriidist väävli oksüdeerumise tagajärjel ning veetaseme alanemise mõjul.

Lääne–Eestist kuni Paide ja Tartuni (joonis 19) esineb F^- -sisaldusi üle 1,5 mg/l (sellega kaasneb hambafluuroosi oht). Fluoriooni esineb rohkem sügavates kaevudes. Paljud puurkaevud tuleb seetõttu asendada madalamatega.

Siluri–Ordoviitsiumi veekihtides on kõige levinumaks kvaliteediprobleemiks siiski raud (Fe_{uld}), mille keskmine sisaldus põhjavees on 0,6 mg/l. Enam kui pooltes puurkaevudes ei vasta põhjavesi rauasisalduse osas joogivee nõuetele, mistõttu vett tuleb joogiveeks kasutamisel käidelda.

Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjaveekiht (O–Cm)

Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjavee peamine kasutusala jääb Põhja–Eestisse. Pärnu–Viljandi–Tartu joonest lõuna pool ületab looduslik kloriidide sisaldus joogiveele lubatud piirsisalduse. 19 linna, alevi ja aleviku veehaarete põhjavee kinnitatud tarbevaru 30 arvestuspiirkonnas on ühtekokku 39370 m³/ööpäevas (01.01.2003). Veevõtt moodustas 2002. aastal 35% kinnitatud tarbevarust.

Haapsalus, Rakveres, Tartus ja Rummus on intensiivne veevõtt põhjustanud kohalike alanduslehtrite moodustumise põhjavee survepinnas.

Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjavee kasutamine Põhja–Eestis kasvab tõenäoliselt lähitulevikus, sest Kambriumi–Vendi põhjavees on piirkonniti suur kloriidide ja raadiumi sisaldus. Seega võib vajalikuks osutuda Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi varu täielik ärakasutamine.

Vee keemiline koostis vastab enamasti joogivee nõuetele. Ligikaudu 80% veekihi levikualast on pehme veega, üldkaredus 1,5–5 mg/l. Ligi pooltes puurkaevudes ei vasta looduslik vesi rauasisalduse osas joogivee nõuetele, mistõttu vett tuleb joogiveeks kasutamisel käidelda raua kõrvaldamiseks (kohati ka mangaan).

Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjavett saab vaadelda kui taastuvat ressursi, mille kasutamist piirab eeskätt põhjaveekihi väike veejuhtivus. Kuna sellesse veekihti on rajatud palju registreerimata kaeve, võivad veevõtu järsu suurenemise korral osadel kaevuomanikel tekkida probleemid vee kaevust kättesaamisega. Seetõttu vajab veekihi suhteliselt hea kvaliteediga vee ratsionaalne kasutamine ja selle kontroll suurt tähelepanu, eeskätt Põhja–Eestis Tallinna ümbruses.

Kambriumi–Vendi põhjaveekihid (Cm–V)

Kambriumi–Vendi põhjavee kasutust on otstarbekas käsitleda nii tervikuna, kui ka vaadelda Voronka (V₂vr) ja Gdovi (V₂gd) veekihte eraldi. Nende veekihtide põhjavesi on intensiivse veevõtu mõju all. Tallinnas ja Kohtla–Järvel on moodustunud laiaulatuslikud vee survepinna alanduslehtid (joonis 25).

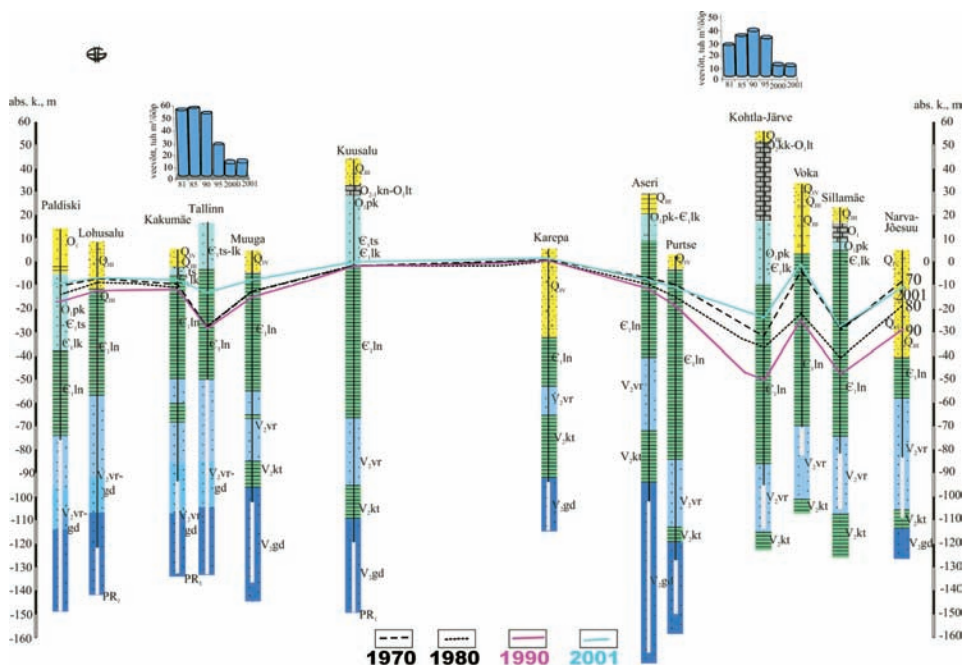
Tulenevalt hüdrogeoloogilise ehituse iseärasustest (Kotlini savide väljakiildumine Lääne–Eestis) peetakse Kunda–Rakvere joonest ida pool tarbevaru ja veevõtu arvestust Voronka ja Gdovi veekihi kohta eraldi.

Piiratud veevaru antakse kasutamiseks piirkondadena, sest see võimaldab hajutada veevõttu ja vältida mereäärsel alal liiga suurt tarbimist. Viimastel aastatel on üles kerkinud vajadus Kambriumi–Vendi veekihtide põhjaveevaru hulga ja jaotuse ümberhindamise järele, et tagada varasemaga võrreldes säästlikum taastumatu põhjaveeressursi kasutamine.

Sama koguse põhjavee võtmine lõuna pool, merest kaugemal, vähendab soolase merevee sissetungi ohtu. Kambriumi–Vendi veekihid on rannikuäärsel alal sageli ainsaks ühisveevarustuses kasutatavaks joogiveallikaks.

Alates 1990. aastatest on Kambriumi–Vendi põhjavee tarbevaru mudelarvutuste tulemuste põhjal kinnitatud 148185 m³/ööpäevas. Viimaste aastate veevõtt on olnud kolmandik kinnitatud varust.

Piirkondade erinevast arengukiirusest tingituna ületavad kohati veevõtt ja taotlused põhjaveevõtuks kehtivat tarbevaru. Piiratud veevaru perioodiline ümberhindamine on vajalik, sest veevõtu täpne planeerimine kümneteks aastateks ette pole võimalik ja ümberhindamine aitab tagada ka Kambriumi–Vendi põhjavee head seisundit.



Joonis 25 Alanduslehti areng Kambriumi–Vendi veekihtides Paldiski Narva joonel
NB! Joonis 25 Voka kaev asub veekihte toitva ürgorus servas.

Viimaste aastate veevõtu vähenemine Tallinnas ja Harjumaal on esile kutsunud põhjavee survepinna märkimisväärse tõusu, kõige enam Tallinnas. Veevõtu vähenemisest tingituna on veetase Kopli poolsaarel ja kesklinnas aastatel 1997–2001 tõusnud 6,8–8,7 m ja Nõmmel 11,7 m võrra.

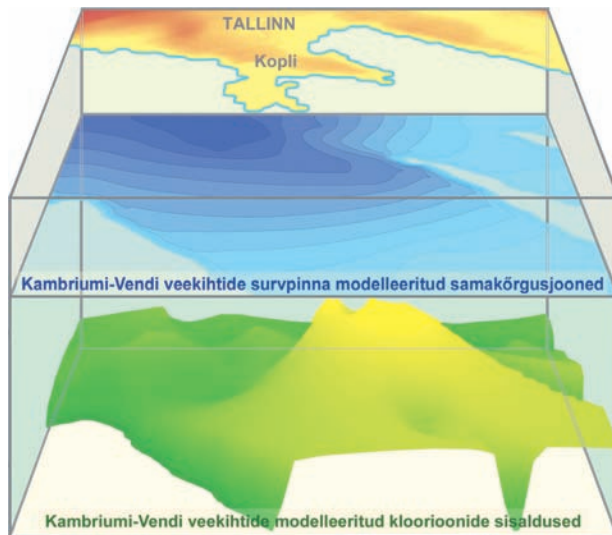
Väljaspool Tallinna on põhjaveetaseme aastase tõusu kiirus väiksem, aastatel 1999 kuni 2001 Jõelähtmel ja Kuusalus keskmiselt 0,5 m aastas, Keilas 0,6 m, Keila-Joal 0,3 m, Sakus 1,1 m ning Vihterpalus 0,4 m aastas.

Samasugune trend on ka Ida-Virumaal. Kuivõrd viimastel aastatel on veevõtt pidevalt vähenenud, siis on ka veekihtide survepind tõusnud. Viie viimase aasta põhjaveeseire andmetel tõusis veetase Kohtla-Järvel 16 m, Jõhvis 17 m ja Sillamäel 13 m võrra.

Muutunud joogivee kvaliteedinõuded, eelkõige kloriidide lubatud piirsalduse vähendamine ja radioloogiliste nõuete kehtestamine, tingivad vajaduse ümber hinnata Kambriumi-Vendi põhjaveekihtide tarbevaru kasutusvõimalused. Paljudes puurkaevudes tuleks loobuda Gdovi veekihi vee kasutamisest üldse või kasutada seda ainult segatuna muu veega.

Cl⁻-sisalduse muutusi on põhjalikult jälgitud Tallinnas Kopli poolsaarel asuvate ettevõtete puurkaevude vees. Kambriumi-Vendi põhjaveekihtides on täheldatud kloriidide sisalduse ja mineraalsuse suurenemist sügavuse suunas. Läbilõike ülemises osas, 45–55 m sügavusel, ei ületa kloriidide sisaldus 100 mg/l, 95–100 m sügavusel on kloriidide sisaldus kuni 350 mg/l ja 125–130 m sügavusel – 2500 mg/l.

Praeguste teadmiste kohaselt võivad kloriidide sisalduse muutumise põhjusteks olla eeskätt aluskorra vee mõju, relikvieve läätsed Gdovi veekihi alumises osas ja ka merevee sissetung.



Joonis 26 Survetaset ja ainete kontsentratsioone põhjavees saab modelleerida

Harju ja Tallinna põhjavee-mudelite teabe põhjal on intensiivse veetarbimise korral Kambriumi-Vendi veekihtides taastuva varu (läbi sinisavi ja mattunud orgude infiltreeruva mageda vee) osakaal 40% ja mere poolt tuleva vee (muutub aja jooksul soolasemaks) osakaal 60%. Käesoleva ajani ei ole

Kambriumi-Vendi põhjavette merevee sissetungi täheldatud – selleks võib kuluda veel aastakümneid. Tallinna ümbruses on merevee sissetung kõige tõenäolisem Tiskre-Tabasalu, Miiduranna ja Leppneeme-Tammneeme piirkonnas, kus see peaks avalduma esmalt Voronka veekihis.

Tallinna kõigi töötavate Kambriumi–Vendi kaevude maksimumvõimsuste juures oleks võimalik mõne aasta kestel täielikult katta Tallinna veevajadus, kui linna varustamine pinnaveega peaks katkema.

Kambriumi–Vendi veekihtide ülemise (Voronka veekiht) ja alumise osa (Gdovi veekiht) vee keemilises koostises on märkimisväärseid erinevusi. Veekihtide ülemises osas on kloriidide sisaldus ja mineraalsus oluliselt väiksemad, mistõttu väiksema veevajadusega uued puurkaevud rajatakse Voronka veekihti. See aga põhjustab olukorra, kus on võimalik Gdovi veekihi vee tõus ülalolevasse Voronka veekihti. Suurenenud kloriidide sisalduse puhul võib veekihi alumise, soolasema veega osa kaevus kinni tamponeerida. Peab arvestama, et tarbevaru on seni hinnatud summaarselt mõlema veekihi kohta, mille veerikkamaks osaks on sügavamal lasuv Gdovi veekiht. Seepärast on edaspidi vajadus määrata põhjaveevaru täpsemalt, arvestades erineva tootlikkuse ja keemilise koostisega veekihtide olemasolu.

Keeruliseks probleemiks on raadiumi (põhjustab ülemäärase efektiivdoosi) suure sisaldusega vee edasine kasutamine. Kui terviseriski hinnanguga ei tõestata sellise joogivee kasutamise ohutus, väheneb tulevikus Kambriumi–Vendi põhjavee kasutamine.

Mineraalvesi

Vastavalt sotsiaalministri 22. juuni 2004. aasta määrusele nr 83 „Tervisekaitsenõuded mineraalveele” on looduslik mineraalvesi põhjaveekihi pärit joogiks kasutatav mikrobioloogiliselt tervisele kasulik vesi. Määrust ei kohaldata ravimina ja ravi eesmärgil termaal- või mineraalveebasseinis kasutatavale veele.

Esmakordselt leiti Eestis suure mineraalainete sisaldusega vett 1959. aastal, kui Pärnus rajatud üle 500 m sügavusest puuraugust saadi Cl–Na–tüüpi vett, lahustunud mineraalainete sisaldusega ligi 22 g/l. Ühtekokku on vett, loodusliku mineraalainete sisaldusega üle 2 g/l, kindlaks tehtud 16 eri kohas, sealjuures Värskas neljas põhjaveekihi, Kuressaares ja Arumetsas kahes põhjaveekihi (tabel 3).

Tabel 3 Eesti olulisemad mineraalvee leiukohad

Leiukoht ja sügavus	Veekihi indeks	Vee keemiline tüüp	Mineraalainete sisaldus
Värskas 259–314 m	D ₂ pr	SO ₄ –Cl–Ca–Na	4,6 g/l
451–500 m	O–Cm	Cl–Na–Ca	2,0–2,2 g/l
520–535 m	Cm–V(V ₂ vr)	Cl–Na–Ca	5,6–6,0 g/l
575–595 m	Cm–V(V ₂ gd)	Cl–Na–Ca	15,0–19,0 g/l
Ikla 645–658 m	O–Cm	Cl–Na–Ca	14,0 g/l
Arumetsa 538–597 m	O–Cm	Cl–Na	5,0 g/l
602–632 m	Cm ₁	Cl–Na–Ca	3,2 g/l
Häädemeeste 540–600 m	O–Cm	Cl–Na–Ca	5,4 g/l
Pärnu ca 500 m	PR ₁	Cl–Na	21,7 g/l

Leiukoht ja sügavus	Veekihi indeks	Vee keemiline tüüp	Mineraalainete sisaldus
Kärdla 290–336 m	O ₂ Id	Cl–Na–Ca	3,0–3,5 g/l
Kuressaare 458–502 m	Cm ₁	Cl–HCO ₃ –Na	2,1 g/l
540–555 m	Cm ₁	Cl–Na–Ca	3,8–4,0 g/l
Ruhnu 707–784 m	O–Cm	Cl–Ca–Na	17,0 g/l
Hirvli 271 m	PR ₁	Cl–Na	11,6 g/l
Pärispea 240 m	PR ₁	Cl–Ca–Na	20,4 g/l
Pudisoo 204 m	PR ₁	Cl–Na	10,7 g/l
Rammu saar ca 153 m	Cm–V+PR ₁	Cl–Na	5,0–5,7 g/l
Käsmu 187 m	PR ₁	Cl–Na	4,5 g/l
Põhja–Uhtju saar ca 126 m	Cm–V+PR ₁	Cl–Na	5,0–5,7 g/l
Narva–Jõesuu (Meriküla) ca 215 m	Cm–V(V ₂ gd)	Cl–Na	2,6–2,9 g/l
Võru 504–535 m	O–Cm	Cl–Na–Ca	3,2 g/l

Suurema kui 4,0 g/l mineraalainete sisaldusega vett tuleks käsitleda ravi-mineraalveena. Suure mineraalsuse, spetsiifilise koostise ja toimega mineraalvee kestev liigtarbimine toob organismile kasu asemel pigem kahju, sest suur soolsus ja paljud mikroelemendid võivad inimorganismis kuhjudes tekitada tervisehäireid.

Arstid soovitavad rauarikast mineraalvett kehvveresuse ja menstruatsioonihäirete puhul, sulfaatide- ja kloriididerikas mineraalvesi on näidustatud seedeelundite, sapi- ja kuseteede, maksa- ja neeruhaigusi põdevatele inimestele. Joodi- ja broomirikast vett soovitatakse kasutada mõningate südame- ja liigesehaiguste ravis.

Samade haiguste raviks on soovitatud kasutada ka Eesti uuritumaid Värska, Häädemeeste, Ruhnu ja Kuressaare ravi-mineraalvett. Käesoleval ajal kasutatakse sanatooriumide tarbeks nii ravi-joogi- kui ka ravi-vanniveena Värska ja Kuressaare vett.

Kauplustes võib müüa ainult sellist looduslikku mineraalvett, mille tarvitamine ei mõju tervisele kahjulikult ja mida võib piiramatult juua. Mineraalvee keemiline koostis ja organoleptilised omadused peavad vastama tervisekaitsenõuetele.

