



EESTI GEOLOOGIAKESKUS
GEOLOOGILISE KAARDISTAMISE OSAKOND

“KINNITAN”
Eesti Geoloogiakeskuse
direktor

Vello Klein
dets. 2008

Mati Niin
Mati Rammo
Tõnis Saadre

EESTI MAAVARADE KAART
MÕÕTKAVAS 1:400 000 (1:200 000)

Diktüoneemakilt (graptoliitargilliit)

SELETUSKIRI

Eesti Geoloogiakeskuse teadusdirektor

Jaan Kivisilla

Tallinn 2008

Annotatsioon

M. Niin, M. Rammo, T. Saadre. Eesti maavarade kaart. V etapp. Diktüoneemakilt (graptoliitargilliit). Mõõtkava 1:400 000 (1:200 000). 15 lk, 1 tekstilisa, 1 kaart, 1 CD. Eesti Geoloogiakeskus, geoloogilise kaardistamise osakond, Tallinn, 2008 (EGF, Keskkonnaministeerium).

1997.a. koostati ja kirjastati Eesti Geoloogiakeskuses Eesti aluspõhja geoloogiline kaart mõõtkavas 1: 400 000, 1999.a. Eesti kvaternaarisetete kaart mõõtkavas 1:400 000. 2004.a. alustati Keskkonnaministeeriumi tellimisel Eesti maavarade kaardi koostamisega. 2004.a. valmis aluspõhja maavarade kaart, 2005.a. pinnakatte maavarade kaardi I osa – kruus, liiv, savi, 2006.a. pinnakatte maavarade kaardi II osa – turvas, järvelubi, järvemuda ja meremuda. 2007.a. valmis maavarade kaardi järjekordne osa – potentsiaalsed maavarad ja nende ilmingud. Käesoleval aastal valmis maavarade kaardi viies osa – diktüoneemakilt (graptoliitargilliit). Kaardid on koostatud kahes variandis – digitaalse ja trükivariandina. Digitaalse kaardi mõõtkavaks on 1: 200 000, trükikaardil 1: 400 000. Kaardil on ära toodud Eesti diktüoneemakilda leviala, paksus ja lasumussügavus, aga samuti tähtsamate mikroelementide – uraani, vanaadiumi, molübdeeni, tsingi ja plii – anomaalsed sisaldused kildas. Lühilandmestiku diktüoneemakilda kohta võib leida digitaalkaardi tabelitest, aga ka trükikaardi seletuskirjast.

Märksõnad: maavara, geoloogiline kaart, trükikaart, digitaalkaart, seletuskiri, diktüoneemakilt, graptoliitargilliit, mikroelemendid, uraan, vanaadium, molübdeen, tsink, plii.

SISUKORD

	lk.
Sissejuhatus	4
1. Metoodikast	5
2. Diktüoneemakilt	6
2.1. Kilda levik ja geoloogiline iseloom	6
2.2. Kilda keemiline koostis	8
2.2.1. Makrokomponendid	8
2.2.2. Mikroelemendid	9
Uraan	11
Molübdeen	11
Vanaadium	12
Tsink	12
Plii	13
Kokkuvõte	13
Kasutatud kirjandus	14
Lisad	

Lisa 1. Väljavõte 2008.a. töö lähteülesandest

Eesti Geoloogiakeskuse teadusnõukogu istungi protokoll nr.

Sissejuhatus

Esimesed andmed Pakerordi lademe kivimite kohta on teada juba 18. sajandi lõpust, kui A. Hupel ja N. Fisher kirjeldasid diktüoneemakilda ja oobulusliivakivi paljandeid Põhja-Eestis.

Mõningaid andmeid diktüoneemakilda keemilise koostise kohta avaldas esimesena A. Petzholdt (1850). Veidi enam analüütilist materjali kiltade kohta leiame aga A. Kupfferi (1870) tööst.

Esimesed teaduslikud uurimused diktüoneemakilda kohta tehti juba enne II Maailmasõda (Tammekann, 1924; Rägo, 1928).

Diktüoneemakilda makro- ja mikrokomponentide täpsem uurimine algas aga 1950.-ndate aastate lõpul (Kirret jt., 1957, 1959) Maardu fosforiidimaardla piires.

Rikkaliku faktilise materjali põhjal andsid J. ja H. Maldre (1961) ülevaate Põhja- ja Kesk-Eesti Paleosoikumide kivimite mikroelementidest. 1962. a. avaldas A. Loog mikroelementide keskmised sisaldused Alam-Ordoviitsiumi setendites Põhja-Eesti klindi piires.

Spetsiaalselt molübdeeni uurimisega diktüoneemakildas tegeles J. Maldre (1963), kes soovitas kõrgendatud molübdeenisaldusega (üle 300 g/t) kilti kasutada kaalium-molübdeenväetisena.

Erilise hoo sai diktüoneemakilda uurimine sisse alates 1960.-ndate lõpust, kui päevakorda kerkis Maardu fosforiidiga seotud maavarade kompleksne kasutamine. Eesti Geoloogia Valitsuses tehti uuringuid mikroelementide – vanaadiumi, molübdeeni, uraani, plii ja tsingi – levikust diktüoneemakildas Põhja-Eestis (Kivimägi jt., 1968, 1969). Toolse fosforiidimaardla kompleksse kasutamise eesmärgil uuriti sealse diktüoneemakilda keemilist koosseisu ja tehnoloogilisi omadusi (Kivimägi, 1975). J. Maldre töös (1978) on iseloomustatud fosforiidi ja diktüoneemakilda mikro- ja makrokomponentide muutusi profiilil Põõsaspea neemest Leningradi oblastini.

Probleem muutus veelgi aktuaalsemaks seoses keskkonnakaitse küsimustega, kuna sai selgeks kilda isesüttimine aherainepuistangutes. Seda arvesse võttes uuriti diktüoneemakilda (kerogeense argilliidi) koostist siis eriti põhjalikult. V. Peterselli töödes (1979, 1981) vaadeldi vanaadiumi, molübdeeni, uraani ja reenumi sisaldusi diktüoneemakildas. Korrelatsioonidemeid makro- ja mikrokomponentide vahel fosforiidis ja diktüoneemakildas on käsitletud samuti mitmetes töödes (Petersell jt., 1986; Haldna jt., 1984; Palvadre jt., 1984).

