

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geoloogia osakond

Magistritöö geoloogias (30 EAP)

Eesti Siluri basaalkihtide litostratigraafia

Marko Kabel

Juhendajad: prof. Tõnu Meidla
prof. Leho Ainsaar

Tartu 2021

Eesti Siluri basaalkihtide litostratigraafia

Eesti Siluri basaalkihtide litostratigraafiline liigestus on viimase 50 aasta vältel üldiselt püsinud stabiilsena. Sellegipoolest on üksusi ja nende korrelatsioone revideeritud, aga alati pole varem püstitatud üksuste piiritlemisel jälgitud Rahvusvahelise Stratigraafia Juhise põhimõtet, et litostratigraafilise üksuse püstitamise aluseks on ainult kivimilised tunnused.

Antud töös on esitatud kümne puursüdamiku Õhne, Varbola, Tamsalu ja Hilliste kihistu makrolitoloogiline kirjeldus ja vastavate läbilõigete võrdlus profiilil Tartu – Kesk-Eesti – Raplamaa – Hiiumaa. Töö eesmärgiks oli Varbola kihistu piiritlemine mergli osakaalu muutuse ja tempestitide (tormikihtide) esinemissageduse alusel ning Tamsalu kihistu Karinu kihistiku ja Hilliste kihistu detailne litoloogiline võrdlus rifikivimi esinemise/puudumise ning kirjanduses esitatud levikuandmete ja lasumussuhete analüüsi põhjal.

Varbola kihistu mergli osakaalu vähenemine ülespoole kajastab veetaseme langust. Madalam merglisisaldus eristab Varbola kihistut Õhne kihistust, millele on üldiselt omane mergli suurem (>40%) osakaal. Varbola kihistu ülemises osas jõuab mergli osakaal lasuva Tamsalu kihistu oma tasemele enne massilise *Borealis borealis*'e kivimisse ilmumist. Töös esitatud Hilliste kihistu ja Tamsalu kihistu Karinu kihistiku makrolitoloogilise kirjelduse, levikuandmete ja lasumussuhete analüüsi põhjal saab väita, et Hilliste kihistu biohermid ja krinoidlubjakivid esinevad laiguti ning neid sisaldavate läbilõigete vahel levivad lubjakivid on väga sarnased Karinu kihistiku lubjakividele. Tulemus võib saada aluseks Rahvusvahelise Stratigraafia Juhise põhimõtetest lähtuvalle litostratigraafilise liigestuse revisjonile uuritud stratigraafilises intervallis.

Märksõnad: Stratigraafia, sedimentoloogia, litostratigraafiline liigestus, Siluri ladestu, Eesti.

P450 – Stratigraafia

P460 – Sedimentoloogia

Litostratigraphy of the basal layers of the Estonian Silurian System.

The litostratigraphical division of the basal layers of the Silurian System in Estonia has been relatively stable for the last 50 years. Some lithostratigraphical units and their correlations have nonetheless been revised, but the principle of The International Stratigraphic Guide that distinguishing a lithostratigraphical unit should be exclusively based on lithological features has not always been consistently followed in case of older units.

This work presents the macrolithological descriptions of Õhne, Varbola, Tamsalu and Hilliste formations in ten drillcores and their comparison along the profile Tartu – Central-Estonia – Rapla County – Hiiumaa Island. The aim of this work was to define the Varbola Formation on the basis of changes in the percentage of marlstone and the frequency of tempestite interlayers (storm layers) and to give a detailed lithological comparison between the Karinu Member (Tamsalu Formation) and the Hilliste Formation on the basis of presence/absence of reef limestone, as well as on analysis of the distribution pattern and stratigraphic position in the succession.

The upward decrease in the percentage of marlstone in succession sections of the Varbola Formation reflects a sea level drop. The Varbola Formation is distinct of the Õhne Formation which is characterised by a higher (>40%) percentage of marlstone. The percentage of marlstone reaches the level of Tamsalu Formation in the upper part of the Varbola Formation, below the mass appearance of *Borealis borealis*. On the basis of macrolithological descriptions, distribution data and the stratigraphic relationships of the Hilliste Formation and the Karinu Member (Tamsalu Formation), patchy distribution pattern of biohermal and crinoidal limestones in the Hilliste Formation is evident. The successions without reef and crinoidal limestones within the alleged distribution area of the Hilliste Formation are lithologically very similar to the Karinu Member. This result may serve as the basis for revision of the lithostratigraphical units in the studied interval in the spirit of the International Stratigraphic Guide.

Keywords: Stratigraphy, sedimentology, lithostratigraphical division, Silurian System, Estonia.

P450 – Stratigraphy

P460 – Sedimentology

Sisukord

Sissejuhatus.....	6
1. Teoreetiline taust	8
1.1. Stratigraafiliste üksuste eraldamise ja piiritlemise põhimõtted.....	8
1.2. Ordoviitsiumi ja Siluri piirikihtide stratigraafilise liigestuse areng ja hetkeseis.	10
1.3. Settekeskkond Juuru eal.....	16
2. Materjalid ja metoodika.....	19
3. Tulemused	20
3.1. Läbilõigete kirjeldused.....	20
3.2. Varbola ja Õhne kihistu eristamise võimalused.....	32
3.3. Hilliste kihistu ja Karinu kihistiku võrdlev analüüs.....	34
4. Arutelu	41
5. Kokkuvõte	48
Kirjanduse loetelu	50
Lisad:.....	56
Lisa 1. Tartu (453) puursüdamiku kirjeldus	56
Lisa 2. Põltsamaa (H-163) puursüdamiku kirjeldus	58
Lisa 3. Lelle (D-102) puursüdamiku kirjeldus.....	60
Lisa 4. Ingliste (D-97) puursüdamiku kirjeldus.....	62
Lisa 5. Saunaküla (H-128) puursüdamiku kirjeldus	64
Lisa 6. Asuküla puursüdamiku kirjeldus	66
Lisa 7. Pusku-2 puursüdamiku kirjeldus.....	68
Lisa 8. Orjaku puursüdamiku kirjeldus.....	70
Lisa 9. Valgu (F-363) puursüdamiku kirjeldus.....	72

Lisa 10. Männamaa (F-367) puursüdamiku kirjeldus.....	74
Lisa 11. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid F-367 puuraugus.	76
Lisa 12. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid F-363 puuraugus.	77
Lisa 13. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid Orjaku puuraugus.....	78
Lisa 14. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid H-128 puuraugus.....	79
Lisa 15. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid D-97 puuraugus.....	80
Lisa 16. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid D-102 puuraugus.....	81
Lisa 17. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid H-163 puuraugus.....	82
Lisa 18. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid puuraugus 453.....	83

Sissejuhatus

Eesti piirkonna Llandovery kihistute litostratigraafilises liigestuses on eelmise sajandi teises pooles tehtud palju olulisi muudatusi. Tänapäevast Juuru lademe stratigraafilist liigestust (Männik, 2015) saab vaid jämedalt võrrelda 1968. aastal H. Nestori ja E. Kala avaldatud Juuru lademe stratigraafilise liigestusega (Nestor & Kala, 1968). Võrreldes 1968. aasta stratigraafilise skeemiga on uues skeemis revideeritud üksuste korrelatsioone graptoliitide ja konodontide leiandmete alusel. Lisaks on revideeritud Hilliste kihistu mahtu ja muudetud üksuse taksonoomilist järku (eelnevalt oli see püstitatud kui Hilliste kihistik Tamsalu kihistus – Aaloe, 1958).

Käesoleva töö eesmärgiks on karbonaatkivimite makrolitoloogiliste tunnuste analüüs Juuru lademele vastavate litostratigraafiliste üksuste piires, eesmärgiga hinnata kihistute eristamise aluseks olevate tunnuste levikut ja „väljapeetust“ fatsiaalsel profiilil või varasemate uuringute alusel kindlaks määratud levialade piires.

Autori poolt kirjeldatud läbilõigete ja kirjanduse alusel on käesolevas töös käsitletud Õhne, Varbola, Tamsalu ja Hilliste kihistu litoloogiat. Varbola ja Tamsalu kihistu eristuvad Tammiku kihistiku *Borealis*-lubjakivi esinemisel üksteisest selgelt. Õhne ja Varbola kihistu eristuvad mergli osakaalu järgi samuti üsna selgelt, aga seni pole nende eristamiseks selget piirikriteeriumit eksisteerinud. Kuna väga heaks settekeskkonna iseloomu diagnostiliseks tunnuseks on kivimis esinevate tormikihtide ja mergli osakaalu muutused, siis töö üheks eesmärgiks on piiritleda Varbola ja Õhne kihistut mergli ja lubjakivi vahekorra ning tormikihtide esinemissageduse alusel. Tormikihte sisaldavad intervallid on makrolitoloogilise kirjeldamise käigus dokumenteeritud kümne puursüdamiku litotulbas ja mergli osakaal kivimis on määratud joonmeetodil kaheksas puursüdamikus.

Hilliste kihistu ja Tamsalu kihistu Karinu kihistiku eristamine on problemaatiline. Rahvusvahelise Stratigraafia Juhise (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel) põhimõtete kohaselt on litostratigraafilise üksuse püstitamise ja piiritlemise aluseks ainult kivimilised tunnused. Kahjuks ei ole sellist praktikat varem püstitatud üksuste puhul alati selgelt järgitud. Käesoleva töö teiseks eesmärgiks on võrrelda Hilliste kihistu ja seda lateraalselt asendava Karinu kihistiku litoloogilisi omadusi Hilliste kihistu levialal, milleks on raamatus „*Silur Estonii*“ (Nestor, 1970, lk 207, joonis

54) näidatud territoorium. Hilliste kihistu ja Karinu kihistiku makrolitoloogiline võrdlus tugineb töös käsitletud kümnest puursüdamikust kaheksale läbilõikele, millest viies on varem eristatud Hilliste kihistu ja kolmes Karinu kihistik. Eesmärgiks on hinnata, kas Stratigraafia Juhise põhimõtete kohaselt oleks vajalik ja võimalik Hilliste kihistu täpsem litoloogiline piiritlemine ja revideerimine.

Käesoleva teema püstitamise aluseks on kokkulepe Eesti Geoloogiateenistusega, mille eesmärgiks on kivimi makrolitoloogilise kirjeldamise oskusteabe edasiandmine uuele geoloogide põlvkonnale.

1. Teoreetiline taust

1.1. Stratigraafiliste üksuste eraldamise ja piiritlemise põhimõtted

Antud peatüki eesmärk on selgitada käesoleva töö aluseks olevaid stratigraafilise liigestuse põhimõtteid, mille aluseks on IUGS Rahvusvaheline Stratigraafia Juhis (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel, ptk. 3, lk 6-11, ptk. 5, lk 13-17).