Mineraalvee villimine ja turustamine algas Eestis 1968. aastal. Käesoleval ajal villitakse Värskas leiduvat looduslikku ja lahjendatud Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihi Cl–Na–Ca–tüüpi mineraalvett. Varasematel aastatel on villitud ja turustatud ka Arumetsa, Häädemeeste, Ikla, Kuressaare ja Kärdla vett, kuid seoses nõudluse vähenemisega suure mineraalainete sisaldusega vee järele on nende puurkaevude kasutamine seiskunud.

Teave mineraalveeallika või –kaevu asukoha ja nimetuse, mineraalvee keemilise koostise, töötlemisviisi ja minimaalse säilimisaja kohta peab olema ka mineraalvee müügipakendil.

Summeerides eksisteerivate ja varem eksisteerinud mineraalveekaevude tootlikkust, on Eesti mineraalveevaruks hinnatud 6000 m³/ööpäevas. Tegelikult on suure mineraalainete sisaldusega põhjavee varu Eesti maapöues palju suurem ja võimalusi sellise vee looduslikuks mineraalveeks tunnistamiseks pole piisavalt kasutatud.

5 PÕHJAVEE KAITSE

5.1 Õiguslikud põhimõtted

Eesti Vabariigi Põhiseaduse järgi on loodusvarad rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult. Igaüks on kohustatud säästma elu- ja looduskeskkonda ning hüvitama kahju, mis ta on keskkonnale tekitanud.

Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiiv käsitleb veekaitset reoainete heidete piiramise ja keskkonnakvaliteedi standardite rakendamise abil. Põhjavee osas on keskkonnastandardite summana käsitletav vee hea seisundi nõue.

Üldeesmärk on säilitada põhjavee hea (kvantitatiivne ja kvalitatiivne) seisund, tagada põhjavee säästlik kasutamine ning kaitse. Seda eesmärki aitab saavutada Veeseadus, mis kohustab kõiki isikuid vältima vee reostamist ja liigvähendamist, veekogude ja kaevude risustamist ning vee–elustiku kahjustamist.

Nende üldpõhimõtete järgimine ja kontroll on lihtne ainult esmapilgul, sest igasugune inimtegevus mõjutab keskkonda ning ajaloo vältel on majanduskasv toonud kaasa keskkonna reostumise, mille jäljed põhjavees püsivad pikka aega.

Põhjavee hea seisundi tagamiseks on vastu võetud hulk õigusakte, eeskätt vee seisundit negatiivselt mõjutavate tegevuste ohjamiseks nii tööstuse kui ka põllumajanduse valdkonnas. On kehtestatud keskkonnanõuded ohtlikele tegevustele ja objektidele. Põhjavee kaitseks rakendatakse vett mõjutavate tegevuste eelneva kooskõlastuse nõuet (erinevad keskkonnalaad, keskkonnamõju hindamine ja keskkonnaaudit).

Tähtsaimad printsiibid, mida tuleb järgida põhjavee hea seisundi saavutamiseks, on:

- põhjavee säästlik kasutamine (veemajanduskavad, põhjaveevaru uuringud, vee erikasutusload);

- reostuse ärahoidmine (nõuded heidetele, põhjavett mõjutavatele tegevustele, keskkonnaohtlikele objektidele) ja jääkreostuse likvideerimine (hüljatud jäätmed, pinnase ja põhjavee reostus).

Põhjavee hea seisundi tagamise eesmärgil piiratakse saasteainete emissioone. Selliste piirangute näiteks on „Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord”, mis kehtestab heitvee reostusnäitajate ning ohtlike ainete sisalduse piirväärtused.

Põllumajandusliku hajureostuse ohjeldamiseks rakendatakse kitsendusi sõnniku ja mineraalsete lämmastikväetiste kasutamiseks. Sellel eesmärgil on Eestis määratud Pandivere ja Adavere–Põltsamaa nitraaditundlik ala, kus rakendatakse riiklikku tegevuskava.

Põhjavee hea kvalitatiivne seisund tähendab põhjavee looduslähedast koostist, kui keskkonnakvaliteedi standarte pole inimtegevuse mõjul ületatud. Kõige iseloomulikumad kvaliteedinäitajad ja väärtused, mis on omased heas seisundis põhjaveele, on järgmised:

- naftasaadused < 0,02 mg/l;
- ühealuselised fenoolid < 1 µg/l;
- taimekaitsevahendid < 0,1 µg/l;
- nitraatiooni sisaldus < 50 mg/l;
- puudub inimtegevusest tingitud oluline kloriidiooni sisalduse tõus;
- ammoniumioonid looduslikult aeroobses põhjavees < 0,5 mg/l, looduslikult anaeroobses põhjavees < 1,5 mg/l.

Põhjavesi on heas kvantitatiivses seisundis (ei toimu põhjavee liigvähendamist), kui:

- põhjavee kasutamine on väiksem kinnitatud põhjaveevarust või põhjaveekogumi looduslikust ressursist;
- põhjaveetaseme alanemisest tingitud põhjaveevoolu suuna muutused ei põhjusta soolase vee sissetungi;
- puudub pikaajaline põhjaveetaseme alanemistendents ja põhjaveetaseme alanemine ei põhjusta põhjaveest sõltuvate ökosüsteemide seisundi olulist halvenemist.

Põhjavee seisund määratakse veemajanduskava koostamisel halvima kvaliteedi- või kvantiteedinäitaja väärtuse järgi.

Eesti hõredalt asustatud looduslikes ja poollooduslikes piirkondades on põhjavesi heas seisundis. Kirde-Eesti tööstuspiirkonnas (1100 km²) ja suuremate jääkreostuskollete ümbruses (uuritud reostatud alade kogupindala 22 km²) on maapinnalähedane põhjaveekiht reostuse ja põhjaveetaseme alandamise tõttu halvas seisundis.

Piirkonniti on põhjavesi halvas seisundis ka õhukese pinnakattega ja ebasoodsate põhjavee toitumistingimustega intensiivse põllumajandustootmisega aladel (Põltsamaa–Adavere piirkond) ning suuremate punktreesusallikate (farmid, sõnnikuhoidlad, sõnnikulaamad põldudel, silohoidlad) ümbruses.

Kuna põhjavee hea seisundi tagamine on otseselt või kaudselt seotud rahaliste võimalustega, on küsimus eeskätt selles, kus ja millist reostust ühiskond aktsepteerib. Kehtiv Veeseadus nõuab reostunud põhjavee seisundi parandamist reostaja või, kui reostajat pole võimalik kindlaks teha, siis riigi kulul. See nõue peegeldab poliitilist tahet, kuid praktikas pole täpselt määratletud, millistel tingimustel tuleb antud asukohas (kas looduslik ala või tööstuspiirkond) põhjavesi reostunuks lugeda. Paraku on reostunud põhjavee puhastamine enamasti ka teostamatu või põhjendamatult kallis.

Pragmaatiline seisukoht on, et keskkonkakaitseliste meetmetega seotud kulutused peavad olema väiksemad kui ärahoitav eeldatav kahju inimese tervisele või elusloodusele. Senini arvestatakse tulusid ja kulusid üksnes finantsmajanduslikust vaatepunktist ja ei arvestata sotsiaalset tulu ega puhta keskkonna väärtust.

Igal juhul on reostuse ennetamisele tehtud kulutused oluliselt otstarbekamad kui põhjavee puhastamisele.

5.2 Põhjavee hulga säilitamine

Põhjavesi on loodusliku veeringe osa. Veeringe peamised elemendid – sademed ja aurumine, sõltuvad otseselt ilmastikust. Inimene suudab põhjavee bilansi ja veetaset lokaalselt muuta veehaaretega, kaevandustest ning karjääridest vee eemaldamisega ning maade kuivendamisega. Inimmõju lõppedes taastub põhjaveekogus mõne aastaga.

Põhjaveevõtt veehaaretel

Põhjaveevõtt veekihi alandab põhjaveetaset, mistõttu veehaarete ümber kujunevad veetaseme alanduslehtid. Ulatuslikud alanduslehtid on tekkinud Kambriumi–Vendi veekihtide surveleise vee kasutamisest Tallinnas ja Kohtla–Järve

tööstuspiirkonnas. Alanduslehtrite sügavus ja ulatus stabiliseerub veehaarde kasutamise käigus ning see peab olema prognoositud põhjaveevaru uuringuaruandes.

Põhjaveevaru uuringul arvestatakse põhjaveekihi toitumisega sademetest või teistest põhjaveekihtidest filtreeruva veega. Uute suure tootlikkusega kaevude või kontsentreeritud veehaarete töölerakendamisel tuleb arvestada sellega, et veetase ümbruskonna seni kasutatavates kaevudes võib langeda. Põhjaveevaru uuringuaruandes peab olema tehtud vastav prognoos ja esitatud ettepanekud probleemi lahendamiseks

Kui põhjaveevaru on nõuetekohaselt määratud, ei too veevõtt lubatud toodangu ja veetaseme alanduse piires kaasa põhjavee liigvähendamist (kvantitatiivse seisundi muutumist heast halvaks).

Maapinnalähedase veekihi põhjavee kasutamisel tuleb arvestada võimaliku mõjuga ümbruskonna allikatele ja põhjaveest toituvate või põhjavee tasemest sõltuvatele elupaikadele. Eestis ei ole teada sügavate surveliste veekihtide alanduslehtrite mõju maapinna niiskusežiiimile. Erandi moodustavad mattunud orgude alad, kus toimub sügavate veekihtide toitumine ja veevõtu peatamine võib avaldada mõju Kvaternaari veekihtide veetasemele ja maapinna niiskusežiiimile.

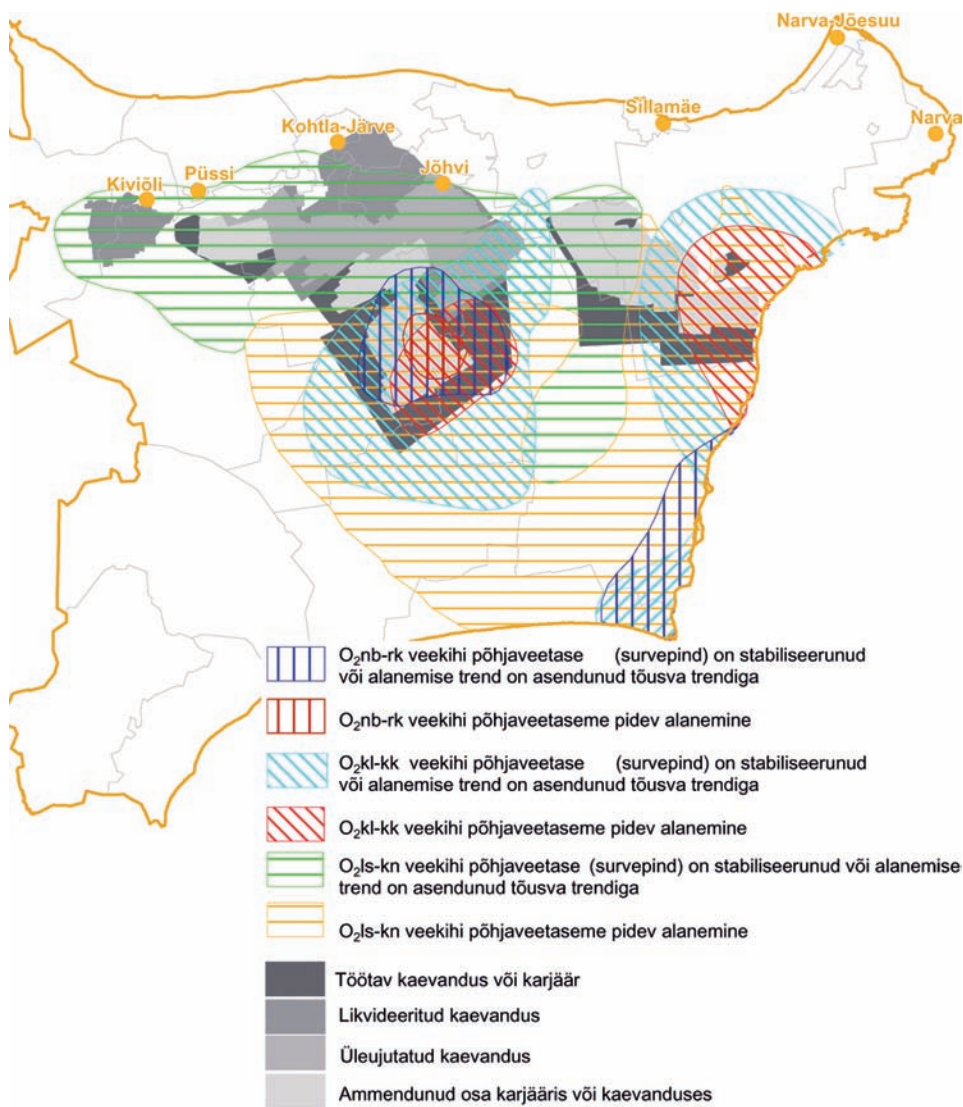
Et säilitada looduslik infiltratsioon põhjavette, on oluline linnades mattunud orgude alasid mitte katta lausaliselt asfaldi ja hoonetega. Reostumistunnustega sademevesi tuleb sellelt alalt ära juhtida.

Põhjavee ärajuhtimine mäetöödel ja kuivendamisel

Kõige ulatuslikumalt mõjutab looduslikku veeringet põlevkivi tootmine Ida-Virumaal. 94% kaevandustest ja karjääridest kõrvaldatavast veest (550000 m³/ööpäevas) pärineb sealsetest põlevkivikaevandustest ja –karjääridest, kus ühe tonni toodetud põlevkivi kohta pumbatakse ja juhitakse ära keskmiselt 15 m³ vett.

Kaevandustest ja karjääridest väljapumbatavast veest moodustab enamiku sademevesi, mis muidu auruks või jõgedega ära voolaks. Suur osa kaevandusveest pumbatakse äravoolukanalitesse, kuid hüdrogeoloogilistest tingimustest ja kaevandamisviisist sõltuvalt on läbi aegade 15–65% sellest veest filtreerunud tagasi kaevandustesse. Seega ei saa kaevandustest ja karjääridest väljapumbatud vett kogu mahus põhjaveeks lugeda.

Illustratsiooniks võib öelda, et mäetöödega otseselt rikutud ala looduslik põhjaveevaru (kui piirkond oleks tervikuna senini looduslik) oleks olnud kuni 100000 m³/ööpäevas.



Joonis 27 Põlevkivi tootmise mõju Ordoviitsiumi põhjaveekihtide veetasemele

Vee ärajuhtimise ja kaevanduste dreenimise tulemusel on tekkinud ulatuslikud veetaseme alanduslehtrid, mis levivad kaugele väljapoole kaevandatava ala piire. Sügavamates ja surveelistes veekihtides levib survetaseme langus kaugemale, pindmises vabapinnalises veekihis korvab infiltratsioon vee ärajuhtimise mõju kiiremini.

Maapinnalt esimeses, Nabala–Rakvere veekihis on kaevandusvee ärajuhtimise mõju jälgitav kaevetööde ümber 1–2 km raadiuses, järgmises, Keila–Kukuruse veekihis 6–7 km raadiuses, ja sügavamas, Lasnamäe–Kunda veekihis enam kui 25 km raadiuses (joonis 27).

Veetaseme alandamise mõju majandustegevusele on erinev. Ühelt poolt muutuvad keerulisemaks veevarustustingimused, teisalt mõjub liigniiskete piirkondade kuivendamine ajutiselt soodsalt metsa kasvule ja põllumajandusele. Oluliselt alanenud veetasemega piirkondades on veeprobleemide lahendamiseks puuritud sadu kaeve taludele ja külade ühisveevarustuseks.

Kui kaevetööde lõppemisel vett enam välja ei pumbata, täituvad kaeveõõnsused ja karjäärid veega ning põhjaveetase tõuseb. Veeringe taastub uues, inimese poolt muudetud olukorras. Mäetöödega kuivendatud alad muutuvad uuesti liigniiskeks. Karjääride ja kaevanduste sulgemisel tuleb planeerida sulgemisjärgne veeringe sellisena, et põhjaveetase oleks võimalikud soodne, kujuneks mitmekesine maastik ja karjääriveekogud.

Teistes Eestimaa piirkondades on maavarade (eestkätt lubjakivi, liiv ja turvas) tootjate ja vee hea seisundi säilitamise konfliktid lokaalsemad. Maavarade tootmisega kaasnev vee ärajuhtimine häirib sageli kohalikke inimesi. Seni on leevendusmeetmeid rakendatud enamasti tagantjärele, kuigi keskkonnameetmed tuleb planeerida koos kaevandamise ja sulgemise kavandamisega.

Maaparandus

Eelmisel sajandil tehti Eestis ulatuslikke maaparandustöid. Haritava maa liigniiskuse kõrvaldamisega kaasnes suurvee kiirem ärajuhtimine. Põhjaveetaseme alandamise põhjustas eestkätt jõgede, ojade ja peakraavide süvendamine lõhelisse lubjakivisse. Põhjaveetase alanes aluspõhja süvendatud veejuhtmest kuni 2 km kaugusele. Kui vett hästi juhtivaid aluspõhjakivimeid ei avatud, piirdus maaparanduse mõju mõnesaja meetriga. Maaparandustööde tagajärjel kuivasid või jäid suve lõpul veevaesteks paljud madalad salvkaevud ja looduslikud allikad paiknesid kraavidesse ümber.

Maaparanduse mõju piirdus siiski veetaseme lokaalse alanemisega, põhjavee kogubilansi maaparandus ei mõjutanud (muutus eestkätt põhjavee ja pinnavee väljavoolu aastasisene jaotus). Tänapäevaks on paljudel aladel maaparandussüsteemid amortiseerunud ja endine veetase taastunud.