Rohkesti materjali diktüoneemakilda kohta leidub töödes, mis viidi läbi fosforiidiotsingute ja -uuringute käigus (Raudsep jt., 1972, 1981, 1984; Eskel jt., 1975, 1979; Liivrand jt., 1983; Martin jt., 1988).

V. Rühko ja E. Pukkoni töös (1984) on kokku võetud kõik varasemate uuringute tulemused diktüoneemakilda kohta ning koostatud 1:500 000 mõõtkavas kaardid mikroelementide – molübdeeni, vanaadiumi, uraani, reenumi, tsingi ja plii ning kütteväärtuse ja orgaanilise aine sisalduse kohta diktüoneemakildas.

Mõned aastad hiljem valmis kokkuvõtlik uurimus (Detkovski, Pukkonen, Rühko, 1987) fosforiidi ja seda katva setendi (diktüoneemakilda) ainelise koostise ja metallide sisalduse kohta. Selles töös toodud 1:200 000 mõõtkavas (osaliselt aga ka 1:100 000 mõõtkavas) kaartidel näidatakse mikroelementide (Mo, V, U, Zn) leviku seaduspärasusi Eesti diktüoneemakildas.

Neile üldistavatele töödele lisandus mõne aja pärast mahukas faktiline materjal, kui fosforiiti ja diktüoneemakilta uuriti enam kui 200 puursüdamikus Lääne-Eestis (Rammo jt., 1989).

Olulist materjali muuhulgas ka diktüoneemakilda kohta võib leida süvakaardistamist kajastavates töödes (Petersell jt., 1971; Puura jt., 1974, 1977; Koppelmaa jt., 1979, 1982, 1985; Suuroja jt., 1987, 1991).

Kõik olulisem teave Eesti maavarade, sealhulgas diktüoneemakilda kohta on talletatud Eesti Geoloogiakeskuse geoloogide poolt aastate jooksul koostatud arvukatesse uuringu-, otsingu- ja kaardistamistöde aruannetesse, mis on koondatud Eesti Geoloogiakeskuse fondi (EGF).

Eesti Keskkonnaministeeriumi tellimisel alustati 2004. a. Eesti maavarade kaartide koostamist. Esmalt ilmus aluspõhja maavarade kaart (Saadre, Rammo, Niin, 2004). 2005.a. valmis Eesti kvaternaarse maavarade kaardi I osa, mis käsitles kruusa, liiva ja savi (Saadre, Rammo, Niin, 2005), 2006.a. aga II osa, mis käsitles turvast, järvelupja, järvemuda ja meremuda (Saadre, Rammo, Niin, 2006). 2007.a. valmis kaart, mis käsitleb ülejäänud potentsiaalseid maavarasid ja nende ilminguid nii kristalses aluskorras, aluspõhjas kui pinnakattes (Niin, Rammo, Saadre, 2007).

Siinesitatu käsitleb diktüoneemakildaga seotud küsimusi: kilda levikut, paksust, lasumussügavust ning makro- ja mikroelementide sisaldust selles. Kaart on koostatud, nagu ka eelmised maavarade kaardid, kahes eri variandis: digitaalkaart mõõtkavas 1:200 000 ja trükikaart 1:400 000 mõõtkavas. Käesoleva kaardi kartograafilise osa autoriks on M. Rammo.

Autorid on tänu võlgu oma kolleegidele Tuuli Kalbergile, Valter Petersellile, Anne Põldverele ja Kalle Suurojale kasulike näpunäidete ja kriitiliste märkuste eest kaardi ja seletuskirja koostamisel.

1. Metoodikast

Kuigi diktüoneemakilt kuulub aluspõhjaliste maavarade hulka, pole käesoleva kaardi aluskaardiks võetud Eesti aluspõhja kaarti (Suuroja, 1997). Selline aluskaart oleks tunduvalt raskendanud diktüoneemakilta puudutava andmestiku (paksus, lasumussügavus, mikroelementide anomaaliad) loetavust. Seejuures poleks see antud kaardile midagi olulist lisanud. Üldise geoloogilise ülevaate saamiseks on käesoleva kaardi kõrval siiski eraldi esitatud 1: 800 000 mõõtkavas aluspõhja geoloogiline kaart.

Kuna digitaalse maavarade kaardi oluliseks eesmärgiks on põhiandmestiku lihtne kättesaadavus, on see koostatud programmis MapInfo, mis võimaldab tabelis kohe leida infot huvipakkuva materjali kohta. Tabelis on toodud puuraugu number, vastava aruande number geoloogiafondis, diktüoneemakilda lasumussügavus ja kildakihi paksus. Samuti on selles tabelis toodud puuraukude koordinaadid ja kilda keskmised kütteväärtused. Lisaks sellele võib tabelist leida järgnevate mikroelementide sisaldused diktüoneemakildas: uraan, toorium, molübdeen, vanaadium,

plii, tsink ja hõbe. Siinesitatu digitaalse aluse mõõtkavaks on 1: 200 000, trükiversioonil aga 1: 400 000.

Kaardile on kantud diktüoneemakilda paksused samapaksusjoontena 0,5 meetrilise vahega ja lasumussügavuse isojooned sammuga 20 meetrit. Lisaks neile on kaardile kantud kildas esinevate enim huvi pakkuvate mikroelementide anomaalse sisaldusega alad. Anomaalsete hulka on loetud uraanil ja molübdeenil üle 300 g/t sisaldused, vanaadiumil üle 1000 g/t sisaldused, pliil ja tsingil üle 200 g/t sisaldused. Kuigi need sisaldused ületavad kiltade klarke (Vinogradov, 1962) tunduvalt, pole piiride madalamale asetamine otstarbekas. Sellisel juhul praktiliselt kõigi nende mikroelementide anomaaliad haaraksid suurt osa diktüoneemakilda levialast.