Stratigraafilise üksuse püstitamine või revideerimine eeldab tema nõuetekohast esitamist, kirjeldamist ja põhjendamist. Üksus peab olema selgelt ja täielikult defineeritud, iseloomustatud ja kirjeldatud nii, et kõik uurijad oleksid võimelised seda määrama. Lisaks tuleb teha ettepanek üksuse nime, iseloomu ja järgu kohta, nimetada tüüpilise või stratotüüp ja üksust puudutav informatsioon tuleb avalikustada teaduslikus väljaandes. Nõuetekohaselt püstitatud üksuse revisjon eeldab üksuse revideerimise kavatsuse ja muutmise põhjuste avaldamist. Stratigraafilise üksuse järgu muutmisel ei ole vajalik üksuse (või piiride) uuesti defineerimine ja nime geograafilise komponendi muutmine (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel, ptk. 3, lk 6-11).

Kivimite ja setendite litoloogia on lähedalt seotud piirkonna geoloogilise arenguga. Litostratigraafilised üksused on kivimkehad, mis on defineeritud ja iseloomustatud litoloogiliste omaduste või stratigraafiliste suhete alusel. Litostratigraafiline üksus defineeritakse makrolitoloogiliste füüsiliste tunnuste põhjal, mitte tuletatud vanuse, esindava ajavahemiku või tekkeviisi) põhjal, ja tema leviku lateraalse ulatuse määrab diagnostiliste litoloogiliste tunnuste pidevus. Fossiilid võivad olla litostratigraafiliste üksuste eristamise abivahendiks, kuid ainult kivimilise iseloomustuse osana.

Litostratigraafiline üksus on geoloogilise kaardistamise põhiüksus (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel, ptk. 5, lk 13-17). Rahvusvahelise Stratigraafia Juhise kohaselt on ametlike üksuste hierarhia kokkuleppeline järjestus järgmine:

- 1) Kihtkond – mitme üksteisega külgneva, ühiste diagnostiliste litoloogiliste omaduste järgi seostatava kihistu järgnevus.

- 2) Kihistu – litostratigraafia põhiüksus. Kasutatakse laialdaselt litostratigraafiliste tulpade koostamisel. Kihistu paksus võib ulatuda mõnekümnest sentimeetrist mõne kilomeetrini. Kihistud, mida ei saa kujutada tavapärasel suuremõõtkavalistel geoloogilistel kaartidel, pole enamasti otstarbekad.
- 3) Kihistik – nimeline kihistust järgu võrra allpool asuv litostratigraafiline allüksus. Kihistikul on litoloogilised omadused, mis eristavad teda ümbritsevast kihistust. Paksuse jaoks ei ole normatiive. Kihistu ei pea olema jagatud kihistikeks ja kihistik võib teatud juhtudel levida ühest kihistust teise.
- 4) Kiht – litoloogiliselt eristatav nimeline setteline kiht kihistikus või kihistus. Ametlikest litostratigraafilistest üksustest on see väikseim üksus.

Litostratigraafilist muutuse pinda kutsutakse litostratigraafiliseks tasemeks (lühidalt litotasemeks). See on tavaliselt mõne üksuse piir või litoloogiliselt eristuv kiht. Rahvusvahelise Stratigraafia Juhise kohaselt asetatakse litostratigraafilise üksuse piir litoloogilise muutuse kohale, vertikaalse/lateraalse ülemineku tsooni või väljakiildumise alale. Need piirid võivad lõikuda lademetega, fossiilide esinemisvahemike ja teiste stratigraafiliste üksuste piiridega. Kuna litostratigraafilise üksuse lateraalse ulatuse määrab tema iseloomulike litoloogiliste tunnuste pidevus, siis ulatub litostratigraafiline üksus tüüpililõikest või -paljandist eemale ainult kauguseni, kus veel võib ära tunda tema litoloogilisi omadusi. Kui paljandid puuduvad ja litoloogiliste tunnuste samasuse määramine on raskendatud, siis võivad litostratigraafiline üksus ja tema piirid olla määratud geomorfoloogiliste või geofüüsikaliste meetodite abil (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel, ptk. 5, lk 14-15).

Kui stratigraafiliste suhete seisukohalt oluline kiht eristub lasuvast ja lamavast kihindist, siis nimetatakse seda markerkihiks, sellele antakse nimi ja seda loetakse ametlikuks litostratigraafiliseks üksuseks. Kui lateraalses suunas toimub kivimite litoloogilises koostises oluline muutus, on soovitatav muuta ka üksuse geograafilist nime. Samas sisaldab Rahvusvaheline Stratigraafia Juhis soovitusi, et väikese litoloogilise muutuse korral pole uue nime esitamine otsustav (Murphy & Salvador, 2000, tõlk. Rubel, ptk. 5, lk 14-16).

1.2. Ordoviitsiumi ja Siluri piirikihtide stratigraafilise liigestuse areng ja hetkeseis.

Eesti territooriumi Siluri ja Ordoviitsiumi stratigraafilistel uuringutel on ligikaudu 200 aastane ajalugu. O. M. L. v. Engelhardt (Engelhardt, 1820), W. Strangways (Strangways, 1821, 1822) ja E. Eichwald (Eichwald, 1825) märkisid Põhja-Eesti ja Skandinaavia läbilõigete sarnasust ning 1822. aastal avaldas W. Strangways (Strangways, 1822) esimese Eestit hõlmava geoloogilise litoloogilise kaardi (Raukas, A. et al., 1997). Tänapäevane Siluri (ja ka Ordoviitsiumi) stratigraafiline skeem põhineb oma olemuselt 1858. aastal F. Schmidt poolt avaldatud skeemil (Schmidt, F., 1858), mida on järgnevalt täiustanud mitmed uurijad (nt. Schmidt, 1879, 1881; Bekker, 1922, 1925; Männil, 1949; Aaloe, 1958, Nestor & Kala, 1968; Kaljo, D., 1970; NSVL ametkondadevahelise stratigraafilise komisjoni otsused – Resheniya..., 1978, 1987; Nestor & Einasto, 1997; Männik, 2014).

Esimene, kes pööras tähelepanu Eesti Ordoviitsiumi ja Siluri kivimite erinevusele, oli O. M. L. von Engelhardt. Ta käsitles Põhja-Eesti klindi geoloogia probleeme ja märkis, et Põhja-Eestis järgnevad nautiloide ja trilobiite sisaldavatele lubjakividele lõunapool koralle ja brahhiopode sisaldavad kivimid. O. M. von Engelhardt on ka Eesti esimese geoloogilise kaardi autoriks (Engelhardt & Ulprecht, 1830). Järgnevalt käsitleti Siluri läbilõiget lühidalt Murchisoni 1845. aasta monograafias, kus eraldati läbilõikes kolm üksust: 1) *Pentamerus*-lubjakivi, 2) korallidega lubjakivi ja 3) *Terebratula*'tega lubjakivi (Raukas et al., 1997). Eesti esimese Siluri tervikliku litoloogilise uuringu avaldas A. Schrenk (Schrenk, 1854). Schrenk esitas antud töös Eesti ja Liivimaa Siluri kivimite jaotuse „kihigruppideks“ (saksakeelne „Schichtengruppen“ on varem paljudes töödes tõlgitud ka „(kihi-)grupid“, ehkki töö sisust lähtuvalt oleks täna adekvaatne mõiste ka „kihtkond“). Samas on Schrenk kasutanud sellega seoses ka mõistet „gruppierung“ („grupeerimine“ – Schrenk, 1854, lk. 14), mis kihtkonna mõistega hästi ei sobi. Selle juures on oluline märkida, et Schrenk ei jaganud oma „kihtkondi“ üksusteks, vaid kivimtüüpideks ja rõhutab nende üleminekulist iseloomu, mille juures pole ühe „grupi“ või „kihtkonna“ kivimid alati muutumatu iseloomuga ja omavad sageli mitmekesiseid üleminekuid üksteiseks (Schrenk, 1854, lk 12-14).

19. sajandi teine pool on Eesti stratigraafiliste uuringute ajaloos saanud tuntuks kui Schmidt ajastu. Kui selle ajani oli tegeldud ainult üksikute geoloogiliste probleemidega, siis suur edasimineku Eesti geoloogilise struktuuri mõistmiseks toimus 1858. aastal, kui F. Schmidt avaldas ulatusliku uuringu Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Siluri paljanditest Põhja-Eestis (Schmidt, 1858). See töö sisaldas ka esimest Eesti Siluri stratigraafilist skeemi (Kaljo, D., 1970). Schmidt Siluri läbilõike kolmikjaotus oli ligikaudselt võrreldav Murchisoni kolmikjaotusega (Raukas et al., 1997).

Juuru lademe nimetas Schmidt „*Borealisbank und Jördensche Schicht*“ (tabel 1) ja märkis erinevust tüüpilise Juuru savika lubjakivi ja *Borealis borealis*'t sisaldava kivimi vahel, aga pidas neid üheks üksuseks (Schmidt, 1858). Schmidt, kes rõhutas sarnasust Juuru ja Raikküla lademe faunade vahel liitis Juuru lademe „*Gruppe der glatten Pentameren*“ – „Siledate Pentameride grupp“ (või „kihtkond“) üksusega. 1881. aastal klassifitseeris Schmidt Borealis-lademe eraldiseisvaks kihiks ja tähistab „*Gruppe der glatten Pentameren*“ kihid vastavalt G₁, G₂, G₃ ja H (Schmidt, 1881).

	Schmidt 1858	Schmidt 1881	Twenhofel 1916	Bekker 1925	Männil 1949	Aaloe 1958	Nestor & Kala 1968
Gruppe der glatten Pentameren	Pentamerus Ehstonus Zone	Pentamerus Estonus Kalk H	Addifer Formation	Adavere lade H	Adavere lade H	Adavere lade H	Adavere lade H
	Zwischenzone	Raikküllsche Schicht G3	Tamsal Formation	Raikküll Beds	Raikküla lade G3	Raikküla lade G3	Raikküla lade G3
	Borealisbank und Jördensche Schicht	Borealis bank G2 Jördensche Schicht G1		Borealis Bank	Borealis lade G2	Tamsalu lade G2	Tamsalu lade G2 Hilliste, Ridala, Tammiku, Purga ja Kose alam-lademed
		Jörden Zone	Juuru lade G1	Juuru lade G1 Kuimeta ja Varbola alam-lade Koigi kihistik	Juuru lade G1 Varbola ja Paasvere alam-lade		

Tabel 1. Llandovery basaalkihtide stratigraafilise liigestuse areng 1858-1968.

