EESTI GEOLOOGIAKESKUS
Hüdrogeoloogia osakond

KINNITAN
Eesti Geoloogiakeskuse

direktor Vello Klein
“ “ 2001. a.

Riiklik reg. nr. GR-99-26

Rein Perens

EESTI PÕHJAVEE KAITSTUSE KAART
1:400 000

Teadusdirektor Jaan Kivisilla

Tallinn, 2001

ANNOTATSIOON

R. Perens. Eesti põhjavee kaitstuse kaart 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogia osakond. Tallinn, 2001. Tekst 48 lk., 1 graafiline lisa (EGF).

Seoses Eesti Keskkonnategevuskava elluviimisega on põhjavee kvaliteedi kaitse tõhustamise oluliseks tegevuseks kavandatud erineva detailsusega põhjavee kaitstuse kaartide koostamine ja väljaandmine. Üldiseks tsoneerimiseks ja alamvesikondade esialgsete veemajanduskavade koostamiseks sobib ka digitaalsel alusel valminud Eesti põhjavee kaitstuse kaart mõõtkavas 1:400 000.

Kaardi koostamise eesmärgiks on maapinnalähedase põhjavee loodusliku kaitstuse (reostuskaitstuse) kujutamine kaardipildis. Geoloogilise alusena on kasutatud Eesti aluspõhja, pinnakatte ning hüdrogeoloogiliste ja ehitusgeoloogiliste tingimuste kaarte mõõtkavas 1:50 000 ja 1:200 000. Metoodilise juhendina ja legendi alusena on kasutatud Rahvusvahelise Hüdrogeoloogide Assotsiatsiooni poolt väljaantud juhendit ja standardlegendi. Arvestatud on ka suuremõõtkavaliste (1:50 000) põhjavee kaitstuse kaartide koostamise kogemusi.

Aruande tekst (seletuskiri) annab ülevaate põhjavee looduslikust kaitstusest ja põhjavee seisundist veekomplekside ja üksikute piirkondade lõikes. Erilist tähelepanu on osutatud lämmastikühendite kui põhjavee reostuse indikaatorite leviku seaduspärasuste selgitamisele.

Kaardil on erinevate värvidega välja eraldatud pindmise reostuse eest kaitsmata, nõrgalt kaitstud, keskmiselt kaitstud, suhteliselt kaitstud ja kaitstud alad. Leppemärkidega on kujutatud põhjavee seisundit mõjutavad looduslikud tegurid ja suuremad antropogeense koormuse objektid.

Märksõnad: reostuskaitstus, põhjaveekompleks, veekogum, alamvesikond, lämmastikühendid.

Projektijuht Rein Perens

SISUKORD

	SISSEJUHATUS	4
1.	KAARDI KOOSTAMISE PÕHIMÕTTED	4
2.	PÕHJAVEE KAITSTUST MÕJUTAVAD LOODUSLIKUD TEGURID	9
3.	MAAPINNALÄHEDASTE PÕHJAVEEKOMPLEKSIDE ISELOOMUSTUS	14
4.	PÕHJAVEE KAITSTUS JA REOSTUSOHTLIKKUS (REOSTUSTUNDLIKKUS)	22
5.	LÄMMASTIKÜHENDITE SISALDUS PÕHJAVEES	29
6.	ANTROPOGEENNE KOORMUS	40
	KOKKUVÕTE	43
	KASUTATUD KIRJANDUS	44

TEKSTILISAD

Lisa 1.	Geoloogiline ülesanne	48
	EGK Teadusnõukogu protokoll	

GRAAFILINE LISA

EESTI PÕHJAVEE KAITSTUSE KAART 1:400 000

GROUNDWATER VULNERABILITY MAP OF ESTONIA 1:400 000

SISSEJUHATUS

Käesoleval ajal puuduvad Eestis riigikeelsed laiemale avalikkusele kättesaadavad põhjavee loodusliku kaitstuse (reostuskaitstuse) kaardid. Kuna põhjaveevarude säästev kasutamine ja põhjavee kaitsemeetmete tõhustamine on seoses Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) rakendamisega saanud Eesti riikliku keskkonnaalase tegevuse põhieesmärkideks, siis on vajadus taoliste kaartide järele suur. Kõige paremini vastaksid planeerijate ja arengukavade koostajate vajadustele kaardid mõõtkavas 1:50 000, kuid käesolevaks ajaks on vastava detailsusega kaardistatud ainult Põhja-Eesti, Pandivere kõrgustik ja Lääne-Eesti saared. Üldiseks tsoneerimiseks ning alamvesikondade esialgsete veemajanduskavade koostamiseks on digitaalsel alusel valminud Eesti põhjavee kaitstuse kaart otstarbekas esialgu välja anda paberkandjal seinakaardina mõõtkavas 1:400 000.

Metoodilise juhendina ja legendi alusena on kasutatud Rahvusvahelise Hüdrogeoloogide Assotsiatsiooni poolt väljaantud juhendeid ja standardlegende (Vrba & Zaporozec, 1994; Struckmeier & Margat, 1995). Arvestatud on ka "Eesti põhjavee kaitstuse ja antropogeense koormuse kaardi" (mõõtkavas 1:50 000) legendi (Savitskaja, 1992) koostamise ja Pandivere Riikliku Veekaitseala tsoneerimise kogemusi (Pandivere…, 1993).

Põhirõhk on asetatud esimese aluspõhjalise veekompleksi põhjavee loodusliku kaitstuse hindamisele. Geoloogilise ülevaate, kliima, hüdroloogia, pinnamoe ja geoloogilise iseloomustuse kohta on lisaks Eesti Geoloogiakeskuse aruannetele kasutatud Eesti Entsüklopeedias ja koguteoses "Eesti loodus" (Raukas jt., 1995) trükitud materjale.

Aruande teksti on kirjutanud Rein Perens, faktilise materjali statistilise arvutitöötluse tegi Mati Lelgus, arvutijoonised vormistasid Albina Saaremäe ja Valeri Savva, põhjavee kaitstuse töökaardid digitaliseeris ja arvutikaardi kujundas Tiina Parm, kasutades arvutiprogrammi MicroStation, ja aruande teksti vormistas Kaja Zavitskaja.

1. KAARDI KOOSTAMISE PÕHIMÕTTED

1.1. Geoloogiline ja hüdrogeoloogiline alus

Kaardi koostamisel ning põhjavee seisundi ja põhjavee loodusliku kaitstuse hindamisel on põhiliseks aluseks olnud kompleksse geoloogilis-hüdrogeoloogilise kaardistamise materjalid. Aastail 1958-73 toimunud keskmisemõõtkavalise kompleksse kaardistamise tulemused on trükist välja antud venekeelsete nomenklatuursete kaardilehtedena (23 lehte) mõõtkavas 1:200 000.

Kaardikomplektid koosnesid aluspõhja, kvaternaarisetete ja hüdrogeoloogilisest kaardist, mis sisaldasid mõningast informatsiooni ka põhjavee kaitstuse kohta. Erilist tähtsust omavad kaardistamisaruannetes esitatud ehitusgeoloogilised kaardid, mis oma kahekihilise esitusviisiga ning pinnakatte paksuse, koostise ja filtratsiooniparameetrite näitamisega võimaldavad otsustada ka põhjavee kaitstuse üle ühes või teises piirkonnas.

Peaaegu samaaegselt keskmisemõõtkavalise kaardistamisega alustati geoloogilis-hüdrogeoloogilist kaardistamist mõõtkavas 1:50 000. Kuigi nimetatud kaardistamise eesmärgiks oli Kirde-Eesti põlevkivileiukoha ja Rakvere fosforiidimaardla hüdrogeoloogiliste tingimuste täpsustamine, aga samuti suuremate linnade veevarustusallikate otsimine, näidati neil kaartidel ka põhjavee reostusallikaid ja põhjavee kaitstuse elemente. Nimetatud kaardid olid aluseks ka esimese kogu Eestit hõlmava põhjavee kaitstuse kaardi koostamisele mõõtkavas 1:200 000 (Savitskaja jt., 1982). 80ndatel aastatel viidi Eesti Geoloogiakeskuse poolt L. Savitskaja juhtimisel läbi ka üksikute maakondade põhjavee seisundi hindamine (Savitskaja jt., 1985).

Hüdrogeoloogiliselt keerulisemates ja keskkonnakaitseliselt tähtsamates piirkondades (Pandivere kõrgustik, Lääne-Eesti saared) tehti 70-80ndatel aastatel suuremõõtkavalist hüdrogeoloogilist kaardistamist maaparanduse tarbeks. Neisse kaardikomplektidesse kuulunud geoloogilis-geneetiliste komplekside kaardid ning põhjavee režiimi ja dünaamika kaardid võimaldavad hinnata ka ühe või teise piirkonna põhjavee kaitstust küllaltki suure detailsusega. Kõnealuste kaartide autoriteks on G. Eltermann, R. Grünberg, T. Mardim, V. Nõmmsalu ja R. Perens. 1983.-1986. a. toimunud Jõgeva piirkonna kaardistamisel ühitati juba geoloogilis-geneetiliste komplekside kaart ja põhjavee kaitstuse kaart mõõtkavas 1:50 000 ning näidati üksikute reostuskomponentide pindalalist levikut põhjavees (Perens jt., 1986).

Samal ajal tellisid Järvamaa ja Lääne-Virumaa maavalitsus Eesti Maaparandusprojekti geoloogiaosakonnalt (alates 1992 AS Maves) ja Eesti TA Geoloogia Instituudilt (praegu Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituut) uurimistööd majandite veekaitseskeemide koostamiseks mõõtkavas 1:10 000. Nende uuringute tulemusel on H. Kink ja M. Metsur teinud terve rea aruandeid ja artikleid, mis on kokku võetud 1993. a. valminud ühistöös "Pandivere riiklik veekaitseala".

90ndate aastate algul Saaremaa, Hiiumaa ja Tallinna piirkonna põhjavee kaitstuse kaardid mõõtkavas 1:50 000 on tehtud juba ühtse tugilegendi alusel (Savitskaja, 1992). Viimastel aastatel koostatud põhjavee kaitstuse kaartidest on olulisim Tallinna põhjavee kaitstuse kaart mõõtkavas 1:20 000 (Savitskaja ja Savva, 1998).

Olulise hüdrogeoloogilise informatsiooni allikaks on puurkaevud. Geoloogiline läbilõige ja põhjavee keemiline koostis on teada umbes 15 000 puurkaevu kohta. Rohkem kui pooled siluri-

ordoviitsiumi veekompleksi avavad puurkaevud on puuritud viimase kümne aasta jooksul, samal ajal kui keskmisemõõtkavalise kaardistamise aegadesse (1961-1980) jääb vaid 17% puurkaevude arvust. See on põhjuseks, miks kvaternaarisetete paksuse kaardid mõõtkavas 1:200 000 on lootusetult vananenud ning käesoleva töö käigus on arvestatud ka kõikide tarbepuurkaevude andmetega.

Ainult hilisemad põhjavee kaitstuse kaardid mõõtkavas 1:50 000 Saaremaa, Hiiumaa ja Tallinna piirkonna kohta on vahetult digitaliseeritud. Täiendava geoloogilise ja hüdrogeoloogilise alusena on kasutatud ka viimaseid ülevaatekaarte mõõtkavas 1:400 000 (Suuroja, 1997; Kajak, 1999; Perens, 1998), Eesti hüdrogeokeemilist atlast (Perens jt., 1999) ja põhjaveeseire tulemusi (Põhjavee seisund 1991…1999).

1.2. Reostuskaitstuse (reostusohtlikkuse) kaartide koostamise meetodid

Eesti keeles puudub kuni viimase ajani üldkasutatav vaste ingliskeelsele mõistele *groundwater vulnerability*. Kahjuks ei andnud sellele üldlevinud terminile tõlget ka hiljuti ilmunud Aleksander Maastiku poolt toimetatud ja 4615 märksõna sisaldav seitsmekeelne keskkonnasõnastik (Maastik, 2000). Sõnaraamatus puudub ka eesti keeles laialt kasutatud mõiste *põhjavee* või *põhjaveekihi kaitstus*. Kuna Euroopa Liidu riikides ja veepoliitika dokumentides kasutatakse mõistet *vulnerability mapping*, siis käesolevale aruandele lisatud kaardi koostamisel on püütud need mõisted – põhjavee looduslik reostuskaitstus ja reostusohtlikkus ehk reostustundlikkus (ingl. k. *vulnerability*) omavahel siduda.

Reostuskaitstuse kaartide koostamise meetodid varieeruvad olenevalt uuritava ala füüsilis-geograafilistest iseärasustest, andmete kvantiteedist ja kvaliteedist ning kaardi koostamise eesmärgist. Meetodid võib üldiselt jagada kahte erinevasse klassi: universaalsed, mis on kasutatavad erinevates piirkondades, ja lokaalsed, mis on välja töötatud teatud piirkonna jaoks. Sealjuures eristatakse omakorda hüdrogeoloogiliste tingimuste meetodit ja parameetrite meetodit (Vrba & Zaporozec, 1994).

Hüdrogeoloogiliste tingimuste meetodid iseloomustavad mingi piirkonna põhjavee reostusohtlikkust, mida võrreldakse teiste piirkondadega. Need meetodid kuuluvad universaalsete meetodite hulka ja on kasutatavad suurtel, varieeruvate hüdrogeoloogiliste ja morfoloogiliste omadustega aladel.

Parameetrite süsteemi meetodid jagatakse kolme gruppi: maatrikssüsteemid, hindamissüsteemid ja punktisüsteemid. Viimasele lähedane on ka USAs, Kanadas ja mitmetes Euroopa riikides kasutatav DRASTIC-meetod, mis on sobiv kujutama põhjavee suhtelist kaitsmatust reostuse eest kindlal maa-alal.

Käesolev kaart arvestab eelkõige pinnakatte paksuse, pinnakatte litoloogilise koostise ja survelise põhjavee survepinna kõrgusega.

1.3. Põhjavee reostuskaitstuse hindamise kriteeriumid

Inimtegevuse mõju põhjaveele ning antropogeense reostuse intensiivsus ja iseloom sõltuvad suurel määral põhjavee kaitstusest. Viimase all mõistetakse käesolevas aruandes maapinnalt esimese aluspõhjalise veekihi kaetust vettpidavate või nõrgalt vett läbilaskvate setetega, mis takistavad reostusainete sattumist maapinnalt põhjavette. Põhjavee kaitstus sõltub paljudest teguritest, millised võib jagada kolme gruppi – looduslikud, tehnogeensed ja füüsikalis-keemilised.

Looduslike tegurite all mõeldakse vettpidavate või nõrgalt vett läbilaskvate setete esinemist hüdrogeoloogilises läbilõikes. Sealjuures on olulised nii setete paksus kui litoloogiline koostis ja filtratsiooniomadused ning aeratsioonivööndi sorbeerimisvõime.

Tehnogeensete tegurite hulka kuulub eelkõige mitmesuguste reostusallikate esinemine maapinnal ja reoaine sattumise viis põhjavette. Siia hulka kuulub ka infiltratsiooniväljakute rajamine ja väetiste kasutamine põllumajanduses.

Füüsikalis-keemiliste tegurite hulka kuuluvad eelkõige saasteainete ja saastekomponentide spetsiifilised omadused, nende migratsioonivõime, sorbeeritavus, saasteainete ning kivimite ja vee vastastikune toime.

Sõltuvalt saasteainete esinemisest maapinnal ja filtratsioonitingimustest teel põhjavette on reostuskaitstus pindalaliselt erinev. Seepärast on ka põhjavee reostuskaitstus küllaltki tinglik ja nõuab kõigi kolme teguritegrupi arvestamist. On selge, et mida paremini on aluspõhja veekihid kaetud vett nõrgalt läbilaskvate pinnakatte setetega, mida suurem on nende paksus, mida väiksemad on kvaternaarisetete filtratsiooninäitajad, seda pikem on saasteainete infiltratsiooniaeg aluspõhja veekihti ja seda suurem on põhjavee kaitstuse tõenäosus. Piirkondlikeks hinnanguteks on olulised ka pinnamood ja aluspõhja reljeef, tektoonilised rikked ning karstinähtused. Hüdrogeoloogilistest tingimustest on olulisim põhjavee toitumise intensiivsus ehk infiltratsiooniaeg.

Eesti Geoloogiakeskuse poolt koostati 1981. a. vastavalt saasteainete infiltratsiooniajale põhjavee kaitstuse kriteeriumid (Savitskaja, 1982), mis olid hiljem aluseks ka Eesti põhjavee kaitstuse ja antropogeense koormuse kaardi tugilegendile (Savitskaja, 1992). Nimetatud tugilegendis on infiltratsiooniaeg seostatud ka ühe või teise nõrgalt vett läbilaskva settekompleksi paksusega. Ka Pandivere veekaitseala valdade ja majandite veekaitseskeemide koostamisel on reostuskaitstuse hindamisel lähtutud põhiliselt pinnakatte paksusest ja selle koostisest ning survelise põhjavee survepinna kõrgusest.