Kõik kaardile kantud diktüoneemakilta puudutav informatsioon pärineb seletuskirjas viidatud aruannetest ja kaartidelt ning on autorite poolt hoolikalt selekteeritud.

2. Diktüoneemakilt

2.1. Kilda levik ja geoloogiline iseloom

Diktüoneemakilt kujutab endast pruuni ja tumepruuni (harvem musta või halli) kerogeenset argilliiti, mis stratigraafiliselt kuulub Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi lademe Türisalu kihistusse – O₁pkT. Türisalu kihistu on levinud Eesti põhjaosas umbes 250 km pikkuse vööndina. Vööndi laius on Lääne-Eestis kuni 80 km, Kesk-Eestis 30–60 km ja Ida-Eestis 10–50 km. Põhjast on Türisalu kihistu piiratud Põhja-Eesti klindiga, lõunas aga suidub aeglaselt välja. Territooriumi suurus, kus esineb diktüoneemakilt, on ca 12 000 km². Kihistu suurim paksus on fikseeritud Lääne-Eestis, kus see võib ulatuda 8 meetrini (Ahtama puurauk (F323)). Idasuunas toimub kihistu paksuse järk-järguline vähenemine – Kiviõli ja Narva vahel on see vaid 1–2 m.

Türisalu kihistu lasumussügavus on rannikuvööndis ja klindil 10–20 m, kihistu levikuala lõunapiiril Lääne-Eestis kuni 300 m (Järvakandi piirkond), Kesk-Eestis kuni 200 m ja Ida-Eestis kuni 130 m.

On iseloomulik, et Türisalu kihistu sisaldab peale argilliidi ka õhukesi helehalle kvartsaleuroliidi vahekihte. Seejuures kihistu üldise paksuse vähenemise taustal nende vahekihtide arv ja paksus kasvab, jõudes kohati mitme sentimeetrini. Nimetatud aleuroliitsed vahekihid sisaldavad tavaliselt kuni 3–5% (harva kuni 30%) püriiti. Lisaks neile vahekihtidele kohtab argilliidis aeg-ajalt ka valgeid amorfse räni läätsekesi ja antrakoniidikonkretsioone.

Diktüoneemakilt haarab oma levikualalt ca 1/4 osa Eesti territooriumist, moodustades lihtsa ehitusega monoliitse kihi. Kivim on tekkinud merelistes anaeroobsetes tingimustes (Kivimägi, 1968). Kihi moodustamisest võtsid osa savikad või savikas-aleuriitsed setted, vetikad, plankton, rikkalik graptoliidifauna, samuti brahhiopoodide, käsnaade, konodontide ja võimalik et ka maapealsete taimede jäänused. Orgaanilise ainese massiline kuhjumine merelistesse savikas-aleuriitsetesse setetesse toimus tõenäoliselt kitsas merepõhja vagumuses. Vagumuse keskmine, kõige sügavam osa paiknes Eesti loodeosas, kus diktüoneemakilda paksus on 5 ja enam meetrit. Kilda paksust arvestades oli vagumuse pikitelg kirde- või idasuunaline ja

kulges liinil Riguldi–Audevälja–Saue–Kalesi ja sealt edasi Loksa suunas. Selle liini läheduses asuvad näiteks Riguldi (365), Ahtama (F323), Kanamaa (F297), Sigula (F124) puuraugud, kus diktüoneemakilda paksus on 5–8 meetrit.

Edasi ida poole toimub koos kihi paksuse üldise vähenemisega ka orgaanilise ainese vähenemine ning mineraalainerikka aleuoliidi, püriidi ja antrakoniidi osatähtsuse suurenemine selles. Sama tendents leiab aset ka vagumuse pikiteljest põhja- ja lõunasuunas. Eriti hästi on see muidugi jälgitav lõunasuunas, kus kihi paksus kahaneb tema suidumiseni. Põhjasuunas on nähtus mitte nii markantselt jälgitav. Ilmselt toimus kildakihi täielik väljasuidumine kusagil praeguse Soome lahe alal. Lääne- ja edelasuunas on kihi paksuse ja orgaanilise aine vähenemine samuti jälgitav, aga mitte nii järsult. Peab lisama, et kõnealune kiht on paiguti jälgitav ka Rootsi ja Taani territooriumil, kuigi sealne diktüoneemakilt on osaliselt vanem – Kambriumiealine.

Kerogeense argilliidi kiht koosneb homogeensest tumepruunist kuni mustast, harvem tumehallist kivimist, kus orgaanilise aine sisaldus kõigub 10 ja 20 protsendi vahel. Seejuures tumedam kilt on sageli kihi allosas ja sisaldab kõige enam orgaanilist ainet. Heledam kilt asub reeglina kihi ülaosas ja sisaldab orgaanilist ainet vähem. Kõige paksem ja orgaanikarikkam kilt on fikseeritud Eesti mandri äärmises loodeosas, Risti asula piirkonnas, umbes 600 km² suurusel alal.

Orgaaniline aine on tahkete põlevate maavarade üks põhikomponente. On tehtud kindlaks, et orgaanika sisaldus põlevkivis 10–15% annab selle kivimi kalorsuseks umbkaudu 1200 kcal/kg.

Eesti põlevkivi (kukersiiti), millede kütteväärtus on vahemikus 1200–1450 kcal/kg, arvatakse bilansiväliseks, s.o selle varud loetakse bilansiväliste varude hulka. Sellest lähtudes ka meie diktüoneemakilta, millede kütteväärtus ületab 1200 kcal/kg-ni, tuleks käsitleda graptoliitse põlevkivina.

Põlevkivi orgaaniline aine koosneb süsivesinike segust, mis kannab nime kerogeen. Diktüoneemakilda (graptoliit-argilliidi) kerogeeni koostis on lähedane spropeliidile. Võrdluseks olgu öeldud, et puhta kerogeeni kütteväärtus on keskmiselt 8350 kcal/kg.