Terminid „Ordoviitsium“ tutvustas Eestis Bassler (Bassler, 1911). 1914. aastal uurisid Ameerika geoloogid E. Raymond ja H. Twenhofel Eesti ja Skandinaavia Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Siluri paljandeid, püüdes luua korrelatsiooni Põhja-Ameerikaga ning pakkusid oma uuringutes mõnedele üksustele sobivamad nimed (Raymond, 1916; Twenhofel, 1916). Twenhofel eraldas Siluris neli kihistut („*formation*“) ja andis neile geograafilised nimed: Tamsalu, Adavere (Addifer), Jaani (St. Johannis) ja Saaremaa (Oesel). Tamsalu kihistus eraldas Twenhofel Schmidtiga sarnaselt Juuru (Jörden), *Borealis*-lubjakivi ja Raikküla kihid (Jaanus, A., 1972). 1921. aastal võttis H. Bekker

põhilise kronostratigraafilise üksuse tarbeks kasutusele termini „lade“ („*Stage*“) ja kohendas terminoloogiat vastavalt tolle perioodi moodsatele kaartidele (Bekker, 1922; Raukas et al., 1997).

Juuru lademe liigestust on detailsemalt käsitlenud mitmed uurijad, sealhulgas E. Rosenstein (Rosenstein, 1938, 1940), R. Männil (Männil, 1949), A. Aaloe (Aaloe, 1958), H. Nestor ja E. Kala (Nestor & Kala, 1968). Esimese Eesti Vabariigi ajal kerkis küsimus Tamsalu-Rakke piirkonnas esinevate lubjakivide tööstuslikust kasutamisest ja lubjatootmisest. Selle selgitamiseks läbi viidud uuringute hulka kuulusid ka E. Rosensteini uuringud (Rosenstein, 1938, 1940; vt. Jaanus, 1972). Alustanud Eesti Siluri uurimist, selgitas E. Rosenstein Juuru lademe paljandite revisjoni käigus, et suurem osa vanas kirjanduses viidatud paljanditest oli kas kinni kasvanud või kokku varisenud. E. Rosenstein märkis, et kuna kivimi iseloom üldiselt (savikas lubjakivi) ei soodusta kivimi kasutamist tehnilis-tööstuslikul otstarbel ja savirikkad merglid alluvad kergelt kulutusele, siis on Mandri-Eestis teada ainult kolm kohta, kus Juuru lade paljandub, ning nendeski on jälgitavad ainult Juuru lademe ülemised kihid. Nendeks paljanditeks olid Juuru paemurd, Silva paemurd (Tamsalu lähedal) ja Purga paemurd (Nissi-Märjamaa maantee ääres). Sellega oli seletatav asjaolu, et uurimistööd polnud aastakümnete jooksul suuri edusamme teinud. 1939. aasta suvel õnnestus Rosensteinil viibida ühe 12 m sügavuse kaevu rajamise juures Tammiku külas Järvamaal. Ta kogus sealt suuremal arvul omapärase Juuru lademe faunaga käsipalasisid ja kirjeldas kaevus avanevate kihtide profiili. Kihtide petrograafilise ja faunistilise iseloomu järgi jaotas Rosenstein lademe kolme „vöösse“ (nooremast vanemani):

- 1) Savikas kirju dolomiitlubjakivi rikkaliku rauaoksiidiga. Fossiilidevaene, leidub ainult koralle ja stromatopore.
- 2) Organodetriitne dolomiitlubjakivi mergli vahekihtidega. Sagedasemaks fossiilikiks *Stricklandia lens*.
- 3) Tume- ja helehall mergel, vaheldumisi halli dolomiitlubjakiviga. Sagedasemaks fossiilikiks *Coelospira duboysi* („=“ *Zygospiraella duboysi*).

Rosenstein märkis, et põhjus, miks *Stricklandia lens*'i või temale lähedase vormi leid Eesti Siluri kivimites väärub tähelepanu, on asjaolu, et nimetatud brahhiopood on tuntud juhtkivistis välismaa Siluris ja *Stricklandia lens*'i tuvastamisega suureneb täpsus, millega saab korreleerida Eesti Siluri kihte välismaa omadega. Rosenstein leidis, et omapärase *Stricklandia* fauna esinemine lademe piirides laiemas ulatuses tähendab, et Juuru lademe kui iseseisva stratigraafilise üksuse tähendus

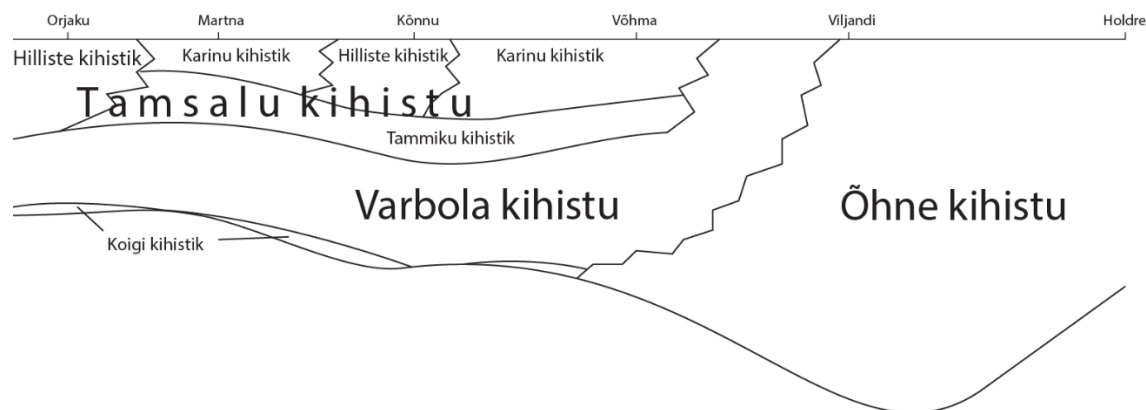
tõuseb ja seda tuleb selgemalt eristada lasuvatest kihtidest, mis on iseloomustatud perekond *Pentamerus*'e liikide esinemisega. Tema arvates pidi Tamsalu kihistu (Twenhofeli „*Tamsal formation*“) mõiste tulevikus kaduma või sisuliselt muutuma (Rosenstein, 1940).

Pärast Teist Maailmasõda, seoses Eesti geoloogilise kaardistamisega mastaabis 1: 200 000, muutus faktilise materjali kogumine oluliselt lihtsamaks. Tänu arvukatele struktuur- ja kaardistuspuuraukudele hakati sellel perioodil koostama litoloogilis-fatsiaalseid ja paleogeograafilisi kaarte (Aaloe et al., 1961) ja viidi läbi mitmeid olulisi paleontoloogilisi uuringuid (Sokolov, 1951, 1952, 1955). R. Männil avastas Lihuveski puuraugu materjali uurides, et selles piirkonnas asuvad *Zygospiraella* fossiile sisaldavad kivimid läbilõikes *Stricklandia*'t sisaldavate kihtide peal ja järeldas, et Rosenstein oli Juuru lademe kirjeldamisel teinud ilmselge vea (Männil, 1949). Ta püstitas omakorda Juuru lademes kaks kihistut: alumine Varbola kihistu hõlmas nii *Stricklandia*'t kui ka *Coelospira*'t sisaldavaid kivimeid ja ülemine Kuimetsa kihistu (hilisem Purga kihistu) vastas Rosensteini savirikka kirju dolomiitlubjakivi üksusele. Samal aastal lisas R. Männil Juuru lademesse E. Rosensteini poolt Kamariku puuraugus avastatud ja Porkuni lademesse arvatud faunata peitkristalse lubjakivi. Need kihid nimetati R. Männili poolt Koigi kihistikuks. Kuna A. Aaloe leidis Koigi kihistikust sellised Porkuni lademele iseloomulikud liigid nagu *Leptaena acuteplicata*, *Graptodictya obliqua* ja *Solenopora sp.*, siis 1958. aastal avaldatud stratigraafilise skeemi järgi jäi Koigi kihistik Porkuni lademe koosseisu. 1958. aasta stratigraafilises skeemis eraldas A. Aaloe Tamsalu lademes Tammiku, Hilliste, Ridala ja Kose kihistu. Lisaks sellele lisas A. Aaloe Purga kihistu Tamsalu lademe koosseisu ja põhjendas seda faktiga, et selles levivad Tamsalu lademele iseloomulikud liigid nagu *Clathrodiction conomammillatum* („=“ *C. kudriavzevi* ja *C. boreale* – Nestor, 1964), *Palaeofavosites forbesiformis*, *Palaeofavosites limbergensis*, *Clintonella aprinis* jt. (Aaloe, 1958).

Geoloogilisel kaardistamisel saadud uue rikkaliku puurmaterjali põhjal viidi 1960. aastate teises pooles läbi vana stratigraafilise liigestuse ja seisukohtade revisjon, mille tulemusena avaldasid H. Nestor ja E. Kala uue stratigraafilise liigestuse (Nestor & Kala, 1968). Oma olemuselt oli see skeem (nagu ka eelmised) kombineeritult lito-biostratigraafiline. Lademetete piirid põhjendati paleontoloogiliselt, võttes arvesse ka litoloogilisi tunnuseid, ja nende piires eraldati litostratigraafilised alam-üksused (kihistud, kihistikud). Lisati uus stratigraafilise liigestuse kategooria – ladejärk („ladejark“ staatuse sai Llandoveri rahvusvaheliselt alles 1980. aastal ja

Eestis hakati seda rakendama 1993. aastal). Lademe alumine osa on nende poolt defineeritud Varbola kihistuna ja ülemine osa Tamsalu kihistuna, mis jaotati kolmeks litostratigraafiliseks üksuseks: Tammiku, Hilliste ja Karinu kihistikuks. Revisjoni tulemusena naasid H. Nestor ja E. Kala Schmidti algse seisukoha juurde, et Pentamerus-lubjakivi on litostratigraafiline üksus (Tamsalu kihistu), mis levib Juuru lademe levila põhjapoolses osas. Samuti lisasid Nestor ja Kala Juuru lademe koosseisu Karinu kihistiku (varem Raikküla lademe I alamlade) põhjendates seda Juuru lademele iseloomulike liikide nagu *Stricklandia lens*, *Zygospiraella duboisi*, *Coolinia pecten*, *Eospirigerina porkuniana*, *Clathrodictyon boreale*, *Ecclimadictyon microvesiculosum* ja *Acidolites lateseptatus* leidumisega Tamsalu kihistu äärealadel Karinu kihistikust, koos *Pentamerus borealis*'ega. Käru-Rapla ja Hiiumaa piirkonas, kus Karinu kihistik asendub lateraalselt krinoidlubjakivi ja bioherme sisaldavate korall-stromatopoor-lubjakividega, säilitas oma nime Hilliste kihistik. Lisaks sellele identifitseerisid Rõõmusoks (Rõõmusoks, 1967) ja Nestor ning Kala (Nestor & Kala, 1968) Koigi kihistikust *Eospirigerina porkuniana*, *Catenipora gotlandica*, *Clathrodictyon boreale*, mis võimaldas varasemalt Porkuni lademesse arvatud Koigi kihistiku üleviimist Juuru lademe koosseisu. Lõuna-Eestis jäi Juuru ladet esindama Õhne kihistu (Gailite et al., 1967), kus see vastas kogu lademele. Varem kasutatud Ridala, Purga, Paasvere, Kose (Aaloe, 1958) ja Martna kihistikku (Jürgenson, 1966) ei ole Varbola kihistus hiljem enam eristatud (Nestor & Kala, 1968).