Maaparandustööd põllu- ja metsamaadel (peamiselt olemasolevate kuivendus-süsteemide piirkondlik taastamine) on vajalikud ka edaspidi. Nende tööde planeerimisel tuleb arvestada maaelanike veevarustuse vajadustega ja vee-elustiku ning veest sõltuvate kaitsealuste taimede kasvukohtade kaitsega.

Mõju ökosüsteemidele

Kaevandustest ärajuhitava vee ja maaparanduse mõju veest sõltuvatele ökosüsteemidele on olnud läbi aegade täheldatav laialdastel aladel, tänapäevaks on tendents kunagise olukorra osalisele taastumisele (kaevanduste sulgemine, maaparandussüsteemide amortiseerumine).

Veehaarete intensiivne veevõtt sügavatest surveelistest veekihtidest ja sellest tulenev survepinna alanemine ei ole mõjutanud ülejäänud veekihtide ja põhjaveest sõltuvate elupaikade seisundit. Veehaarete veevõtt pole Eestis teadaolevalt kaasa toonud veest sõltuvate elupaikade kahjustamist, välja arvatud Kvaternaari veekihte kasutava Vasavere veehaarde mõju vahetus läheduses asuvatele Kurtna järvedele.

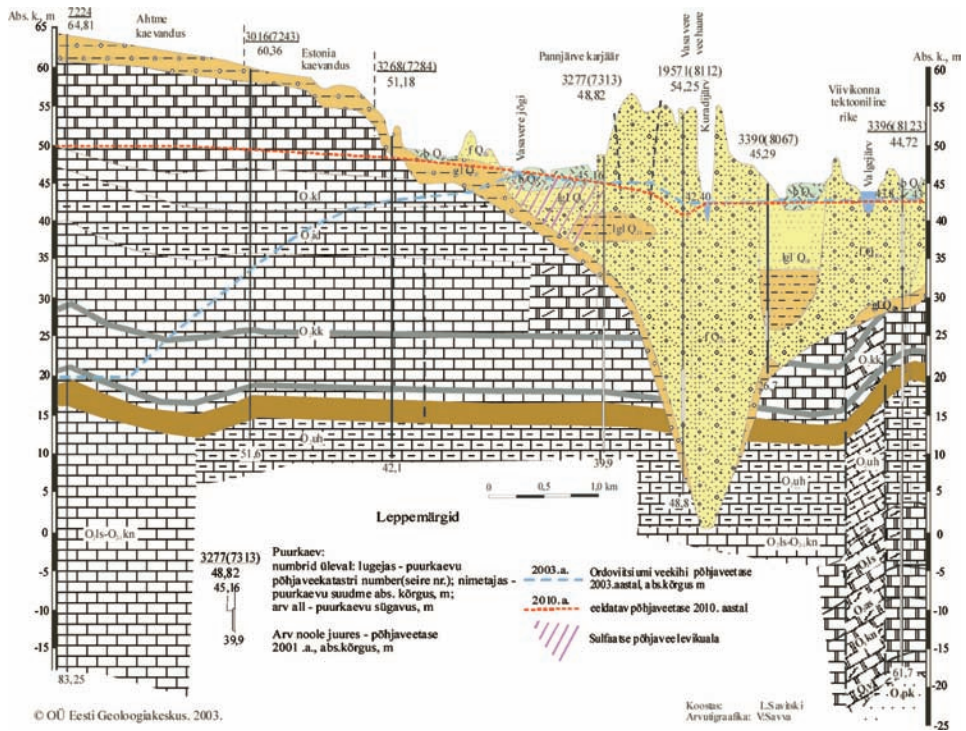


Joonis 28 Kurtna–Vasavere piirkonnas ristuvad erinevad huvid

Maavarade kaevandamise, põhjaveevõtu ja looduskaitse erinevate huvide konflikti ilmekaks näiteks on olukord Kurtna maastikukaitsealal. Seal asuvad (joonis 28) Eesti parim põlevkivivarude suur ehitusliiva maardla Pannjärvel; arvestatav turbavarude Ida–Virumaa parima kvaliteediga ja suur põhjaveevõtu Kvaternaari veekihtides; olulise puhkeväärtusega Kurtna maastikukaitseala koos Natura 2000 võrgustiku Kurtna järvede loodusala.

Kurtna järvede seisundit mõjutavad põhjaveetaseme muutused ja kaevandustest väljapumbatava sulfaate ja hõljumit sisaldava vee juhtimine pinnaveekogudesse. Turbaväljade kuivendus, põlevkivi kaevandamisega kaasnev veelandus Sürgala karjääri Viivikonna jaoskonnas, Pannjärve liivakarjääri vealune liivatootmine ja põhjaveevõtt Vasavere veehaardest on läbi aegade esile kutsunud järvede veetaseme muutusi.

Et vähendada veetaseme alandamise mõju järvedele, püütakse maavarade kaevandamist ja joogivee tootmist piirata. Põlevkivi kaevandamisel kasutatakse põhjaveetaseme alanduse mõju vähendamiseks hüdrotehnilisi leevendusmeetmeid.



Joonis 29 Kurtna–Vasavere piirkonna hüdrogeoloogiline läbilõige

Ka tootjate tegevused on vastastikuse mõjuga. Liiva tootmine Pannjärve liivakarjääris põhjaveetasemest sügavamal vee all vahetult Vasavere veehaarde kõrval mõjutab veehaaret (võetud liiva maht vastab mõjult samamahulise koguse põhjavee väljapumpamisele). Kui veehaare lõpetaks oma töö, tõuseks liivakarjääris veetas.

Tuleb arvestada kõigi tegevuste koosmõjuga. Järvede veetaset mõjutab ka neist suures koguses tuletõrjavee võtmine sagedaste tulekahjude kustutamiseks. On prognoositud, et Ahtme kaevanduse sulgemise tagajärjel hakkab Ordoviitsiumi veekihtide põhjavesi liikuma veega täituvast Ahtme kaevandusest lõunasse, töötavasse Estonia kaevandusse. Sel juhul võib osa Ahtme kaevandusest Estonia kaevandusse liikuvast muutliku kvaliteediga veest sattuda Vasavere mattunud orgu (joonised 28 ja 29), millest võetakse seni kvaliteetset põhjavett.

Kurtna maastikukaitseala tasakaalustatud kasutamine ootab senini lahendust ja kõigi osapoolte koostööd.

Mõnevõrra väiksemas mastaabis põrkuvad liiva kaevandajate, veetootjate, omavalitsuste ja piirkondade arendajate huvid ka Männiku–Raku liiviku järvede piirkonnas Tallinnas. Seal püütakse Tallinna linnavalitsuse initsiatiivil eri osapoolte

koostöös saavutada parim lahendus veevarude ja maavarade kasutamise, puhkemaastike rajamise ja teiste maakasutajate vahel.

Inimmõju lõppedes taastub põhjavee kogus enamasti mõne aastaga, kuid vee kvaliteedi taastumine võib võtta väga pikka aega ja taastuva vee koostis võib jääda looduslikust erinevaks.

5.3 Inimmõju põhjavee kvaliteedile

Inimtegevuse mõju põhjaveele algas koos alepõllunduse levikuga ning jätkus asulate ning tööstuse tekkega. Ohtlikumad reostusallikad on vedelkütuse ja kemikaalide hoidlad ning tööstusjäätmete prügilad. Põhjaveele on ohtlikud ka lekkivad kanalisatsioonirajatised, reostunud vee juhtimine põhjavette, väetiste ja mürkkemikaalide kasutamine ning muud tegevused, millega kaasneb vees lahustuvate ohtlike ainete teke või keskkonnaavariide võimalus.

Põhjavesi võib reostuda mikroobidega (ka tõvestavate bakteritega), kui heitvesi (kuhu on sattunud fekaale), lautade virts või läga pääsevad põhjavette. Poorses keskkonnas liikudes puhastub põhjavesi mikroorganismidest suhteliselt kiiresti. Selle põhjuseks on asjaolud, et pinnaseosakesed adsorbeerivad mikroobe ning nende leviku kaugus põhjavees on määratud mikroobide elueaga.



Joonis 30 Reostuse levik põhjavette ja kaevudesse

Tõestavad mikroorganismid elavad põhjaveekihi enamasti alla 100 ööpäeva, maksimaalselt aasta. Seega, olenevalt vee liikumise kiirusest kivimites või setetes, ei pruugi mikrobioloogiline reostus levida kuigi kaugele. Ohtlikum on bakteriaalse reostuse sattumine lõhelistesse kivimitesse (näiteks alvaritel ning karstialadel), kus põhjavee reostus võib levida kiiresti ja kaugele.

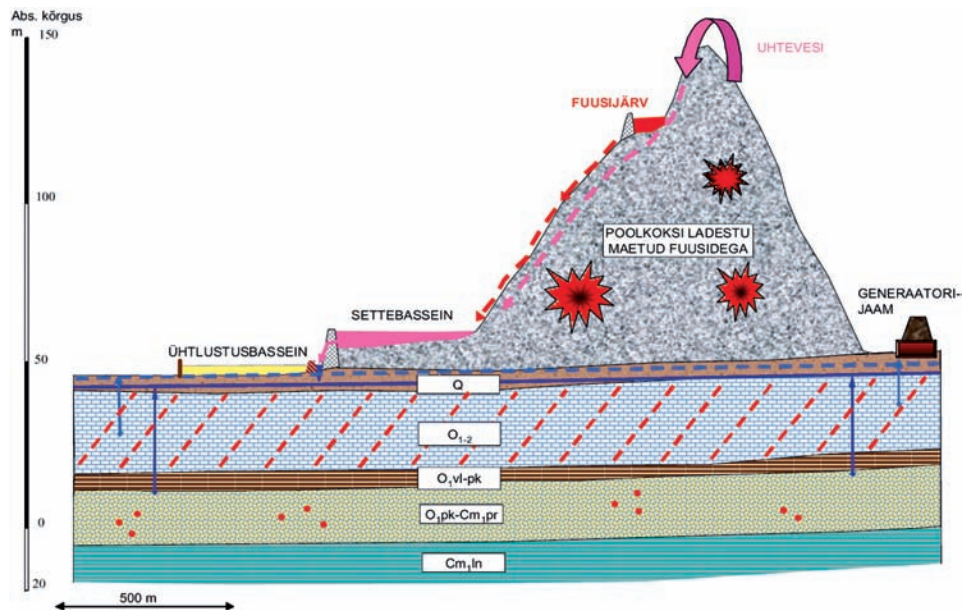
Orgaanilist ainet sisaldavate olmejäätmete lagunemisel vabanevad kaalium-, fosfor-, lämmastik-, kloori- ja väävliühendid või ioonid. Sattunud põhjavette, kätuvad nad seal igauks erinevalt. Näiteks kaalium- ja fosforühendid, samuti ka ammoniumioon seotakse pinnases üsna kiiresti saviosakestele, mistõttu nad kaugele ei levi. Kui aga nimetatud komponendid satuvad koos veega karsti- või karbonaatkivimite lõhedesse, võivad nad põhjaveega kanduda kaugele.

Põhjavee reostus õlisaaduste ja fenoolidega

Põhjavee reostus erinevatest allikatest pärit õlidega on väga levinud. Kirde-Eesti põlevkiviõlitööstuste ja jäätmemägede ümbruses on põhjavesi reostunud põlevkiviõli ja fenoolidega, Kohtla-Järvel ning Kiviõlis kokku ligi 10 ruutkilomeeril.

Lisaks maapinnalähedase Ordoviitsiumi veekihi reostumisele, on Kohtla-Järvel reoained kohati levinud ka allpool paiknevasse Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihti.

Suured reostuskolded paiknevad endiste sõjaväelennuväljade ja kütuseterminalide ümbruses. Tapa lennuväljal on 16 km² suurune ala olnud petrooliga reostunud,



Joonis 31 Kohtla-Järve tööstusprügila põhimõtteline läbilõige

Ämari lennuvälja ümbruses – 2,4 km². Suured katlamajade kütusehoidlate avariid on toimunud Tapal (Veduridepoo), Rakveres (Moonaküla), Kärđlas (Ümarmäe), Arukülas jm.



Foto 1 Kohtla–Järve tööstusprügilas johtub suurim oht vanast fuuside järvest

Kõigis neis reostuskolletes on põhjavesi siiani kütteõlidega reostunud ja jääb reostunuks veel paljudeks aastateks. Omaette probleemiks on vanad asfalditööstused (foto 2) – neid on palju ja nad on peamiselt korrastamata (teada on mõnikümmend aastat vana ulatuslik õlireostus Riisiperes).

Raudteesõlmedes, kuhu veeti kütusetsisterned (Tapa, Rakvere, Ülemiste jt), on esinenud avariilisi väljalaske ja lekkeid, kus ka põhjavesi sai reostatud.

Väiksemaid lokaalseid reostuskoldeid on bensiinijaamade ümbruses ja tööstusaladel, kus on kasutatud mitmesuguseid naftasaadusi.

Õlireostust esineb ka vanade olmeprügimägede ümbruses, kuhu veeti õlijääke. Prügilate põlemisel võib põhjavette jõuda põlemisel tekkinud ohtlikke aineid.

Kaevanduskäikudes olev vesi on sageli vähemal või suuremal määral õliga reostunud. Suuremad reostusjuhud olid seotud Kiviõli kaevandusega (ut-miskatsed maa-all, põlevkiviõli lasti tsisternidest kaevanduskäiku) ja Estonia kaevanduse põlenguga. Kaevandused drenisid reostunud vett ka maapinnalt – reostunud tööstusaladelt, poolkoksi prügilatest ja põlenud aherainemägedest.



Foto 2 Holstre–Nõmme asfaltbetoonitehas, aastal 2003

Autoavarii tagajärjel tekkis põhjavee reostus tolueeniga Ääsmäel Harjumaal. Põhjavee kaitse meetmeteks õlireostuse eest on eelkõige keskkonnanõuetest kinnipidamine vedelkütuste transportil ja ladustamisel. Väga oluline on ka õlijäätmete võimalikult kiire koristamine seni lohakil jääkreostuskolletest.

Maavarade kaevandamine ja sulfaatireostus

Põlevkivi kaevandamisega Kirde–Eestis ning fosforiidi kaevandamisega Maardus on põhjaveetaseme alandamine toonud kaasa olulisi põhjavee kvaliteedi muutusi kaevandusalal ja selle ümbruses.

Vaba hapniku juurdepääs seni vee all olnud kivimites on põhjustanud püriidi oksüdeerumise, mis omakorda on põhjustanud sulfaatide, kaltsiumi ja magneesiumi ning sellest johtuvalt ka põhjavee mineraalsuse suurenemise 2–3 korda.

SO_4^{2-} -sisaldus põlevkivibasseini kaevandus- ja karjäärivees ulatub mõnesajast milligrammist kuni tuhandete milligrammideni liitris.

Sulfaatioonid pinnases ei adsorbeeru, vaid liiguvad koos veega. Nende sisaldus võib reostuskollete ümbruses ületada lubatud piirkontsentratsioone. Tunduvalt on suurenenud vee karedus, ulatudes 10–16 mg-ekv/l. Viimane asjaolu piirab vee kasutamisevõimalusi ka tööstuses, sest vajalik on eelnev veetöötlus.

Veetaseme alandamisega kaasneb orgaanilise aine lagunemine koos selles esinevate väevliühendite oksüdeerumisega. Suured sulfaatiooni sisaldused on teada kuiven-datud maal, näiteks Saaremaal Audla poldri dreanaazivees (240–330 mg/l).

Keeruline probleemidering kaasneb ka kaevanduste ja karjäärade sulgemisega. Nii praegu üleujutatud kui ka edaspidi veega täidetavates kaevandustes moodustub põhjavesi, mille sulfaatide sisaldus on 300–600 mg/l, mineraalsus 0,6–1,1 g/l, ja karedus 8–15 mg-ekv/l.

Üleujutatud kaevandustes on kaevandusvee sulfaatide sisaldus suurim vahetult kaevanduste sulgemise ja veega täitumise lõpus ning hakkab seejärel vähenema.

Ka juba aastakümneid tagasi veega täitunud kaevanduste vee kasutamine joogiveevarustuseks jääb liigsuurte riskide tõttu problemaatiliseks.

Põllumajanduse mõju põhjaveele

Põhilised põllumajanduslikud tootmisalad asuvad põhjavee toitealadel. Hoolimata tootmise vähenemisest on maapiirkondades suurim põhjavee kvaliteedi mõjutaja endiselt põllumajandus.

Reostus orgaanilise aine ja mikroorganismidega. Sõnnik ja silomahl võivad loomafarmide ümbruses, põldudel hoidmisel ja laotamisel reostada pinna- ja põhjavett tõvestavate mikroorganismide, orgaanilise aine ja vees lahustuvate lämmastikühenditega.

Sageli esineb kaevude vee reostumist loomafarmide, silohoidlate ja sõnniku-patareide ümbruses. Reostunud põhjavesi haiseb, suurenenud on NH_4^+ -, Fe_2^+ - ja orgaanilise aine sisaldus.

Otsene risk inimeste tervisele on värskes sõnnikus esinevad tõvestavad mikro-organismid, mis levivad koos reostunud veega ja võivad veekeskkonnas säilida kaua.

Kõige ohtlikum on värskel vedelsõnniku laotamine reostustundlikele aladele (karstialad ja alvarid, kaevude ümbrus). Tõvestavate mikroorganismide esinemise korral sõnnikus tuleb olla eriti ettevaatlik.