Kütteväärtus, nagu eespool mainitud, on üldiselt seotud orgaanilise aine hulgaga kildas. Paljude määrangute keskmisena 10–15% orgaanilise aine sisaldus kivimis tähendab, et selle kivimi kütteväärtus on umbkaudu 1200 kcal/kg. Eelpooltoodud võrdluse põhjal meie kukersiidiga on sellist kütteväärtuse suurust otstarbekas pidada piiriks kerogeense argilliidi ja graptoliitpõlevkivi vahel. Kõige suurem on kilda kütteväärtus selle leviku lääneosas, ulatudes paljudes puuraukudes 1400–1500 kcal/kg-ni. Alal tervikuna kõigub kilda kütteväärtus aga üsnagi suurtes piirides – 417 kcal/kg-st Kõnnu (300) puuraugus 1600 kcal/kg-ni puuraugus 1298.

Kildakihi paksenemine idast läände ja vagumuse kesksuunas on päris ühtlane. Samades suundades suureneb ka kivimi orgaanikasisaldus, sellega seoses siis ka kütteväärtus. Kui vaadelda diktüoneemakilda kihte vertikaalläbilõikes, siis hakkab silma, et läbilõike ülemises osas on kivimi kütteväärtus ca 200–300 kcal/kg väiksem kui läbilõike alumises osas.

2.2. Kilda keemiline koostis

2.2.1. Makrokomponendid

Diktüoneemakilda keemilist koostist on määratud väga paljudel juhtudel. Üldiselt on saadud resultaadid küllaltki ühtlased ja erinevused nende vahel on tingitud põhiliselt kivimite erinevast litoloogiast ja orgaanilise aine osakaalu muutusest neis. Vähemal määral mõjutavad analüüside tulemusi erinevused määramismetoodikas.

Orienteeruv ülevaade diktüoneemakilda keemilisest koostisest on toodud järgnevas tabelis.

Tabel 1

Makrokomponentide keskmised sisaldused Eesti diktüoneemakildas

Komponent	Lääne-Eesti (Haldna jt., 1984)	Lääne-Eesti (Petersell, 1997)	Maardu (Kirret jt., 1959)	Toolse (Raudsep, 1987)	Kilda klark
SiO ₂	50,06	48,92	52,09	51,15	50,93
Al ₂ O ₃	12,89	13,09	13,09	9,76	19,75
Fe ₂ O ₃	6,04	5,61	5,68	8,03	5,23
CaO	0,82	0,49	0,82	2,82	3,54
MgO	1,38	1,49	1,42	1,08	2,24
Na ₂ O	0,09	0,08	0,56	0,09	0,89
K ₂ O	7,65	7,89	7,47	5,73	2,75
TiO ₂	0,71	0,73	0,64	0,73	0,77
P ₂ O ₅		0,20	0,23	0,39	0,16
K.K.	20,92	21,39	17,83	20,6	

O. Kirreti andmeil (Kirret jt., 1957) SiO₂ kildas on seotud valdavalt kvartsi ja päevakividega (kokku ca 80%), vähemal määral aga savimineraalidega. Al₂O₃ on põhiliselt seotud savimineraalide ja päevakividega. Raud jaguneb püriidi (ca 56%) ja rauaoksiidide vahel. Kaltsiumi- ja magneesiumisisaldus on seotud sulfaatide, oksiidide ja hüdraatidega. Kaalium ja naatrium on seotud räni ja alumiiniumiga siliikaatide koostises. K₂O sisaldus kildas on keskmiselt 7,5%, kõrgeim on see kilda leviku keskosas.

Väävel on valdavalt seotud püriidiga (ca 65–70%), vähemal määral sulfaatide (10–20%) ja orgaanikaga (13–22%). Väävli keskmine sisaldus kildas on 3,3% – maksimaalselt 4,1% selle leviala idaosas ja minimaalselt 2,8% leviala keskosas.

Diktüoneemakilda vertikaalläbilõiget vaadates selgub, et väävel on selles jagunenud enam-vähem ühtlaselt.

Fosfori (P_2O_5) keskmine sisaldus kildas on 0,2–0,4%, suurenedes läänest itta. Kui uurida kilda vertikaalläbilõiget, siis on fosfori sisaldused suuremad selle ülasas.

2.2.2. Mikroelementid

Mikroelementide sisaldus diktüoneemakildas on üldreeglina kõrge. Orgaanilise aine rikkamad kildakihid sisaldavad enamasti ka rohkem selliseid elemente, nagu uraan, molübdeen, vanaadium, reenium, vask, hõbe ja tsink. Erinevalt nendest käituvad aga sellised mikroelementid, nagu nikkel, arseen, antimon ja ka plii. Viimaste sisaldus on suurem kildas, milles on enam SiO_2 ja rauda, s.o. sellises, millises on enam aleuoliitset püriitisisaldavat materjali.

Ülalnimetatud mikroelementidest pakuvad enam huvi uraan, molübdeen, vanaadium, tsink ja plii, millede kõrgendatud sisaldusega alad on kantud käesolevale kaardile. Eesti diktüoneemakilt sisaldab nimetatud elemente kordi ja kümneid kordi enam kui on kiltade ja savide jaoks määratud statistiliselt keskmine sisaldus – klark (Vinogradov, 1962).

Eesti diktüoneemakilda mikroelementide sisaldustest annab teatud ülevaate järgnev tabel, kus on toodud nende minimaalsed, maksimaalsed ja keskmised sisaldused ning analüüsitud puursüdämike hulk (Rühko, Pukkonen, 1984). Võrdluseks on toodud kilda klargid.

Tabel 2

Tähtsamate mikroelementide sisaldused Eesti diktüoneemakildas

Element	Puursüdämike arv	Maks.sisaldus (g/t)	Min. sisaldus (g/t)	Keskm.sisaldus (g/t)	Kilda klark (g/t)
U	137	348	9,4	104,9	3,7
V	83	1400	190	854,6	130
Mo	108	1300	5	274,6	2,6
Zn	120	1690	7	180,9	95
Pb	127	216	53	119,1	20

Et paremini välja tuua mikroelementide leviku iseärasusi ja nende sisalduste muutusi, on kogu diktüoneemakilda levikuala jaotatud tinglikeks geokeemilisteks tsoonideks (Rühko, Pukkonen, 1984). Tsoonide vahelised piirid ei ole reeglina teravad, kuid on enamasti siiski markeeritud tektooniliste rikkevöönditega.