1970. aastal ilmus D. Kaljo juhtimisel ENSV TA Geoloogia Instituudi kollektiivi koostöona venekeelne monograafia „*Silur Estonii*“ („Eesti Silur“), milles tehti ulatuslik kokkuvõte seniste Eesti Siluri uurimistööde tulemustest. See töö on väga detailne ja käsitleb faunat, litoloogiat ning sisaldab lademete fatsiaalseid skeeme (Kaljo, D., 1970).



Joonis 1. Juuru lademe stratigraafiline skeem (Nestor & Kala, 1968).

Hilliste kihistu ülemine osa sisaldab Hiiumaal P. Männiku (1992) konodondi-uuringute alusel Raikküla lademest leitud konodondiliiki, mis on olnud aluseks Hilliste kihistu ülemise osa Raikküla vanuseliseks pidamisele ja taksonoomilise järgu muutmisele kihistikust kihistuks (Männik, 1992; Nestor, 1995). H. Nestor väidab samas töös (Nestor, 1995), et Hilliste kihistu lasub Tamsalu kihistu *Borealis*-lubjakivil.

Viimastel aastakümnetel läbi viidud Baltoskandia Ordoviitsium-Siluri läbilõigete stabiilsete süsinikisotopide uuringud on näidanud rida positiivseid $\delta^{13}\text{C}$ isotoopide kõrvalekaldeid („ekskursioone“), millel on hea potentsiaal Paleobalti basseini läbilõigete globaalseks korrelatsiooniks. Erilist tähelepanu on pööratud Hirnantia $\delta^{13}\text{C}$ (HICE) väärtustele seoses Balti regiooni Ordoviitsiumi-Siluri piiri täpsema määramisega. GSSP asukohas Šotimaal Dob's Linni läbilõikes on Ordoviitsium-Siluri piir markeeritud *Akidograptus ascencus*'e ja *Parakidograptus acuminatus*'e esmailmumisega (FAD; Williams, 1988). Neid diagnostilisi graptoliite ei ole Läänemere regioonist leitud ja Siluri alumine piir oli kaua aega traditsiooniliselt seostatud Juuru lademe alumisele piiriga. L. Ainsaar (Ainsaar et al. 2011) ja O. Hints (Hints et al. 2014) jt. jõudsid Ordoviitsium-Siluri piirikihtide $\delta^{13}\text{C}$ väärtusi uurides järeldusteni, et kõige alumised Juuru lademe kihid (Koigi kihistik) võivad olla Ordoviitsiumi vanusega. Tartu (453) puuraugus ulatub väga hästi väljendunud HICE umbes 10 m traditsioonilisest Ordoviitsium-Siluri piirist kõrgemale Juuru lademesse Öhne kihistu merglitesse (Bauert et al. 2014). Esialgu on Tartu (453) puuraugu Ordoviitsium-Siluri piir asetatud vastavale kohale 218,8 m sügavusel, kus limonitiseerunud katkestuspind märgib litoloogilist muutust Öhne kihistus. Kehtivas Eesti Stratigraafia Komisjoni

poolt heaks kiidetud Siluri stratigraafilises skeemis (Männik, 2015) on Siluri alumise piiri tase Juuru lademe sees (Meidla et al., 2014).

1.3. Settekeskkond Juuru eal

Vara- ja Kesk-Ordoviitsiumi jooksul triivis Baltika paleokontinent lõunapoolkeral kõrgematelt laiuskraadidelt troopilisse kliimavöötmesse. Ida-Euroopa platvorm oli kaetud madala epikontinentaalse merega, mis ulatus Norrast Volgani ja Soomest Valgevene-Masuuria Eel-Kambriumi massiivini. Kesk-Ordoviitsiumi ajastiku algul kujutas Paleobalti basseini endast ühtlase ja nõrga kallakusega mere poolt üle ujutatud nõlva, mille piires selgelt eristuvat sügavamad fatsiaalset vööndit ei olnud veel moodustunud. Põhilise osa karbonaatsetest setetest moodustasid organismide skeletid ja nende produktsioon oli väike väike. Ordoviitsiumi ajastu teisel poolel algas intensiivsem vajumine „Liivi keele“ piirkonnas ja eri basseini osade faatsiiste vaheline diferentsiatsioon süvenes.

Ordoviitsiumi ajastu lõpuks, kui Baltika kraatoni loodepoolse ääre kerkimine muutus domineerivamaks seoses Iapetuse ookeani sulgumisega, taandus meri järkjärguliselt ja basseini põhjapoolsem osa muutus epikontinentaalsest merest lahe-taoliseks perikontinentaalseks mereks (Nestor & Einasto, 1997).

H. Nestor ja R. Einasto kirjeldasid Siluri Paleobalti basseinis viit põhilist fatsiaalset vööndit: tõusu- ja mõõnavöönd/laguun, madalikuvöönd, avašelfi vöönd, üleminekuvöönd ja alanguvöönd (Nestor & Einasto, 1977). Nende vööndite dünaamikat jälgides eristasid H. Nestor ja R. Einasto Paleobalti Ordoviitsiumi ja Siluri basseinis viit arenguetappi (Nestor & Einasto, 1997), mis kaasaegses stratigraafilises ajaskaalas oleksid järgmised :

1. Transgressioonistaadium (Daping – Kesk-Darriwil)
2. Ühtlustumistaadium (Hilis-Darriwil – Sandby)
3. Diferentsiatsioonistaadium (Katy – Kesk-Llandovery)
4. Stabilisatsioonistaadium (Hilis-Llandovery – Vara-Ludlow)
5. Täitumistaadium (Hilis-Ludlow – Pridoli)

Diferentsiatsioonistaadium algas Paleobalti basseini arengus Ordoviitsiumis, Oandu eal, ning kestis kuni Raikküla ea lõpuni. Sel ajal muutus Baltika paleokontinendi lääneosa Iapetuse ookeani sulgumise tõttu tektooniliselt aktiivseks ning see põhjustas Balti sünekliisi vajumise ja erinevate fatsiaalsete vööndite vaheliste erinevuste suurenemise, samaaegselt üleminekuga kuivale troopilisele kliimale, mis Nestori ja Einasto järgi vähendas terrigeense materjali sissekannet settebasseini ja võimaldas puhta lubimuda ulatuslikumat ladestumist. Esimesed rugoosid ilmusid Eesti alal Haljala eal (Kaljo, 1997), tabulaadid Keila eal (Mõtus, 1997) ja stromatoporaadid Oandu eal (Nestor, 1997). Diferentsiatsioonistaadiumi kõige iseloomulikumate tunnustena nimetavad H. Nestor ja R. Einasto (Nestor & Einasto, 1997): 1) setete lateraalsete litoloogiliste erinevuste süvenemist, 2) settimiskiiruse ja lademete paksuste kiiret kasvu, 3) tumeda kerogeense muda (kilda) moodustumist, tsüklilises vaheldumises rohekashalli kuni lilla mergliga (alanguvööndis), 4) puhta lubimuda (mikriitne lubjakivi) tsüklilist vaheldumist savika lubimudaga (mergel, savikas lubjakivi). Viimase põhjuseks peavad nad ariidse ja humiidse kliima vaheldumist, mis viitab vastavalt jääaegadele või jäävaheaegadele. Puhtad lubimudad (mikriitsed, afaniitsed kuni mikrokristalsed lubjakivid) on moodustunud kuivemas kliimas (madalikust kuni üleminekuvööndini) väiksema terrigeense materjali sissekande tõttu. Niiskematel perioodidel, kui terrigeenset materjali transporditi rohkem, settis šelfialal bioklastiline savine lubimuda (muguljad argilliitsed biomikriitsed lubjakivid) ja üleminekuvööndis valdasid savirikkad setted (Nestor & Einasto, 1997). Merevee soolsuse muutumine (ariidses kliimas kõrgem, humiidses madalam) mõjutas samuti bentilise elustiku jaotust (Bickert et al., 1997). Nestor et al. (2003) toovad välja ka selle, et Ülem-Ordoviitsiumi mikriitsed lubjakivid sisaldavad vetikate seltsi Dasycladaceae fragmente, aga liiga väikeses koguses selleks, et toota suures koguses lubimuda. See viitab biokeemilisele või mikroobsele (bentilised niitjad tsüanobakterid) kivimi päritolule (Nestor et al., 2003). Hilis-Ordoviitsiumist kuni Raikküla ea lõpuni on Paleobalti basseinis tuvastatud üheksa selliselt vahelduvat tsüklit. Käesolevas töös käsitletud Koigi kihistik vastab madala ja Varbola ning Tamsalu kihistu kõrge terrigeense materjali sissekandega perioodile (Nestor & Einasto, 1997).

Paleobalti basseini diferentsiatsioonistaadiumi piires saab eristada kahte sarnast makrotsükliiti, mis vastavad Oandu-Porkuni ja Juuru-Raikküla eale. Mõlemad algasid settebasseini süvenemisega ja lõppesid suhtelise veetaseme alanemisega ning kohati ka lamavate kihtide erosiooniga. Juuru-Raikküla makrotsükliit algas glatsioeustaatilise meretõusuga ja puhaste lubimudade settimisega

(Koigi kihistiku afaniitsed lubjakivid). Ülemineku- ja alanguvööndis settis samal ajal puhta lubimuda asemel Õhne kihistu moodustanud savine lubimuda (Nestor & Einasto 1997). Põhja-Eestis markeerib transgressiooni maksimumi Varbola kihistu savika-karbonaatsete setete akumulatsiooni algus. Juuru ea esimeses pooles valdas terrigeense materjali settimine ja karbonaatse materjali osakaal (samuti ka veeriste ja bioklastilise materjali hulk) kasvab Varbola kihistu ülemise osa suunas sujuvalt. Juuru lademe regressiivne iseloom on jälgitav ka brahhiopoodide koosluste vahetumises, kus sügavamaveeline *Clorinda* kooslus asendub põhja pool ja läbilõikes ülespoole *Stricklandia* ja edasi *Pentamerus borealis*'e kooslusega. Konglomeraatsete vahekihtide esinemisest järeldub, et Põhja-Eesti Juuru ea setted moodustusid suhteliselt liikuvast madalmeres. Varbola kihistu teralis-mikriidiliste ja savikate lubjakivide peal lasuvad Põhja-Eestis erinevad madalaveelise faatsiese päritoluga kivimid – Tamsalu ja Hilliste kihistu, milles esineb sageli *Pentamerus*-lubjakivi ja krinoidlubjakivi koos biohermidega. Bioherme esineb Hiiumaal, Haapsalu-Rohuküla piirkonnas ja Rapla-Käru ümbruses (Nestor, 1970). Lõuna-Eesti Juuru lademe läbilõikes ei esine märke madalaveelisest kaldalähedasest keskkonnas. Fauna koosseis on ühtlane (põhiliselt brahhiopoodid ja ostrakoodid) ja Nestori (1970) järgi valdab setetes terrigeenne materjal. Juuru-Raikküla makrotsükkel lõppes veetaseme alanemisest tingitud settekatkestusega basseini äärealadel (Nestor & Einasto, 1997).