Survelise põhjavee kaitstus oleneb reoaine infiltratsiooni võimalusest läbi veepideme. Sealjuures on oluline pinnasevee ja survelise põhjavee tasemete vahekord. Reoainete liikumine ülevalt alla läbi veepideme saab toimuda konvektiivse ja difuusse liikumise teel. Kui surveline põhjaveetase on pinnaseveetasemest pidevalt kõrgemal, siis konvektiivset liikumist ülevalt alla ei toimu ja ka difuusne liikumine on pidurdatud alt üles suunduva põhjavee survegradiendi tõttu. Lähedaste veetasemete puhul on reoainete difusioon survelisse veekihti siiski võimalik, kuna puudub vastassuunaline survegradient. Survelise veekihi põhjavee kaitstus on kindlalt tagatud vaid siis, kui survepind on pinnaseveetasemest pidevalt kõrgemal, vastasel korral on põhjavesi reostuse suhtes siiski ohustatud (Vrba & Zaporozec, 1994).

Käesoleva aruande ja kaardi koostamisel on lähtutud järgmistest kriteeriumidest.

Kaitsmata (väga reostusohtlikud) alad

Põhjavesi on kaitsmata nii orgaaniliste kui mineraalsete reoainete suhtes, pinnakatte paksus kuni 2 m. Suuremõõtkavalisel geoloogilisel kaardistamisel on kaitsmata alad jagatud enamasti kaheks allüksuseks:

1) alvarid;
2) piirkonnad, kus moreeni paksus on 1-2 m.

Kaardil mõõtkavas 1:400 000 ei ole neid alasid võimalik tehniliselt üksteisest eristada. Eesti Geoloogiakeskuse suuremõõtkavalise kaardistamise tugilegendis vastab kaitsmata aladele saasteainete infiltratsiooniaeg kuni 30 ööpäeva (Savitskaja, 1992). Hiljem on L. Savitskaja reoainete infiltratsiooniaja piire mõnevõrra suurendanud (Savitskaja ja Savva, 1998). Käesoleva aruande koostamisel on nende muudatustega arvestatud.

Kaitsmata alade hulka kuuluvad põhimõtteliselt ka karsti levikualad, eriti kurisute valgalad. Üksikutest lehtritest koosneva karstivälja piir võib olla mõnikord ka laiem kui kaitsmata ala piir.

Nõrgalt kaitstud (reostusohtlikud) alad

Saviliivpinnakatte paksus on valdavalt 2-10 m või savipinnase (savi, liivsavi) paksus kuni 2 m. Reoainete infiltreerumise aeg on arvutuslikult 50-200 ööpäeva. Ka need alad on suurema mõõtkava puhul otstarbekas jagada alarajoonideks moreeni paksusega 2-5 m ja 5-10 m.

Keskmiselt kaitstud (mõõdukalt reostusohtlikud) alad

Saviliivmoreenist pinnakatte paksus on valdavalt 10-20 m; savi või liivsavi paksus 2-5 m. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg on 200-400 ööpäeva. Survelise põhjavee esinemise korral jääb survepind püsivalt maapinna lähedale.

Suhteliselt kaitstud (vähe reostusohtlikud) alad

Valdavalt saviliivmoreenist pinnakatte paksus on 20-50 m; savi või liivsavi paksus 5-10 m; reoaine arvutuslik infiltratsiooniaeg 100-1000 ööpäeva. Survelise põhjavee survepind on üle

maapinna (põhjavee ülevoolu piirkond). Tulenevalt reljeefi muutlikkusest ei pruugi siiski kaardil kujutatud põhjavee võimaliku ülevoolu piirkond kattuda suhteliselt kaitstud ala piiridega.

Kaitstud (väga vähe reostusohtlikud) alad

Valdavalt saviliivmoreenist pinnakatte paksus on üle 50 m või savikihi paksus vähemalt 10 m. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg aluspõhjalisse veekihti on rohkem kui 1000 ööpäeva.

2. PÕHJAVEE KAITSTUST MÕJUTAVAD LOODUSLIKUD TEGURID

2.1. Kliima

Klimaatiliselt kuulub Eesti parasvöötme atlantilis-kontinentaalse valdkonna segametsade allvaldkonda, mida iseloomustab soe suvi ja mõõdukalt pehme talv. Ilmastiku põhijooned määrab Eesti asend Euraasia mandri loodeosas Põhja-Atlandi naabruses, seega tsüklonaalselt aktiivses piirkonnas. Kohalikud kliimaerinevused johtuvad eelkõige Läänemere naabrusest: eristatakse Läänemere vahetu mõju valdkonda ja Sise-Eesti valdkonda.

Õhutemperatuur on Eestis geograafilise laiuse keskmisest suvel mõnevõrra madalam, talvel oluliselt kõrgem; aasta keskmine temperatuur on osutunud laiuse keskmisest kõrgemaks. Talvel avaldab Läänemeri tugevat soojendavat toimet ning rannikuala temperatuuri erinevus sisemaa omast on suurem kui teistel aastaaegadel. Eesti madalaim temperatuur, -43,5 °C, täheldati Võrus 03.01.1941. Sula on talvele iseloomulik, kuid võib olla ka väga püsivat külma. Suvel kõrgeneb õhutemperatuur rannikult sisemaa suunas, suve lõpuks ühtlustub temperatuur kogu Eestis. Maksimaalne õhutemperatuur on 35 °C (Tartu, Pärnu ja Värska). Vegetatsiooniperiood (keskmine temperatuur üle 5 °C) kestab valdavalt 170-185 päeva, aktiivse taimekasvu periood (keskmine temperatuur üle 10 °C) suuremal osal alast 120-130 päeva. Öökülmad lõpevad lääneranniku ja saartel aprilli lõpus, Põhja-Eesti lavamaal ja Pandivere kõrgustikul kuu aega hiljem. Öökülmadeta aeg kestab Põhja-Eestis 115-120 päeva, saartel ja mandri lääneranniku 170-190 päeva.

Sagedaim **tuul** on Eestis edelatuul (15-25%), seejärel lõuna- ja läänetuul. Põhjast, kirdest ja idast puhub tuul rohkem kevadel ja suve alguses. Suvel võib rannikul täheldada briisi. Trombid ja tugevad rajud on haruldased.

Õhu suhtelise niiskuse (mõõdetud kell 13) aasta keskmine on Sise-Eestis 70-72%, Sõrves kuni 82%. Kuu keskmine suhteline niiskus on väiksem mais: Sise-Eestis alla 55%, saartel kohati üle 75%.

Sademeid tuleb aastas keskmiselt 550-650 mm, kõrgustikel ligi 700 mm, saartel paiguti alla 500 mm. Ka Peipsi-äärsel madalikul ja Võrtsjärve nõos sajab suhteliselt vähe. Soojal poolaastal (aprillist oktoobrini) on sademeid 330-480 mm. Sademete summa on suurim augustis, Kagu-Eestis

kohati juulis, Soome lahe saartel septembris ja oktoobris. Kõige vähem sajab veebruaris ja märtsis. Sajupäevade arv küünib kõrgustikel ning Kagu- ja Põhja-Eestis 180-200ni aastas, rannikul on see kohati ainult 150-160. Sademete tugevus on suurim suve lõpul, aga kestus talvel.

Lumikate jääb püsima harilikult kõige varem Haanja, siis Otepää ja Pandivere kõrgustikul. Kõige paksem lumi on veebruari lõpus või märtsi alguses: üldiselt 30-40 cm, rannikul vähem, Haanjas üle 50 cm. Lumikate laguneb tavaliselt märtsi lõpus, kõrgustikel ja Kirde-Eestis aprilli alguses. Erakordselt pehmetel talvedel ei moodustu püsivat lumikatet üldse.

Kuna sademed on põhjavee toitumise esmane allikas, siis on nende keemiline koostis ka põhjavee koostise formeerumisel esmajärgulise tähtsusega. Põhjavee toitumine toimub sesoonselt: kevadel lumesulamise käigus ja sügisel suurte sadudega. Eesti vihma- ja lumevee keemiline tüüp on valdavalt HCO_3-Cl-Na või HCO_3-Cl-Na-Ca, lahustunud mineraalainete keskmise sisaldusega 18,2-23,0 mg/l (Karise, 1965)

Seoses kevadise lumevee kiire infiltratsiooniga tõuseb põhjaveetase ning toimub põhjavee keemilise koostise oluline lahjenemine. Samas pestakse lumesulamisveega pinnakattest välja taimede poolt kasutamata jäänud nitraadid ja teised lämmastikühendid, mistõttu just kevadel on nitraatide sisaldus põhjavees kõige suurem. Suvel ja sügisel põhjaveetase ja keemiline koostis muutuvad ebakorrapäraselt ning sõltuvad eelkõige infiltreeruvate sademete hulgast (Perens, 1996). Kuna suvel on aurumine suurem, siis valdav osa sademeid ei jõuagi põhjavette. Suvist miinimumperioodi iseloomustab mineraalainete sisalduse tõus põhjavees, kuid lämmastikühendite sisaldus enamasti väheneb. Hilissügisel toimub põhjavee uus toitumistsükkel sademeteveega. Et Eesti talved on väga muutlikud ning külm ja sula vahelduvad, siis ka põhjavee keemiline koostis reageerib nendele muutustele vastavalt.

2.2. Pinnavesi

2.2.1. Jõed

Eestis on 7378 jõge, oja ja magistraalkraavi (kogupikkus 31153 km); 420 jõge (kogupikkus 9963 km) on pikemad kui 10 km. Seega pole jõed pikad, ainult 9 jõe pikkus küünib 100 või enama kilomeetrini. Suurima keskmise aastaäravooluga jõgi on idapiiril voolav Narva jõgi. Veerohked on ka Emajõgi, Pärnu, Kasari, Navesti ja Pedja jõgi.

Hüdrograafiliselt jaguneb Eesti Soome lahe, Väinamere–Riia lahe ning Peipsi järve–Narva jõe vesikonnaks.

Vastavalt Veepoliitika raamdirektiivile on kogu riigi edaspidine keskkonnaalane tegevus kavandatud teostada jõe valgalade veekasutuskavade (kaitsekorralduskavade) kaudu. Vabariigi

Valitsuse määruse kohaselt on Eesti territooriumil välja eraldatud 8 alamvesikonda ja Pandivere põhjavee alamvesikond (joonis 1).

Enamik Põhja-Eesti jõgesid voolab põhja või loode suunas ja suubub Soome lahte. Neil on kitsas jõgikond ja enamasti vähe lisajõgesid. Ülem- ja keskjooksul on Põhja-Eesti jõgede lang väike ning nad voolavad lubjakividesse või rähksesse moreeni, teisal savisse, liiva või turbasse uuristatud nõvas. Alamjooksul seevastu on lang suur ning paekaldal moodustuvad joad. Paljud Põhja-Eesti jõed voolavad alamjooksul sügavas orus (Püha-, Valge-, Pirita ja Keila jõgi). Karsti tõttu voolab osa jõgesid ja ojasid kohati allmaasängis (Uhaku, Jõelähtme ja Kuivajõgi).

Lääne-Eesti mandriosa suurimad vooluveekogud on Pärnu ja Kasari jõgi koos paljude lisajõgedega; saartel leidub ainult väikesi jõgesid ja ojasid. Lääne-Eesti jõgedel on väike lang, enamik neist voolab viirsavisse ja meresetteisse uuristatud madalas nõvas; kohati, näiteks Salajõel, on karsti.

Lõuna-Eesti jõed algavad enamasti kõrgustikelt ning ülemjooksul on nende lang suur (erandid on Võrtsjärve Peipsiga ühendav Emajõgi ning Tänassilma ja Raudna jõgi). Harilikult voolavad nad keskjooksul ürgorus ja alamjooksul soostunud tasandikul. Lõuna-Eesti jõgede kallastel (Ahja, Piusa, Võhandu) paljandub kohati devoni liivakivi. Veetaseme paljude aastate keskmine kõikumine piirdub Eesti jõgedel 2-4 meetriga; harvadel aastatel muutub Pärnu jõe tase kuni 5,5 m. Kevaditi, lumikatte sulamise ajal, on suurvesi.

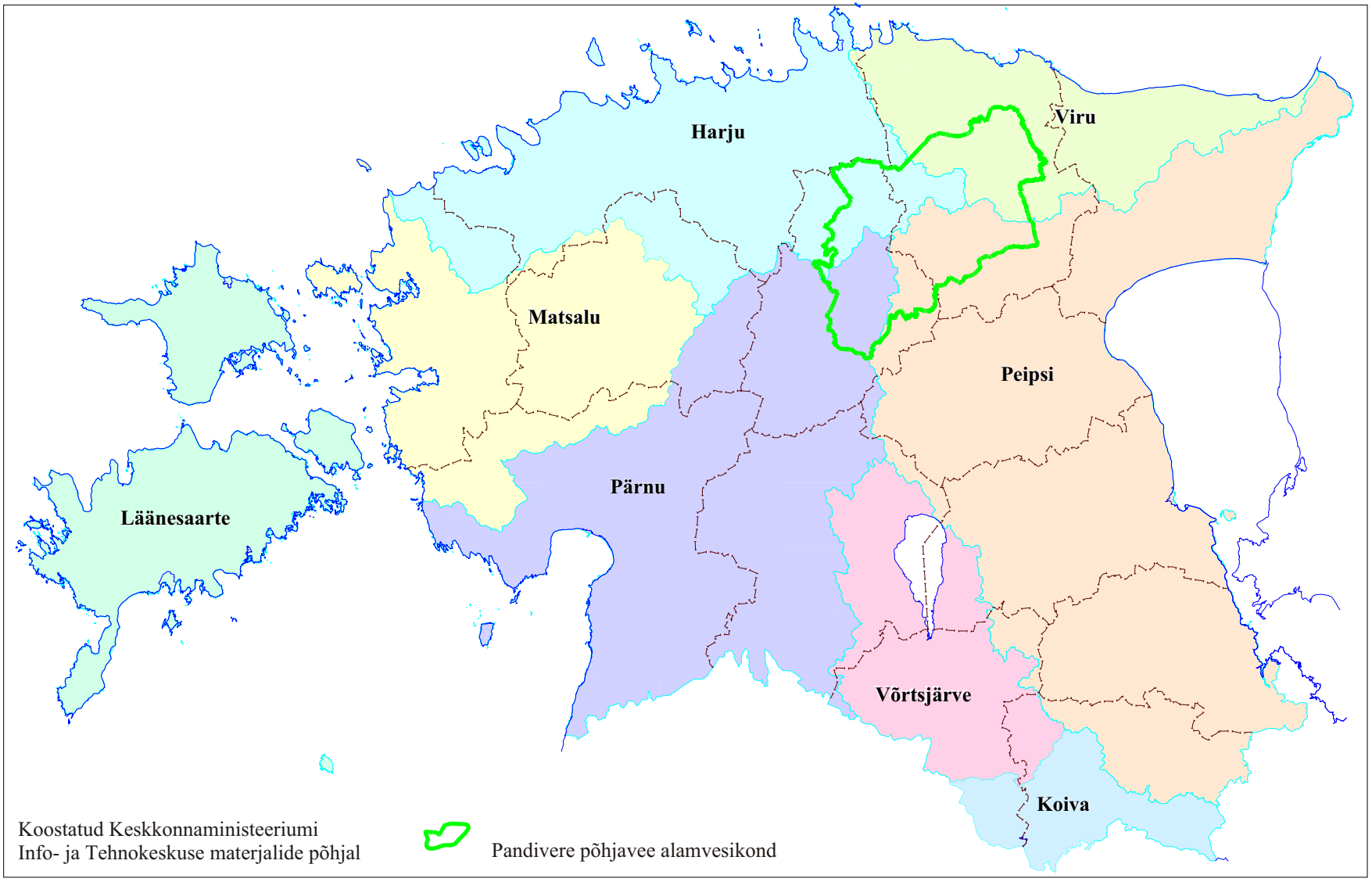
2.2.2. Järved

Eestis on ligikaudu 1200 üle 1-hektarise pindalaga järve ja veehoidlat ning umbes 20000 suurt laugast; need hõlmavad 2130 km^2 ehk ligi 4,8% Eesti pindalast. Suurimad järved on Peipsi (koos Pihkva järvega), Võrtsjärv ja Narva veehoidla. Järvi, mille pindala on 1-15 km^2, on ainult 43 (koos Paunküla ja Soodla veehoidlaga). Kõige rohkem on järvi Alutagusel Illuka mõhnastikus (Kurtna järvestik: 40 järve 30 km^2 suurusel alal), Haanja ja Otepää kõrgustikul, Kõrvemaal, Vooremaal ja Lääne-Saaremaal.

Enamik Eesti järvi on mandrijäätekkelised. Rohkesti leidub ka kloriididerohke veega rannajärvi (jäänukjärvi), mis on tekkinud või tekkimas mere taandudes ja kannavad enamasti lahe või mere nime (Mullutu–Suurlaht, Linnulaht, Sutlepa meri). Rabades on ohtrasti laugastikke ja laugasjärvi (Loosalu, Kakerdaja, Tudu). Kohati leidub karstiveest toituvaid ajutisi järvi (Võhmetu ja Lemküla järv). Ainulaadne on Saaremaal asuv meteoriiditekkeline Kaali järv. Lähiminevikus on rajatud palju tehisjärvi (näit. Narva, Paunküla ja Soodla veehoidla, Karksi järv). Järved on valdavalt madalad, üle 20 m sügavusi järvi on teada ainult 20 (kõik Kõrg-Eestis). Kõige rohkem on järvi, mille keskmine sügavus on kuni 4 m (umbes 79%).