I tsooni piiresse jäävad Eesti mandri loodeosa ning Hiiumaa ja Vormsi. Tsooni mandriosas jäävad kilda suurimad teadaolevad paksused – 5–6, kohati kuni 8 meetrit. Saartel on kildakihi paksus mõnevõrra väiksem, kuid mõnede mikroelementide (esmajoones Zn ja Pb, aga ka Mo) sisaldused kohati isegi kõrgemad. Tsooni piires kõigub kilda koostis märgatavalt. Lõunaosas, väljasuidumiskiiride lähedal on graptoliit-argilliidi koostis sarnane Eesti kõige idapoolsema argilliidi koostisega. Samuti kui seal, on siingi täheldatud kilda märkimisväärseid uraani- ja molübdeeni-, aga ka plii- ja tsingisisaldusi. See kilda leviku kõige edelapoolsem osa on aga üsna piiratud levikuga, seepärast määravat rolli ta I tsooni kui terviku jaoks ei mängi.

II tsooni piiriks I tsooniga on Kohila rikkevöönd (see on suurema Paldiski–Pihkva vööndi osa). Türisalu kihistu paksus selles tsoonis on 2–4 m, koostiselt on kilt siin küllaltki homogeenne. Kui vaadelda selle tsooni kilda vertikaalabilõiget, siis selle ülemine pool on suhteliselt vaene mikroelementide poolest, mõnevõrra kõrgemad on nende sisaldused kihi alumises pooles. Tähelepanuväärseimad on küllaltki laial alal, Kostivere–Aegviidu–Valgejõe vahel kildas täheldatavad tsingisisaldused. Vahetult Kallavere kihistu püriidikihi peal on kildas kohati kõrged molübdeenisaldused – kuni 1000 g/t.

III tsoon haarab enda alla Rakvere fosforiidirajooni, seda eraldab II tsoonist Rakvere tektooniline rikkevöönd. Rakvere rikkevöönd on ka geoloogiliseks piiriks graptoliit-argilliidi lääne- ja idafaatsiese vahel. Geoloogilises mõttes on idafaatsiese kilt mõnevõrra noorema vanusega ning vahelduvama ja kirevama tekstuuriga. Geokeemiliselt iseloomustavad III tsooni kivimit eriti kõrge molübdeenisaldus, kohati ka märkimisväärne vanaadiumisisaldus.

IV tsooni eraldab III tsoonist umbes Kiviõli kohal paiknev submeridionaalne vöönd. IV tsooni kildale on eriti iseloomulik kõrge uraanisisaldus, aga ka molübdeeni- ja vanaadiumisisaldus.

Järgnev tabel annab ettekujutuse mikroelementide keskmisest sisaldusest kilda leviku eri regioonides (Petersell, 1997).

Tabel 3

Mikroelementide keskmised sisaldused diktüoneemakilda eri tsoonides

Element	Lääne-Eesti (g/t)	Maardu (g/t)	Toolse (g/t)	Kilda klark (g/t)
U	86	36	162	3,7
V	724	350	1040	130
Mo	162	53	406	2,6
Zn	222	220	170	95
Pb	130	98	120	20

Uraan

Kõrgeimad uraanisisaldused on fikseeritud IV tsoonis ja I tsooni lõunaosas, kus need ulatuvad üle 300 g/t. Võrdluseks võib öelda, et uraani klark savides ja kiltades on 3,7 g/t. Reeglina on kõrged uraanisisaldused seotud sellise kildaga, mille kütteväärtus, s.o. orgaanilise aine sisaldus on kõige suurem.

Nagu öeldud, on I tsooni kilda kõrgeimad uraanisisaldused teada selle lõunaosas: Virtsu puuraugus (F309) – 354 g/t, Teenuse puuraugus (13) – 307 g/t. Uraanisisaldused selle tsooni kildas suurenevad vertikaalläbilõikes reeglina ülalt alla.

Keskmiselt kõige madalamad kilda uraanisisaldused on fikseeritud II tsoonis, kus need jäävad tavaliselt alla 50 g/t. Siingi on suuremad sisaldused seotud kihistu alumiste kihtidega.

III tsoonis suureneb uraanisisaldus märgatavalt. Suurimad sisaldused on teada kilda väljasuidumiskiiride lähedal, kus ka kivimi orgaanilise aine sisaldus on kõige suurem. Vertikaalläbilõikes suureneb uraanisisaldus siin, nagu ülejäänud tsoonideski, ülalt alla.

IV tsoonis on kilda uraanisisaldus üldreeglina kõige kõrgem ja on laiadel aladel üle 300 g/t. Näiteks on puuraugu 0607 diktüoneemakilda keskmine uraanisisaldus 550 g/t. Mõne puuraugu üksikus proovis võib see isegi küündida üle 1000 g/t : puuraugus 0629 – 1038 g/t, puuraugus 0612 – 1200g/t. Üldiselt on selleski tsoonis täheldatav positiivne korrelatsioon uraanisisalduse ja kilda kütteväärtuse vahel.

Türisalu kihistu kohta tervikuna võib veel lisada, et kõikides geokeemilistes tsoonides on liivakate ja aleuroliitsete vahekihtide uraanisisaldus märgatavalt madalam argilliitsete kihtide omast.

Molübdeen

Tervikuna on kilda molübdeenisisaldused kõrgeimad III tsoonis, eriti Aseri ja Toolse fosforiidimaardla piires.

I tsoonis on kilda molübdeenisisaldus üle 300 g/t vaid harvades läbilõigetes, näiteks Koluvere puuraugus (12) – 323 g/t (kilda klark on 2,6 g/t). Koluverest lõuna- ja läänesuunas molübdeeni hulk väheneb, kõrgem on see vaid mitmes Hiiumaa puuraugus (Õunaku p.a. (F354) – 500 g/t, p.a. K-19 – 500 g/t, Kurisu p.a. (399) – 348 g/t). Kihistu vertikaalläbilõikes molübdeenisisaldused suurenevad ülalt alla, omades kõige alumistes kihtides väärtusi kuni 1680 g/t (Ämari p.a. (F318)).