2. Materjalid ja metoodika

Käesolevas töös on koostatud kümne puursüdamiku Varbola, Tamsalu ja Hilliste kihistu makrolitoloogiline kirjeldus ja litotulp. Valitud puursüdamikud on Tartu (453), Põltsamaa (H-168), Saunaküla (H-128), Lelle (D-102), Inglise (D-97), Asuküla, Pusku-2, Orjaku, Männamaa (F-367) ja Valgu (F-363). Nendest F-367 ja F-363 on hoiustatud Eesti Geoloogiateenistuse Arbavere puursüdamikuhoidlas ja ülejäänud TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidlas. Nimetatud puursüdamike baasil on loodud profiil Tartu – Kesk-Eesti – Raplamaa – Hiiumaa, et hinnata kivimiliste tunnuste muutumist fatsiaalsel profiilil. Käesoleva töö teoreetilises osas nimetatud fossiilide nomenklatuuri kontrollimisel olid aluseks internetiallikad (fossiilid.info ja geokogud.info).

Lisaks traditsioonilisele makrolitoloogilise kirjelduse koostamisele on detailselt dokumenteeritud tormikihtide intervalle savikates lubjakivides ning neid rõhutatult visualiseeritud litotulpades. Samuti on kvantitatiivselt hinnatud mergli osakaalu savikates lubjakivides, mida on mõõdetud joonmeetodil. Metoodika seisneb joonlaua abil merglikelmete paksuste mõõtmises (mm täpsusega) enamasti 1 m (harvem 0,7-0,95 m) intervallides. Hinnang on antud enamikest intervallidest, kus puursüdamiku seisukord seda lubab. Intervallides, kus esinevad selged kivimilised kaod või on puursüdamik väga lagunened, pole merglisisalduse hinnangut antud. Tulemuseks on mergli osakaalu protsentuaalne hinnang vastavates intervallides. Teostatud mergli osakaalu mõõtmistulemused on visualiseeritud graafikutena. Täpne mõõteintervall, mõõtmistulemus ja hinnanguvahemik on antud tabelites, mis asub lisa (lisa 11-18).

Läbilõigetel, kus on kirjeldatud Hilliste kihistut või Karinu kihistikku, on makrolitoloogiliste tunnusoonte võrdlemise kõrval pööratud tähelepanu rifi esinemisele ja puudumisele ning Hilliste kihistu levikuandmete ja -intervallide ning lasumussuhete detailsele analüüsile (Nestor, 1970, lk 217, tabel 28). Samuti on vastavaid puursüdamikke võrreldud raamatus „*Silur Estonii*“ esitatud Hilliste kihistu levialal asuvate läbilõigetega (Nestor, 1970, lk 207, joonis 54).

3. Tulemused

3.1. Läbilõigete kirjeldused

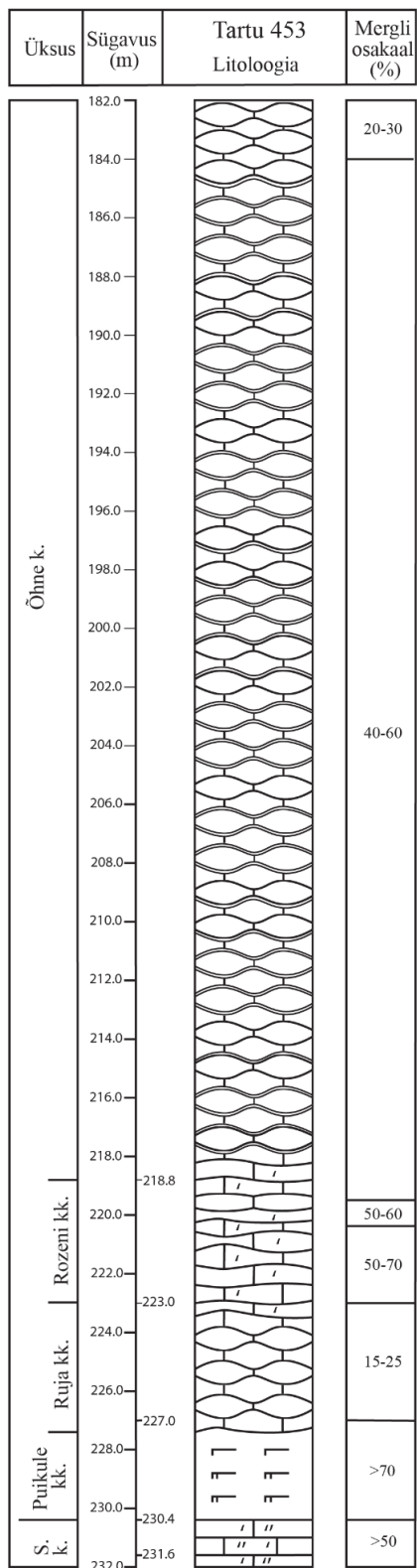
Puursüdamike (joonis 3-12) kirjeldamisel on kasutatud R. J. Dunhami (1962) karbonaatkivimite klassifikatsiooni. Selle kohaselt on teralis-mudaline (teralis-mikriitne) lubjakivi (*wackestone*) defineeritud lubjakivina, millel on mudapõhine struktuur ja teradel ei ole omavahelist kokkupuudet. Mudalis-teraline (mikriidilis-teraline) lubjakivi (*packstone*) on defineeritud lubjakivina, millel on teradele toetuv struktuur ja terade vahel esineb mikriitne materjal. *Borealis*-lubjakivi ja krinoidlubjakivi biohermidega on käesolevas töös defineeritud kui jämeteraline bioklastiline lubjakivi (*rudstone*), kus üle 2 mm läbimõõduga osakesi on üle 10%.

Puursüdamiku väljatulek on enamikes puursüdamikes rahuldav, aga esineb ka läbilõikeid, kus väljatulek ja säilivus pole nii head. Suuremad kaod on seotud Hilliste, Varbola ja Õhne kihistus esinevate merglitega. Tartu (453) puursüdamiku Õhne kihistu on kõrge mergli osakaalu tõttu pea täielikult lagunened, aga puursüdamiku väljatulek on siiski rahuldav (puuritud 49,4 meetri kohta 46,6 m südamikku). Sama võib täheldada Põltsamaa (H-163) puursüdamiku alumises osas esineva Õhne kihistu ja Lelle (D-102) puursüdamiku Varbola kihistu alumise 50 cm kohta. Ülejäänud osas on Põltsamaa (H-163) ja Lelle (D-102) puursüdamik väga hästi säilinud. Inglise (D-97) puursüdamik on Tamsalu ja Varbola kihistu intervallis väga hästi säilinud, aga suhteliselt suur puurimiskadu esineb siiski Varbola kihistus (10,7/5,8 m) ja lamavas Ärina kihistus (7,0/4,9 m). Täpsemat kao sügavusintervalli on raske määrata, sest markeering puursüdamiku kastil ei ole piisavalt täpne, aga võib oletada, et kadu on seotud Varbola kihistu alumise osaga, kus mergli osakaal on suurem. Saunaküla (H-128) puursüdamik on üldiselt hästi säilinud, kuid puurimiskaod esinevad Hilliste kihistus (7,15/5,55 m) ja Varbola kihistus (13,5/12,8 m). Saunakülas on Varbola kihistu ülemine osa mööda lainjaid mergli kihipindu purunenud. Asuküla puuraugus esineb seevastu suurem puurimiskadu (23,4/16,6 m) ja puursüdamiku säilivus ei ole rahuldav. Samuti tundub, et Asuküla puursüdamiku ümberladumisel uutesse kastidesse on osa merglist kaduma läinud. Pusku-2 puursüdamikus esinevad puurimiskaod ühtlaselt Hilliste, Tamsalu ja Varbola kihistu piires (vastavalt 3,1/2,3 m; 4,2/3,4 m ja 13,2/10,4 m) ja puursüdamik on mööda mergli

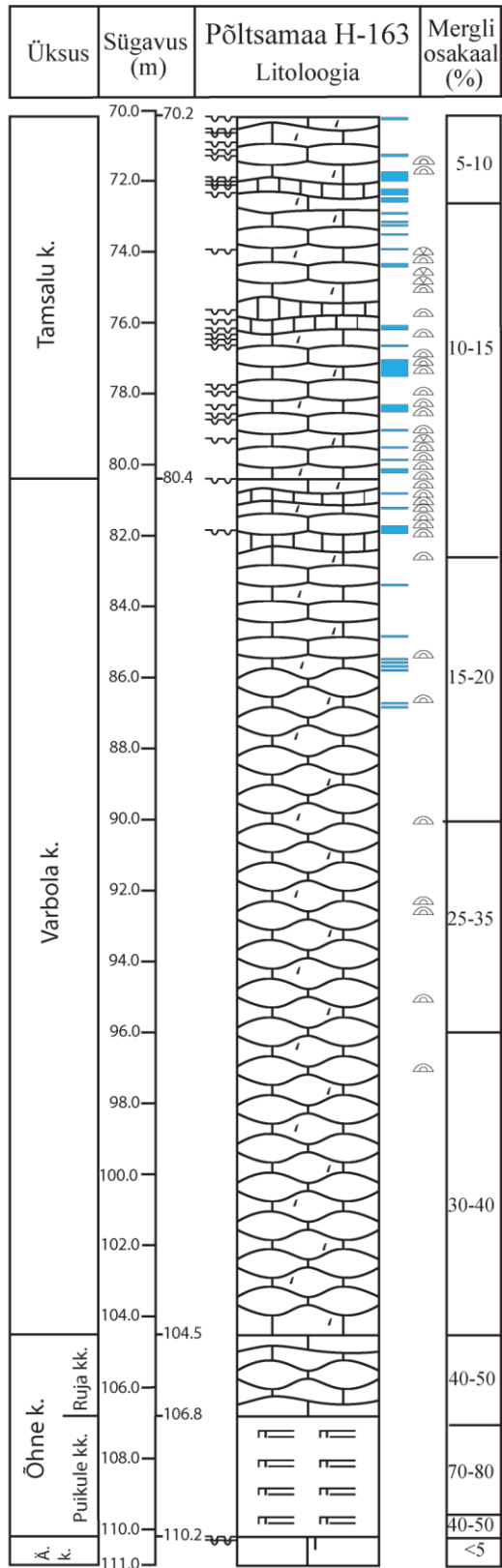
kihipindu lagunenu. Orjaku puursüdamik esinevad puurimiskaod enamasti Hilliste kihistu arvelt (9,9/8,3 m). Orjaku puursüdamik on terve uuritud intervalli ulatuses mööda lainjaid mergli kihipindu lagunenu. Valgu (F-363) ja Männamaa (F-367) puursüdamik on üldiselt sarnase väljatuleku ja hea säilivusega ning puurimiskaod esinevad enamasti Hilliste ja Varbola kihistus, mis on mööda mergli kihipindu purunenud. Männamaa ja Valgu puursüdamiku uuritud intervallide väljatulek on vastavalt 23,9/18,6 m ja 26,0/22,1 m.