Eesti järvede valgalad on enamasti väikesed ning sellest tulenevalt on ka veevahetus järvedes aeglane. Ligikaudu 63%-l järvedest vahetub vesi kuni 4 korda aastas. Suurema valgalaga järved on

OÜ Eesti Geoloogiakeskus
Hüdrogeoloogia osakond



© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Joonis 1. Eesti alamvesikonnad

intensiivsema setete kogunemise tõttu enamasti madalad ja ühtlasema sügavusega. Veerikkail aastail on keskmine äravool järvedest 15 l/(s·km^2), keskmiselt 10 l/(s·km^2) ning veevaestel aastatel 5 l/(s·km^2). Järvede veetase kõigub aastas harilikult 1-2 m piires.

Nüüdisajaks on toimunud järvede tugev antropogeenne eutrofeerumine ja umbes 1/3 rohketoitelistest järvedest on muutunud liigtoitelisteks.

Looduskaitse alla kuulub umbes 50 järve (sh. Pühajärv, Rõuge järvestik, Nohipalu, Aegviidu, Neeruti, Viitna järved, Linnulaht). Koos kohalike looduskaitseobjektidega kaitstakse umbes 140 järve.

Tallinna ja Narva joogiveevarustus rajaneb põhiliselt pinnaveel (vastavalt peamiselt Ülemiste järve ja Narva veehoidla veel). Vesi juhitakse läbi veepuhastusjaama. Tallinna Veepuhastusjaama koguvõimsus on 250 000 m^3 vett ööpäevas.

Siseveekogude reostuse vältimiseks on ehitatud üle 1000 bioloogilise heitvee-puhastusseadme, suurim neist on Narva puhastusseade (koguvõimsus 70 000 m^3 ööpäevas).

2.3. Pinnamood

Eesti paikneb Ida-Euroopa lauskmaa loodeosas. Üldiselt on pinnamood tasandikuline. Kõrgustikud ja lavamaad vahelduvad madalike, nõgude ja orunditega, kuid kõrgusvahed on väikesed. Pinnavormide suhteline kõrgus ulatub valdavalt 20 meetrini, harva 50 meetrini ja ainult üksikjuhtudel üle selle. Eesti ala keskmine kõrgus on umbes 50 m üle merepinna; kõrgeim koht on Haanja kõrgustikul asuv Suur Munamägi — 318 m.

Eriti madal ja tasane on Lääne-Eesti, mis hõlmab Lääne-Eesti saarestiku, Lääne-Eesti madaliku ja Pärnu madaliku. Maapinna kõrgus on enamasti ainult paarkümmend meetrit üle merepinna, pisut kõrgemad alad on Kõpu, Lääne-Saaremaa, Sõrve ja Tõstamaa–Varbla kõrgustik.

Põhja-ja Kesk-Eestis laiub ulatuslik lubjakiviplatoo, mille järsk põhjaserv moodustab kõrge astangu — Põhja-Eesti paekalda ehk klindi, mille suurim kõrgus on Ontika kohal — 56 m. Selle jalamit ääristab Soome laheni ulatuv vahelduva laiusega Põhja-Eesti rannikumadalik. Põhja-Eesti kõrgeim piirkond on Pandivere kõrgustik.

Kõige liigestatum on Lõuna-Eesti, ka kõrgusvahed on seal suuremad. Kõrgeimad piirkonnad on Kagu-Eesti lavamaa, Sakala, Otepää, Karula ja Haanja kõrgustik, neid eraldavad Väikese Emajõe orund, Valga nõgu, Hargla nõgu, Võru orund.

Nüüdse ilme on Eesti pinnamood omandanud mandrijää kulutava ja kuhjava tegevuse ning jääajajärgsete geoloogiliste protsesside tagajärjel. Põhja- ja Lääne-Eestis on olnud ülekaalus mandrijää kulutus, millega on seletatav õhukese pinnakattega paekõrgendike ning loopealsete (alvarite) rohkus.

Kesk-Eestile on iseloomulikud voored, mis paiknevad tavaliselt rühmiti, moodustades voorestikke (Vooremaa, Türi ja Kolga-Jaani voorestik jt); palju on ka voorjaid pinnavorme.

Lõuna-Eesti kõrgustikeala on väga vaheldusrikas: on eri kuju ja suurusega moreenkünkaid, moreenkattega mõhnu jm jäätegevuse toimel tekkinud kuhjevorme. Keskmise kõrgusega aladel domineerivad lainjad moreentasandikud, madalikel ja nõgudes jääpaisjärvetasandikud. Rohkesti leidub Eestis mandrijää servakuhjatisi: otsamoreene, põik- ja pikioose ning mõhnastikke. Eriti Lõuna-Eestis on palju keeruka arengulooga ürgorgusid.

Jääajajärgsel ajal kujunenud erosioonivormid (orud) on suhteliselt väikesed. Iseloomulikud, eriti rannikualadel, on mere ning suurjärvede toimel tekkinud pinnavormid – kulutus- ja kuhjetasandikud, vana rannajoont tähistavad astangud, rannavallid, maasääred jm. Järvetasandikke ning suurte siseveekogude rannamoodustisi on Peipsi ja Võrtsjärve nõos, kohati ka mujal. Luiteid jm tuule kujundatud pinnavorme leidub nii nüüdisrannikul kui ka varasemate rannajoonte kohal. Lubjakivide lahustumisel tekkinud karstivorme, kuigi enamasti väikesi, on laialdaselt Põhja- ja Lääne-Eestis. Väga palju on soid; madalsood laiuvad ulatuslike tasaste aladena, rabade reljeef on mõnevõrra keerukam.

3. MAAPINNALÄHEDASTE PÕHJAVEEKOMPLEKSIDE ISELOOMUSTUS

3.1. Kvaternaari veekompleks on esindatud põhiliselt pinnaseveena. Vastavalt setete geneetilisele tüübile eristatakse erinevaid veekihte (tabel 1). Kuna veekompleks toitub peamiselt sademetest, siis langeb ta levikuala tavaliselt kokku toitumisalaga. Pinnasevee liikumine toimub raskusjõu mõjul reljeefi kõrgematest kohtadest jõeorgude, järvenõgude ja mere suunas.

Olles hästi kättesaadav, kasutatakse teda väga laialdaselt salvkaevude, aga viimastel aastatel ka madalate puurkaevude kaudu. Pinnasevee suurim puudus on kerge reostatavus ja sellest tingitud võimalik halb kvaliteet, eriti suuremates asulates. Seepärast on enamik tarbijaid läinud üle sügavamate põhjaveekihtide kasutamisele.

Alternatiivseks veevarustuse allikaks aluspõhja veekihtide kasutamisele on glatsiofluviaalsete setete vesi. Koosnedes peamiselt liivadest ja kruusadest, on nende setete filtratsioonikoefitsient sageli 5-10 m/d, kohati kuni 100 m/d. Seepärast annavad liustikujõesetetesse rajatud kaevud üldiselt rohkesti vett. Ürgorgudes esinevad liustikujõesetted on tihti kaetud savikate jääjärve- või liustikusetetega, mistõttu vesi on nendes kihtides sageli ka surveline. Liustikujõesetetest vett võtvad suhteliselt suured ühisveehaarded on rajatud Jõhvi lähedal Vasaveres, Tartus Raadi-Maarjamõisas ja Tallinnas Männiku–Pelgulinna ürgorule. Tinglikult võib siia hulka lugeda ka Männiku sandursetete põhjavee, mis pakub huvi Tallinna täiendava põhjaveeallikana.

Eesti hüdrostratigraafiline liigestus

Tabel 1

Regionaalne stratigraafiline skeem	Kohalikud ühikud	Hüdrogeoloogilised stratonid			Valdav paksus m	Veetase maapinnast m	Deebit l/s	Alandus m	Eridеebit l/s*m
Ladestu	Kihistu (Lade)	Veekompleks	Veekiht; veepide						
Kvaternaar Q	Holotseen	Kvaternaari (Q)	tehnogeeensed setted (tQ_{IV})						
			soosetted (bQ_{IV})		6-8	0.1-1.5	0.01-0.1	0.5-1.0	< 0.1
			tuulesetted (vQ_{IV})		5-10	2-10	0.01-0.06	0.3-1.0	< 0.1
			järvesetted (lQ_{IV})		0.5-5	0.5-2	0.01-0.2	0.2-1.2	< 0.1
			jõesetted (aQ_{IV})		2-6	0.1-2	0.02-0.1	0.4-0.8	< 0.2
			meresetted (mQ_{IV})		3-5	1-3	0.1-0.5	0/3-0.7	0.3-0.6
	Järva Ugandi Sangaste		jaajärve setted (lgQ_{III})		5-15	2-4	0.02-0.3	0.5-1.0	< 0.2
			jaajärvetekkeline viirsavi (lgQ_{III})		5-10	•	•	•	•
			liustikujõesetted (fQ_{III-II})		5-50	+5-7	0.1-8	0.2-10	0.4-10.0
			glatsigeensed setted (gQ_{III})		2-10	1-4	0.01-0.2	0.5-1	< 0.1
Devon D	Daugava Dubniki Plavinase	Ülemdevoni (D_3)	Dubniki-Plavinase (D_3db - D_3pl)		17-25	3-8	2-15	5-10	0.1-6
			Snetnaja Gora Amata veepide (D_3sn - D_2am)		8-10	•	•	•	•
	Amata Gauja Burtnieki Aruküla	Keskdevoni (D_2)	Gauja-Aruküla (Tartu) (D_2gj - D_2ar)		50-250	+1-20	3-8	3-7	0.4-1.0
	Narva		Narva regionaalne veepide (D_2nr)		40-100	•	•	•	•
	Pärnu Rezekene Tilze	Kesk-alamdevoni (D_{2-1})	Pärnu-Tilze (Pärnu) (D_2pr - D_1tl)		30-80	+1-30	5-10	4-8	0.5-2.0
Silur S		Siluri ordoviitsiumi S-O: Siluri	liigestamata		50-100	0-10	5-10	2-3	3-5
Ordoviitsium O		Siluri ordoviitsiumi S-O: Ordoviitsiumi	liigestamata	Siluri-ordoviitsiumi regionaalne veepide (S-O)	10-300	•	•	•	< 0.05
		Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Є)	Ruhnu ($Є_1rh$)	Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Є)	20-60	+2.5-50	5-7	10-15	0.2-0.4
Kambrium Є	Vergale Pirita		Irbe veepide ($Є_1ir$) Soela-Tiskre ($Є_1sl$ - $Є_1ts$)						
	Lontova		Lükati-Sõru veepide ($Є_1lk$ - $Є_1sr$)	Lükati-Lontova veepide ($Є_1lk$ - $Є_1ln$)	40-50				
Vend V	Voronka	Kambriumi-Vendi (Є-V)	Voosi ($Є_1vs$)	Voronka (V_2vr)	20-40	5-80	3-6	1-10	0.2-5.8
	Kotlin			Kotlini veepide (V_2kt)	30-50				
	Gdov			Gdovi (V_2gd)	40-65	50-100	1-5	2-10	1.5-2.5
Proterosoikum PR		Aluskorra murenemiskooriku ja lõhelise vööndi põhjavesi (PR_{2-1})			20-50	+14	0.1-1.0	10-60	0.01-0.1

• ei ole küllaldaselt määratud

3.2. Ülemdevoni veekompleks (D_3) levib Eesti kaguosas ligi 500 km^2 suurusel alal. Piiratud aladel esineva Dubniki ja Plavinase lademe karstunud ja lõhelisest dolomiidist ning dolomiidistunud lubjakivist koosneva veekihi (D_3db-D_3pl) kogupaksus on 17-25 m. Plavinase lademe alumise osa merglilise savi vahekihtidega aleuroliidid [Snetnaja Gora kihid (D_3sn)] moodustavad keskmise isoleerimisvõimega veepideme. Veekompleks on kaetud enamasti 40...80 m paksuse pinnakattega ja seetõttu pindmise reostuse eest hästi kaitstud. Olenevalt reljeefist on vesi vabapinnaline või surveline, survetase jääb maapinnast tavaliselt 3-8 m sügavusele. Üksikutes kohtades (Rõuge Ööbikuorg) väljub põhjavesi allikatena ka maapinnale. Suuri karstilehtreid esineb Rõuges, Meremäel, Meeksis ja mujal, kus sulamis- ning vihmavesi tungib kiiresti aluspõhja kihtidesse. Karstunud karbonaatkivimite filtratsioonikoefitsient varieerub vahemikus 1-50 m/d.

Piiratud esinemise tõttu ei ole ülemdevoni veekompleksil ühisveevarustuse seisukohast erilist tähtsust, kuid Võrumaal Misso ja Meremäe vallas on kohalikele asutustele-ettevõtetele põhiline joogiveeallikas. Lämmastikühendite keskmine sisaldus ja vee kvaliteedi vastavus Euroopa Liidu joogiveedirektiivi normidele on esitatud tabelis 2 ja 3.

3.3. Keskdevoni veekompleks (D_2) levib kogu Lõuna-Eestis Liivi lahe ja Peipsi järve vahelisel alal. Selle moodustavad Amata, Gauja, Burtnieki ja Aruküla lademe valged, kollakad või punakaspruunid liivakivid ja aleuroliidid savi vahekihtide ning -läätsedega. Savikas materjal valdab Amata lademes, mistõttu ta moodustab koos Snetnaja Gora kihtidega ülem- ja keskdevoni vahelise nõrga kuni keskmise veepideme (D_3sn-D_3am). Üldse hõlmavad ligikaudu kolmandiku veekompleksi mahust savikad kivimid, mis nõrkade või keskmiste veepidemetena toimides moodustavad tõenäoliselt rea lokaalse levikuga survelisi veekihte, ent viimaste esinemine pole senini veel küllaldaselt tõestatud.

Keskdevoni veekompleksi põhjapoolseks piiriks on ligikaudu Häädemeeste–Mustvee joon. Sealt kasvab tema paksus kagu poole kuni 250 meetrini Haanja kõrgustikul. Veekompleks paljandub vaid kohati sügavamates jõeorgudes, mujal katavad teda kvaternaarisetted, mille paksus muutub vahemikus 5-80 m. Tänu valdavalt moreenist koosneva pinnakatte suurele paksusele on suuremal osal veekompleksi levikualast põhjavesi hästi kaitstud. Vee survetase jääb kõrgustikel 10-15 m sügavusele maapinnast, kuid madalamatel aladel esineb ka ülevoolavaid kaeve (Tõrva, Valga, Antsla, Võru ja mujal).

Veekompleksi lateraalne filtratsioonikoefitsient on üsna ühtlane: enamasti 1-3 m/d. Suhteliselt suurem veejuhtivus esineb Sakala, Otepää ja Haanja kõrgustikul, moodustades seal 200-500 m^2/d, mujal ei ületa veejuhtivus tavaliselt 100 m^2/d. Keskdevoni veekompleksi kasutatakse ühisveevarustuses peamiselt Häädemeeste–Põlva joonest lõuna pool, kuid ka Kallastel, Tartus, Viljandis ja Elvas.