II tsoonis on molübdeeni keskmine sisaldus kildas tavaliselt alla 100 g/t, kohati isegi alla 50 g/t. Lõunasuunas selle sisaldus mõnevõrra suureneb. Vertikaalläbilõikes molübdeeni hulk suureneb ülalt alla, jõudes 1536 g/t-ni puuraugu M-72 kõige alumistes kildakihtides.

III tsoonis toimub kilda molübdeenisisalduse järsk tõus – mitmetes läbilõigetes on see üle 600 g/t. Nii on puuraugus T-58 molübdeeni hulk 913 g/t, lõuna pool Kiviõli–Sonda joont puuraugus P-1950 isegi 1390 g/t. E. Kivimäe andmetel (Kivimägi, 1975) on molübdeenisisaldus Toolse maardla kildas keskmiselt 406 g/t, üksikutes kihtides kuni 1700 g/t. Nagu mujalgi, vertikaalläbilõikes suureneb molübdeenisisaldus kildas ülalt alla.

IV tsoonis kilda molübdeenisaldus väheneb tunduvalt. Kui tsooni põhja- ja lääneosas on see veel kohati üle 500 g/t, siis lõuna- ja idasuunas langeb see alla 100 g/t.

Eesti diktüoneemakildas tervikuna on molübdeeni hea korrelatiivne side vanaadiumiga, kohati ka uraaniga. Plii, tsingi ja enamasti ka uraani puhul molübdeeni sellisest positiivsest korrelatiivsest sidemest rääkida ei saa.

Vanaadium

Vanaadiumi sisaldused on kõige kõrgemad kilda leviala lääne- ja idaosas.

I tsoonis on vanaadiumisisaldus kõrgem (üle 1000 g/t) Turba–Riisipere ja Vihterpalu ümbruses ning Matsalust põhja pool. Sisaldused vähenevad tsooni lõuna- ja kirdesuunas, taas aga suurenevad Hiiumaal (Soonlepa puuraugus (F366) – 1250 g/t, Kurisu puuraugus (399) – 1170 g/t). On väga tõenäoline, et kaugemale lääne poole vanaadiumisisaldused veelgi kasvavad, sest näiteks analoogsed kivimid Rootsisis sisaldavad vanaadiumi 2000–2500 g/t, kohati isegi üle 3500 g/t (Sundblad, Gee, 1984). Vanaadiumi klarkiltades ja savides on 130 g/t.

II tsoonis on vanaadiumisisaldused üldiselt madalamad – keskmiselt 600–800 g/t. Üle 1000 g/t on vanaadiumisisaldused mitmes puuraugus Pirita ja Jägala jõe vahel Kosest ida poole, samuti Ilumäe (F128) puuraugus tsooni põhjaosas.

III tsoonis vanaadiumisisaldused taas suurenevad ja on mitmes läbilõikes 1500–2000 g/t. Kõrgeimad sisaldused on Sondast põhja poole jääval alal.

IV tsoonis on vanaadiumisisaldused üldiselt III tsooniga võrreldes mõnevõrra madalamad. Vanaadiumirikkamad alad jäävad Kohtla-Järve–Ahtme–Toila vahemikku ja tsooni kirdeossa.

Vertikaalläbilõikes, nagu uraani- ja molübdeeni-, nii ka vanaadiumisisaldused suurenevad ülalt alla.

Tsink

Tsingisisaldused diktüoneemakildas on regiooniti üsnagi hüplevad. Pole harvad juhud, kus kilda tsingisisaldus jääb alla klargi (95 g/t). Samas pole harvad ka juhud, kus sisaldused selle tunduvalt ületavad.

I tsoonis on sisaldusi üle 200 g/t kohatud vaid üksikutes proovides kildakihi alumises osas, seejuures aleuroliitsemad vahekihid sisaldavad tsinki äärmiselt vähe – alla 30 g/t. Kilda suhteliselt kõrged tsingisisaldused on iseloomulikud Hiiumaal, seejuures tavaliselt kogu läbilõike ulatuses. Näiteks on Määvli puuraugus (F359) kilda tsingisisaldus kuni 10000 g/t, puuraugus K-16 on 80 cm-se kihi keskmine tsingisisaldus 2085 g/t, maksimaalselt kuni 4620 g/t. Kõige suuremad tsingisisaldused on fikseeritud puuraukudes, mis jäävad Kärkla struktuuri lähedusse. Madalamad on tsingisisaldused Hiiumaa keskosas ja Vormsil. Tsooni mandriosas on kõrgemad tsingisisaldused fikseeritud Haapsalu ja Matsalu lahe vahelisel alal ning mitmel pool tsooni idaosas.

II tsoonis on kõrgenenud tsingisisaldused küllalt suurel Kostivere–Aegviidu–Valgejõe vahelisel alal, kus see võib tõusta 890 g/t-ni (p.a. 0189). Samuti kohtab kõrgenenud tsingisisaldusi Haljalast loode poole jääval alal.

III tsoonis on kilda kõrgendatud tsingisisaldusi mõõdetud vaid üksikutes puursüdamikes: Pada-Aru (F185) – 280 g/t, A-614 – 215 g/t, Viru-Jaagupi (F163) – alumises 50 cm-s kihis siiski kuni 7970 g/t.

IV tsoonis on kõrgendatud tsingisisaldusi fikseeritud mitmes puursüdamikus. Puuraugus 0612 on kilda keskmine tsingisisaldus 2219 g/t, ülemises 30-sentimeetris kihis aga 5400 g/t, antrakoniidikiht paksusega 10 cm sisaldab tsinki koguni 2,38%. Sellele puuraugule lähedastes puuraukudes 0611 ja 0623 on samuti fikseeritud kõrgendatud tsingisisaldused – 0611-s 2000 g/t, 0623-s 316 g/t. Kõik nimetatud puuraugud asetsevad Viivikonna tektoonilise rikke vahetus läheduses. Selle rikkega on seotud ka polümetalne maagistumine kildast kõrgemates karbonaatsetes kihtides (Puura jt., 1962). Puuraugus 0626, mis paikneb Sirgala rikke lähedal, sisaldab kilda alumine 20-sentimeetrine kiht tsinki 887 g/t.