	Lubjakivi		Horizontaalkihilisus
	Dolomiidistunud lubjakivi		Lainjaskihilisus
	Teralis-mudaline lubjakivi (<i>wackestone</i>)		Muguljas lubjakivi lubjakivi/mergli vahekord ~1:1
	Mudalis-teraline lubjakivi (<i>packstone</i>)		Poolmugulja tekstuuriga lubjakivi
	Jämeteraline bioklastiline lubjakivi (<i>rudstone</i>)		Mugulja tekstuuriga lubjakivi
	Afaniitne lubjakivi		Tormikihte sisaldav intervall
	Riff lubjakivi (<i>boundstone</i>)		Stromatopoor
	Dolomiit		Korall
	Domeriit		Okasnahkne
	Kaltsiitne domeriit		<i>Borealis borealis</i>
	Kaltsiitne mergel		Katkestuspind

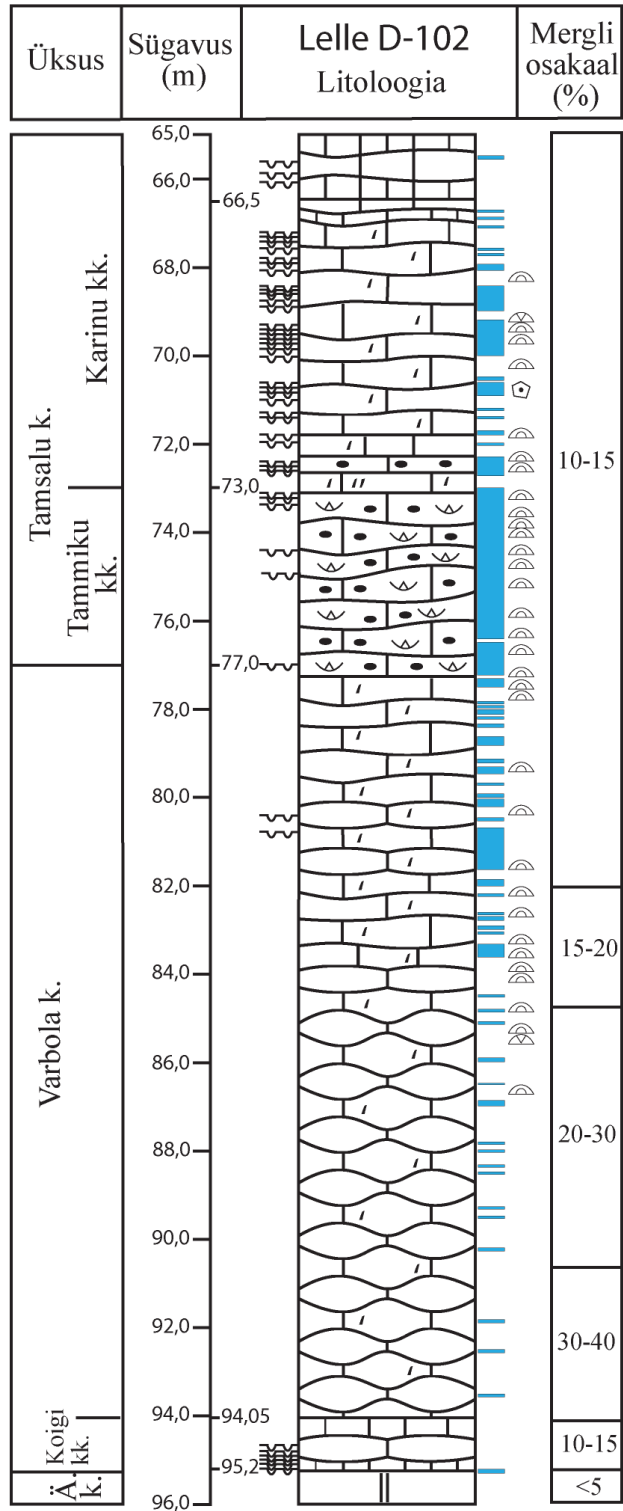
Joonis 2. Litotulpade legend.



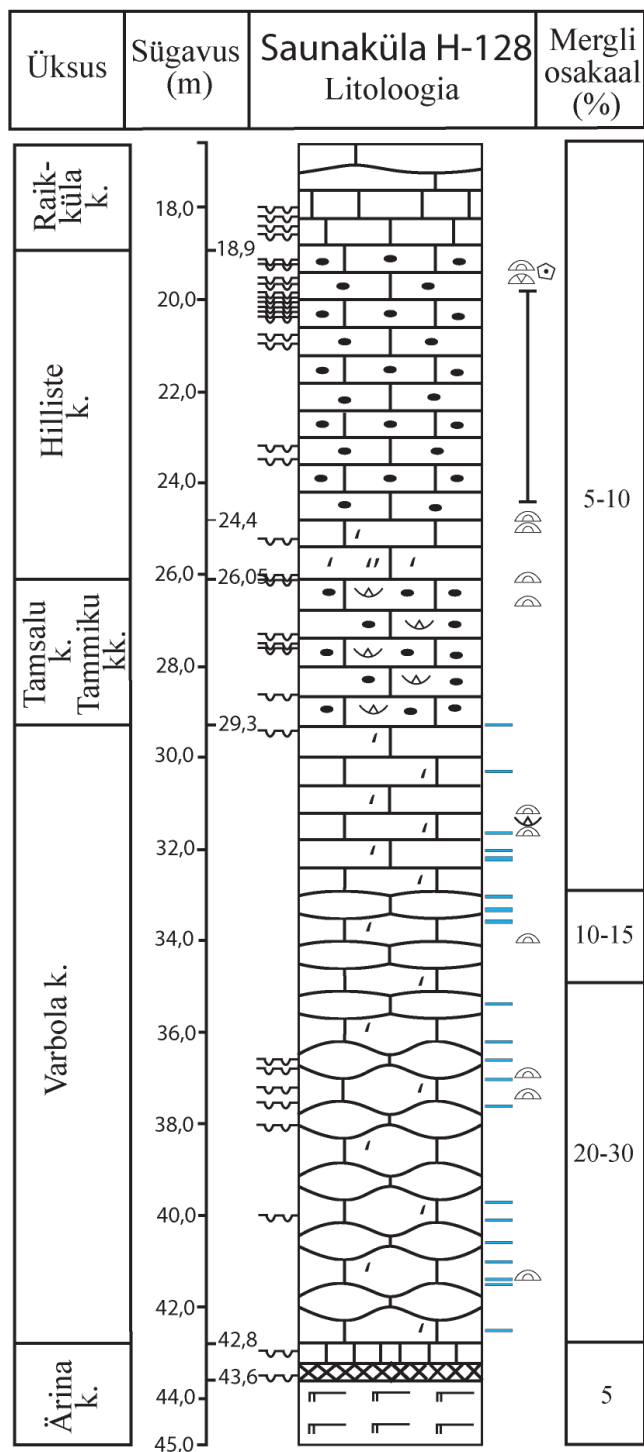
Joonis 3. Tartu (453) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2). Lühendid: k. – kihistu, kk. – kihistik, S. – Salduse kihistu.



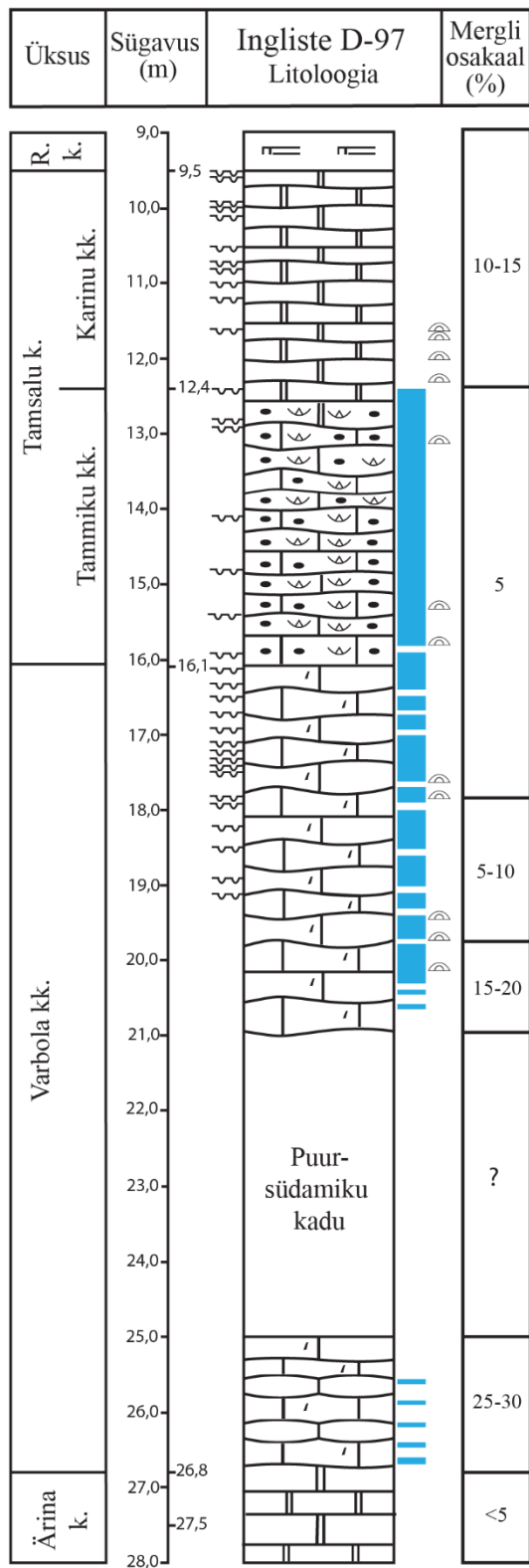
Joonis 4. Põltsamaa (H-163) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2).