Tabel 2

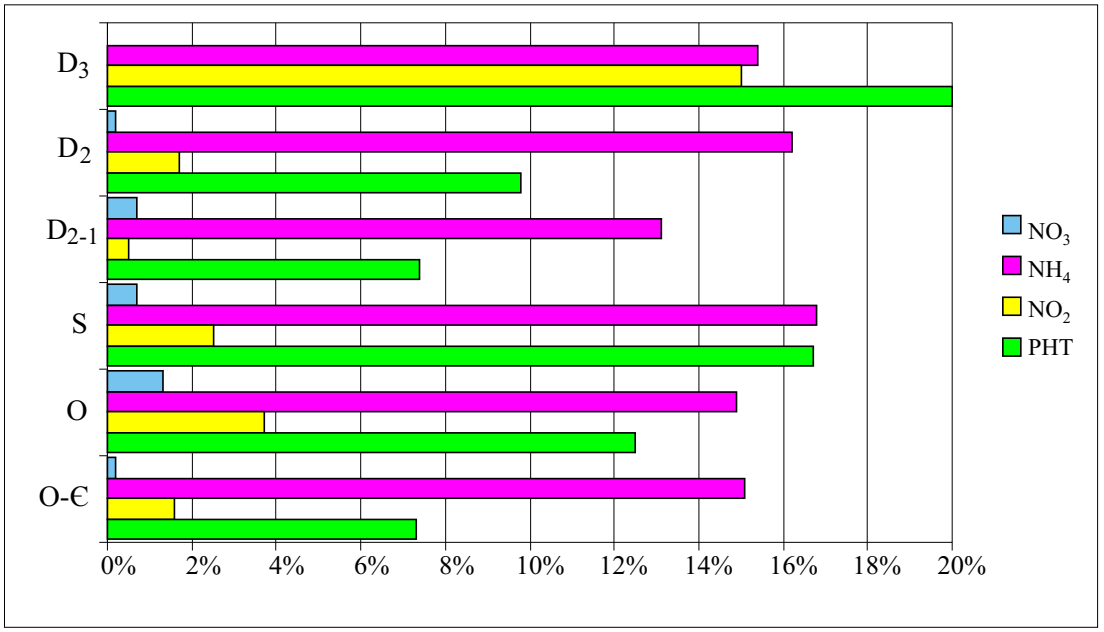
Lämmastikühendite keskmine sisaldus (mg/l) ning permanganaatne hapendatavus (mgO/l) maapinnalähedaste veekomplekside põhjavees

Vee-kompleksi indeks	NO_3			NH_4			NO_2			PHT		
	puur-kaevude arv	aritmee-tiline keskmine	mediaan	puur-kaevude arv	aritmee-tiline keskmine	mediaan	puur-kaevude arv	aritmee-tiline keskmine	mediaan	puur-kaevude arv	aritmee-tiline keskmine	mediaan
D_3	15	2,28	0,44	26	0,31	0,16	20	0,240	0,010	20	3,21	2,60
D_2	457	1,90	0,44	798	0,36	0,15	538	0,099	0,010	1281	2,80	2,00
D_2nr	44	3,04	0,66	86	0,32	0,18	53	0,085	0,012	116	2,40	1,60
D_{2-1}	70	1,67	0,55	176	0,28	0,20	102	0,039	0,010	272	2,28	1,80
S	2534	4,51	0,66	2028	0,37	0,15	1563	0,420	0,010	2552	3,21	2,40
O	1294	6,66	1,58	1665	0,39	0,13	1373	0,153	0,012	2513	2,90	2,00
O-Є	489	2,74	0,44	933	0,32	0,18	584	0,085	0,010	1299	2,30	1,60

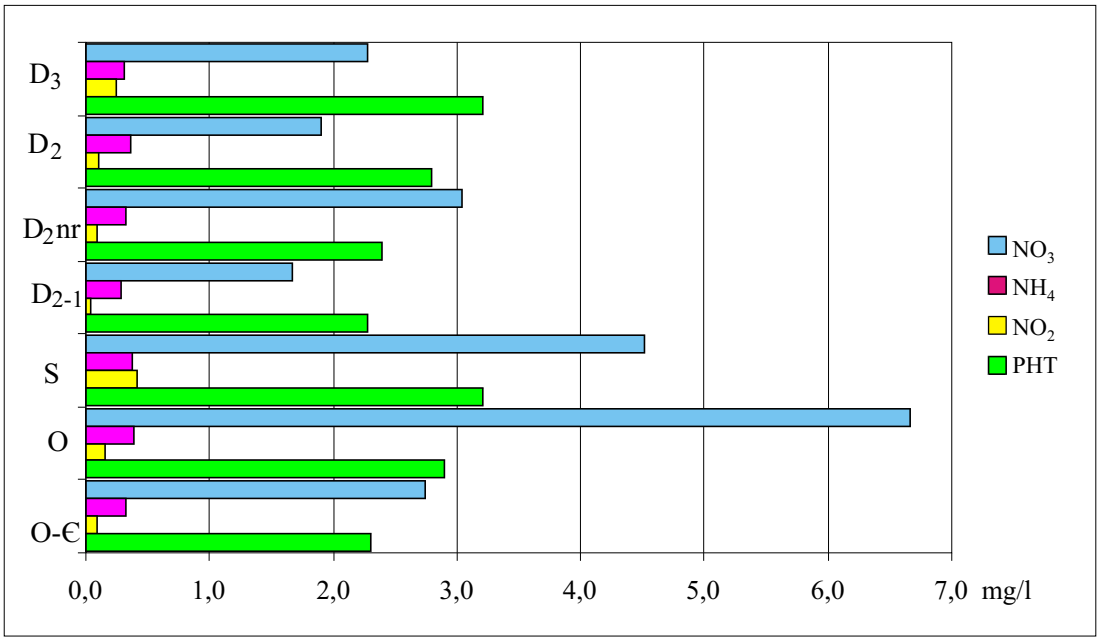
Tabel 3

Lämmastikühendite sisalduse (mg/l) ning permanganaatse hapendatavuse (mgO/l) vastavus Euroopa Liidu joogiveedirektiivi (98/83/EC) normidele maapinnalähedaste veekomplekside põhjavees

Vee-kompleksi indeks	NO_3			NH_4			NO_2			PHT		
	puur-kaevude arv	>50 mg/l	protsent puur-kaevude arvust	puur-kaevude arv	>0,5 mg/l	protsent puur-kaevude arvust	puur-kaevude arv	>0,5 mg/l	protsent puur-kaevude arvust	puur-kaevude arv	>5 mgO/l	protsent puur-kaevude arvust
D_3	15	0	0	26	4	15,4	20	3	15,0	20	4	20,0
D_2	457	1	0,2	807	131	16,2	536	9	1,7	1281	126	9,8
D_{2-1}	142	1	0,7	273	38	13,1	189	1	0,5	272	20	7,4
S	2534	18	0,7	1770	298	16,8	1377	34	2,5	2552	426	16,7
O	1294	17	1,3	1577	235	14,9	1332	49	3,7	2513	313	12,5
O-Є	569	1	0,2	950	144	15,1	674	11	1,6	1299	95	7,3



Joonis 2. Lämmastikühendite sisalduse ja permanganaatse hapendatavuse (PHT) poolest joogiveestandardile (EVS 663:1995) mittevastavate puurkaevude suhteline arv erinevates veekompleksides.



Joonis 3. Lämmastikühendite keskmine sisaldus ning permanganaatne hapendatavus (PHT) maapinnalähedaste veekomplekside põhjavees.

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe

Vesi on põhiliselt mage, mineraalainete sisaldusega 0,35-0,5 g/l, HCO_3-Ca-Mg-tüüpi. Kohati on vesi aluspõhja kivimite leostumise tagajärjel väga rauarikas (3-7 mg/l). Tervelt 62,5% puurkaevudes sisaldab vesi üle 0,3 mg/l ja 32% kaevudes üle 1,0 mg/l rauda (Perens jt., 1999). Põhjavee lämmastikühendite sisaldus ja permanganaatne hapendatavus on toodud tabelis 2 ja vastavus EL normidele (98/83/EC) tabelis 3 ja joonisel 2.

3.4. Narva regionaalne veepide (D_2nr) koosneb Narva lademe savika aleuroliidi, domeriidi, mergli ja savi kihtidest kogupaksusega kuni 100 m. Need moodustavad kogu Lõuna-Eestis ja ka Tartu–Mustvee vahemikus ülalt esimese tõhusa aluspõhja veepideme, mille transversaalne filtratsioonikoefitsient on 10^{-4}-10^{-5} m/d, kohati ka 10^{-6} või veel väiksem. Narva lademe savikad kihid esinevad regionaalse veepidemena kogu Balti arteesiabasseinis (Jodkazis jt., 1989). Lademe ülemise osa kivimid annavad vett Tartu–Mustvee vahemikus ja Ruhnu saarel, moodustades seal lokaalse vettandva kihi. Lämmastikühendite keskmine sisaldus on toodud tabelis 2.

3.5. Kesk-alamdevoni veekompleks (D_{2-1}). Narva veepideme all lamavad vettandvad keskdevoni Pärnu lademe ja alamdevoni Rezekne ja Tilze lademe peeneteralised nõrgalt tsementeerunud liivakivid ja aleuroliidid savikate ja dolomiidistunud liivakivi vahekihtidega. Kuna veekompleksi avamusala on võrdlemisi kitsas ja kaetud suhteliselt paksu savika kvaternaarisetete kihiga, siis on kompleksi põhjavee looduslik reostuskaitstus üks paremaid Eestis. Pärnus, Viljandis ja Tartus kasutatakse veekompleksi koos lamavate siluri kihtidega. Seda vettandvate kihtide kooslust on nimetatud keskdevoni-siluri veekompleksiks ja peetud tema kohta ühtset veevõtu ja põhjaveevaru arvestust (Põhjavee seisund 1991…1999). Kivimite kollektoromadustest lähtuvalt on õigem käsitleda terrigeenset ja karbonaatset kivimikompleksi siiski eraldi.

Lõuna-Eestis ulatub kuni 100 m paksuse kesk-alamdevoni veekompleksi lasuvussügavus rohkem kui 200 m allapoole merepinda. Vesi on enamasti surveline, kusjuures survepind ulatub madalamatel aladel üle maapinna, põhjustades kaevude ülevoolu. Kõrgustikel jääb survepind 10-20 m sügavusele maapinnast.

Liivakivi filtratsioonimoodul on enamasti 2-6 m/d, harvem 8-10 m/d. Veekompleksi veejuhtivus on 5-300 m^2/d.

Enamasti on vesi mage, mineraalainete sisaldusega 0,3-0,6 g/l. Vee kvaliteedi seisukohalt on suurim probleem suhteliselt suur rauasisaldus (keskmiselt 0,69 mg/l), mis ei vasta Euroopa Liidu nõudmistele (0,2 mg/l). Lämmastikühendite keskmised ja mediaanilised sisaldused on toodud tabelis 2 ja vastavus Euroopa Liidu nõudmistele tabelis 3 ja joonisel 2.

3.6. Siluri-ordoviitsiumi veekompleks (S-O) on tähtis veevarustuse allikas Pärnu–Põlva joonest põhja pool ja samuti Lääne-Eesti saartel. Ta koosneb mitmesugustest lubjakividest ja dolomiitidest, milles esinevad savikama koostisega vahekihid. Selle kivimikompleksi ülemine, 30 m

paksune osa on tugevasti karstunud ja lõhestunud. Karstiõõnsused kujutavad endast valdavalt aluspõhja kihilisuse ja püstlõhede järgi kulgevaid kuni poolemeetrise kõrgusega kanaleid. Kavernoossus on eriti levinud dolomiidis ja dolomiidistunud lubjakivis. Mõnikord leidub ka suuremaid karstiõõnsusi, mis asuvad päris maapinna lähedal, olles mõne meetri kõrgused ja kuni paarikümne meetri pikkused. Aluspõhja karbonaatkivimite kõige rohkem karstunud ja lõhestunud ülemise osa – murenemisvöö – paksus on enamasti 1-3 m, harvem 5-10 m. Lasuvussügavuse suurenedes karbonaatkivimite lõhelisus ja karstumus väheneb ja nad muutuvad vettpidavateks.

Vooluhulga-karotaaž näitab, et siluri-ordoviitsiumi karbonaatkivimites levivad katkendlikud, kihilisusega paralleelsed, enamasti 1-2 m paksused suhteliselt tugevasti lõhestunud vööd, mille kaudu põhjavesi liigub lateraalsuunas ka puurkaevudesse (Perens, 1978; 1984)). Puuraugus avatud kivimikompleksist hõlmavad lateraalsed veevööd keskmiselt vaid 13%. Sealjuures jagunevad veevööd võrdlemisi ebaühtlaselt.

Keskmiselt annab ülemine, 15 m paksune sügavusvahemik ligikaudu poole kogu puurauku tungivast veest. Kivimikompleksi selle osa veejuhtivus on keskmiselt 400 m^2/d. Selle osa lateraalne filtratsioonikoefitsient on enamasti vahemikus 10-50 m/d, 20-50 m sügavusel on see 5-8 m/d ja 50-100 m sügavusel 1-2 m/d. Sügavamate kihtide lateraalne filtratsioonikoefitsient pole harilikult suurem kui 1 m/d, ent mõnel puhul esineb isegi kuni 200 m sügavusel ka tunduvalt suurema läbilaskvusega kihte. Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi keskmine lateraalne filtratsioonikoefitsient on 8,1 m/d.

Aluspõhja karbonaatkivimite lõhesüsteemides ja karstiõõnsustes liigub vesi suhteliselt kiiresti. Veekompleks toitub avamusalal kvaternaarisetetest ja võib õhukese pinnakattega kohtades kergesti reostuda. Põhja-Eesti kõrgustikel hõlmab veekompleksi ülemise osa kohati kuni paarikümne meetri paksune aeratsioonivöö. Ka loopealsetel esineb aluspõhja karbonaatkivimites mõne meetri paksune aeratsioonivöö, ent mujal on siluri-ordoviitsiumi kihtide vesi enamasti kergelt surveline. Kõrgustike jalamil ja jõeorgudes ulatub survetase sageli 0,5-2 m võrra üle maapinna. Seal leidub ka palju allikaid ja ülevoolavaid kaeve. Suuremate allikate deebit ulatub 100-200, harvem kuni 300 l/s. Peamiseks surve tekkealaks on Põhja-Eesti veelahe. Pandivere kõrgustikul ulatub veetase absoluutkõrguseni 110 m.

Mõnikord on kivimite stratigraafilise kuuluvuse järgi käsitletud siluri ja ordoviitsiumi veekompleksi eraldi. Puurkaevude andmete statistiline analüüs näitab siiski nende veeandvuse hämmastavalt suurt sarnasust. Erideebitite aritmeetiline keskmine oli vastavalt 1,76 l/(s·m) ja 1,93 l/(s·m), mediaan aga mõlemal puhul sama — 0,33 l/(s·m) (Perens, 1998). Ka keskmine sügavus on mõlemal puurkaevude grupil võrdne - 50 m. Olenemata stratigraafilisest kuuluvusest on ka veepeegli sügavus kaevudes jagunenud praktiliselt analoogselt, jäädes 6-7 m maapinnast.

Enamasti formeerub karbonaatses kompleksis mage HCO_3-Ca-Mg-tüüpi vesi, mineraalainete sisaldusega 0,3-0,5 g/l. Lääne-Eestis ja saartel on vesi mõnikord soolakas. Kuna ka nitraatide keskmine sisaldus siluri (4,5 mg/l) ja ordoviitsiumi (6,7 mg/l) veekompleksi vees ja nende mediaanilised väärtused (0,6-1,6 mg/l) on küllaltki sarnased, siis on edaspidi lämmastikühendite leviku kirjeldamisel vaadeldud kompleksi ühtsena (tabel 2 ja 3).

3.7. Siluri-ordoviitsiumi regionaalne veepide (S-O) koosneb alamordoviitsiumi Toila, Leetse, Varangu ja Türisalu kihistu lubjakividest, merglitest, aleuroliitidest, savidest ning argilliitidest, mis levivad Põhja-Eesti klindist ligikaudu Tapa laiuseni. Sealt lõuna poole kuuluvad veepideme koosseisu kõik aluspõhja pealispinnast sügavamal kui 100 m lasuvad siluri ja ordoviitsiumi kivimid. Veepideme paksus kasvab mõnelt meetrilt klindi lähikonnas 200-350 meetrini Eesti lõunapiiril.

Läbilaskvus on teravalt anisotroopne: kui lateraalne filtratsioonikoefitsient võib muutuda vahemikus 0,001-1,0 m/d ja ulatuda mõnikord isegi väärtusteni 2-5 m/d, siis transversaalne filtratsioonikoefitsient on enamasti suurusjärkudes 10^{-6}-10^{-5} m/d või isegi 10^{-7} m/d. See annab aluse kinnitada, et sügavamad põhjaveekihid, sealhulgas ka ordoviitsiumi-kambriumi veekompleks on pindmise reostuse eest hästi kaitstud (tabel 2 ja 3).

4. PÕHJAVEE KAITSTUS JA REOSTUSOHTLIKKUS (REOSTUSTUNDLIKKUS)

Euroopa Liidu vee- ja keskkonnakaitsealasest seadusandlusest tulenevalt on erilise tähenduse omandanud nitraadireostuse mõju põhjaveele. Aastatel 1950-1990, kui Eesti varustas Nõukogude Liidu koosseisu kuuludes Venemaa suurlinnu, kasutati põllumajanduses keskkonna- ja veekaitse nõudeid eirates suuri mineraalväetiste koguseid, mis ulatusid kuni 300 kilogrammi toimeaineni hektari kohta. Suurem osa sellest ei jõudnudki saakidesse, vaid hajus pinna- ning põhjavette, reostades ulatuslikel aladel maaelanike kaevudes joogivee. Kaheksakümnendate aastate lõpul ei vastanud nitraatioonide sisaldusele seatud piirnormile (45 mg/l) Lõuna-Eesti põllumajanduspiirkondades 40-70% kaevudest, Kesk-Eestis Adavere–Põltsamaa piirkonnas 30-60% ja Pandivere kõrgustikul 20-40% maapinnalähedasest põhjaveest toituvate madalate salv- ja puurkaevude veest (Järvet jt., 2001).

Viimase aastakümnega on põhjavee seisund oluliselt paranenud. Eesti Statistikaameti andmeil täheldati 1990ndate aastate alguses põllumajandustoodangu mahu tugevat langust, mis on seotud kollektiivpõllumajanduse lagunemisega. Ajavahemikus 1990 kuni 1999 on loomade arv vähenenud pea 3 korda (Eesti keskkonnaseisund XXI sajandi lävel), lehmi on 2 korda vähem. Vähenenud on väetiste kasutamine. 1999. aastal anti ühele hektarile keskmiselt 77 kilogrammi mineraalväetist ja 33 tonni orgaanilist väetist, mis on üle 2 korra vähem kui 1992. aastal.