Näiteks lubatakse Inglismaal haigusjuhtude esinemisel loomafarmis, selle sõnniku laotamist põllule alles pärast kahte kuud. Lisarisk on ka olmereovee lisamine vedel-sõnnikule.

Värskel sõnniku laotamisel kaitsmata põhjaveega aladel võib laotamisele järgnev vihma sadu mikroobid kiiresti kaevudesse ja veekogudesse uhta.



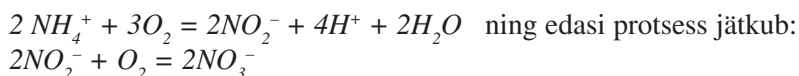
Foto 3 Sõnniku lumme vedamine on veekeskkonnale äärmiselt ohtlik

Reostus nitraatiooniga. Saagis kasutamata jäänud nitraatlämmastik satub lõppkookuvõttes põllumaade all olevasse põhjavette. Aeroobses keskkonnas liigub NO_3^- koos veega, levides kogu aeroobse veekihi ulatuses.

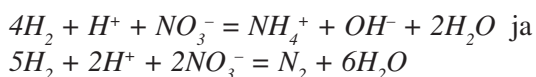
Lämmastikku sisaldavad orgaanilised ained oksüdeeruvad hapniku küllaldase olemasolu korral kuni lõpp-produktini, so kuni NO_3^- -ks.

Kui mullas või pinnases pole piisavalt hapnikku, kasutavad mikroorganismid hapnikuallikana nitraate, taandades neid ammooniumiks (NH_4^+) ja gaasiliseks lämmastikuks (N_2), ning sulfaate (SO_4^{2-}), taandades neid väävelvesinikuks (H_2S).

Mineraalsete lämmastikühendite muundumist aeroobsetes tingimustes (ehk oksüdeerivas keskkonnas, kus $Eh > 0$) võib skemaatiliselt kujutada järgmiselt (tegemist on nitrifikatsiooniga):

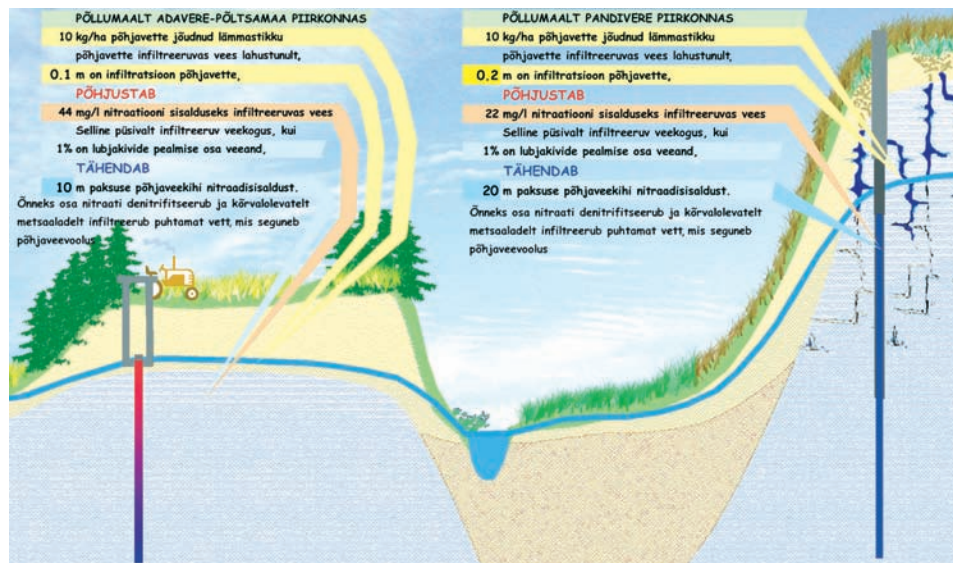


Anaeroobsetes tingimustes (ehk taandavas keskkonnas, kus $Eh < 0$) toimub vastupidine protsess, so denitrifikatsioon:



Nitraatiooni esinemise sügavus maapinnalähedases põhjavees sõltub aeroobse (oksüdeeriva) vöö paksusest. Seega aitab denitrifikatsiooniprotsess mõnevõrra säilitada põhjavee kvaliteeti ka reostumise korral, näiteks intensiivse põldude väetamise puhul.

Mõõduka põhjavee toitumisega kaitsmata paeplatool (näiteks Adavere–Põltsamaa piirkond) tõuseb nitraatiooni sisaldus maapinnalähedases põhjavees kergemini, sest seal on iga-aastane veevahetus (infiltratsioon) väiksem (joonis 32). Nitraatiooni sisaldus Põltsamaa piirkonna paeplatool ligi kaks korda suurem kui Pandivere kõrgustikul (joonis 33).

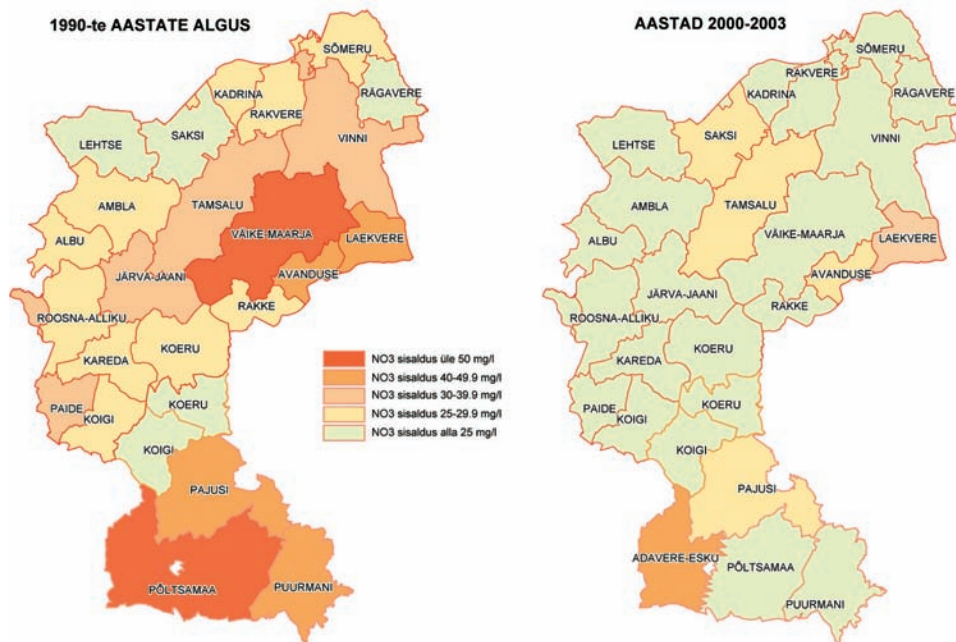


Joonis 32 Nitraatiooni kontsentratsiooni kujunemine Pandivere ja Adavere piirkonnas

Mürkkemikaalid. Väidetavalt ei ole Eestis kasutatavate mürkkemikaalide kogused nii suured, et nad nõuetekohasel kasutamisel mõjutaksid oluliselt põhjavee kvaliteeti.

Põhjavee mürkkemikaalidega reostumise juhud on senini tekkinud lohakusest ja õnnetusjuhtumitest kemikaalide ladustamisel. Sellised juhud on teada Türi ja Tallinna endistest Agrotarbe ladudest, kontrollimata kaebusi on ka maapiirkondades asunud mürkkemikaalide ladude ümbrusest.

Kuigi tänaseks on suur osa vanadest mürkkemikaalide jääkidest kogutud ja kahjutuks tehtud, pole see töö ikkagi lõplik. Siiani leitakse vanadest hoonetest kemikaale ja mürkkemikaalide jääke, mille vedelema jätmine seab ohtu piirkonna põhjavee.



Joonis 33 Nitraatide sisaldused nitraaditundliku ala maapinnalähedases põhjavees

Põhjavee hajureostust mürkkemikaalidega ei ole seniste uuringute alusel teada. Ettevaatlikuks teevad siiski 2003. aasta analüüside andmed: Pandivere kahes allikas ja kahes kaevus leiti herbitsiid MCPA sisaldusi 0,04 kuni 0,1 $\mu\text{g/l}$. Viimane suurus on ka piirnormiks joogiveeallikana kasutatavale põhjaveele.

Seega tuleb Eestiski pöörata tähelepanu mürkkemikaalide kasutamise kontrollile ja alustada süsteemse seirega intensiivse põllumajandustootmisega aladel.

Põhjavee koostise muutused veehaarete töötamisel

Põhjaveekihi intensiivse kasutamisega kaasneb tema loodusliku seisundi muutus. Veehaarde toitealal, mille ulatus puurkaevudel kõigub mõnekümnest meetrist poole kilomeetrini ja suurtel veehaaretel mitmeid kilomeetreid, võib muutuda põhjavee liikumise suund ja toitumise tingimused ülal- ja all-lasuvates veekihtides.

Selline toitetingimuste muutumine võib kaasa tuua ka vee keemilise koostise muutuse. Põhjavee omaduste muutumist veevõtu käigus märgatakse enamasti selle halvenemisel. Vee kvaliteedi ebasoovitavad muutused võivad kaasneda nii veetaseme alanemise kui ka tõusuga.

Põhjavee koostis võib muutuda:

- veetaseme alanemisel aeratsioonivöö paksuse suurenemisega või veetaseme tõusmisel aeratsioonivöö vähenemisega;

- juurdevoolu arvel teistest veekihtidest või pinnaveekogudest;
- põhjavee reostumise tõttu veehaarde toitealal.

Reeglina on muutused aeglasemad sügavates veekihtides. Maapinnalähedaste veekihtide puhul on ebasoovitavad muutused seotud eelkõige toitealal toimunud reostusjuhtudega või maakasutuse intensiivsuse muudatustega.

Põhjaveetaseme alandamise tagajärjel suureneb aeratsioonivöö paksus ja hapendusprotsessidega haaratakse sügavamaid kihte. Näiteks on Ordoviitsiumi veekihtide veetase Kohtla–Järvel kaevanduste piirkonnas tugevasti alanenud, mistõttu lubjakivis leiduv püriit (FeS_2) oksüdeerub, kutsudes esile vesinik-karbonaatse koostisega vee muutumise sulfaatseks.

Põhjavee kasutamise vähenemisega võib kaevu poolt kasutatava veekihi põhjavesi muutuda anaeroobseks, millega võib kaasneda raua-, mangaani- ja väävelvesiniku sisalduse tõus. Selliste nähtuste ilmnemisel tuleb siiski kõigepealt kontrollida, kas joogivee roiskumine ei leia aset väikese veetarbimise tõttu kaevus või trassis (teel kaevust tarbijani).

Mereäärsetes piirkondades võib intensiivne põhjavee väljapumpamine kaasa tuua soolase merevee sissetungimise põhjavekke. Selline oht on Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide põhjavee kasutamisel Pärnus, Kuressaares, Haapsalus. Kambriumi–Vendi veekihtide kasutamisel suureneb võimalus merevee sissetungiks Tallinna ja Sillamäe veehaardes.

Toimub ka sügavamatest veekihtidest tuleva survealase soolase vee juurdevool madalama survetasemega magedamasse veekihti, kui magedamast veekihist võetakse palju vett. Riskide vähendamiseks on olulised põhjaveevaru detailsed uurimistööd, sihipärane seire ja sanitaarkaitsealal ning veehaarde toitealal vajaliku režiimi tagamine.

Maapinnalähedase põhjavee Cl⁻-sisaldust suurendab teede ja tänavate lumetõrjel kasutatav sool, kuid teadaolevalt pole see kaasa toonud veehaardete reostumist soolaga üle 250 mg/l. Kloorioon pinnases ei adsorbeeru, vaid liigub koos veega kõikjale ning selle sisaldus võib reostuskollete ümbruses ületada joogivees lubatud piirkontsentratsiooni.

Põhjavesi on ülenormatiivselt kloriididega reostunud Sillaotsa soola–liivalao ümbruses Paide lähedal, kus kunagine soola lahtiselt pinnasel hoidmine on toonud kaasa põhjavee reostuse leviku kuni kilomeetri kaugusele soolalaost.

5.4 Põhjavee kvaliteedi säilitamine

Põhjavee kaitstus

Aladel, kus vettandvad liivakivi või lõhelise lubjakivi kihid avanevad otse maapinnal või õhukese pinnakatte all, pääseb reostus kiiresti põhjavette – need on kaitsmata põhjaveega alad (kasutatakse ka sõna tundlikud alad). Samas võib paksu savipinnase kihiga kaetud põhjaveekihi saada puhast põhjavett ka reostuskolde kõrvalt – need on kaitstud põhjaveega alad.

Kaitstud ja kaitsmata põhjaveega aladel tuleb põhjaveekihi kaitse vajadusest ning majanduslikest kaalutlustest lähtudes rakendada erineva rangusega kaitse- nõudeid.

Eelnevast kerkib küsimus, miks ei võiks jagada kogu Eesti territooriumi kaheks osaks: kaitstud põhjaveega ala ja kaitsmata põhjaveega ala ning vastavalt kehtestada ka kahes kategoorias keskkonnanõuded keskkonnaohtlikele rajatistele, põllumajandustootmisele, prügilate rajamisele ja muule põhjavett mõjutavale inimtegevusele.

See pole majanduslikult mõistlik lihtsal põhjusel: kõik inimtegevused ja erinevad reoained pole põhjaveele ühtviisi ohtlikud. Näiteks sõnnikureostuse eest vett kaitsev pinnasekiht ei kaitse bensini eest.

Põhjavee loodusliku kaitstuse määrab põhjaveekihti katva suhteliselt vettpidava pinnasekihi paksus, selle koostis, filtratsiooniomadused, pinnaseosakeste reoaine sidumisvõime ja keemiline aktiivsus.

Reostuse leviku ulatuse määravad reoaine keemiline püsivus või lagunemisaeg koostoimes “reoaine – mikroorganismid – pinnas”. Siiski, mida paksem ja savikam (vettpidavam) on kattekiht, seda kindlam on põhjavee kaitstus igat liiki reoaine puhul.

Reoaine liikumine pinnases ülevalt alla toimub koos infiltreeruva sademeveega raskusjõu mõjul või reoaine hajumise teel. Põhjavee kaitstus suureneb kui survele põhjavee tase ulatub savikasse kattekihti.

Põhjavee kaitstuse hindamiseks konkreetsel alal tuleb teada geoloogilisi ja hüdrogeoloogilisi tingimusi, aeratsioonivöö neeldumismahtu konkreetse reoaine puhul, uurida veepidemete filtratsiooniomadusi, reoaine liikuvust ja lagunemisaega.

Põhjavee kaitstuse kaartide koostamisel arvestab hüdrogeoloog piirkonna geoloogilise ehituse paljude iseärasustega nagu pinnase poorsus ja niiskus, aeratsioonivööndi paksus ja filtratsioonikoefitsient. Survelise veekihi kaitstuse

hindamiseks arvutatav reoaine infiltratsiooniaeg sõltub vabapinnalise ja survealise põhjaveetaseme vahest, veepideme paksusest, poorsusest ja filtratsiooni-koefitsiendist.

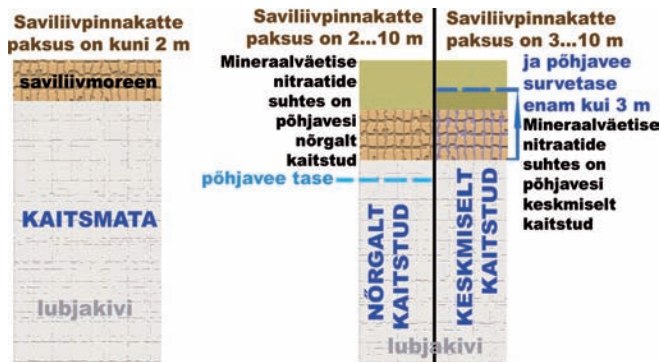
Põhjavee kaitstuse määra on jagatud kuni kuude kategooriasse. Käesoleval ajal on veekaitse õigusaktides kasutusel neli kategooriat: kaitsmata, nõrgalt kaitstud (heitvee pinnasesse juhtimisel) ja keskmiselt ning hästi kaitstud (naftasaaduste hoidlate veekaitseenõuded).

Põhjavesi on kaitsmata: karstialadel; alvaritel (pinnakatte paksus on alla 1 m); aladel, kus pinnakatteks on kuni 2 m paksune moreen ($k=0,01-0,5$ m/ööpäevas); aladel, kus levib alla 20 m paksune liiv või kruus ($k=1-5$ m/ööpäevas).

Õigusaktides nimetatud kaitstuse kategooriad on määratletud konkreetse piirangu või soodustuse kehtestamiseks ja pole automaatselt üle kantavad erinevatele reoainetele ja veekihtidele.

Kahemeetrine moreenikiht filtratsioonikoefitsiendiga 0,2 m/ööpäevas kaitseb näiteks põhjavett mõningal määral sõnniku orgaanilise reostuse eest, kuid ei kaitse vees hästi lahustuvate reoainete eest.

Kui savikas kattekiht on veeküllastunud, võib see olla niivõrd anaeroobne, et osa reoaineid (näiteks nitraatid) redutseerub enne põhjavette jõudmist. Seepärast on põllumajandusliku hajureostuse ohjeldamiseks Pandivere veekaitsealal kasutatud näiteks joonisel 34 toodud põhjavee kaitstuse skeemi.