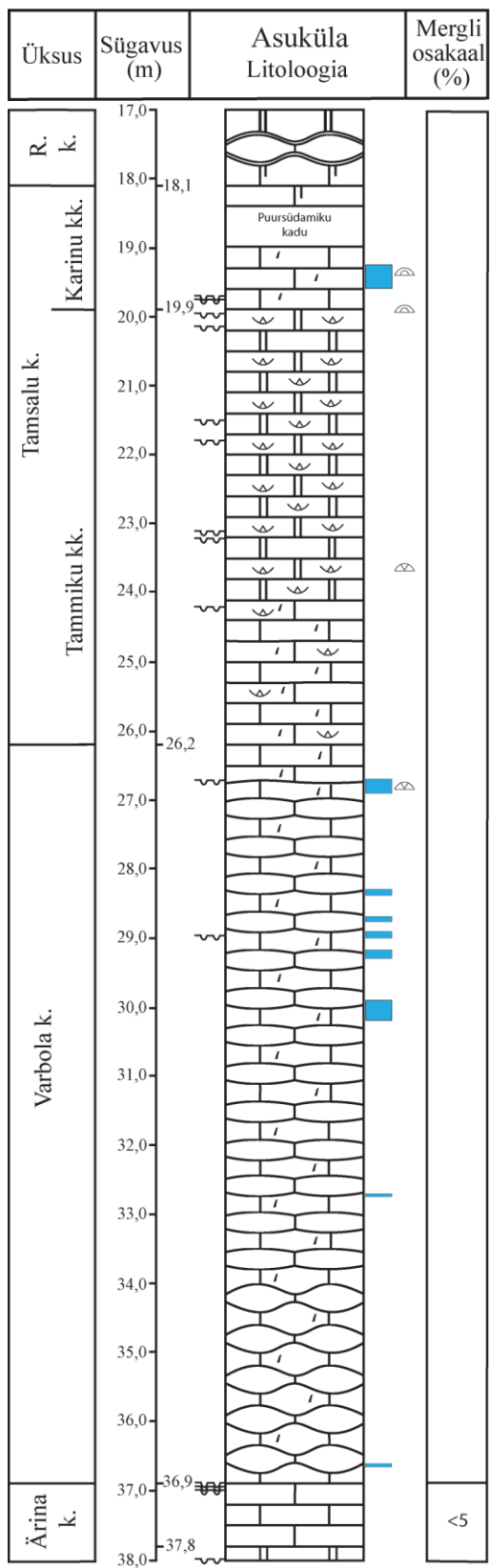
Joonis 5. Lelle (D-102) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2). Lühend: Ä. – Ärina kihistu.



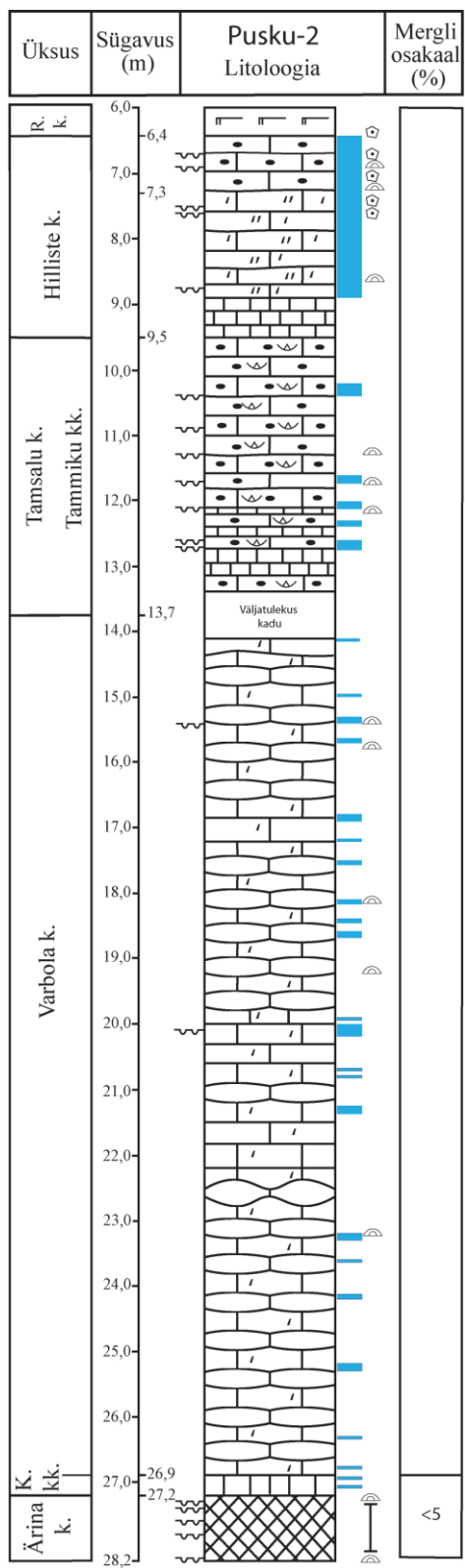
Joonis 6. Saunaküla (H-128) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2).



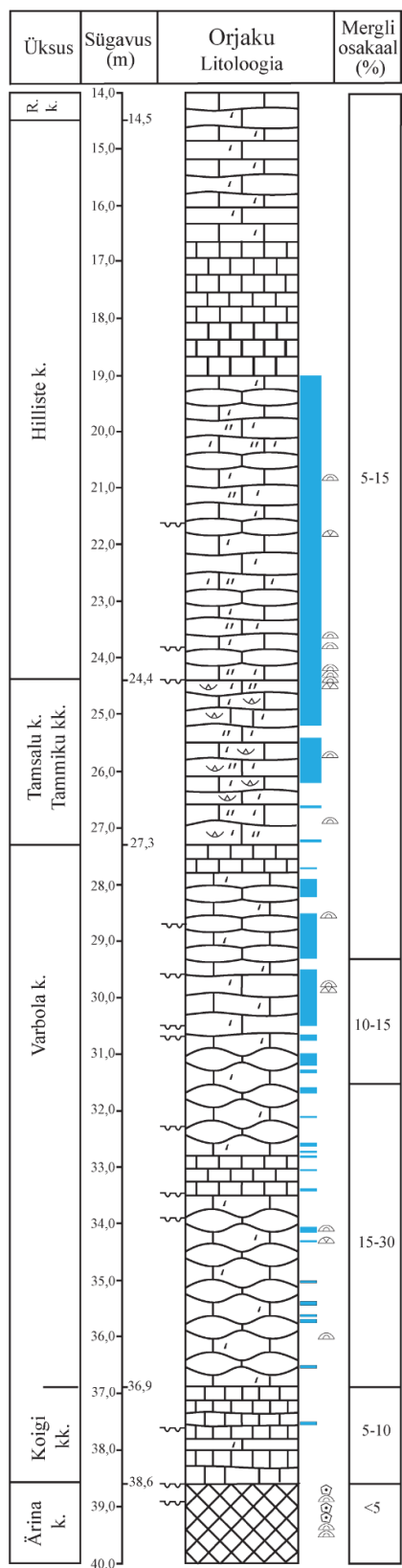
Joonis 7. Ingliste (D-97) puursüdamiku litotulp. Lühend: R. – Raikküla kihistu.



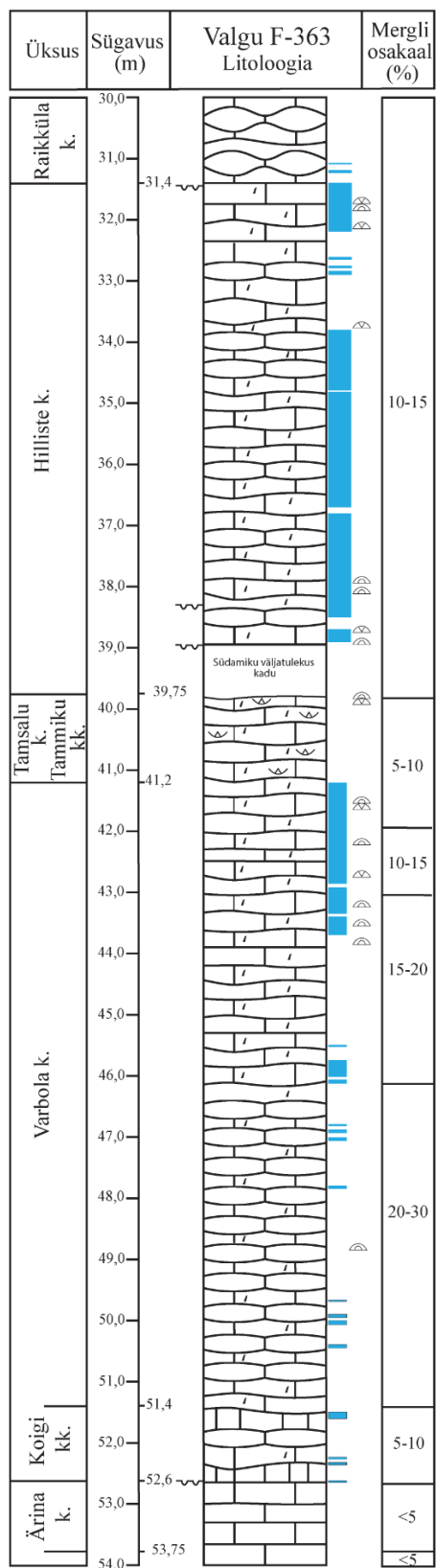
Joonis 8. Asuküla puuraugu litotulp (legend vt. joonis 2). Lühend: R. – Raikküla kihistu.