Nagu eelpool kirjeldatud mikroelementidegi puhul suureneb tsingisisalduski üldreeglina ülalt alla.

Plii

Kõrgeimad pliisisaldused on teada kilda leviala edelaosas (I tsoon) – kuni 234 g/t, samuti Loode-Eesti keskosas (I tsoon) – kuni 216 g/t. Eriti kõrged on kilda pliisisaldused mitmel pool Hiiumaal: Värssu puuraugus (F362) – 2250 g/t, Õunaku puuraugus (F354) – 1000 g/t, Palade puuraugus (F375) – 900 g/t, Määvli puuraugus (F359) – 450 g/t, puuraugus K-16 – 440 g/t.

Põhja-Eesti keskosas – II tsoonis – langevad pliisisaldused aga 50 g/t-ni. Plii klark savides ja kiltades on 20 g/t.

Suhteliselt madalad on pliisisaldused ka III tsoonis.

Pliisisaldused suurenevad uuesti mitmes paigas IV tsoonis, selle idaosas kohati kuni 250 g/t-ni.

Erinevalt teistest eelpoolkirjeldatud mikroelementidest on kilda kõrgeimad pliisisaldused mitmel juhul seotud mitte nende argillitise osaga, vaid aleuroliidikihtidega.

Kokkuvõte

Laiemale üldsusele mõeldud Eesti maavarade kaardi V osas käsitletakse diktüoneemakilda levikut ja ainelist koostist Eestis.

Maavarade kaardiga koos on esitatud Eesti aluspõhja geoloogilise kaardi (Suuroja, 1997) vähendatud variant mõõtkavas 1: 800 000. Maavarade kaart on esitatud digitaalse- ja trükivariandina: digitaalne mõõtkavas 1: 200 000, trükiversioon mõõtkavas 1: 400 000. Maavarade kaardile on kantud diktüoneemakilda leviala, kildakihi paksus ja lasumussügavus. Erinevate tingmärkidega on kaardile kantud diktüoneemakilda oluliste mikroelementide – uraani, vanaadiumi, molübdeeni, tsingi ja plii – anomaalse sisaldusega alad. Seletuskirjas on esitatud lühiülevaade diktüoneemakilda iseloomu, tekke ja leviku ning ainelise koostise kohta.

Tulevikuperspektiivis – olenevalt nõudlusest, tehnoloogia arengust, keskkonnaprobleemide lahendamisest jne. – võib töös kajastamist leidnud mikroelementidel kui potentsiaalsel toorainel tekkida ka praktiline väärtus.

Kasutatud kirjandus

Trükised

- Kirret, O., Polikarpov, N. jt., 1957. Maardu leiukoha diktüoneemakiltade koostisest ja omadustest (vene keeles). ENSV TA Toimetised. Tehnika. Füüsika-matemaatika, VI/2.
- Kirret, O., Koch, R., Ründal, L., 1959. Maardu leiukoha diktüoneemakilda ja temas sisalduva kerogeeni keemilised koostised. ENSV TA Toimetised. Tehnika. Füüsika-matemaatika, VIII/4, 243–254.
- Kupffer, A., 1870. Über die chemische Constitution der Baltisch-Silurischen Schichten. Arch. Naturkunde Liv- Est- und Kurlands. Ser. I, b. 5.
- Loog, A., 1962. Eesti Alam-Ordoviitsiumi geokeemiast (vene keeles). ENSV TA Geoloogia instituudi tööd, 10, 273–291.
- Maldre, J., 1963. Molübdeen diktüoneemakiltkivis ja selle väetisena kasutamise võimalusi. Sotsialistlik Põllumajandus, 23.
- Niin, M., Rammo, M., Saadre, T., 2007. Eesti maavarade kaart. Potentsiaalsed maavarad ja nende ilmingud. Mõõtkava 1:400 000 (1:200 000). Kaart ja seletuskiri.
- Palvadre, R., Loog, A. jt., 1984. Komponentide vahelised korrelatsioonidemed Eesti graptoliitargilliitides (vene keeles). Põlevkivid, I/3, 292–299.
- Petersell, V., 1997. Dictyonema argillite. In: Raukas, A., Teedumäe, A. (ed). Geology and mineral resources of Estonia, Tallinn, 327–331.
- Petersell, V., Minejev, D., Loog, A., 1981. Põhja-Eesti oobolusliivakivide ja diktüoneemakiltade mineraloogiast ja geokeemiast (vene keeles). TRÜ teaduslikud ülestähendused, 561, 30–49.
- Petersell, V., Loog, A. jt., 1986. Fluor, strontsium ja haruldased muldmetallid Rakvere fosforiidirajooni fosforiitides. TRÜ teaduslikud ülestähendused, 759, 27–55.
- Petzholdt, A., 1850. Ein neues Brennbare Mineral aus Estland. J. Prakt. Chemie, LI.
- Polikarpov, N., 1957. Diktüoneemakilt (vene keeles). Priroda, 6.
- Raudsep, R., 1987. Perspektiivsed maavarad, mis katavad fosforiite nende lahtise kaevandamise rajoonis. Töös: Puura, V. (toim). Rakvere fosforiidirajooni geoloogia ja maavarad (vene keeles). Valgus, Tallinn, 147–151.
- Rägo, N., 1928. Beiträge zur Kenntnis des Estländischen Dictyonema-Schiefers. Acta Univ. Tartu, A.13/9.
- Saadre, T., Rammo, M., Niin, M., 2004. Eesti aluspõhja maavarade kaart. Mõõtkava 1:400 000 (1:200 000). Kaart ja seletuskiri.
- Saadre, T., Rammo, M., Niin, M., 2005. Eesti pinnakatte maavarade kaart. Kruus, liiv, savi. Mõõtkava 1:400 000 (1:200 000). Kaart ja seletuskiri.
- Saadre, T., Rammo, M., Niin, M., 2006. Eesti pinnakatte maavarade kaart. Turvas, järvelubi, järvemuda, meremuda. Mõõtkava 1:400 000 (1:200 000). Kaart ja seletuskiri.
- Sundblad, K., Gee, D., 1984. Occurrence of a uraniferous-vanadiniferous graphitic phyllite in the Kõli Nappes of the Stekenjokk area, Central Swedish Caledonides. GFF, 106/3, 269–274.
- Suuroja, K., 1997. Eesti aluspõhja geoloogiline kaart. Mõõtkava 1:400 000. Kaart ja seletuskiri.
- Tammekann, A., 1924. Eesti diktüoneema-kihi uurimine tema tekkimise, vanaduse ja levimise kohta. Acta et Comm. Univ. Tartuensis, A.5/6.