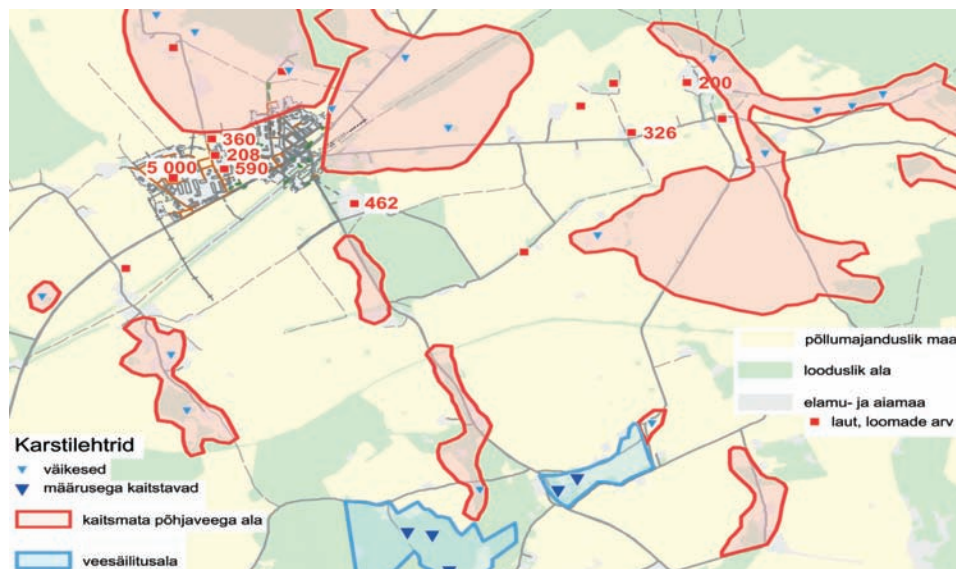


Joonis 34 Põhjavee kaitstuse kategooriad põllumajanduses

Üldreegel on alati, et põhjaveele ohtlike objektide asukoha valikul tuleb eelistada paremini kaitstud põhjaveega alasid.

Näiteks rakendatakse kaitsmata põhjaveega aladel erinevaid meetmeid põhjavee kaitseks, keelde, nõudeid tegevustele ning täiendavat saastetasu heitvee juhtimisel pinnasesse. Saastetasu leevendused heitvee juhtimisel pinnasesse rakenduvad keskmiselt kaitstud ja hästi kaitstud põhjaveega aladel. Hästi kaitstud põhjaveega aladel võib vähendada puurkaevude sanitaarkaitseala. Põhjavee kaitstuse hindamisel tuleb ettevaatlikult kasutada sõna kaitstud, sest reoaine infiltratsioonitingimused on väga muutlikud. Isegi Kambriumi–Vendi põhjavesi, mis on katva Lontova sinisavi tõttu reoainete eest kaitstud, ei ole seda Põhja–Eesti mattunud

orgude alal. Ka hästi kaitstud põhjavesi võib reostuda mahajäetud või defektsete puurkaevude kaudu. Seetõttu tuleb need nõuetekohaselt likvideerida.



Joonis 35 Põhjaveet mõjutav inimtegevus toimub suures osas kaitsmata põhjaveega aladel

Kvaternaari põhjavesi on valdavalt kaitsmata, samuti suur osa Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide avamusalast, mis hõlmab Põhja- ja Kesk-Eestit. Paremad põllumaad paiknevad sageli kaitsmata põhjaveega alal (joonis 35).

Sanitaarkaitsealad

Põhjaveekihist väljapumbatava vee kvaliteedi säilitamiseks tuleb veehaarde ümbruses rakendada ettevaatusabinõusid. Kaevu ümbruse kaitse tuleb korraldada arvestades kasutatava põhjaveekihi kaitstust, kaevude toodangust ning ümbruskonna maakasutust.

Linnades ja asulates on maapinnalähedase põhjavee hea kvaliteedi garanteerimine pikema aja jooksul keeruline. Seetõttu on linnade piires seni töötavad puurkaevud enamasti rajatud sügavatesse, reostuse eest kaitstud veekihtidesse. Maapinnalähedase põhjavee veehaare rajatakse harilikult väljapoole tiheasustusala, seal on veekvaliteet vähem ohustatud ja veekaitseliste piirangute seadmine lihtsam.

Kaitstud põhjaveekihtide kasutamisel piisab enamasti veehaarderajatiste lähiümbruse kaitsest, et õnnetusjuhtumi tagajärjel (näiteks kütuseauto avariit, tulekahju jms) veekiht kaevu kaudu ei reostuks. Tehniliselt laitmatute installatsioonide korral piisab juba veehaarderajatisele juurdepääsu piiramisest.

Vee kvaliteedi kaitseks rakendatavate piirangute hüdrogeoloogiline põhjendus tuleneb ajast, mille jooksul reostus võib jõuda puurkaevu. Need piirangud suurendavad veetootjatele ja tarbijatele nõuetekohase vee kvaliteedi garanteeritust pikema aja jooksul.

I piirangute vööndina käsitletakse ala, millest üldjuhul piisab mikrobioloogilise reostuse kaevu jõudmise vältimiseks. Enamik mikroorganisme sureb pinnases ja põhjaveekihi 50–100 päeva jooksul. Algselt püüti ka I piirangute vööndit arvutada sõltuvalt põhjaveekihi kattekihi ja põhjaveekihi omadustest, hiljem see lihtsustus rakendudes kõigile kaevudele sanitaarkaitsealana raadiusega kuni 50 m (erandjuhul 200 m) või väikestel individuaalkaevudel hooldusalana (raadiusega 10 m). Sanitaarkaitseala kehtestatakse Veeseaduse alusel kõikidele kaevudele. Veevõtu korral sügavatest kaitstud põhjaveekihtidest võib keskkonnaminister sanitaarkaitseala piire vähendada.

Karstialal maapinnalähedast veekihti kasutava veehaarde puhul ei piisa isegi mikrobioloogilise reostuse vältimiseks mõnikord ka 200 m ulatusega sanitaarkaitsealast. Juhul kui hüdrodünaamiliste arvutustega selgub, et 200 m raadiusega sanitaarkaitseala ulatusest ümber puurkaevu(de) ei piisa põhjavee kvaliteedi säilitamiseks pikema aja jooksul, siis võib sanitaarkaitseala ümber kehtestada lisaks piirangute vööndid. Nende piirid ja majandustegevuse kitsendused saab seal kehtestada planeeringuga või veehaarde omaniku ja huvitatud isikute vaheliste lepingutega.

II piirangute vööndi ulatus (sanitaarkaitseala on I piirangute vöönd) arvutatakse, arvestades 400 ööpäevast aega reostunud vee jõudmiseks puurkaevu, või siis määratakse veehaarde toiteala 25% pikaajalise (s.o lubatud) veevõtu juures.

Nii määratud II piirangute vöönd peaks tagama reoainete (näiteks vees lahustunud naftasaadused) lagunemise ja lahjenemise enne veehaardesse jõudmist. Surveliste või kaitstud veekihtide korral II ja III piirangute vööndit üldreeglina ei taotleta.

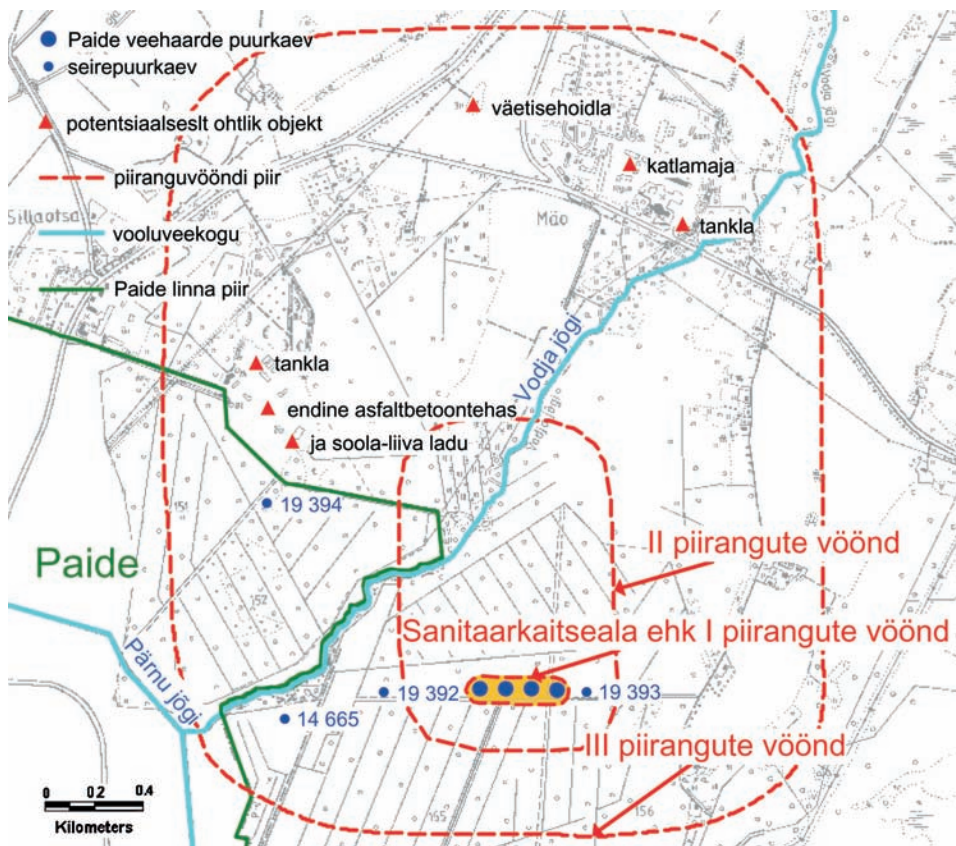
III piirangute vöönd, mis hõlmab veehaarde toiteala pikaajalise (s.o lubatud või kinnitatud põhjaveevarule vastav veekogus) veevõtu juures, on ala mis reaalset mõjutab antud veehaarde vee kvaliteeti ka põhjavees mittelagunevate ainetega (näiteks kloriid, mürgkemikaalid, nitraadid aeroobses veekihi).

Vajalike ja võimalike piiranguvööndite ulatus varieerub suurtes piirides. Paide maapinnalähedast põhjaveekihti kasutatav veehaare rajati linnast välja looduslikule metsaalale (joonis 36), kus veehaarde ümbruses on kilomeetri raadiuses looduslik mets. Veehaarde planeerimisel hinnati olukorda ja leiti, et sellise toodanguga (kuni 2000 m³/ööpäevas) veehaardele piisab sanitaarkaitseala kehtestamisest, kui

arvutatud III piirangute vööndis reostusobjektid korrastatakse. Loodeti ka allikalise Vodja jõe reostust tõkestavale mõjule.

Veehaardest loodesse jääva soola–liivalao mõju maapinnalähedasele põhjaveekihile on aga kujunenud oodatust suuremaks (kuigi seal on rakendatud veekaitsemeetmeid), kloriidide sisaldus veehaarde lääneosa puurkaevudes on periooditi suurem. Veehaarde idaosa puurkaevude vesi on väga hea loodusliku kvaliteediga. Edasine seire selgitab esilekerkinud probleemi tõsidust.

Paide linna vahetus läheduses pole põhjaveehaardele paremat kohta ja sügavate veekihtide kasutamine oleks nõudnud kulukamat veetööstlust. See näide tõestab veelkord vajadust säilitada asulate ümber looduslik ala, kuhu on võimalik rajada veehaare, kui senised kaevud tiheasustusalal peaksid reostuma või nende vesi vajab kulukamat veetööstlust (näiteks fluoriooni või raadiumi kõrvaldamist).



Joonis 36 Paide veehaarde arvutatud piirangute vööndid ja situatsioon aastal 2001

Nõuded kaevule

Tähtsaim nõue on, et kaev või puurkaev peab vältima kasutatava veekihi reostumise kaevu kaudu. Selleks seatakse nõuded kaevu konstruktsiooni ja sanitaarkaitseala osas. Veehaarde eksploateerimise tingimused sätestatakse vee erikasutusloaga.

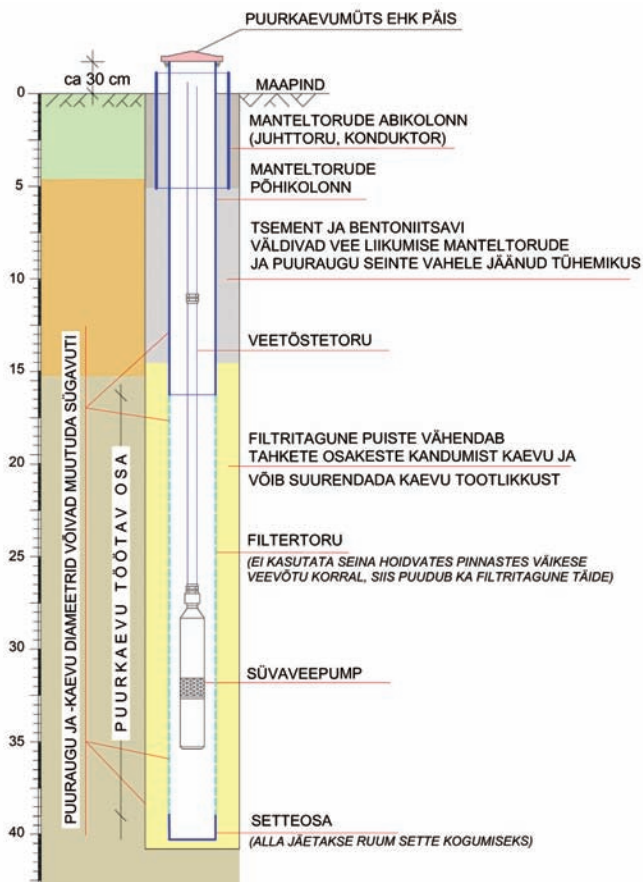
Peamised nõuded kaevu paiknemise osas: kaevu asukoht peab olema võimalike reostusallikate (kogumiskaevud, käimlad, prügikastid, väetise- ja sõnnikuhoidlad, õlimahutid, kanaliseerimata saunad jne.) suhtes põhjaveevoolu suunas (järgib üldjoontes maapinna kallakust) ülesvoolu ja neist krundi piires võimalikult kaugemal (ka erakaevu hooldusala peab olema vähemalt 10 m raadiusega).

Peamised nõuded puurkaevu konstruktsioonile on järgmised: manteltorude põhikolonn peab ulatuma ca 0,3 m üle maapinna või pumbamaja põranda (puurkaevu maa sisse šurfi rajamine tuleks põhjendada veehaarde projektis); šurfi seinad ja põhi peavad olema vettpidavad; puurkaevu suue peab olema veekaitse eesmärgil suletud. Puurkaevu ülaosa ümbritsevad ja vett läbilaskvad setted tuleb

isoleerida manteltoruga (vajadusel ka halva kvaliteediga põhjaveekiht).

Väga oluline on manteltoru paigaldamise kvaliteet. Manteltoru tagune peab olema veetihedalt täidetud tsemendi või saviga (vaata joonis 37). Filtri ja filtritaguse puiste paigaldamine on vajalik kaevu töötava osa paiknemisel pudedates pinnastes, seda liiva kaevu kandumise vältimiseks.

Kaevu ja selle ümbruse sanitaarse seisundi korrasoleku ja majandustegevuse kitsenduste täitmise eest vastutab kaevu omanik või maaomanik. Lihtsama ehitusega kaevu võib rajada maapinna-



Joonis 37 Puurkaev

lähedasse lubjakividega seotud veekihti, kui antud piirkonnas on vesi puhas ja reostust pole ka tulevikus ette näha.

Kui naabruses on teada probleeme vee kvaliteediga, tuleb kaevu konstruktsioon hoolikalt läbi mõelda. Sügavama puurkaevu puurimisel on sageli vajalik põhjaveest raua eraldamine.

Karsti ja allikate kaitse

Karstilehtrite ja allikate kaudu on põhjaveel otsene kokkupuude maapealse veega. Karstilehtrite kaudu valgub sademevesi otse põhjaveekihti, allikates aga avaneb põhjaveevool maapinnale.

Karstil on veevaru kujunemisel väga oluline osa. Põhjavee toitumisel karstilõhede kaudu on suure tähtsusega ka pindalaline infiltreerumine läbi õhukese, vett hästi läbilaskva pinnakatte. Karstiaala õhukese pinnakatte all on praguline paepinnas, kus on nii lõhesid, koopaid kui kurisuid ehk karstilehtreid, mis juhivad sademevee kiiresti põhjavette, kust maapinna madalamatel aladel vesi taas allikatena maapinnale ilmub.