Taoline reostuskoormuse vähenemine peegeldub ilmekalt ka aastatel 1981-1990 ja 1991-2000 puuritud puurkaevude vee kvaliteedis. Kui aastatel 1981-1990 puuritud kõige reostustundlikuma –

Tabel 4

Nitraatide esinemine aastatel 1961-2000 puuritud siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vees

NO_3^- sisaldus, mg/l	Aastad														
	1961-1970			1971-1980			1981-1990			1991-2000			1961-2000		
	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %
	arv	%		arv	%		arv	%		arv	%		arv	%	
0 - 1	95	45,2	45,2	180	37,9	37,9	533	50,7	50,7	1361	59,9	59,9	2169	54,1	54,1
1 - 10	89	42,4	87,6	190	40,0	77,9	298	28,3	79,0	602	26,5	86,4	1179	29,4	83,5
10 - 25	13	6,2	93,8	73	15,4	93,3	114	10,8	89,8	222	9,8	96,2	422	10,5	94,0
25 - 45	7	3,3	97,1	27	5,7	99,0	63	6,3	96,1	73	3,2	99,3	170	4,2	98,3
45 - 50	0	0	97,1	0	0	99,0	13	1,2	97,1	4	0,2	99,5	17	0,4	98,7
üle 50	6	2,9	100,0	5	1,0	100,0	31	2,9	100,0	11	0,5	100,0	53	1,3	100,0
Kokku	210	100,0	100,0	475	100,0	100,0	1052	100,0	100,0	2273	100,0	100,0	4010	100,0	100,0

Tabel 5

Ammooniumi esinemine aastatel 1961-2000 puuritud siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vees

NH_4-sisaldus, mg/l	Aastad														
	1961-1970			1971-1980			1981-1990			1991-2000			1961-2000		
	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %
	arv	%		arv	%		arv	%		arv	%		arv	%	
0 - 0,05	26	4,3	4,3	81	14,3	14,3	272	21,0	21,0	727	31,0	31,0	1106	23,0	23,0
0,05 - 0,1	294	48,3	52,6	216	38,2	52,5	214	16,5	37,5	289	12,3	43,3	1013	21,0	44,0
0,1 - 0,5	246	40,4	93,0	190	33,6	86,1	560	43,2	80,7	879	37,5	80,8	1875	38,9	82,9
0,5 - 1,0	30	4,9	97,9	35	6,2	92,3	159	12,3	93,0	279	11,9	92,7	502	10,4	93,3
1,0 - 1,5	8	1,3	99,2	19	3,4	95,8	29	2,2	95,2	72	3,1	95,7	128	2,7	96,0
üle 1,5	5	0,8	100,0	24	4,2	100,0	62	4,8	100,0	100	4,3	100,0	191	4,0	100,0
Kokku	609	100,0	100,0	565	100,0	100,0	1296	100,0	100,0	2346	100,0	100,0	4815	100,0	100,0

siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevudest 4,1% ei vastanud vee kvaliteet kõrge nitraatide sisalduse poolest normidele (NO_3 >45 mg/l), siis aastatel 1991-2000 oli taoliste kaevude hulk vaid 0,7% (tabel 4). Samuti on aastad 1981-1990 olnud ainuke ajavahemik, millal rohkem kui 10% rajatud puurkaevudest ei vastanud põhjavee heale kvaliteediklassile (NO_3 <25 mg/l). Mõnevõrra halvem on põhjavee kvaliteet ammooniumisisalduse järgi. Alates 70ndatest aastatest on NH_4-sisaldus ligi 20% puuritud kaevude vees olnud üle 0,5 mg/l ja 4-5% üle 1,5 mg/l (tabel 5). See näitab, et lisaks nitraatsele hajureostusele on sagedane ka punktreostus kohalikust allikast (sõnnikuhoidla, seafarm vm).

Põhjavee loodusliku kaitstuse kõrval omab suurt tähtsust ka puurkaevu enda konstruktsioon ja sanitaarkaitseala olemasolu. Tuleb rõhutada, et katastrisse kantud puurkaevud omavad üldjuhul nõuetekohase sanitaarkaitseala ja on puuritud vastavalt projektile, jälgides torutaguse tsementatsiooni kohustust ja muid tehnilisi nõudeid.

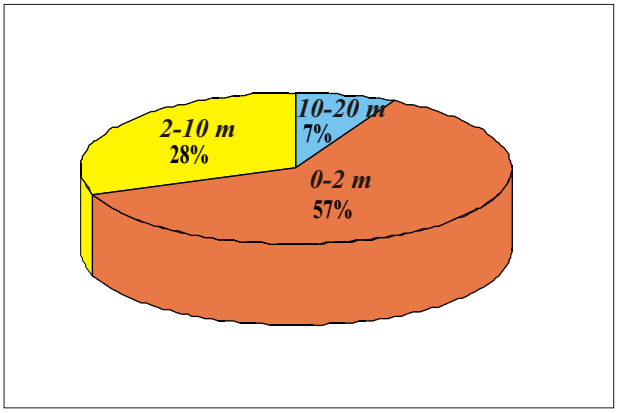
Valdav osa siluri-ordoviitsiumi veekompleksi avamusalast kuulub kaitsmata või nõrgalt kaitstud alade hulka. Sealjuures ebaproportsionaalselt suur osa puurkaeve – 50 % asub reostuse suhtes kaitsmata aladel (joonis 4; tabel 6). See on seletatav eelkõige sellega, et õhukese pinnakattega paepealsed maad on olnud kõige sobivamad nii elamuehituseks kui ka farmide, töökodade ning tööstusettevõtete rajamiseks. Hea loodusliku kaitstusega, aga kõrge (maapinnalähedase) põhjaveetasemega piirkonnad pakuvad harva ehitusalustena huvi.

Tabel 6

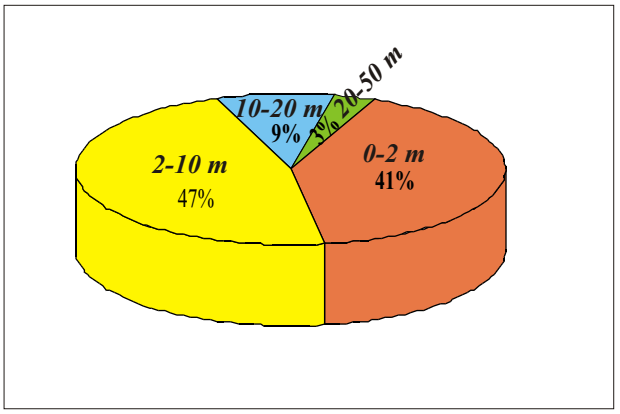
Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude jagunemine
pinnakatte ja katvate settekivimite paksuse järgi

Pinnakatte paksus	Veekompleks				Kokku	
	siluri		ordoviitsiumi			
	arv	%	arv	%	arv	%
0-2	1032	57	612	41	1644	50
2-10	503	28	709	47	1212	36
10-20	127	7	139	9	266	8
20-50	144	8	45	3	189	6
Kokku	1806	100	1505	100	3311	100

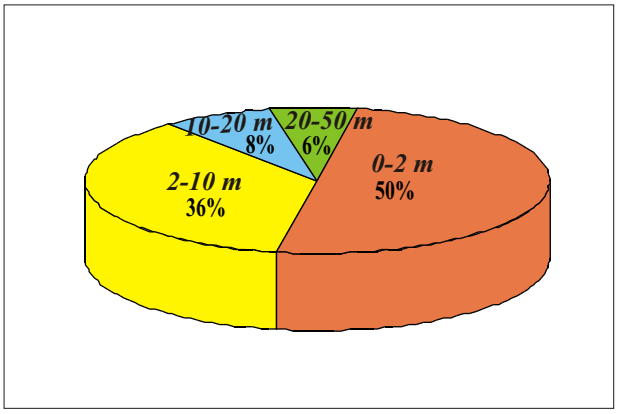
On loomulik, et põhjavee looduslik kaitstus peaks peegelduma ka lämmastikühendite sisalduses. Lämmastikühendid esinevad põhjavees NH_4^+-, NO_2^-- ja NO_3^--ioonidena, mis omavahel on geneetiliselt seotud ja võivad minna üksteiseks üle. NH_4^+-sisaldust mõõdetakse sajandike, harvem kümnendike milligrammidega liitris. Tema esinemine maapinnalähedases põhjavees annab tunnistust värskest reostusest.



Puurkaevude jagunemine pinnakatte paksuse järgi
(siluri veekompleks)



Puurkaevude jagunemine pinnakatte paksuse järgi
(ordoviitsiumi veekompleks)



Puurkaevude jagunemine pinnakatte paksuse järgi
(kokku)

Joonis 4. Puurkaevude jagunemine pinnakatte paksuse järgi.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

NO_2^--sisaldus ei ületa tavaliselt mõnd kümnendikku milligrammi liitris. Nagu NH_4^+, viitab ka NO_2^- esinemine põhjavee suhteliselt värskele reostusele. NO_2^- kõrgendatud sisaldus, võrreldes Eesti joogiveestandardiga (>0,1 mg/l) ja ka EL nõuetega (0,5 mg/l), on võrdlemisi tavaline. Põhjavee heasse kvaliteediklassi (≤0,5 mg/l) ei mahu 2,4% siluri-ordoviitsiumi veekompleksi kaeve ja rahuldavasse (≤1,0 mg/l) – 0,9 % puurkaeve (tabel 7).

NO_3^- on põhjavee lämmastikühenditest reostuse lõpp-produkt. Protsess kulgeb järgmise skeemi järgi:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H_2O$$

Vaatamata heale lahustuvusele ei ole NO_3^- liikuvus kuigi suur, kuna teda omandatakse ka taimede poolt ja taandavas keskkonnas võib aset leida denitrifikatsioon kuni vaba lämmastiku eraldumiseni.

$$5CH_2O + 4NO_3^- \rightarrow 5HCO_3 + 2N_2 \uparrow + H^+ + 2H_2O$$

Nõuetekohaste sanitaarkaitsealadega rajatud puurkaevude vee kvaliteet on Eestis tervikuna võrdlemisi hea. 94,0% puurkaevudest mahub vee nitraatide sisalduse poolest väga heasse (≤10,0 mg/l) või heasse (≤25,0 mg/l) põhjavee kvaliteediklassi ja ainult 1,7% kaevudes on NO_3^--sisaldus ületanud EL joogiveestandardi (≤50,0 mg/l) nõudeid (tabel 8).

<u>Kaitsmata (väga reostusohtlikud)</u> alad paistavad silma keskmisest kõrgema ammooniumisisalduse poolest. Hea joogivee kvaliteediklassi (≤ 0,5 mg/l) nõuetele ei vastanud 18,7% puurkaevude vesi (tabel 9). Peamise põhjusena tuleks siin näha korrast ära sõnnikumajandust.

Kaitsmata alad paiknevad saarekestena nõrgalt kaitstud alade sees kogu siluri-ordoviitsiumi veekompleksi avamusalal Põhja- ja Kesk-Eestis ning Lääne-Eesti saartel. Kuigi pindalaliselt ei ole nende alade osakaal kuigi suur, asub seal 49,7% kõikidest põhjaveekatastrisse kantud siluri-ordoviitsiumi veekompleksi tarbivatest puurkaevudest.

<u>Nõrgalt kaitstud (reostusohtlikud)</u> alad. Ka nõrgalt kaitstud alad paistavad silma eelkõige suhteliselt kõrge ammooniumisisalduse poolest. Tervelt 13,4% siluri-ordoviitsiumi puurkaevudes ei vastanud vesi NH_4^+-sisalduse poolest hea joogivee nõuetele, 5,2% puurkaevudes ületas NH_4^+-sisaldus aga EVS 663:1995 nõudeid (tabel 9). Lubatust suurema nitraatide sisaldusega (≥45 mg/l) puurkaevude suhteline arv (0,8%) on praktiliselt sama, mis kaitsmata alade puhul. Nõrgalt kaitstud alad hõlmavad pindalaliselt kõige suurema osa siluri-ordoviitsiumi veekompleksi avamusalast. Valdavalt on tegemist Põhja-Eesti lavamaad katvate moreentasandikega, kus liivsavist või saviliivast koosnev moreen võib olla kohati kaetud ka mereliste või jääjärveliste liivadega. Puurkaevude koguarv on väiksem kui kaitsmata aladel (joonis 4; tabel 6).

Tabel 7

Nitritite esinemine erineva pinnakatte paksusega siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vees

NO_2^--sisaldus, mg/l	Pinnakatte paksus, m												Kokku		
	0 - 2			2 - 10			10 - 20			20 - 50					
	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %
	arv	%		arv	%		arv	%		arv	%		arv	%	
kuni 0,01	973	59,9	59,9	676	53,3	53,3	180	61,6	61,6	121	60,2	60,2	1950	57,6	57,6
0,01-0,1	528	32,5	92,4	499	39,3	92,6	92	31,5	93,1	67	33,3	93,5	1186	35,0	92,6
0,1-0,5	85	5,2	97,6	70	5,5	98,1	8	2,7	95,8	5	2,5	96,0	168	5,0	97,6
0,5-1,0	22	1,4	99,0	16	1,3	99,4	8	2,7	98,5	4	2,0	98,0	50	1,5	99,1
üle 1,0	16	1,0	100,0	8	0,6	100,0	4	1,5	100,0	4	2,0	100,0	32	0,9	100,0
Kokku	1624	48,0	100,0	1269	37,5	100,0	292	8,6	100,0	201	5,9	100,0	3386	100,0	100,0

Lämmastikühendite jaotust arvestades on probleemid põhjavee kvaliteedi kaitsel suhteliselt sarnased ja seisnevad punktreostusallikate likvideerimises. Oluline on sõnnikuhoidlate korrastamine ja nende mahu viimine vastavusse võimalusega laotada sõnnikut õigel ajal. Lubamatu on suurendada lämmastikväetiste kasutamist suurusjärku, mida taimed ei suuda omastada.

Keskmiselt kaitstud (mõõdukalt reostusohtlikud) alad eristuvad nitraatide sisalduse poolest heasse (≤10 mg/l) või väga heasse (≤1 mg/l) joogivee kvaliteediklassi kuuluvate puurkaevude suhteliselt suurema sageduse poolest (joonis 5; tabel 8). Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi avamuse piires on nende alade levik suhteliselt piiratud, mis peegeldub ka puurkaevude hulgas (8,0% nende koguarvust). Geoloogiliselt kuuluvad nende alade hulka kõige sagedamini aluspõhja reljeefi lohke täitvad jääjärvelised tasandikud.

Suhteliselt kaitstud (madala reostusohtlikkusega) alad haaravad paksu pinnakattega piirkondi. Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi avamusalast kuulub sinna hulka Lääne-Saaremaa kõrgustik, suur osa Lääne-Eesti madalikust ja Vooremaa. Siia on arvatud ka siluri ja devoni kontakti piiril asuvad devoni ladestu settekivimitega kaetud alad. 99,5% kaitstud aladel asuvatest puurkaevudest on nitraatide sisalduse poolest hea või väga hea kvaliteediga (tabel 8; joonis 5). Ligi 200 uuritud puurkaevust mitte üheski ei ületanud NO_3^--sisaldus 25 mg/l. Ilmselt avaldab siin kõrvuti loodusliku reostuskaitstusega olulist mõju ka lämmastikühendite denitrifikatsioon. Kaitstud alade suure paksusega kvaternaarisetted sisaldavad hapnikubarjääre, millest sügavamal taandavas keskkonnas saavad lämmastikühendid esineda valdavalt NH_4^+ kujul. See on ka kõrge NH_4^+-sisaldusega puurkaevude suhteliselt suure (2,6%) esinemissageduse põhjuseks (tabel 9; joonis 6).

Kaitstud (väga madala reostusohtlikkusega) alad. Siia hulka kuuluvad valdavalt Lõuna-Eesti künkliku reljeefi ja paksu pinnakattega Otepää ja Haanja kõrgustik ning ürgorud. Neil aladel leviva keskdevoni veekompleksi lämmastikühendite sisaldus on võrreldes siluri-ordoviitsiumi veekompleksi vastavate näitajatega tunduvalt väiksemad (tabel 2; joonis 2) ning vee kvaliteet läheneb, kohati isegi ületab aluspõhjaliste veepidemetega kaetud kesk-alamdevoni ja ordoviitsiumi-kambriumi veekompleksi vee kvaliteeti.

5. LÄMMASTIKÜHENDITE SISALDUS PÕHJAVEES

Pinnamoelt jaguneb siluri-ordoviitsiumi karbonaatsete kivimite (siluri-ordoviitsiumi veekompleksi) avamusala Läänesaarte ja Lääne-Eesti madaliku, Loode-Eesti, Vahe-Eesti ja Kesk-Eesti tasandiku ja Pandivere kõrgustiku vahel. Taoline territooriumi jagunemine madalike, tasandike e. lavamaade ja Pandivere kõrgustiku vahel peegeldub ilmekalt ka siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vee keskmises NO_3^--sisalduses (joonis 9).