Käsikirjalised

- Detkovski, S., Pukkonen, E., Rühko, V., 1987. Eesti fosforiidide ja neid katvate setendite ainelise koostise uurimine ja metallisisalduse otsinguline hinnang aastatel 1985–1987 (vene keeles). EGF.
- Eskel, J., Liivrand, H., Kivimägi, E., 1975. Ida-Eesti fosforiidiala hinnangu aruanne töödest aastatel 1971–1974 (vene keeles). EGF.
- Eskel, J., Raudsep, R., Liivrand, H., 1979. Aruanne Toolse maardlast lõunas asuvate fosforiidide otsingute ja prognooshinnangute tulemustest (vene keeles). EGF.
- Haldna, Ü., Urov, K. jt., 1984. Diktüoneemakiltade ainelise koostise ja nende kasutusvõimaluste uurimise lõpparuanne (vene keeles). ENSV TA Keemia Instituut, Tallinn.
- Kivimägi, E., 1975. Toolse maardla kompleksne kasutamine (vene keeles). EGF.
- Kivimägi, E., Mustjõgi, V. jt., 1968. Alam-Ordoviitsiumi kasuliku kihi geoloogilismajanduslik hinnang (vene keeles). EGF.
- Kivimägi, E., Heinsalu, H., Mustjõgi, V., 1969. Lääne-Eesti Alam-Ordoviitsiumi kasuliku kihi geoloogiline iseloomustus (vene keeles). EGF.
- Koppelmaa, H., Gromov, O. jt., 1979. Tapa–Assamalla ala ja Haljala profiili kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne (vene keeles). EGF.
- Koppelmaa, H., Gromov, O. jt., 1982. Tallinn–Kõrvemaa ala (Põhja-Eesti) kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne aastatel 1979–1982 (vene keeles). EGF.
- Koppelmaa, H., Gromov, O. jt., 1985. Keila–Riisipere ala (Põhja-Eesti) kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne aastatel 1982–1985 (vene keeles). EGF.
- Liivrand, H., Mardiste, A. jt., 1983. Maardu maardlast lõunas asuvate fosforiidide otsingutulemuste aruanne (vene keeles). EGF.
- Maldre, J., 1978. NSV Liidu loodeosa aluspõhja formatsioonide geoloogiline spetsialisatsioon (vene keeles). Leningrad. EGF.
- Maldre, J., Maldre, H., 1961. Põhja- ja Kesk-Eesti litoloogilis-stratigraafiliste komplekside haruldaste ja hajutatud elementide geokeemiline iseloomustus (vene keeles). EGF.
- Martin, T., Mardiste, A. jt., 1988. Fosforiidiotsingute tulemustest Rakvere fosforiidi-maardlast idasse ja lõunasse jääval alal aastatel 1985–1988 (vene keeles). EGF.
- Petersell, V., Puura, V. jt., 1971. Tallinn–Loksa ala (Eesti NSV) kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne (vene keeles). EGF.
- Petersell, V., Güsson, J. jt., 1979. Fosforiidide kui kompleksse mineraalse tooraine geoloogilismajanduslik hinnang ja tehnoloogilised uuringud (vene keeles). EGF.
- Petersell, V., Detkovski, S., 1981. Fosforiidide kui kompleksse mineraalse tooraine geoloogilismajanduslik hinnang ja tehnoloogilised uuringud (vene keeles). EGF.
- Puura, V., Petersell, V. jt., 1974. Tapa–Rakvere ala kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne (vene keeles). EGF.
- Puura, V., Koppelmaa, H. jt., 1977. Kunda–Kiviõli ala kristalse aluskorra 1:500 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne (vene keeles). EGF.

- Rammo, M., Vaher, R. jt., 1989. Maardu maardlast edelasse jäävate fosforiidide otsingute aruanne (kaardilehed O-34-XII, O-35-I, VII) aastatel 1986–1989 (vene keeles). EGF.
- Raudsep, R., Sinisalu, R. jt., 1972. 1969–1971 a. läbiviidud Toolse fosforiidimaardla detailuuringu aruanne (vene keeles). EGF.
- Raudsep, R., Eskel, J. jt., 1981. Aruanne Rägavere ja Assamalla fosforiidide detailsete otsingutööde tulemustest (vene keeles). EGF.
- Raudsep, R., Belkin, V. jt., 1984. Aruanne Rakvere maardla Lääne-Kabala alal olevate fosforiidide eeluuringu tulemustest aastatel 1982–1984 (vene keeles). EGF.
- Rühko, V., Pukkonen, E., 1984. Fosforiite katvate kivimite (diktüoneemakiltade) geoloogilis-geokeemiline uuring (vene keeles). EGF.
- Suuroja, K., Koppelmaa, H. jt., 1987. Nõva–Haapsalu ala kristalse aluskorra 1: 500 000 mõõtkavas (1:200 000 topoalusel) geoloogilise süvakaardistamise aruanne aastatel 1985–1987 (vene keeles). EGF.
- Suuroja, K., Koppelmaa, H. jt., 1991. Hiiumaa 1:200 000 mõõtkavas geoloogilise süvakaardistamise aruanne aastatel 1986–1991 (vene keeles). EGF.