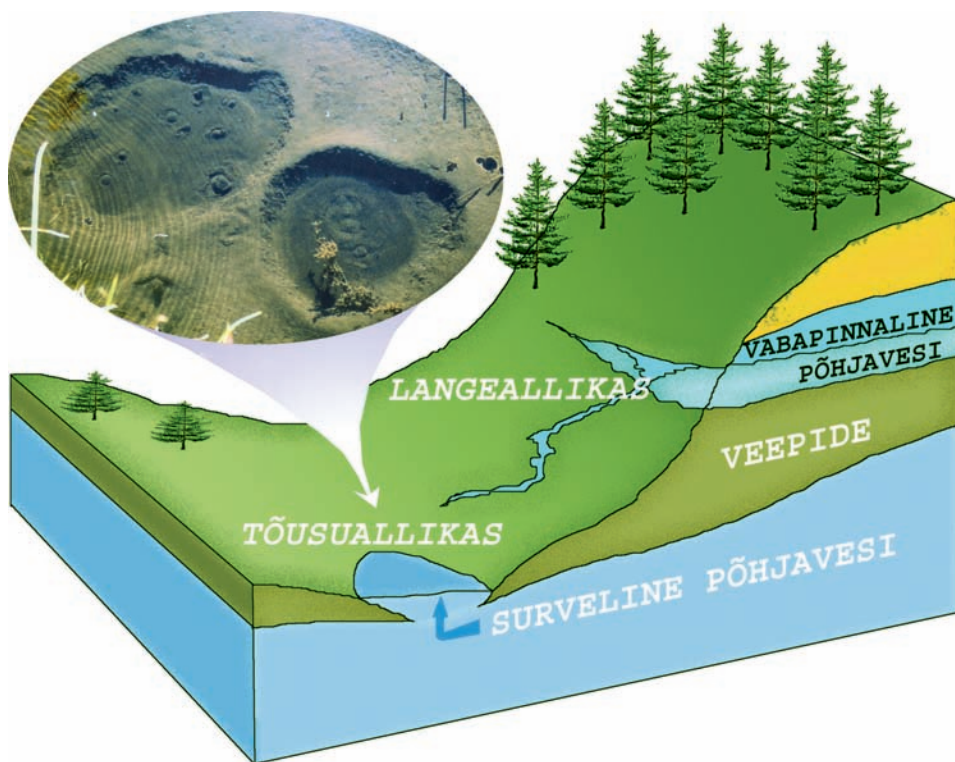
Eestis arvatakse olevat 3000 kuni 10 000 allikat, millest enamik on väikesed. Suuri allikaid on viiesaja ringis. Allikad ilmuvad maapinnale seal, kus põhjaveekiht või survetase lõikuvad maapinnaga (joonised 5 ja 38).

Vabapinnalise põhjavee väljavoolul moodustuvad langeallikad, millest algavad ojad. Tõusuallikate vesi voolab hüdrostaatilise surve mõjul maapinnale alt üles: nende kohale on tekkinud lehtrid, mille põhjas vesi “keeb”. Sageli on tõusuallika rühmade kohale tekkinud allikajärved, millest tuntumad on Äntu järved Pandivere kõrgustikul ja Aegviidu Siniallikate järv. Sügavamatest põhjaveekihtidest avanevad tõusuallikad tektooniliste rikete piirkonnas, näiteks Saula Siniallikad.

Kui vabapinnalise põhjavee väljavoolu takistavad vettpidavad setted, avaneb nõlva jalamil rohkesti väikesi tõusuallikaid. Sinna kujunevad allikaalad, mida näeb klindi jalamil Pakri poolsaare idarannikul, mattunud aluspõhjakõrgustiku nõlval Saaremaal (Viidumäel) ja Põhja–Eestis Oandu–Koljaku piirkonnas.

Olenevalt toitealast jaotatakse allikad alalisteks ja ajutisteks. Viimased töötavad ainult veerikkal ajal, kui põhjaveetase on kõrge. Eriti omapärased on karstiallikad, mis paiknevad seal, kus karstilehtrisse neeldunud vesi (oja või jõena, nn. salajõed) taas maapinnale naaseb. Näiteks Tuhalas, Jõelähtmel, Kuivajõel jm.

Ulatuslikumad karstialad asuvad Pandivere kõrgustikul, mille nõlvaaladel väljuvatest allikatest saavad alguse veerikkad jõed, nagu Pärnu, Põltsamaa, Jägala, Pedja ja Kunda.



Joonis 38 Tõusu ja langeallikad

Karstialasid ja nendega seotud allikaid leidub kogu lubjakivide avamusalal: Saaremaal, Raplamaal, Harjumaa, Lääne-Virumaal ja mujal.

Lõuna-Eestis on allikad sageli seotud ürgorgudega, kus nad on jõgede ääres uuristanud liivakivisse koopaid (Taevaskoja, Tori).

Tähelepanu ja kaitset vajavad ka ajutised karstijärved, kuhu sademeriikastel perioodidel kogunev vesi toidab aegamööda põhjavett. Selliseid ajutisi karstijärvi on palju Pandivere kõrgustikul, samuti Saaremaal ja Raplamaal. Ainuüksi Pandivere kõrgustikul on registreeritud üle 700 karstinähtuse. Enamik haritavale maale jäävatest karstinähtustest on Pandiveres ka kaardistatud (joonis 35).

Pandivere kõrgustiku võlvi ümbritseb lai allikate võõnd, kust saavad alguse paljud jõed ja nende ülemjooksu lisajõed. Kõrgustiku nõlval asuva esimese allikavõõndi allikate vooluhulk on väga muutlik, suvel ja talvel on nad veevaesed ning võivad kuivaks jääda. Siia kuuluvad Valgejõe ülemjooksu allikad ja Jupri, Aravete, Seidla ning Järva-Jaani allikad.

Allikate teine vöönd paikneb kõrgustiku jalamil. Allikaliste alade arv ja pindala on seal suur. Rohkesti on veerikkaid püsiva vooluhulgaga lange- ja tõusuallikaid, paljude jõgede ja ojade püsilähteid. Tuntumad nende rühmast on Roosna–Alliku, Jäneda, Mõdriku, Lavi, Varangu, Äntu, Imastu, Simuna Katkuallikas ja Kiltsi allikad.



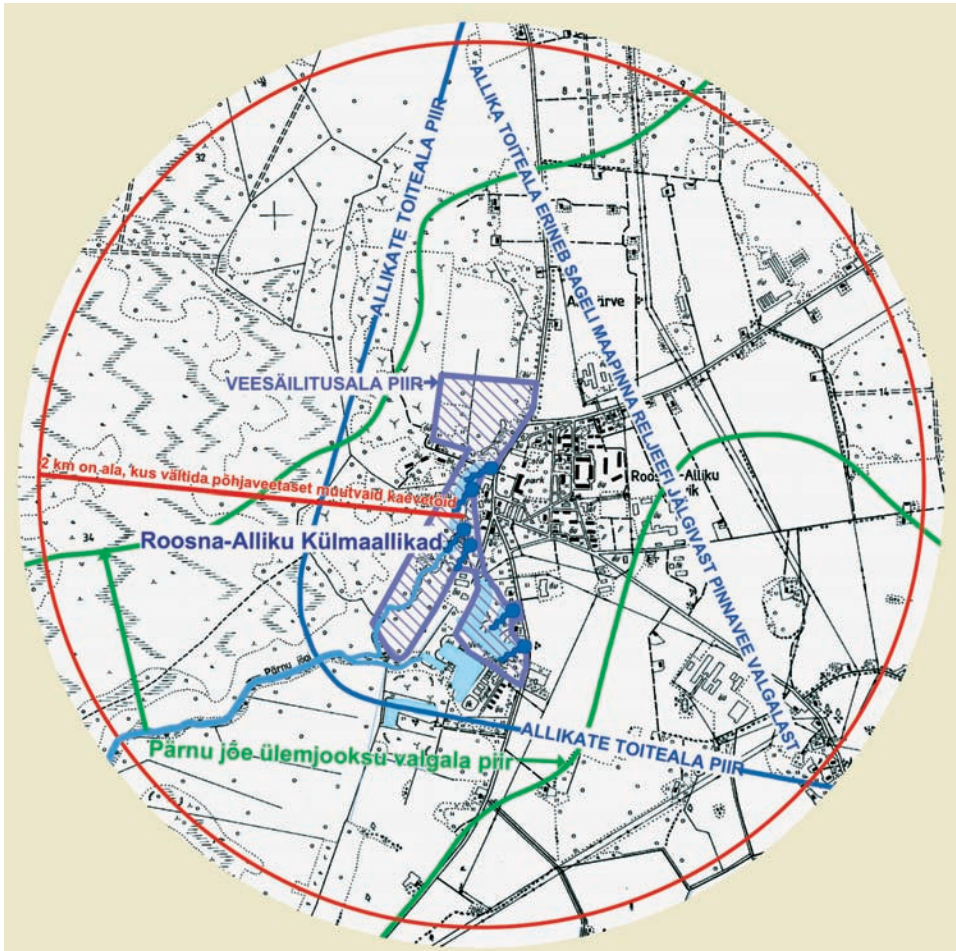
Foto 4 Kiigumõisa allikas

Allikate kolmas vöönd paikneb kõrgustikku ümbritsevates soodes, kus leidub rohkesti pisikesi imballikaid, kuid ka suuri tõusuallikaid, millest tuntumad on Oostriku, Völlingi ja Kiigumõisa.

Suuremaid allikaalaseid ja allikalisi märgalaseid on ümber Pandivere kõrgustiku vähemalt 60. Enamus Pandivere allikatest on senini looduslikus seisundis ja väärivad kaitset.

Allikate vee kvaliteet sõltub inimtegevusest allika toitealal, karstialadel otseselt karstilehtritesse suubuva vee kvaliteedist. Kuna peamisteks põhjavee toitealadeks on kõrgemad kuivad põllualad, sõltub allikate vee kvaliteet suuresti põllumajandustootmise intensiivsusest ja kasutatavast tehnoloogiast.

Karstialade ja allikate säilitamiseks tuleb nende ümbruses vältida: looduslike allikate ja karstilehtrite ümberkujundamist kaevetöödega; karstilehtrite täitmist; järelemõtlematut veekogude süvendamist või paisutamist; reostunud vee sattumist karstilehtrisse või allikasse; erinevaid põhjaveekihte ühendavate kaevude rajamist.



Joonis 39 Allikate kaitseks tuleb vältida veetaseme muutusi ja põhjavee reostumist

Järelemõtlematu tegevusega võib allika või karstiaala rikkuda igaveseks. Karstiaalsid on rikutud neid kivide ja pinnasega täita püüdes. See on toonud hiljem kaasa üleujutusi asulates ja põllumaadel.

Allikate ümbrust on muudetud juba mõisate ajast, kui nendele rajati viinakööke. Sageli paisutati mõisate naabruses allikaid paistiikideks või –järvedeks.

Suure mõjuga olid sotsialismiperioodi ulatuslikud maaparandustööd, mille tagajärjel paljud looduslikud allikad kuivendati ja põhjavee vool paiknes ümber maaparanduse eesvoolu. Õnneks ei omandanud maaparandus meil siiski nii totaalset mõõtu kui näiteks Taanis, kus looduslikke allikaid enam pole.

Allika loodusliku seisundi võib rikkuda paisutamise või kaevetöödega allikast kilomeetri kaugusel. Allika vee kvaliteeti mõjutab inimtegevus allika toitealal.

Näiteks võib karstialal vedelsõnniku lohakas laotamine rikkuda allikavee ja hävitada jõeforellide järelkasvu.

Sageli ei piisa allika lähiümbruse kaitsest allika looduslähedase seisundi säilimiseks. Allikate füüsiliseks säilimiseks tuleb vältida põhjavee taset muutvaid kaevetöid vähemalt 2 km raadiuses nende ümber (joonis 39). Igasugusesse veetaseme reguleerimisse allikate läheduses tuleb suhtuda äärmise ettevaatusega.

Oluline mõju on lähiümbruse reostusobjektidel, vee kvaliteedi hoidmiseks tuleb hoiduda põhjavee reostamisest kogu allika toitealal, mis suurte allikate puhul võib ulatuda allikast kümneid kilomeetreid kaugemale, reljeefis kõrgemale alale.

Allikate puhul kaitseme korraga nii esivanemate pühapaiku, puhast vett, jõeforelli, kui ka siin jääajast säilinud reliktsid eluvorme.

Karstilehtreid ja allikaid on Eestis võetud kaitse alla üksikobjektidena ja looduskaitsealade ning Natura hoiualade koosseisus.

Pandivere kõrgustiku olulisemad karstijärved, karstialad ja allikate grupid ning nende lähiümbrus on varem kaitse alla võetud veesäilitusaladena, millest osa on tänaseks lülitatud Natura 2000 alade või maastikukaitsealade koosseisu.

Allikate ja karstialade kaitseks pole senini terviklikku süsteemi. Pandivere Veekaitseala veesäilitusalade staatus on senini ebaselge, rääkimata veesäilitusalade kehtestamisest mujal Eestis. Veesäilitusala peaks tagama allikate või karstiala lähiümbruse säilimise looduslähedases olekus ning juurdepääsu loodusobjektile.

Põhjavee kaitse Pandivere kõrgustikul

Pandivere kõrgustikul on selge vastuolu lühiajaliste majandushuvide (eelkõige põllumajandustootmise) ja veevaru pikaajalise kasutamise ning väärtuslike veeobjektide säilitamise eesmärkide vahel. Piirkond on samaaegselt oluline põllumajanduspiirkonna ja veekaitsealana.

Pandivere kõrgustiku näol on tegu unikaalse alaga, mis varustab suurt osa Eestit puhta veega. Tähtis on meeles pidada, et põhjaveevaru kujuneb veelahkmealadel, mitte soodes ja märgaladel.

Pandivere kõrgustiku keskosa on Eesti suurim mageveevarude täiendaja. Pandivere kõrgustiku keskosas puuduvad alalised jõed ja ojad. Sellel alal toimub intensiivne sademevee imbumine põhjaveekihtidesse. Pandivere kõrgustik on veelahkmeks Peipsi järve, Soome lahte ja Riia lahte suubuvatele jõgedele. Pandivere suur põhjaveeressurss toidab siit algavaid jõgesid ka kõige pikemal kuivaperioodil, kui tasandikel voolavad väikesed jõed on ammu kuivanud.

Pandivere kõrgustiku võlvil infiltreerub aastas kuni 300 mm paksune veekiht. Sellest veest väljub kõrgustiku jalamil allikate kaudu jõesängidesse 59%. Pandivere kõrgustiku nõlval ning jalamil avanevate allikate summaarne äravool on ca 600000 m³/ööpäevas aasta keskmisena ehk 7 m³/s. Suve põhikuudel, juunis–juulis, on allikaline äravool umbes 5 m³/s, mis teeb sealt lähtuvad jõed Eesti teiste jõgedega võrreldes oluliselt veerikkamaks. Eriti suur on äravool Pärnu, Põltsamaa, Kunda, Loobu ja Valgejõe ülemjooksul.

Ülejäänud infiltreerunud vesi, 125 mm ehk ca 470000 m³/ööpäevas aasta keskmisena, läheb sügavate põhjaveekihtide (50–60 m allpool maapinda) toiteks. See vesi väljub maapinnale või võetakse puurkaevudega Põhja–Eesti veevarustuseks kuni 80 km kaugusel. Seepärast on Pandivere kõrgustik justkui Eesti „looduslikuks veetorniks”.

Pandivere kõrgustik on oma ulatuslike karstialade tõttu äärmiselt vastuvõtlik inimõjule. Eelmise sajandi sotsialismiperioodi lõpul oli oht, et põllumajanduse edasisel intensiivistumisel muutub kogu Pandivere kõrgustiku Siluri–Ordoviitsiumi veekihtide põhjavesi lämmastikühendite sisalduse tõttu joogiks kõlbmatuks (joonis 33). Samaaegselt ohustasid sealset põhjaveeressurssi ka fosforiiditootmise kavad.

Käesoleva sajandi alguseks paranes oluliselt põhjavee kvaliteet Pandivere kõrgustikul põllumajandustootmise vähenemise tõttu, mis nüüd on piirkonniti uuesti halvenemas.

Põhjavesi on senini naftaproduktidega reostunud Rakvere ja Tapa piirkonnas. Asulate ja farmide ümbruses esineb mikrobioloogilist reostust. Põhjavees on leitud taimekaitsevahendeid. Kuni kõik jääkreostuskolded ja vedelkütuse hoidlad pole korrastatud, püsib endiselt reaalne oht põhjavee reostumiseks ohtlike ainetega.

Pandivere kõrgustiku eripära on rõhutatud aastakümneid. 1995 aastal vastu võetud Säästva arengu seadus sätestas ohustatumate piirkondade, nagu Pandivere ja Ida–Virumaa, keskkonnaseisundi ja majandustegevuse tasakaalustamiseks riiklike programmidega seostatud arengukavade koostamise nõude.

Pandivere põhjavee kaitseks on püütud rakendada erinevaid õiguslikke abinõusid, moodustatud on: Pandivere Riiklik Veekaitseala (1988), Pandivere põhjavee alamvesikond (2001), Pandivere nitraaditundlik ala (2003), kuid ükski eelnimetatutest ei toimi seni haldussuutlikult. Pandivere kõrgustiku põhjavee seisund sõltub endiselt majanduse arengu või taandarengu tsüklitest.

Kõige kindlamalt tagaks põhjavee kaitse 1988. aastal moodustatud Pandivere Riiklik Veekaitseala. See kindlustaks Pandivere kõrgustiku väärtustamise ühiskonna teadvuses.

Pandivere põhjavee alamvesikonna veemajanduskava projekt esitab keskkonnamärgid ja meetmekava veemajanduse ja veekaitse arendamiseks piirkonnas. Soovitustest määravama jõuga on need, mis tuginevad Euroopa Liidu direktiividele. Paljud veepoliitika raamdirektiivi ja nitraadidirektiivi nõuded on siiski deklaratiivse iseloomuga ja nende direktiivide püstitatud eesmärkide elluviimiseks koostatud õigusaktid ei võimalda rakendada veekaitseks vajalikke piiranguid.

Pandivere nitraaditundliku ala kaudu saab kehtestada ainult mõned veekaitsealased kitsendused. Allikate ja karstialade kaitse on jäänud senini piisava õigusliku katteta.