Tabel 8

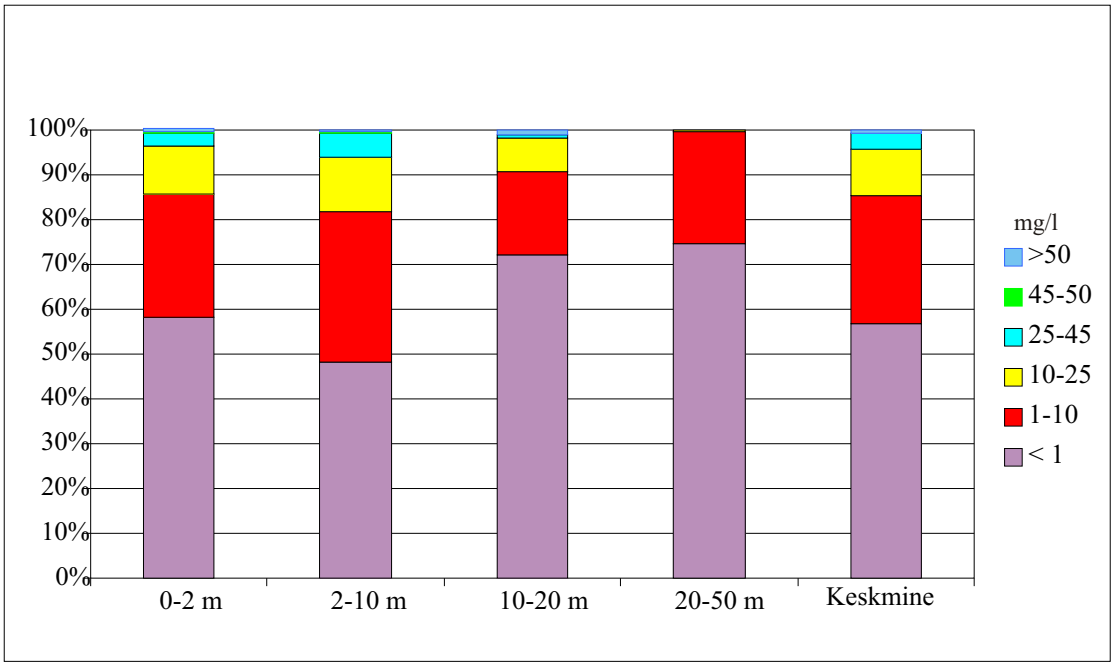
Nitraatide esinemine erineva pinnakatte paksusega siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vees

NO_3^- sisaldus, mg/l	Pinnakatte paksus, m												Kokku		
	0 - 2			2 - 10			10 - 20			20 - 50					
	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %
	arv	%		arv	%		arv	%		arv	%		arv	%	
kuni 1	959	58,3	58,3	585	48,2	48,2	192	72,2	72,2	141	74,6	74,6	1877	56,7	56,7
1 - 10	451	27,4	85,7	407	33,6	81,8	49	18,4	90,6	47	24,9	99,5	954	28,8	85,5
10 - 25	171	10,7	96,1	146	12,0	93,8	20	7,5	98,1	1	0,5	100,0	338	10,2	95,7
25 - 45	49	3,0	99,1	66	5,4	99,2	2	0,8	98,9	0	0	100,0	117	3,5	99,2
45 - 50	2	0,1	99,2	4	0,3	99,5	0	0	98,9	0	0	100,0	6	0,2	99,4
üle 50	12	0,8	100,0	8	0,5	100,0	3	1,1	100,0	0	0	100,0	23	0,7	100,0
Kokku	1644	100,0	49,7	1212	100,0	36,6	266	100,0	8,0	189	100,0	5,7	3311	100,0	100,0

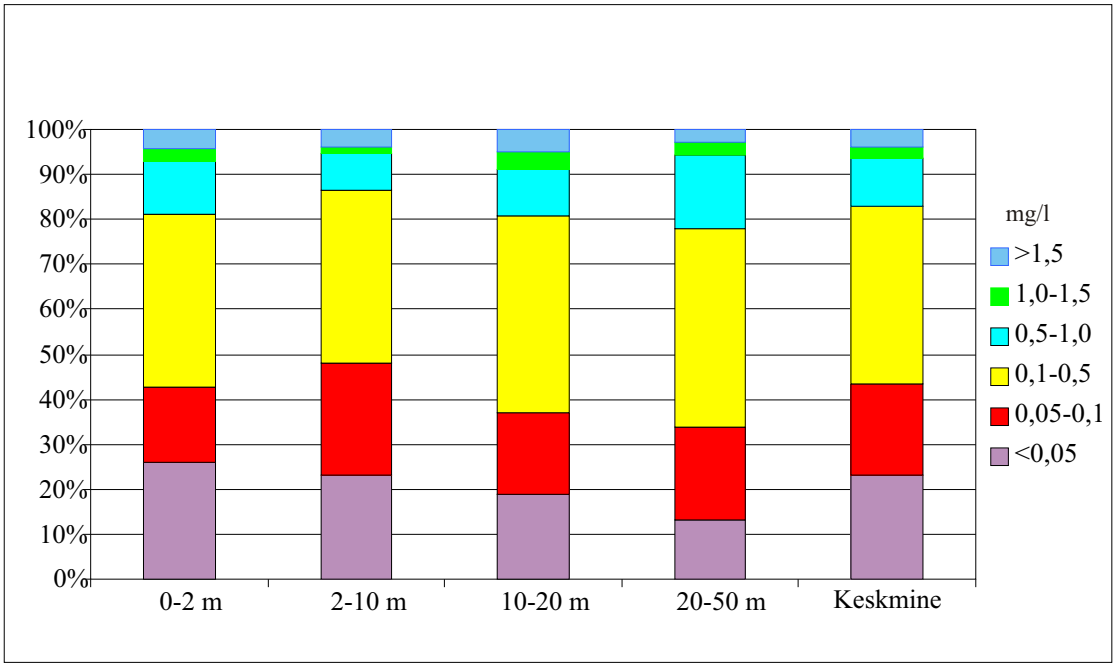
Tabel 9

Ammooniumi esinemine erineva pinnakatte paksusega siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vees

NH_4-sisaldus, mg/l	Pinnakatte paksus, m												Kokku		
	0 - 2			2 - 10			10 - 20			20 - 50					
	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %	puurkaevude		kumu-latiivne sagedus, %
	arv	%		arv	%		arv	%		arv	%		arv	%	
kuni 0,05	480	25,9	25,9	351	23,3	23,3	71	18,8	18,8	40	13,1	13,1	942	23,3	23,3
0,05-0,1	313	16,9	42,8	371	24,6	47,9	69	18,3	37,1	63	20,7	33,8	816	20,2	43,5
0,1-0,5	715	38,5	81,3	583	38,7	86,6	165	43,7	80,8	134	44,1	77,9	1597	39,5	83,0
0,5-1,0	217	11,7	93,0	122	8,1	94,7	39	10,3	91,1	50	16,4	94,3	428	10,6	93,6
1,0-1,5	54	2,9	95,9	23	1,5	96,2	15	4,0	95,1	9	3,0	97,4	101	2,5	96,1
üle 1,5	77	4,1	100,0	56	3,7	100,0	19	5,0	100,0	8	2,6	100,0	160	3,9	100,0
Kokku	1856	45,9	100,0	1506	37,3	100,0	378	9,3	100,0	304	7,5	100,0	4044	100,0	100,0



Joonis 5. Nitraatide esinemise jaotus erineva pinnakatte paksusega puurkaevude vees (siluri-ordoviitsiumi veekompleks).



Joonis 6. Ammooniumi esinemise jaotus erineva pinnakatte paksusega puurkaevude vees (siluri-ordoviitsiumi veekompleks).

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe

5.1. Lääne-Eesti madalik ja saared

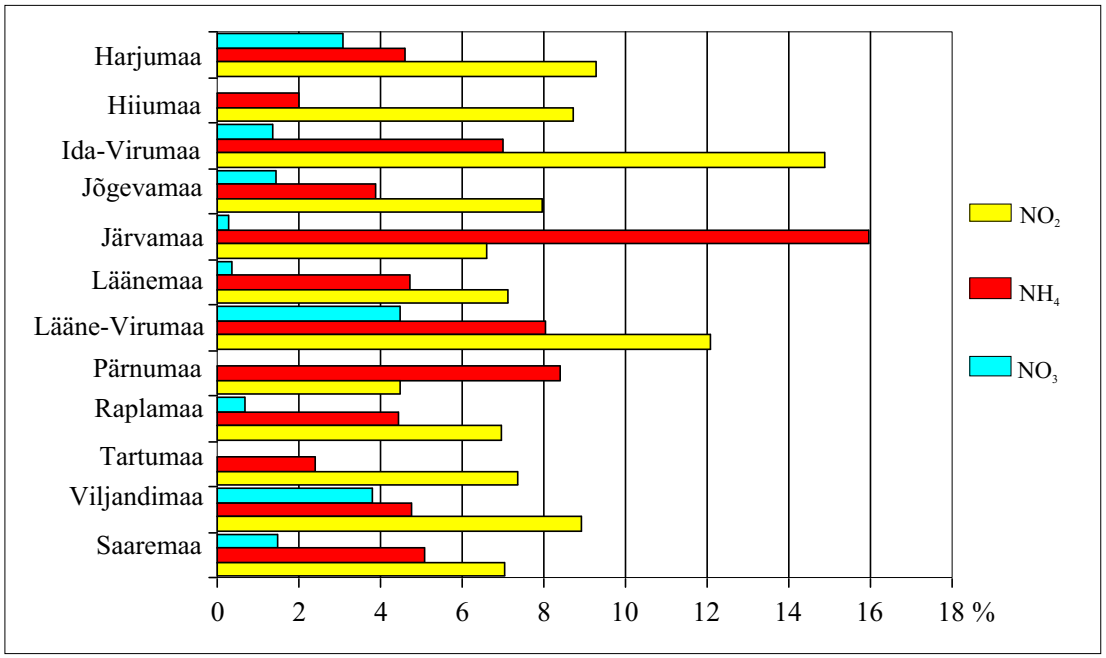
Võrreldes Lääne-Eesti saarte siluri-ordoviitsiumi veekompleski lämmastikühendite sisaldust teiste Eesti maakondadega, paistab silma nitraatide suhteliselt väike sisaldus, eriti Hiiumaal (tabel 10 ja 11; joonis 7 ja 8). Seletatav on see eelkõige Hiiumaa suhteliselt hea põhjavee loodusliku kaitstusega, aga ka Lääne-Eesti saarte põllumajanduse tagasihoidliku intensiivsusega.

Rohkem kui lämmastikühendite sisaldus on Läänemere saarte põhjavee seisundit mõjustanud mitmed avariilised naftasaaduste lekked Kuressaares, Kärlas, Kärdlas jm, mis on aastateks rikkunud paljude puurkaevude vee.

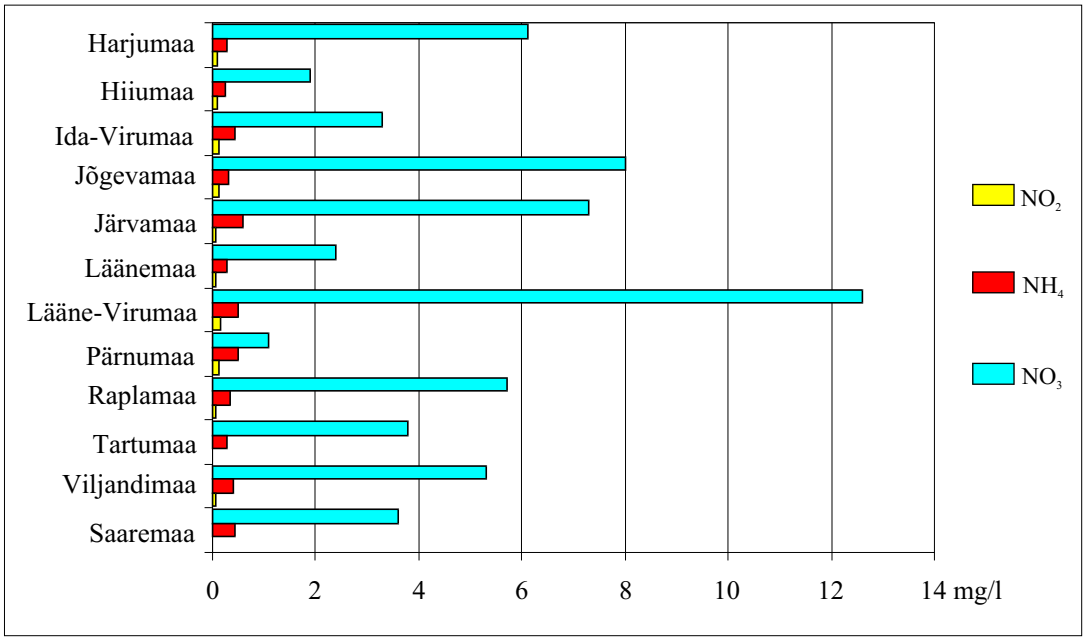
Valdav osa Läänemaast kuulub nõrgalt kaitstud alade hulka. Keskmiselt kaitstud ja kaitstud alad Kasari jõgikonnas ühtivad enamasti ka survelise põhjavee (arteesiavee) ja viirsavi levikualadega. Põhjavee seisund peegeldub ka Läänemaa siluri-ordoviitsiumi veekompleksi põhjavee lämmastikühendite keskmistes sisaldustes, mis mõnevõrra parema loodusliku kaitstuse tingimustes on kõikide komponentide osas väiksem kui alvariterohketel Raplamaal ja Harjumaal (tabel 10). Joogiveestandardile (EVS 663:1995) ei vasta puurkaevude vesi sagedamini NO_2 (7,12%) või NH_4 (4,73%) ülemäärase sisalduse poolest. Lubatust suurema nitraatide sisaldusega puurkaeve on Läänemaal 0,36% (tabel 11).

Hüdrogeoloogilistest tingimustest ning pinnakatte paksusest ja koostisest tulenevalt kuulub ka Lääne-Eesti madaliku lõunaossa jääv Pärnumaa keskmiselt või hästi kaitstud alade hulka. See peegeldub otseselt ka lämmastikühendite sisalduses. Nii on siluri-ordoviitsiumi veekompleksi vee keskmine NO_3-sisaldus Pärnumaal Eesti maakondade hulgas kõige väiksem – vaid 1,1 mg/l (tabel 10). 411 puurkaevu hulgas ei olnud ühtegi, mille vesi ei oleks vastanud nitraatide sisalduse poolest joogiveestandardile (tabel 11). Teistest maakondadest väiksem on ka NO_2 ülenormatiivse (>0,1 mg/l) sisaldusega puurkaevude protsent. Põhjavee hea looduslik kaitstus loob aga soodsad tingimused lämmastikühendite denitrifikatsiooniks, mistõttu kõrge NH_4^+-sisaldusega (>1,0 mg/l) puurkaevude protsent on Pärnumaal tunduvalt suurem kui mujal Eestis (joonis 7).

Suurim probleem on seotud põhjavee sooldumisega. Kuna viimastel aastatel ei ole summaarne veevõtt Pärnu linnaveehaardest suurenenud ja oluliselt on vähenenud veevõtt Vaskrääma ja Reiu veehaardest, siis põhjaveetase on tõusnud. Peatunud on ka põhjavee sooldumise protsess (Põhjavee seisund, 1999).



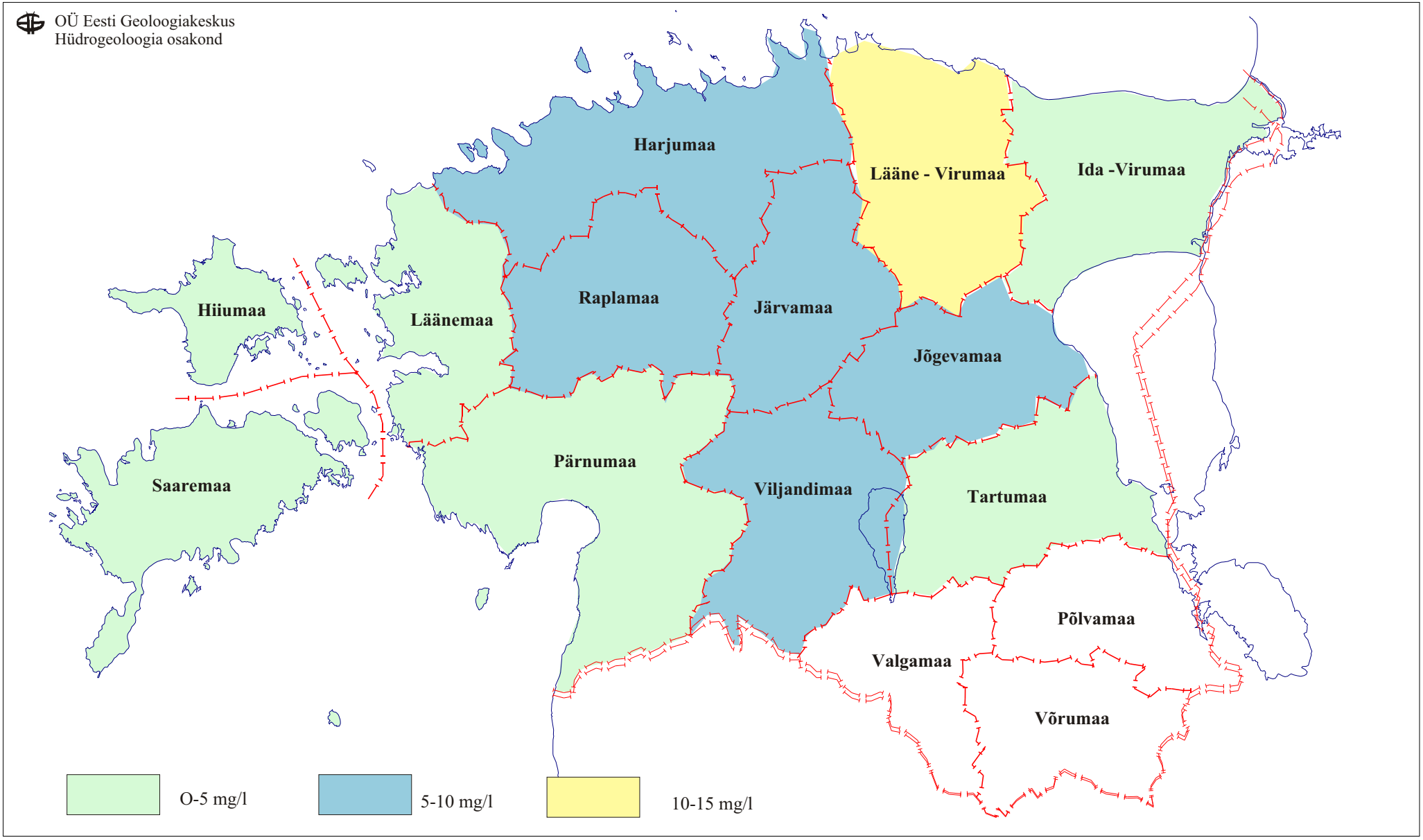
Joonis 7. Joogiveestandardile (EVS 663:1995) mittevastavate puurkaevude suhteline arv Eesti maakondades (siluri-ordoviitsiumi veekompleks).