Säästva arengu visiooni kohaselt on Pandivere kõrgustik tulevikus mitmekülselt arenenud piirkond, kus hästi majandatud viljakad põllu- ja rohumaad vahelduvad looduslike aladega. Põllumajanduses on rakendatud parim võimalik tehnika ja suurtootjad lähtuvad oma majanduse korraldamisel keskkonnajuhtimissüsteemide rakendamise põhimõtetest. Intensiivse tootmise mõju veekeskkonnale leevendaksid karsti- ja allikapiirkondade veesäilitusalad, kaitsemetsad ja väiksema tootmisintensiivsusega piirkonnad karstialadel ja paepealsetel maadel (püsirohumaad, mahepõllunduse alad). Piirkonnas oleks kasutada joogivee tootmiseks sobiv reostamata maapinnalähedane põhjavesi, kaitstud on väärtusliku veeelustiku elupaigad ja väärtuslikud maastikud ning on olemas sportliku kalapüügi võimalused.

Pandivere kõrgustiku säästva majandamise kogemusi saab rakendada ka teistel veelahkmealadel kogu Eestis.

5.5 Reostunud põhjavee taastamise võimalused

Põhjavee isepuhastumine

Pinnases astub reostunud vesi kontakti pinnaseosakeste, mineraalide ja mikroorganismidega. Osa reoaineid seotakse pinnaseosakeste poolt, osa astuvad keemilistesse reaktsioonidesse ja moodustavad lahustumatuid ühendeid, mis jäävad kivimi pooridesse, kolmas osa ühendeid lagunevad vabadeks ioonideks, veeks ja gaasideks. Kõigi nende protsesside tulemuseks on vee puhastumine, mida nimetatakse isepuhastumiseks.

Reostunud põhjavesi puhastub reostunud ja puhta vee segunemisel, reoaine lagunemisel või sidumisel mulla või pinnaseosakeste külge.

Reostunud vee segunemisel puhta põhjaveega väheneb reostusainete kontsentratsioon. Kui tegemist on olnud ühekordse reostusega, siis toimub lahjenemine maapinnalähedases veekihi peamiselt igaaastase sademevee infiltratsiooni arvel. Puhastumist lahjenemise läbi saab kiirendada reostunud vee väljapumpamise abil.

Põldudel lähtuva reostuse kontrolli all hoidmisel on oluline osa mullaviljakusel ja mulla puhastusvõime säilitamisel. Mullakiht on võimeline siduma ja lagundama suures koguses taimetoitaineid. Ka paljud ohtlikud ained lagunevad mulla mikroorganismide toimel suhteliselt kiiresti.

Reoained lagunevad pinnases ja põhjavees erineva kiirusega. Orgaanilised ained lagunevad hapniku kaasmõjul. Sealjuures kasutavad protsessis osalevad mikroorganismid vees lahustunud hapniku kõrval ka vees lahustunud ioonides olevaid hapnikuaatomeid. Selline isepuhastumine toimub nii heitvee, virtsa kui ka lahustunud õlikomponentide esinemisel põhjavees. Kui orgaanilist ainet on põhjavees palju, toimub reostuskoldes anorgaaniline lagunemine. Selline puhastusprotsess on kiirem looduslähedaste orgaaniliste ainete puhul.

Looduslikus ainerings esinevatest lämmastik- ja väevliühenditest võib põhjavesi puhastuda kiiresti oksüdeerumis- redutseerumisprotsesside ja puhta veega lahjenemise ning hajumise toimel. Seevastu kloriidioonist põhjustatud reostus saab väheneda ainult hajumise ja lahjenemise tulemusena, mis võib suurte põhjavette sattunud soolakoguste puhul võtta pikka aega.

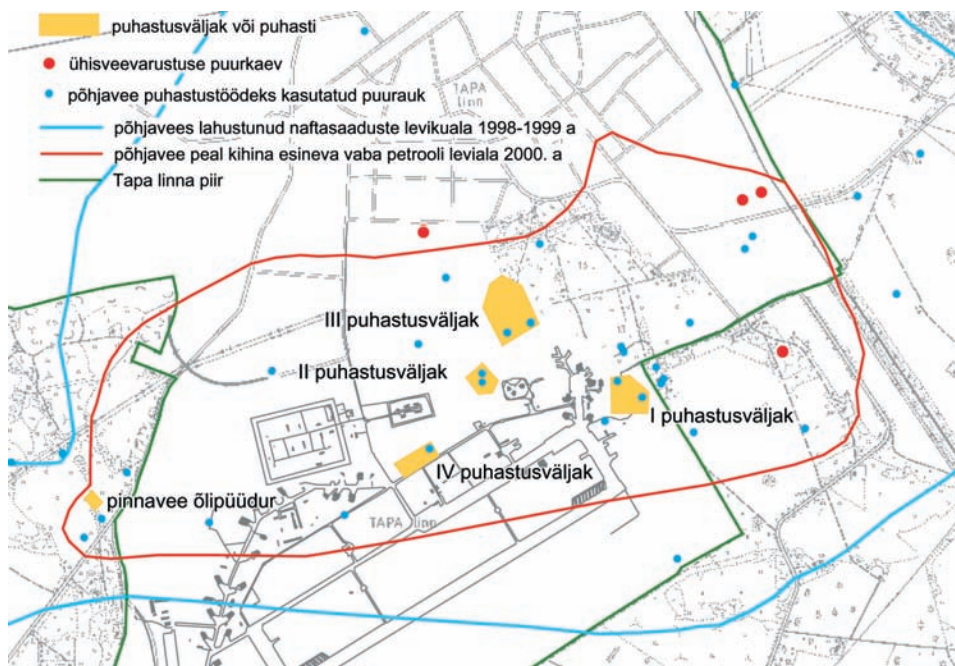
Kõige ohtlikum on põhjavee reostumine püsivate ohtlike ainetega. Kuigi taimekasvatuses kasutatavatest pestitsiididest eelistatakse neid, mis seotakse mullaosakeste poolt ja lagunevad suhteliselt kiiresti, püsivad ebasoodsate asjaolude (näiteks suur sadu paealal vahetult pärast pritsimist) kokkusattumisel põhjavette sattunud mürgkemikaalid seal kaua.

Põjavette sattunult on seal suhteliselt püsivad ka paljud naftasaadused ning põhjaveekiht võib jääda reostunuks aastakümneteks ja enam. Aeroobsetes tingimustes osa naftasaadustest lagundatakse bakterite elutegevuse tulemusena, anaeroobses põhjavees toimub vaid lahjenemine ja hajumine.

Lahustamatud naftasaadused või põlevkiviõli, mis esineb põhjavees eraldi kihina, lagunevad äärmiselt aeglaselt. Selline ulatuslik reostuskolle on näiteks endise Tapa sõjaväelennuvälja ümbruses (joonis 40). Reostunud ala pindalaliselt enam ei laiene, kuid vees lahustunud naftasaadused võivad liikuda ka sügavamatesse veekihtidesse. Seetõttu on reostunud põhjaveega aladel rajatud uued veehaarded asulast väljapoole, reostuskoldest kaugemale või sügavamatesse veekihtidesse (Kärdla, Paide, Rakvere, Tapa).

Põhjavee puhastamine

Enne põhjavee puhastamist tuleb kõrvaldada edasise reostuse oht: likvideerida reostuskolle või renoveerida (sulgeda) ohtlik objekt keskkonnanõuetele vastavaks. Reostuskolle, milleks on sageli vanad mahutipargid, tuleb likvideerida asjatundjate poolt. Oskamatu tegevus võib põhjustada reostuse leviku suurenemise.



Joonis 40 Tapa lennuvälja reostuskolle ja põhjavee puhastustööde väljakud

Pärast NL armee lahkumist Eestist (1994) on ohtlikud ained (sealhulgas õlijäägid mahutiparkides) koristatud endistelt suurtelt sõjaväeobjektidelt nagu: Paldiski Lõunasadam; Paldiski Põhjasadam; Paldiski tuumaobjekt; Viimsi mereväe kütusebaasid; Tapa inseneriväeosa; Tallinna Kopli Naftaterminaal; Paralepa sõjaväelennuväli; Viimsi valla Naissaare sõjaväelinnak ja Pärnu Sauga lennuväli.

Sotsialismiaegsetest reostusohlikest tsiviilobjektidest on tänaseks enamik ohutustatud, kuid küllalt palju on jäänud ka lohakile ja unustatud ning ohustavad endiselt põhjavett.

Pikaajalise reostusega aladel (endised sõjaväeobjektid, asfaltbetoontehased, kütuse-terminaalid) on hooletuse, pahatahtlikkuse või avariide tagajärjel maapinnale või pinnasesse sattunud ohtlikud ained reeglina jõudnud põhjavette. Reostuskollete vahetus läheduses koguneb põhjavett avavate kaevude veepinnale vaba naftasaaduste kiht. Selliste reostuskollete lokaliseerimiseks on esmane tegevus vaba õlikihi kogumine põhjavee pinnalt. Nii on reostuskoldeid lokaliseeritud näiteks:

- Tapa lennuväljal, kus toimus põhjavee veetaseme alandamine ning lennukikütuse kogumine veekihi pealt pumpamisväljakute abil;
- Ämari lennuvälja kütusehoidlas, kus pärast mahutite puhastamist ja likvideerimist ala kraavitati. Kraavidesse kogunev reostunud vesi juhiti õlipüüdjasse enne alalt väljumist läbi õlipüüdja.

Klassikaliselt tuleb kaevudesse ja puuraukudesse koguneva vaba naftasaaduse kättesaamise järel põhjavett aereerida või mingil muul moel soodustada lahustunud naftasaaduste lagundamist bakterite poolt (saavutada bakterite elutegevuseks sobivad tingimused, kasutada spetsiifilisi baktereid). Keerulisem on olukord, kui naftasaadused on veest raskemad. Põhjavee kvaliteedi taastamine võib kesta siis aastakümneid.

Tapa lennuvälja puhastustöödega tegeldi aastatel 1993–2000. Kokku rajati neli puhastusväljakut, kus keskmistest puuraukudest pumpamisega (väljapumbatud vesi separeeriti) tekitati veetaseme alanduslehter ja ümbritsevate puuraukude veevõrgust võeti välja petroolikiht. Kokku saadi üle 110 m³ lennukipetrooli. Töödele kulutas Eesti riik 7,5 miljonit krooni, lisaks Taani riigi abi. Tööde tulemusel vähenes vaba õlikihi paksus ning reostuskolde edasine pindalaline laienemine on vähetõenäoline. Praeguseks on Tapa linna veehaare viidud reostuskoldest väljapoole, laiendatud on ühisveevärgi trasside ala linnas.

Arukülas tegeldi puhastustöödega 1994. aastal pärast reostuse ulatuse selgitamist. Toimus õlise vee väljapumpamine ja separeerimine. Aastaks 2001 oli Aruküla veevarustus osaliselt lahendatud veevõtu abil reostuse eest kaitstud sügavast Kambriumi–Vendi veekihi. Ehitati küll veetrasse, kuid need ei kata seni kogu alevikku ja osale elanikest veetakse tänini joogivett.

Ämari lennuvälja põhjaveereostuse likvideerimisega tegeldi aastatel 2001–2004. Reostuse likvideerimiseks ehitati lahtine kraavidesüsteem, kuhu kogunenud reostunud vesi juhiti läbi õlipüüduri. Kokku utiliseeriti 250 m³ reostunud vett (ca 12–25 m³ naftasaadusi).

Väiksemas mahus on põhjavett puhastada püütud puuraukude, kraavide või дренаaži abil mitmel teisel objektil. Majanduslikult kõige odavam on isevoolse дренаaži kasutamine koos õlipüüdjaga, kuid seda meetodit saab kasutada ainult maapinnalähedase põhjavee korral. Eestis on reostunud pinnase puhastamiseks kasutatud ka bioloogilisi tehnoloogiaid.

Lahjenemisele ja isepuhastusele saab loota peamiselt väikeste ja maapinnalähedaste reostuskollete puhul. Näiteks on kontrollproovide alusel vähenenud tolueneireostus Ääsmäel. Vanades naftareostuskolletes võib sageli täheldada, et kuni poole meetri ulatuses puhastub mullakiht mullabakterite mõjul lennukipetroolist mõne aastaga. Samal ajal sügavamal, anaeroobses osas, haiseb pinnas endiselt. Selget isepuhastust kergetest naftaproduktidest võis jälgida ka perioodilise liigniiskusega aladel, kus vesi tõstis reostuse maapinnale, naftaproduktid lendusid ja lagunesid kiiresti. Seniste puhastustööde praktika on tõestanud, et kord juba reostunud põhjavee kiiret taastamist ei ole siiski oodata.

6 PÕHJAVEE KASUTAMISE TULEVIK

Põhjavesi on oluline loodusvara ja peamine joogiveeallikas Eestis. Ida–Virumaa tööstuspiirkonnas, osadel tiheasustusaladel ja reostuskollete ümber on maapinnalähedane põhjavesi inimtegevuse tagajärjel kasutamiskõlbmatu. Põhjaveevaru kasutamine on kõige pingelisem Harjumaal ja Ida–Virumaal.

Senine põhjaveekasutus on toimunud eestkätt reostuse eest kaitstud sügavatest veekihtidest. Linnades paiknevate maapinnalähedaste veekihtide reostumise korral on veehaare viidud kas asulast kaugemale või võetud vett reostuse eest kaitstud sügavast veekihist.

Põhjavee kasutamisel on suured eelised ka tulevikus, sest põhjavesi on kättesaadav kogu Eesti territooriumil ja puurkaevu võib rajada veetarbija lähedusse. Maapinnalähedast põhjavett on võimalik vajaduse korral perioodiliselt kasutada suurtes kogustes, kuna pumpamise tagajärjel tekkinud alanduslehter täitub uuesti vihma- ja sulaperioodidel põhjavette infiltreeruva veega.

Pinnavesi suudab veevarustuses konkureerida ainult suurtes linnades, kus hea kvaliteediga põhjavett napib. Pinnavee kasutamine Tallinnas ja Kirde–Eestis vähendab põhjaveevaru kasutamiskoormust ja vabastab põhjaveevaru väiksemate asulate ja üksikmajapidamiste paindlikuks veevarustuseks.

Eesti keskkonnastrateegias on esile toodud põhjaveega seonduvalt järgmised probleemid:

- jääkreostuskolded ohustavad senini inimese tervist ja põhjavett;
- osade põhjaveehaarete vee kvaliteedi pikaajaline säilimine pole tagatud sanitaarkaitsealade liiga väikese ulatuse tõttu;
- põhjavee seisund on halb Kirde–Eesti tööstuspiirkonnas;
- lokaalselt on põhjavesi reostunud õlisaaduste ja lämmastikühenditega;
- veekaitsemeetmed on ebapiisavad Pandivere veekaitsealal, kus moodustub suur osa Eesti põhjaveest;
- ei ole selge kõigi seni kasutatavate põhjaveekihtide vee joogiveeallikana kasutamise ohutus tervisele, vee puhastamise teostatavus ja majanduslik otstarbekus;

- jätkub põhjavee reostamine ohtlike ainete lohaka hoidmise, pinnasesse juhitava reovee ebapiisava puhastamise ja keskkonnanõuetele mittevastava silo- ja sõnnikukäitluse tõttu;
- allikate ja karstialade kaitse on korraldamata.

Soodustada tuleb maapinnalähedase, kiiresti taastuva põhjavee kasutamist. Selle kasuks räägivad ka väiksemad kulutused veetötlusele, sest sageli on sügavate veekihtide “vana” vesi joogivee tootmiseks probleematilise koostisega.

Maapinnalähedase põhjavee kvaliteedi tagamiseks tuleb rakendada jõupingutusi vanade jääkreostuskollete ja tööstuse keskkonnanõuetega vastavusse viimiseks ning põllumajandusreostuse piiramiseks. Veehaarete rajamisel tuleb jätta piisava ulatusega sanitaarkaitsealad ning tagada veehaarde toitealal põhjaveele ohutu maakasutusviis.

Põhjavee toitumistingimuste ja kvaliteedi pikaajaliseks säilitamiseks on oluline veekasutajate ja põllumajandustootjate koostöö põhjavee toitealade kasutamisel. Toitealadest enamik on viljakad põllumaad.

Väga oluline on karstialade säästlik kasutamine ja looduslike allikate säilitamine tulevastele põlvkondadele. Puhtaveelistest allikatest toituvad jõed on väärtuslikud elupaigad kaladele.

Tulevikus on otstarbekas paindlikumalt kasutada põhjavett joogivee vajaduste rahuldamiseks. Kvaliteetsemalt rajatud suurkaevud ning kanalisatsiooniteenuste ja jäätmemajanduse areng võimaldavad põhjavee kvaliteeti ohustamata kasutada rohkem kohalikke kaeve ja lokaalvõrke, vähendades veevõrkude perioodilise ümberehitamise vajadust arenevates elamupiirkondades.

Eesti keskkonnastrateegias on põhjaveega seonduvad ülesanded esitatud järgmiselt:

- kindlustada põhjaveevarude säästev kasutamine lähtudes kinnitatud põhjaveevarust või põhjaveeressursist;
- vältida põhjavee reostuse laienemist hajureostuse ja punktreostusallikate mõjul;
- tagada põhjavee tõhus kaitse Pandivere kõrgustikul põhjavee formeerumisalal;
- viia 2008. aasta lõpuks ellu nitraaditundliku ala nitraatidega reostamise vähendamise tegevuskava;

- optimeerida väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamine taimekasvatuse ja veekaitse eesmärkidest lähtudes;
- vähendada kvaliteetse põhjavee kasutamist tööstuses, vähendada vee kulu toodanguühiku kohta;
- välja töötada põhjaveeressursi kasutamise hinnapoliitika;
- vähendada ühisveevärgisüsteemide lekkeid.

Põhjavett säästvalt kasutades säilitame tulevastele põlvedele kvaliteetse joogiveeallika, looduslikud allikad ja puhta veega jõed.

7 PÕHJAVEEGA SEONDUVAID MÕISTEID

1. **Aeratsioonivöö:** maakoore ülemine, maapinnast põhjavee pinnani ulatuv osa, mille poorides on peamiselt õhk, kuid ka allavalguvat (infiltreerunud) vett; põhjavee tasemest kõrgemale jäävad pinnased ja kivimid
2. **Aeroobsed** (oksüdeerivad, hapendavad) **tingimused:** olukord, kus veekogus või põhjaveekihis esineb vaba hapnik ning tegutsevad aeroobsed bakterid, (Eh >0)
3. **Agressiivne põhjavesi:** põhjavesi, mis tingituna oma koostisest (palju vaba CO₂, sulfaate jt ühendeid, madal pH) lahustab või söövitab temaga kokku puutuvaid tahkeid aineid (betoon, karbonaatkivimid, raud jne)
4. **Alanduslehter** (depressioonilehter): töötava kaevu, veehaarde või muu põhjavee taset alandava objekti ümber kujunev põhjavee vaba- või survepinna lehterjas nõgu
5. **Aluskord:** Eestis koosneb aluskord Alam-Proterosoikumi magma- ja moondekivimeist ning lamab 100–500 m sügavusel pealiskorra all; mõnekümne meetri paksuses ülemises osas leidub kohati põhjavett
6. **Aluspõhi:** Eestis moodustab aluspõhja Vanaaegkonna settekivimite kompleks, kuhu kuuluvad alt üles Vendi, Kambriumi, Ordoviitsiumi, Siluri ja Devoni ajastu kivimid
7. **Anaeroobsed** (redutseerivad, taandavad) **tingimused:** olukord, kus veekogus või põhjaveekihis puuduvad vaba hapnik, nitraadid, nitritid ja enamasti ka sulfaadid (Eh <0)

8. **Arteesiavesi ehk surveiline vesi:** maakoore vettpidava kihi all olev põhjavesi, mille survetase on kõrgemal vettpidava kihi alumisest pinnast; soodsatel tingimustel võib vesi puurkaevust ise maapinnale voolata
9. **Deebit** (tootlikkus): keskmine vee hulk, mida kaev või allikas ajaühikus annab (l/s, m³/ööpäevas jne)
10. **Denitrifikatsioon:** nitraatlämmastiku redutseerimine molekulaarse lämmastikuni või dilämmastikoksiidini denitrifitseerijate bakterite toimetel; protsess toimub anaeroobsetes tingimustes
11. **Dünaamiline veetase:** kaevus või puuraugus vee välja- või sissepumpamise ajal kujunev veetase
12. **Erideebit** (eritootlikkus): kaevu tootlikkuse ja püsima jäänud alanduse suhe (tootlikkus arvatuna ühe meetrise alanduse kohta)
13. **Filtratsioon:** põhjavee liikumine veega küllastunud setete ning kivimite poorides ja lõhedes
14. **Filtratsioonikiirus:** filtratsioonigradiendi ja filtratsioonikoefitsiendi korrutis, pole tegelik vee voolukiirus kivimikihi poorides ja tühikutes. Filtratsioonikiirus ja tegelik voolukiirus oleksid võrdsed kui veevool hõlmaks tervet ristlõiget. Tegelik vee voolukiirus on filtratsioonikiirus jagatud vett sisaldava kihi suhtarvuna väljendatud efektiivpoorsusega
15. **Filtratsioonikoefitsient:** kivimite, setete, pinnaste veeläbilaskvust (veejuhtivust) iseloomustav suurus, filtreeruva vee hulk ajaühikus läbi kihi ristlõike pinnaühiku, mõõdetakse m/ööpäevas (m³/ööpäevas läbi m² ristlõike = m/ööpäevas).
16. **Hajureostus** (hajukoormus): otsesed või kaudsed ainete heited või sademetega sissekanne põhjavette, mis võib põhjustada reostumist laial alal, keskkonnakoormus kindla asukohata allikast, näiteks põllukultuuride kasvatamisega kaasnev nitraatide levik ja kloriidide sisalduse suurenemine linnade maapinnalähedases põhjavees
17. **Hapnikubarjäär:** veekogus või põhjaveekihis esinev vöö, kus toimub üleminek aeroobsest seisundist (mida iseloomustab vaba hapniku, nitraatide ja sulfaatide esinemine ning raua puudumine) anaeroobsesse seisundisse (mida iseloomustab vaba hapniku, nitraatide, nitritite ja sulfaatide puudumine ning 2-valentse raua, sageli ka gaasilise lämmastiku ning väävelvesiniku esinemine)

- 18. Hüdrauliline kalle, kalle, gradient:** surve (rõhu) vähenemine filtratsioonitee ühiku kohta
- 19. (Vee) hüdrokeemiline tüüp:** vees esinevate makrokomponentide (mida on 20 mg-ekv% või rohkem) sisaldus, mida väljendatakse nende reastamisega sisalduse alanevas järjekorras, anioonid ees, katioonid järel (näit HCO_3^- –Cl–Ca–Mg)
- 20. Infiltratsioon:** sademe- või pinnavee imbumine maasse. Osa põhjavee infiltrerunud veest aurub põhjavee pinnalt ja aeratsioonivööst eestkätt taimede abil tagasi atmosfääri, allesjäänud veekogus tähendab nn netoinfiltratsiooni
- 21. Jäänukvesi** e. reliktvəsi: settekivimi tekkimise ajal pooridesse jäänud vesi
- 22. (Vee) karedus:** lahustunud kaltsiumi- ja magneesiumisoolade (peamiselt $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ja $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, aga ka CaSO_4 ja MgSO_4 jt.) sisaldus looduslikus vees; väljendatakse 1 liitris vees sisalduvate kaltsium- ja magneesiumioonide hulgana milligramm–ekvivalentides (mg-ekv/l) või kareduskraadides (°dH). Kasutusel on järgmine skaala: (väga) pehme vesi < 1,5 mg-ekv/l (<4,0 °dH), keskmiselt kare (pehme) vesi 1,5–3,0 mg-ekv/l (4,0–8,0 °dH), suurenenud karedusega (möödukalt kare) vesi 3,0–6,0 mg-ekv/l (8,0–16,0 °dH), kare vesi 6,0–12,0 mg-ekv/l (16,0–30,0 °dH), väga kare vesi > 12,0 mg-ekv/l (>30,0 °dH); Eestis tohib joogivee karedus olla kuni 10,0 mg-ekv/l, ehk 27,0 °dH)
- 23. Karst:** põhja- ja pinnavee lahustavast toimest tingitud nähtus lubjakivide, dolomiidi, kipsi ja kivisoola esinemisaladel, mille tulemusena tekivad spetsiifilised pinnavormid nagu karrid, karstilehtrid, lohud, kurisud, uurred, lõhed, kanalid, jäänukid, koopad jne. Lisaks lahustavate kivimite olemasolule mõjutavad karstinähtuste levikut ka suhteline erosioonibaas ja tektoonilised rikkevööndid
- 24. Karstiala:** karsti (karstilehtrid, –nõod, –järved, –koopad, –jões) leviku piirkond, kus puudub ajutiselt või alaliselt sademevee pindmine äravool vooluveekogusse
- 25. (Vee) leelisus:** looduslikus vees lahustunud vesinikkarbonaatide ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ja NaHCO_3) sisaldus, väljendatud milligramm–ekvivalentides liitris (mg-ekv/l)
- 26. Looduslik põhjaveevaru:** varem kasutusel olnud mõiste kui staatilise ja dünaamilise põhjaveevaru summa. Staatiline põhjaveevaru oli võrdne

maapinnas oleva gravitatsioonilise vee mahuga (vesi, mis võib raskusjõul pinnases liikuda). Dünaamiline põhjavaru oli võrdne veehulgaga, mis igal aastal infiltreerus põhjavekke. Looduslik põhjaveevaru on suurem kui põhjaveeressurss

27. **Maapinnalähedane põhjavesi:** valdavalt aeroobne põhjavesi, harilikult surveta (vabapinnaline) veekihi või veekihtide ülemises 10–30 m osas esinev (enamasti pinnakattes, õhukese pinnakatte puhul ka aluspõhja kivimeis)
28. (Vee) **mineraalsus:** vees lahustunud mineraalainete hulk, väljendatakse kas mg/l või g/l
29. **Mineraalvesi** (ka ravi–mineraal– e. tervisevesi): põhjavesi, millel on mineraaloolade, gaaside, mikroelementide jt. ainete rohke sisalduse või muude omaduste (radioaktiivsuse, temperatuuri, happesuse jm.) tõttu tervisele kasulik toime
30. **Nitrifikatsioon:** ammoniaagi oksüdeerimine nitritini ja edasi nitraadini nitrifitseerijate bakterite elutegevuse käigus; protsess toimub aeroobsetes tingimustes
31. **Pealiskord:** Eestis moodustavad pealiskorra Vendi, Kambriumi, Ordoviitsiumi, Siluri ja Devoni ladestu kivimid ning Kvaternaari setted
32. **Pinnakate:** aluspõhja katvad kobedad (e. purd–) setted; Eestis moodustavad pinnakatte Kvaternaari ajastu setted
33. **Pinnasevesi:** pinnakattes leviv ülavesi või maapinnalähedane põhjavesi
34. **Põhjavee bilanss:** teatud piirkonna põhjavee juurde- ja äravooluelementide summa
35. **Põhjavee kaitstus:** hinnanguline kategooria, väljendab põhjaveekihi kaetust setete või kivimitega mis takistavad reoaine jõudmist põhjavekke
36. **Põhjaveekiht, veekiht:** vett sisaldav ja andev maapõue osa, poorsetes või lõhelistes vettjuhtivates kivimites ja setetes leviv põhjavesi; üks või mitu kivimi– või pinnasekihti, mis on piisavalt poorised ja läbilaskvad, et põhjavesi saaks seal märkimisväärses ulatuses voolata või sealt saaks võtta olulises koguses põhjavett (kasutatud on ka nimetusi veehorisont ja veelade)
37. **Põhjaveekihi veejuhtivus:** põhjaveekihi veeläbilaskevõime, iseloomustatakse vett andva pinnase filtratsioonikoefitsiendi ja veekihi paksuse

korrutisega km (m^2 /ööpäevas), on hüdrogeoloogiliste arvutuste tähtsaim parameeter

- 38. Põhjaveekihi taseme- ja rõhujuhtivus (piesojuhtivus):** põhjaveekihi omadus veetaseme või rõhu muutusi edasi kanda. Vabapinnalise põhjavee tasemejuhtivus (a) sõltub põhjaveekihi veejuhtivusest (km) ja veeannist (μ), $a=km/\mu$. Survelise veekihi korral nimetatakse ka rõhujuhtivuseks või piesojuhtivuseks. Survelise veekihi korral sõltub tasemejuhtivus veekihi veejuhtivusest ja veekihi (vesi+pinnas) elastsusmoodulist (kui palju vett vabaneb ruumaläühikust surve ühikulise vähenemise korral)
- 39. Põhjavee liigvähendamine:** lubamatu tegevus, mille tagajärjel põhjavee tase või surve püsivalt alaneb (allikate puhul vooluhulk väheneb)
- 40. Põhjaveekogum:** veemajanduskavas piiritletav põhjaveemaht põhjaveekihis või –kihtides, veemajanduskavade aruandlusühik, põhjavesi, mida kasutatakse või soovitakse tulevikus joogiveeallikana kasutusele võtta, või mis mingil muul moel on oluline
- 41. Põhjaveemaardla** ehk “põhjaveevaru arvestuspiirkond”: põhjavee võtmiseks määratud kinnitatud põhjaveevaruga maa–ala
- 42. Põhjaveeressurss:** veekihi või veeladestiku keskmine pikaajaline toitumismäär, millest on lahutatud pinnaveekogude ökoloogilise kvaliteedi säilitamiseks vajalik vooluhulk
- 43. Põhjavee tase:** vabapinnalises põhjavees mõõdetud veetase, pindalaliselt väljendatult põhjaveepind; survelises põhjavees mõõdetud survetase, pindalaliselt väljendatult survepind
- 44. Põhjaveevaru:** vee kogus põhjaveeressurssist mida lubatakse veehaarete abil kasutusele võtta nii, et oleks tagatud põhjavee hea seisundi säilimine. Põhjaveevaru jaguneb uurituse detailsusest sõltuvalt tarbevaruks T_1 või T_2 või prognoosvaruks P . Põhjaveevaruga maa–ala on põhjaveevaru arvestuspiirkonnaks
- 45. Põhjavesi:** laiemas käsitluses on kogu allpool maapinda küllastusvööndis olev vesi, mis on otseses kokkupuutes mulla või mulla aluskihiga; kitsamas käsitluses küllastusvööndis raskusjõu või hüdraulilise rõhu toimel pinnase poorides või lõhedes liikumisvõimeline vesi

- 46. Redokspotentsiaal, Eh:** näitaja, mis iseloomustab süsteemi oksüdeerivaid (aeroobseid, hapendavaid, $Eh > 0$) või redutseerivaid (anaeroobseid, taandavaid, $Eh < 0$) omadusi
- 47. Redoksreaktsioon:** keemiline reaktsioon, milles reageerivate ainete elementide oksüdatsiooniaste muutub. Seda seletatakse elektronide üleminekuga redutseerijalt oksüdeerijale
- 48. Reostamine:** inimtegevuse tulemusena ainete või soojuse otsene või kaudne õhku, vette või maasse viimine, mis võib osutada kahjulikuks inimeste tervisele või veeökosüsteemide või veeökosüsteemidest otseselt sõltuvate maismaaökosüsteemide kvaliteedile, põhjustab kahju materiaalsele varale või raskendab või takistab keskkonna kasutamist puhkeaja veetmiseks või muul seaduslikul otstarbel. Vee reostamine on vee kasutamise piiramist põhjustav vee omaduste halvendamine reostusallika poolt
- 49. Reostunud põhjavesi** sisaldab inimtekkelist reoainet üle keskkonnanvõrdluse standardi (keskkonnanormi) ning on inimese tervisele ja keskkonnale ohtlik
- 50. Sanitaarkaitseala:** veehaarde sanitaarkaitseala on joogivee võtmise kohta ümbritsev maa- ja veeala, kus veemaduste halvenemise vältimiseks ning veehaarderajatiste kaitsmiseks kitsendatakse tegevust ja piiratakse Veeseaduse alusel liikumist
- 51. Seotud vesi:** kivimi, pinnase või mulla osakestele molekulaarjõudude mõjul kinnitunud või huumuse ja mineraalide koostises olev vesi; ei kuulu põhjavee hulka
- 52. Soolakas vesi:** vesi, milles on lahustunud 2–10 g/l sooli (kloriide, sulfaate)
- 53. (Vee) soolsus:** looduslikus vees lahustunud sulfaatide ja kloriidide (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , NaCl) hulk milligrammides või grammides liitris (või kilogrammi kohta)
- 54. Staatiline veetase:** põhjavee tase puuraugus või kaevus kui vett välja ei pumbata ega juurde ei lasta
- 55. Suur veeringe:** maailmamerelt aurunud vee kandumine õhuvooludega maismaa kohale, kus langeb sademetena maha, osa sellest veest aurub kohe, osa imbub maasse täiendades põhjaveevaru, osa vett voolab veekogudesse, kust kas aurub või jõuab tagasi merre, so. süsteem: meri–atmosfäär–maismaa–meri

- 56. Tehispõhjavesi:** põhjavesi, mis on saadud pinnavee tehislikul voolamisel läbi pinnase või kivimikihi
- 57. Veehaare:** rajatis vee võtmiseks veekogust või põhjaveest (viimasel juhul puurkaev, salvkaev või kaevude grupp)
- 58. Veeand** (efektiivpoorsus või aktiivne poorsus): veega küllastunud pinnase omadus ära anda gravitatsioonilist vett, mis füüsilises mõttes on vabalt väljavoolava vee mahu suhe kivimi kogumahusse, tähistatakse μ
- 59. Veekihid** (veekompleks, veeladestik, veeladestu): nimetused, mida kasutatakse põhjaveekihtide gruppide kirjeldamise hõlbustamiseks (hõlmavad ühte või mitut põhjaveekihti)
- 60. Veepide** e. vettpidav kiht: pinnase, kivimi kiht, mis ei lase vett läbi (veepidavus ei ole absoluutne). Kihipinnaga ristsuunaline filtratsiooni-koefitsient on üldjuhul väiksem kui 10^{-2} m/ööpäevas
- 61. Veeringe** e. vee ringkäik: vee pidev korduv ringlemine Maa atmo-, hüdro-, lito- ja biosfääris, mis toimub Päikeselt saadava energia ja raskusjõu mõjul. See seisneb vee aurustumises, veeauru edasikandumises, kondenseerumises ja sademete langemises ning äravoolus
- 62. Vesinikueksponent, pH:** lahuse happelisust ($\text{pH} < 7$) või aluselisust ($\text{pH} > 7$) iseloomustav suurus; võrdub arvuliselt vesinikioonide kontsentratsiooni negatiivse kümnendlogaritmiga
- 63. Väike veeringe:** maailmamerelt aurunud vee langemine sademetena tagasi maailmamerre, so. süsteem: meri-atmosfäär-meri
- 64. Ülavesi:** ajutiselt sademete või lumesulamise järgselt aeratsioonivöö veega küllastunud osas leviv gravitatsiooniliselt vaba vesi