Joonis 8. Lämmastikühendite keskmine sisaldus siluri-ordoviitsiumi veekompleksi põhjavees.

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe



Joonis 9. Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vee NO_3^- keskmine sisaldus Eesti maakondades.

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe

Tabel 10

Lämmastikühendite sisaldus siluri-ordoviitsiumi veekompleksi põhjavees

Maakond	NO_3			NH_4			NO_2		
	puurkaevude arv	aritmeetiline keskmine, mg/l	mediaan, mg/l	puurkaevude arv	aritmeetiline keskmine, mg/l	mediaan, mg/l	puurkaevude arv	aritmeetiline keskmine, mg/l	mediaan, mg/l
Harjumaa	587	6,1	0,9	761	0,27	0,13	647	0,088	0,011
Hiiumaa	144	1,9	0,2	199	0,26	0,15	149	0,107	0,008
Ida-Virumaa	220	3,3	0,8	271	0,45	0,17	249	0,128	0,015
Jõgevamaa	209	8,0	3,7	258	0,31	0,13	214	0,114	0,017
Järvamaa	374	7,3	3,2	457	0,60	0,25	380	0,060	0,009
Läänemaa	274	2,4	0,4	338	0,28	0,13	281	0,047	0,010
Lääne-Virumaa	650	12,6	6,4	634	0,50	0,10	596	0,144	0,010
Pärnumaa	411	1,1	0,4	621	0,49	0,28	424	0,115	0,005
Raplamaa	443	5,7	1,5	586	0,33	0,12	460	0,069	0,010
Tartumaa	61	3,8	0,5	83	0,28	0,20	68	0,044	0,009
Viljandimaa	79	5,3	1,0	168	0,40	0,15	101	0,074	0,010
Saaremaa	748	3,6	0,2	768	0,44	0,10	739	0,045	0,007

Tabel 11

Siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude põhjavee kvaliteedi vastavus kehtivale joogiveestandardile (EVS 663:1995) väljendatuna protsentides kaevude koguarvust

Maakond	NO_3				NH_4			NO_2		
	väga hea	hea	rahuldav	mitte-rahuldav	hea	rahuldav	mitte-rahuldav	hea	rahuldav	mitte-rahuldav
	<1,0 mg/l	<1,0-10 mg/l	10,0-45,0 mg/l	>45 mg/l	0-0,5 mg/l	0,5-1,0 mg/l	>1,0 mg/l	<0,01 mg/l	0,01-0,1 mg/l	>0,1 mg/l
Harjumaa	53,66	30,84	12,43	3,07	88,17	7,23	4,60	48,53	42,80	9,27
Hiiumaa	75,00	20,83	4,17	0	91,46	6,43	2,01	59,06	32,22	8,72
Ida-Virumaa	55,91	38,64	4,09	1,36	84,87	8,12	7,01	44,18	40,96	14,86
Jõgevamaa	32,06	39,23	27,27	1,44	86,43	9,69	3,88	42,99	49,07	7,94
Järvamaa	34,76	37,43	27,54	0,27	65,65	18,38	15,97	64,74	28,68	6,58
Läänemaa	68,25	25,18	6,21	0,36	83,73	11,54	4,73	56,23	36,65	7,12
Lääne-Virumaa	25,08	36,15	34,31	4,46	86,59	5,37	8,04	52,18	35,74	12,08
Pärnumaa	82,48	15,57	1,95	0	71,79	19,81	8,41	74,06	21,46	4,48
Raplamaa	47,40	34,99	16,93	0,68	87,03	8,53	4,44	56,74	36,30	6,96
Tartumaa	72,13	16,39	11,48	0	90,36	7,23	2,41	64,71	27,94	7,35
Viljandimaa	50,63	39,94	6,33	3,8	86,31	8,93	4,76	52,48	38,61	8,91
Saaremaa	68,98	22,73	6,82	1,47	84,87	7,42	5,08	62,52	30,44	7,04

5.2. Harju lavamaa, Vahe-Eesti ja Kesk-Eesti tasandik

Erinevalt Lääne-Eesti tasandikust kujutavad Loode-Eesti ehk Harju lavamaa ning Vahe-Eesti ja Kesk-Eesti tasandik endast valdavalt õhukese pinnakattega ordoviitsiumi ja siluri lubjakivide levikuala. Õhukese pinnakatte all avanevad lõhelised ja karstunud vettandvad karbonaatsed kivimid, kus karst on suure levikuga. Karstialadel on põhjavesi kaitsmata sõltumata kattekihi paksusest, kuna suurvee ajal imbub või neeldub pinnavesi väga lühikese ajaga põhjavette.

Nitraatide sisalduse poolest on Harjumaa puurkaevude vesi karstirohke Lääne-Virumaa ja Jõgevamaa järel kolmandal kohal. Puurkaevude vee keskmine NO_3-sisaldus on 6,1 mg/l (tabel 10). Ka mitterahuldava vee kvaliteediga (NO_3^- >45 mg/l) kaevude suhteline arv (3,07%) on võrreldes paljude teiste maakondadega suur (tabel 11; joonis 7).

Ammooniumi ja nitritite sisalduse poolest kuulub Harjumaa Eesti keskmiste hulka (tabel 10; joonis 8). Madalate, kuni 10 m sügavuste kaevude vee kvaliteet on aga tunduvalt halvem. Tervishoiuministeeriumi poolt 1988. aastal Harju maakonnas tehtud uuringutel selgus, et madalate kaevude vees oli nitraatide keskmine sisaldus 30 mg/l .

Üllatavalt lähedased Harjumaa näitajatele on Raplamaa lämmastikühendite keskmised sisaldused (tabel 10). Mõnevõrra väiksem on vaid joogiveestandardile mittevastava veega puurkaevude suhteline arv (tabel 11).

Omaette piirkonna moodustab Ida-Virumaa, mis jaguneb Kirde-Eesti e. Viru lavamaaks ja Alutaguse madalikuks. Keskmise NO_3^--sisalduse (3,3 mg/l) järgi sobib ta ühte gruppi Läänemaa ja Pärnumaaga, kuid suhteliselt kõrge NO_2^--sisaldus viitab põhjavee ulatuslikule reostusele (tabel 11).

Ida-Virumaal lisandub lämmastikühenditele põlevkivi kaevandamise mõju, mille tulemusena ordoviitsiumi veekompleksis formeerub kaevanduste ja karjääride ümbruses kõrgendatud mineraalainete sisaldusega, suhteliselt kare ja kõrge sulfaatiooni sisaldusega vesi.

Narva veehoidlale ja Narva jõele kujutavad potentsiaalset ohtu Eesti ja Balti Elektrijaama tuhaväljade settebasseinide väga kare ja leelisene vesi, kus vee üldkaredus muutub vahemikus 18,2-41,1 mg·ekv/l ja pH 12,4-13,5 (Kivit, 2001).

5.3. Pandivere kõrgustik

Põhjavee kaitstuse seisukohast on Eesti kõige problemaatilisem piirkond Pandivere kõrgustik. Seda silmas pidades on vastavalt Vabariigi Valitsuse määruse eelnõule "Vesikondade nimetamine" eraldi üksusena eristatud Pandivere põhjavee alamvesikond, mis langeb põhiliselt kokku Pandivere Riikliku Veekaitseala piiridega. Administratiivse jaotuse järgi paikneb alamvesikond Lääne-Viru ja Järva maakonnas. Pinnavee vesikondi silmas pidades jaguneb

Pandivere alamvesikond enam-vähem võrdselt Harju, Viru, Pärnu ja Peipsi alamvesikonna vahel (joonis 1).

Pandivere kõrgustikule kui paljude Eesti jõgede lähtele ja põhjavee surve formeerumise piirkonnale on juba aastakümneid osutatud erilist tähelepanu. 1993. a. koostati AS Maves ja tolleaegse TA Geoloogia Instituudi töötajate poolt põhjalik kokkuvõte tehtud uuringutest – "Pandivere Riiklik Veekaitseala", mille lisadena koostati ka veekaitseala tsoneerimise kaart mõõtkavas 1:200 000 ning Järvamaa osas ka karsti leviku, nitraatide sisalduse ja põhjavee kaitstuse kaardid mõõtkavas 1:100 000. Hiljem on AS Maves jätkanud veekaitsealal põhjavee kvaliteedi seiret (Tamm jt., 2000).

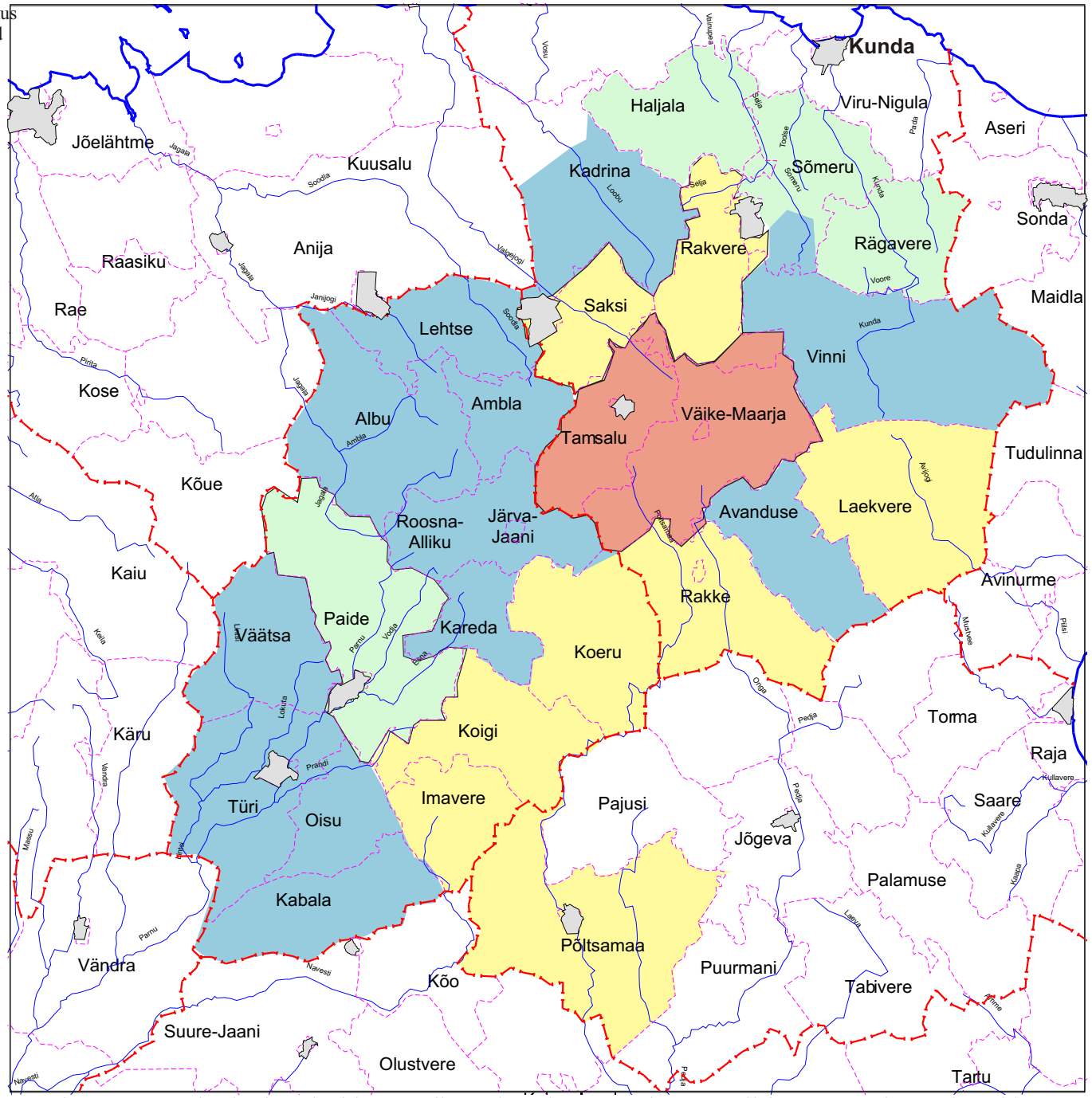
Vaadeldes siluri-ordoviitsiumi veekompleksi puurkaevude vee keskmist NO_3^--sisaldust, paistab Lääne-Virumaa teiste Eesti maakondade seas silma konkurentsitu esikohaga (tabel 10; joonis 9). Pandiveres omakorda paistab kõige kõrgema keskmise NO_3^--sisaldusega (üle 15 mg/l) silma kõrgustiku võlv, mis jääb valdavalt Tamsalu ja Väike-Maarja valla territooriumile (joonis 10). Sellelt kõige reostusohtlikumalt alalt väheneb NO_3^--sisaldus päris seaduspäraselt kõrgustiku jalami suunas. Alamvesikonna äärmises kirde- ja edelaservas (vastavalt Sõmeru ja Paide vald) on puurkaevude vee keskmine NO_3^--sisaldus vähem kui 5 mg/l.

Seoses Euroopa Liidu nitraadidirektiivi (91/676/EMÜ) ellurakendamisega ja Pandivere kõrgustiku ning Põltsamaa valla kuulutamisega nitraaditundlikeks aladeks kerkib üles küsimus nitraaditundlike alade väljaeraldamise kriteeriumidest. Kaitsmata põhjaveega alasid on rohkesti ka Raplamaal ja Harjumaal ning ka NO_3^--sisalduse poolest mitterahuldava veega kaevude suhteline hulk on Harjumaal lähedane Lääne-Virumaale ning ületab tunduvalt Järvamaa vastava näitaja (tabel 11).

Murettekitav on ka ammooniumi ja nitritite esinemine põhjavees. Järvamaal on Eesti maakondadest suurim NH_4^+ keskmine sisaldus – 0,60 mg/l ja ülekaalukalt suurim hulk kaeve (15,97%), mille vesi ei vasta seetõttu joogivee normidele (NH_4^+ >1,0 mg/l). NO_2^- keskmine sisaldus on suurim Lääne-Virumaal (0,144 mg/l) ja ka mitterahuldava kvaliteediga (NO_2^- >0,1 mg/l) kaevude protsent on Lääne-Virumaal üks suuremaid Eestis (tabel 10 ja 11).

AS Maves on alates 1991. aastast teostanud Pandivere allikate, erakaevude ja ühisveetarbimisega kaevude vee lämmastikühendite seiret. Keskmised NO_3^--sisaldused on nende aastate jooksul oluliselt vähenenud, mis näitab põhjavee kvaliteedi selget sõltuvust põllumajandustootmisest. Peaaegu samad trendid on täheldatavad ka riikliku põhjaveeseire tulemuste põhjal. Ilmselt oleks edaspidi otstarbekas Pandivere piirkonnas tehtavad spetsiaaluuringud ühendada riikliku põhjaveeseirega.

OÜ Eesti Geoloogiakeskus
Hüdrogeoloogia osakond



0-5 mg/l

5-10 mg/l

10-15 mg/l

15-20 mg/l

Joonis 10. NO_3^- keskmine sisaldus Pandivere ja Ädavere–Põltsamaa piirkonna puurkaevude põhjavees.

© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2001.

Koostas: R.Perens
Arvutigraafika: A.Saaremäe

5.4. Lõuna-Eesti

Põhjavee looduslik kaitstus on kõige parem kahtlemata Lõuna-Eestis. Sakala, Otepää, Karula ja Haanja kõrgustik oma tüseda, valdavalt moreenist koosneva pinnakattega moodustavad suurepärase kaitsva ekraani keskdevoni veekompleksi põhjaveele.

Keskdevoni veekompleksi põhjavesi on enamasti HCO_3-Ca-Mg-tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldusega 0,3-0,8 g, nõrgalt leelisene (pH – 7,2-7,9). Sealjuures veekompleksi ülemises osas levib väiksema (0,3-0,5 g/l) ja alumises osas suurema (0,7-0,8 g/l) mineraalsusega põhjavesi. Keskdevoni veekompleksi puurkaevude vee keskmine NO_3^--sisaldus (1,9 mg/l) on võrreldav hästikaitstud ordoviitsiumi-kambriumi põhjavee kvaliteediga. Ka NO_3^-- ja NO_2^--sisalduse poolest Euroopa Liidu joogiveedirektiivi (98/83/EC) nõuetele mittevastavate kaevude suhteline hulk on samas suurusjärgus ordoviitsiumi-kambriumi veekompleksiga (tabel 2 ja 3). Põhjavee suhteliselt kõrge NH_4^+-sisaldus on tingitud ilmselt hea loodusliku kaitstusega kaasneva hapnikubarjääri tekkest.

6. ANTROPOGEENNE KOORMUS

6.1. Põhjavee tarbimine

Põhjavee kinnitatud **tarbevaru** seisuga 01.01.2001 on 497 060 m³/ööpäevas. Kinnitatud põhjavee tarbevaru olemasolu on vajalik kõigil veehaaretel, kus veevõtt ületab 500 m³/ööpäevas. Tegelikult peaksid kõik alevid ja asulad kvaliteetse joogivee tagamise huvides omama kinnitatud põhjaveevaru, vaatamata sellele, kui suur on veekasutus. Maapinnalähedaste põhjaveekomplekside kinnitatud tarbevaru on suurim siluri-ordoviitsiumi veekompleksil – 103,9 tuhat m³/ööpäevas. Märkimisväärne on ka kesk-alamdevoni-siluri veekompleksi tarbevaru – 99 tuh. m³/ööp. Keskdevoni veekompleksi tarbevaru moodustab 64,6 tuh. m³/ööp. ja kvaternaari veekompleksi tarbevaru 42,8 tuh. m³/ööp.

Enamiku veehaarete põhjavee looduslik kvaliteet vastab joogiveestandardi nõuetele. Paljude veehaarete vees on ülemäära palju rauda, mis nõuab spetsiaalset rauaärastamist. Seoses üleminekuga Euroopa Liidu rangematele kvaliteedinõudmistele (lubatud piirsisaldus 0,2 mg/l) tuleb edaspidi raua ärastamine ette näha praktiliselt kõikides veehaaretes. Raua, nagu ka fluoriidide, väävelvesiniku ja mõningate mikrokomponentide sisaldus ei sõltu põhjavee looduslikust reostuskaitstusest, vaid konkreetse piirkonna ning veehaarde hüdrogeoloogiliste tingimuste iseärasustest.

Kui puurkaevu **veevõtt** ületab 5 m³/ööp., tuleb selle valdajal vormistada vee erikasutuse luba ja pidada veevõtu arvestust. Summaarne veevõtt põhjaveeallikatest moodustas 2000. aastal 254 627 tuhat m³ ehk 697,1 tuh. m³/ööp. Üldisest põhjaveevõtust on kaevandusvee osa suurenenud

65-lt protsendilt 1991.-1992. aastal 78-le protsendile 1999.-2000. aastal ning moodustas 198 mln m³/a.

Põhiline osa karjääridest ja kaevandustest väljapumbatavast veest pärineb Ida-Virumaa 5 põlevkivikaevandusest ja 3 -karjäärist, mis moodustab 95% kogu riigi territooriumil väljapumbatavast kaevandusveest. Viimasel ajal on tõsiseks probleemiks kujunenud hoopis kaevanduste ja karjääride sulgemine ning sellega kaasnev pumpade seiskamine. Milline saab olema tulevane veetase ja põhjavee kvaliteet, nõuab spetsiaalseid uuringuid.

Maapinnalähedaste põhjaveekomplekside veehaarete veevõtt on moodustanud viimastel aastatel 25-44% nende kinnitatud tarbevarust.

6.2. Hajureostus

Hajureostuseks loetakse reostust, mida ei saa seostada kindla kohaga. Põhiliselt kuulub siia alla mineraalsete ja orgaaniliste lämmastikväetiste kasutamine.

Viimastel aastatel on seoses väetiste kasutamise järsu vähenemisega põhjavette jõudva lämmastiku oluliseks allikaks varasematest aastatest pinnases ja mullas säilinud jääklämmastik. Kaheksakümnendate aastate lõpus toimunud põldude intensiivne väetamine ja sellega kaasnenud märgatavad lämmastikukaod põhjavette on oluliselt muutnud põhjavee keemilist koostist. Suures koguses tungib lämmastikku põhjavette nitraadina, mis säilib pinnases ja põhjavees aeroobsetes tingimustes. Anaeroobsetes tingimustes toimub lämmastiku denitrifikatsioon. Pandiveres tehtud uuringud on näidanud, et väga reostunud põhjavee korral ei jõua nitraadid piisava kiirusega denitrifitseeruda ning vees on samal ajal rohkesti nii ammoonium- kui nitraatioone (Pandivere…, 1993).

Pöördvõrdelises sõltuvuses on enamasti ühelt poolt nitraatiooni sisaldus ja teiselt poolt raua ja väävelvesiniku kõrgendatud sisaldus. Mida sügavamat veekihti kasutatakse, seda väiksem on NO_3^--sisaldus, kuid suureneb raua ja väävelvesiniku esinemise tõenäosus. Tihti kaasneb nitraatse reostusega ka kõrgenenud kloriid- ja sulfaatioonide sisaldus.

6.3. Punktreostus

Võimalike punktreostuse allikate loetelu on piirkonniti erinev. Kõige sagedasemad on loomakasvatusfarmid, sõnnikuhoidlad, väetise- ja mürkkemikaalide laod, silo- ja kütusehoidlad, loomade matmispaigad, prügilad, töökojad. Eraldi grupi moodustavad ohtlike jäätmete ja radioaktiivsete ainete hoidlad, põlevkivi aheraine- ja tuhamäed, Narva elektrijaamade tuhaväljad ja settebasseinid. Lugematu hulk punkreostuse allikaid jättis maha nõukogude sõjavägi. Spetsiifiliseks

põhjavee reostumist soodustavateks objektideks on halvas olukorras mahajäetud puurkaevud ja -augud.

Jäätmete näol suureneb punktreostus pidevalt. Jäätmete tekkeallikate hulgas domineerivad põlevkivi allmaa- ja karjäärikaevandamine koos põlevkivil põhineva energiatootmise ja keemiatööstusega. Nii tekib Eestis põlevkivituhka, -räbu ja poolkoksi ning põlevkivi kaevandamise jäätmeid keskmiselt 90% jäätmete üldhulgast (Eesti keskkonnaseisund…, 2000). Olmejäätmed moodustavad jäätmete kogumahust ligikaudu 4%. Peaaegu kõik olmejäätmed ladustatakse ilma sortimiseta prügilatesse, mis enamuses ei vasta keskkonnanõuetele. Koos olmejäätmetega satub prügilatesse ka ohtlikke jäätmeid, kuna üleriiklik ohtlike jäätmete käitlemise süsteem on alles väljaarendamisel. Arvestades seda, et ladustuspaigad on tekkinud väga juhuslikesse kohtadesse, kujutavad sellised prügilad endast küllaltki suurt keskkonnariski. 1999. a. märtsikuu seisuga on Eesti prügilaregistri andmebaasis registreeritud kokku 565 prügilat, nendest sega-olmejäätmete prügilaid 351 (Eesti keskkonnaseisund…, 2000).

Ohtlikud jäätmed on jäätmed, mis vähemalt ühe oma ohtliku omaduse tõttu võivad põhjustada kahju inimese tervisele ja keskkonnale. Eestis domineerivad ohtlike jäätmete hulgas mahuliselt põlevkivituhk ja poolkoks. Teiste ohtlike jäätmete ladustamine peaks paranema seoses hiljutise ohtlike jäätmete lõpphoidla valmimisega Vaivaras. Kahjuks ei ole siiani leitud lahendust radioaktiivsete ainete lõpphoidlale. Ka praegune Saku lähedal asuv hoidla vajaks tõhusamat kontrolli.

Tohutu reostuse jättis maha NSVL sõjavägi. Kokku on loendatud 1565 militaarset objekti kogupindalaga 87 000 ha ehk 1,9% kogu Eesti territooriumist. Maha jäi 1,74 miljonit tonni erineva ohtlikkusastmega jäätmeid, millest ligikaudu poole moodustasid ohtlikud jäätmed. Suurimat kahju põhjaveele on tekitanud endised sõjaväelennuväljad (Raukas, 1999). Tapal muutsid lennukikütuse lekked põhjavee kõlbmatuks 16 km² suurusel alal. Vaba lennukikütuse mahtu on maapinnas hinnatud 400-1600 tonnile. Ämari lennuväljal on lennukikütuse avariisid olnud mitmel korral. Reostatud piirkond haarab 2,36 km² ja reostus on pinnases ja põhjavees säilinud tänaseni. Pinnase ja põhjavee puhastamiseks kulub veel palju aastaid ja hulk rahalisi vahendeid. Oluliselt parem ei ole olnud olukord ka Raadi lennuväljal Tartus, Sauga lennuväljal Pärnu lähedal ning Haapsalu lennuväljal. Kuigi reostusuuringud ja reostuse likvideerimine on kestnud juba ligi kümme aastat, pole lõppu ikka veel näha.

Mõnevõrra aitab keskkonna reostust leevendada ja põhjavee seisundit parandada riiklike kaitsemeetmete väljatöötamine. Üheks vahendiks on erinevatest kaitse eesmärkidest tulenevate tsoneeringute koostamine. Seisuga 15. mai 2000 oli tsoneeritud kaitsealasid Eestis kokku 103, kogupindalaga 411 317 ha. Eesti keskkonnastrateegias on püstitatud eesmärk, mille kohaselt tuleb

aastaks 2010 vähemalt 5% Eesti maismaa territooriumist kehtestada kaitsekord, kus majandustegevus on keelatud. Uute reostuspotentsiaaliga objektide asukoha valikul tuleks arvestada ka piirkonna põhjavee loodusliku kaitstusega.

KOKKUVÕTE

Seoses Euroopa Liidu veealaste normide rakendamisega Eestis ja veekaitse üleviimisega valgalade printsiibile on suurenenud vajadus põhjavee säästvaks kasutamiseks ja tema efektiivse kaitse organiseerimiseks. Tegevusplaanid põhjavee paremaks kasutamiseks ja kaitseks saavad tugineda vaid tänapäeva tehnilistele võimalustele vastava hüdrogeoloogilise andmestiku üldistatud kasutamisele. Põhjendatud majanduskavade väljatöötamiseks on eriti oluline omada üldistatud taustinformatsiooni mingi piirkonna põhjavee seisundi ja loodusliku kaitstuse (reostusohtlikkuse) kohta.

Eesti põhjavee kaitstuse kaardi koostamisel on kasutatud ära aastakümnete jooksul erinevates mõõtkavades tehtud geoloogilise ja hüdrogeoloogilise kaardistamise materjalid. Kuna faktiline materjal puuraukude ja puurkaevude näol pidevalt täieneb, siis on kaardi ja seletuskirja koostamisel läbi töötatud ka ligi 15 000 puurkaevust koosnev andmebaas, millega oluliselt täpsustati pinnakatte paksust ühes või teises piirkonnas, aga samuti lämmastikühendite sisaldust põhjavees.

Töö põhirõhk on suunatud põhjavee loodusliku kaitstuse ja vee kvaliteedi vaheliste seoste selgitamisele. Leiab kinnitust selge sõltuvus lämmastikühendite sisalduse ja põhjavee loodusliku kaitstuse (reostusohtlikkuse) vahel. Kuna valdav osa Põhja- ja Kesk-Eestist jääb kaitsmata või nõrgalt kaitstud alade hulka, siis tulevikus võib nitraaditundlike alade väljaeraldamise vajadus üles kerkida lisaks Pandiverele ja Põltsamaa–Adavere piirkonnale veel mujalgi. Põhjavee kvaliteedi parandamiseks oleks vaja hajureostust põhjustavate lämmastikväetiste kasutuse normeerimine sõltuvalt põhjavee kaitstusest. Eriti oluline on peremeheta puurkaevude tamponeerimine ja keskkonnanõuetele mittevastavate prügilate sulgemine ja ohutustamine piirkondades, kus põhjavesi ei ole reostuse eest piisavalt kaitstud. Uute potentsiaalsete reostusobjektide planeerimisel tuleb läbi viia täiendav uuring, et täpsustada konkreetse ala geoloogilisi ja hüdrogeoloogilisi tingimusi.

Kuigi maapinnalähedase põhjavee kvaliteet on viimastel aastatel paranenud, esineb siiski piirkondi, kus põhjavesi on reostatud ja joogiks kõlbmatu. Kiireim lahendus parema vee saamiseks on kehvas tehnilises seisundis kaevu asendamine uuega. Käesoleva aruandega saadud tulemused kinnitavad, et nõuetekohaselt puuritud ja sanitaarkaitsetsoone arvestavad puurkaevud annavad sügavamatest kihtidest suure tõenäosusega kvaliteetset joogivett. Suuremates asulates ja kaevanduspiirkondades tuleb arendada ka veevärki.

Töö kartograafiliseks ja digitaalseks kokkuvõtteks on mõõtkavas 1:400 000 esitatud põhjavee kaitstuse kaart, mis peaks saama üheks aluseks alamvesikondade veemajanduskavade väljatöötamisele, põhjaveekogumite väljaeraldamisele ning põhjavee seirevõrgu optimeerimisele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. TRÜKITÖÖD

Council directive 98/83/EC of 3. November 1998, on the quality of water intended for human consumption.

Eesti keskkonnaseisund XXI sajandi lävel. 2000. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, Tallinn, 95 lk.

Jodkazis, V. I. (toim.), 1989. – Иодказис В.И. (ред.), 1989. Региональная гидрогеология Прибалтики. Мокслас, Вильнюс, 221 с.

Joogivesi. Üldnõuded. EVS 663:1995.

Kajak, K., 1999. Eesti kvaternaarisetete kaart. Mõõtkava 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Karise, V., 1965. Mida sisaldavad vihm ja lumi. – Eesti Loodus, 4, 234-235.

Kink, H. (koost.), Raukas, A., & Kaasik, T. (toim.), 1996. Eesti kaitsealad – geoloogia ja vesi. Estonian nature protection areas: geology and water. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn, 1-164.

Maastik, A. (toim.), 2000. Keskkonnasõnastik. Helsingi, Tartu, 702 lk.

Pandivere riiklik veekaitseala. 1993. AS Maves; Eesti TA Geoloogia Instituut; Järva Maavalitsuse Keskkonnaosakond; Lääne-Virumaa Looduskaitsetalitus; Keski-Suomen Vesi- ja Ympäristöpiiri. Jyväskylä, 1-69.

Perens, R., 1998. Eesti hüdrogeoloogiline kaart. Mõõtkava 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 40 lk.

Perens, R., 1996. Influence of climatic conditions to groundwater levels and chemical composition in Estonia. In: Nordic Hydrogeological Conference 1996 Akureyri, Iceland, 399-407.

Perens, R.M., 1984. – Перенс Р.М., 1984. Изучение фильтрационных свойств силурийско-ордовикской толщи Эстонии с помощью расходометрии. – In: Валлнер Л.К. (ed.). Методы анализа и обработки гидрогеологических данных для прогноза ресурсов подземных вод. Инст. геол. АН ЭССР, Таллин, 100-104.

Perens, R.M., 1978 – Перенс Р.М., 1978. О применении расходометрии при расчленении гидрогеологического разреза карбонатной толщи на Пандивереской возвышенности. Изв. АН ЭССР. т. 27. Геология, 4, 130-139.

Raukas, A. (toim.), 1999. Endise Nõukogude Liidu sõjaväe jääkreostus ja selle likvideerimine. Tallinn, 192 lk.

Raukas, A. jt., 1995. Eesti loodus. Valgus ja Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn, 606 lk.

Põhjavee seisund 1991…1999. a. Eesti Geoloogiakeskuse aastaraamatud.

Struckmeier, W. F. & Margat, J., 1995. Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend. International Association of Hydrogeologists. Hannover, 177 lk.

Suuroja, K., 1997. Eesti aluspõhja geoloogiline kaart. Mõõtkava 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 60 lk.

Vrba, J. & Zaporozec, A., 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrogeology, Volume 16/1994, 130 lk.

KÄSIKIRJAD

Järvet, A. jt., 2001. Nitraaditundlike alade määratlemine Eestis. Maa ja Vesi.

Kivit, N., 2001. Hüdrogeoloogilised vaatlused Balti Elektrijaama territooriumil 2000. a.

Perens, R. jt., 1999. Eesti hüdrogeokeemiline atlas. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Perens jt., 1986 – Перенс Р.М. и др., 1986. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической съемке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации на площади Йыгева на 1983-1986 гг. Кейла.

Savitskaja, L., Savva, V., 1998. Tallinna põhjavee kaitstuse kaardid. Mõõtkava 1:20 000. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Savitskaja, L., 1992. Eesti põhjavee kaitstuse ja antropogeense koormuse kaardi legendi seletuskiri. Mõõtkava 1:50 000. RE Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn–Keila.

Savitskaja jt., 1985 – Савицкая Л.О., Варус М.Ю. и др., 1985. Отчет о работах по контролю за охраной подземных вод на территории Эстонской ССР от загрязнения и истощения за 1983-1985 гг. Таллин.

Savitskaja, 1982 – Савицкая Л.О. и др., 1982. Геолого-гидрогеологическое обоснование охраны подземных вод в условиях Эстонской ССР. Таллин.

Tamm, I. jt., 2000. Pandivere veekaitseala põhjavee kvaliteedi seire 2000. a. AS Maves, Tallinn.