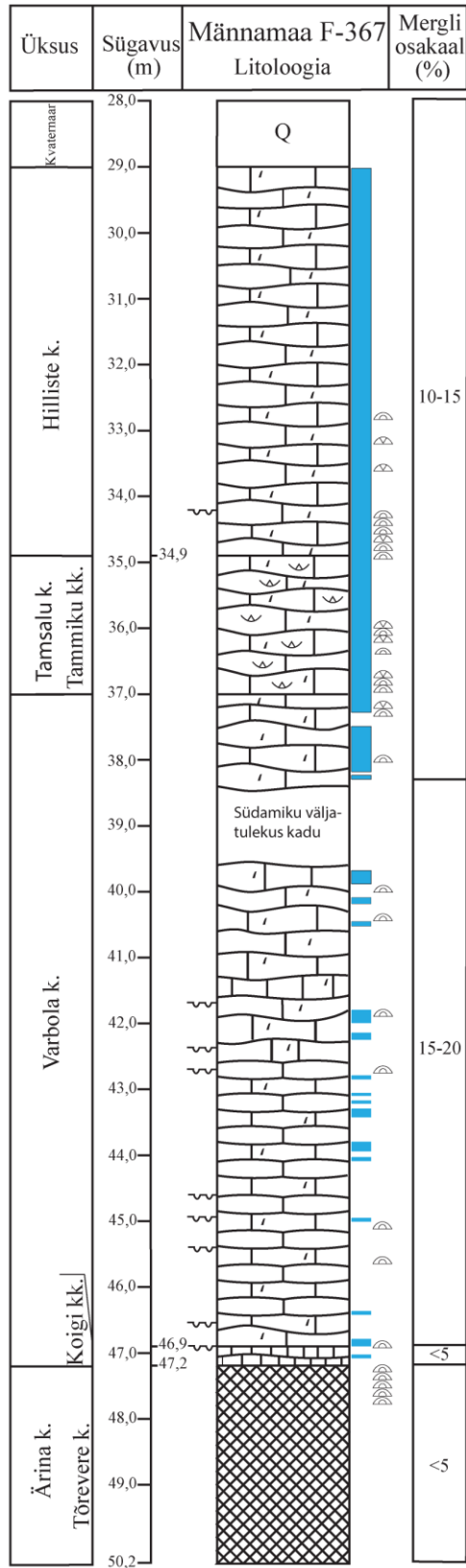
Joonis 9. Pusku-2 puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2). Lühendid: K. – Koigi kihistik, R. – Raikküla kihistu.



Joonis 10. Orjaku puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2). Lühend: R. – Raikküla kihistu.



Joonis 11. Valgu (F-363) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2).



Joonis 12. Männamaa (F-367) puursüdamiku litotulp (legend vt. joonis 2).

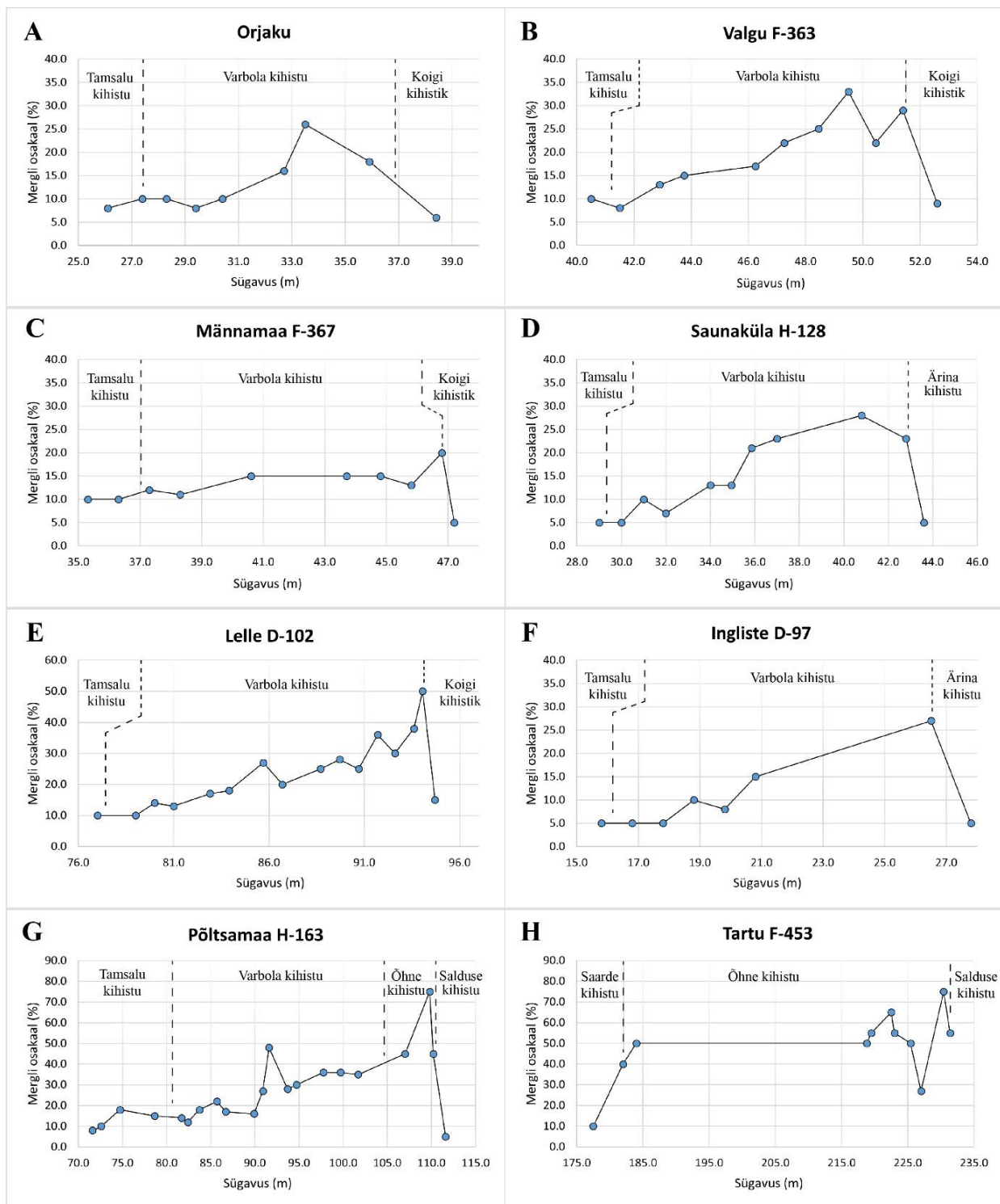
3.2. Varbola ja Õhne kihistu eristamise võimalused

Lubjakivi ja mergli osakaalu mõõdeti joonmeetodil järgnevatest puursüdamikest: Männamaa (F-367), Valgu (F-363), Orjaku, Lelle (D-102), Inglise (D-97), Saunaküla (H-128) ja Põltsamaa (H-163). Kõik käesolevas töös tehtud mergli osakaalu mõõtmistulemused on antud tabelitena (lisa 11-18).

Kõikides uuritud puursüdamikes esineb Varbola kihistu basaalses osas selgelt kõrgem mergli osakaal, ning kõrgemal ilmneb selle langustrend Varbola kihistu ülemise osa suunast. Samas on selgelt eristuv väikse mergli osakaaluga Koigi kihistiku afaniitne lubjakivi. Uuritud puuraukudest enamustes esineb Varbola kihistu basaalses osas 20-30% mergli osakaal (joonis 13, A-D, F). Lelle D-102 puursüdamikus on Varbola kihistu basaalses osas mergli osakaal 30-40% ning alumise 40 cm ulatuses 40-50%, aga viimane hinnang on ebamäärane purustatud puursüdamiku tõttu (joonis 13, E). Põltsamaa H-163 puurauk asub piirkonnas, kus Lõuna-Eestis leviv Õhne kihistu asendab lateraalselt Varbola kihistut (vt Silur Estonii kaart – Nestor, 1970). Põltsamaa puursüdamikus langeb mergli osakaal Õhne kihistu Varbola kihistuga asendumisel (seal, kus kirjeldustes piiri on näidatud) alla 40% (joonis 13, G). Tartu 453 puursüdamikus on Õhne kihistus mergli osakaal 40-60% (joonis 13, H).

Varbola kihistu üldises regressioonilises iseloomus on märgata rütmilisust, mille puhul mergli osakaal tõuseb intervalliti 5-10% kõrgemaks. Põltsamaa puursüdamiku intervallis sügavusega 90,9-91,6 m tõuseb mergli osakaal erandina 20% (joonis 13, G). Mergli osakaal saavutab Tamsalu kihistu taseme (5-15%) juba Varbola kihistu ülemises osas. Üleminekul Varbola kihistust Tamsalu kihistusse märkimisväärset mergli osakaalu muutust enam ei toimu (joonis 13).

Teine tunnus, mida töö käigus süstemaatiliselt jälgiti, on tormikihtide esinemine. Tormikihtide (teraliste vahekihtide) esinemine läbilõigetel on detailselt dokumenteeritud joonistel 3-12. Õhne kihistus tormikihte ei esine. Varbola kihistus võib täheldada seost mergli osakaalu languse ja tormikihtide esinemissageduse tõusu vahel. Varbola kihistu alumises pooles esineb ainult üksikuid tormikihte ja nende esinemissagedus tõuseb märgatavalt, kui mergli osakaal langeb kihistu ülemises osas Tamsalu kihistu tasemele (5-15%).

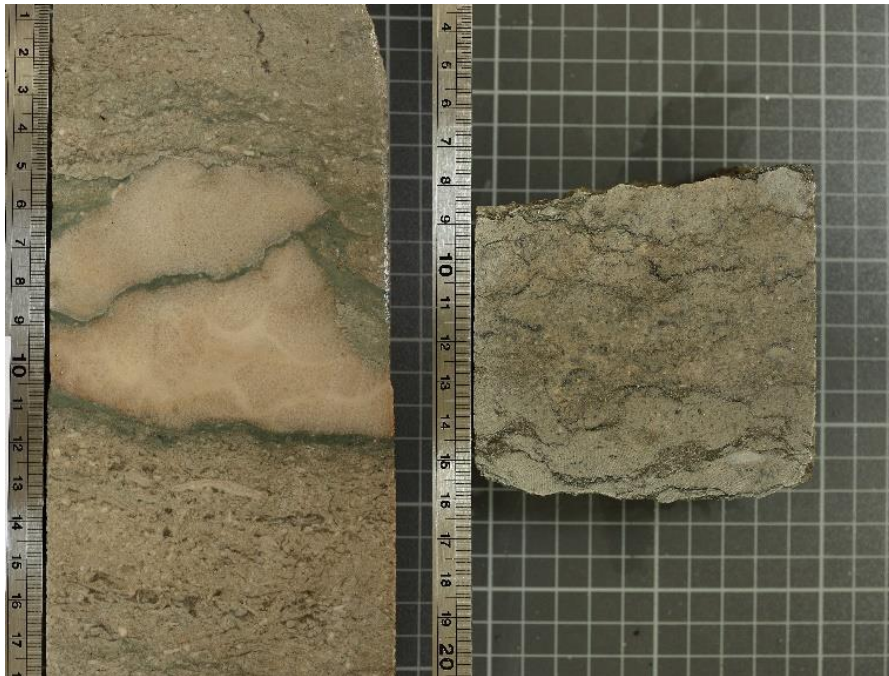


Joonis 13: Mergli osakaalu muutused, A – Orjaku; B – Valgu (F-363); C – Männamaa (F-367); D – Saunaküla (H-128); E – Lelle (D-102); F – Inglise (D-97); G – Põltsamaa (H-163); H – Tartu (453). Intervalli keskmise mergli osakaalu väärtus on omistatud intervalli alumisele piirile.

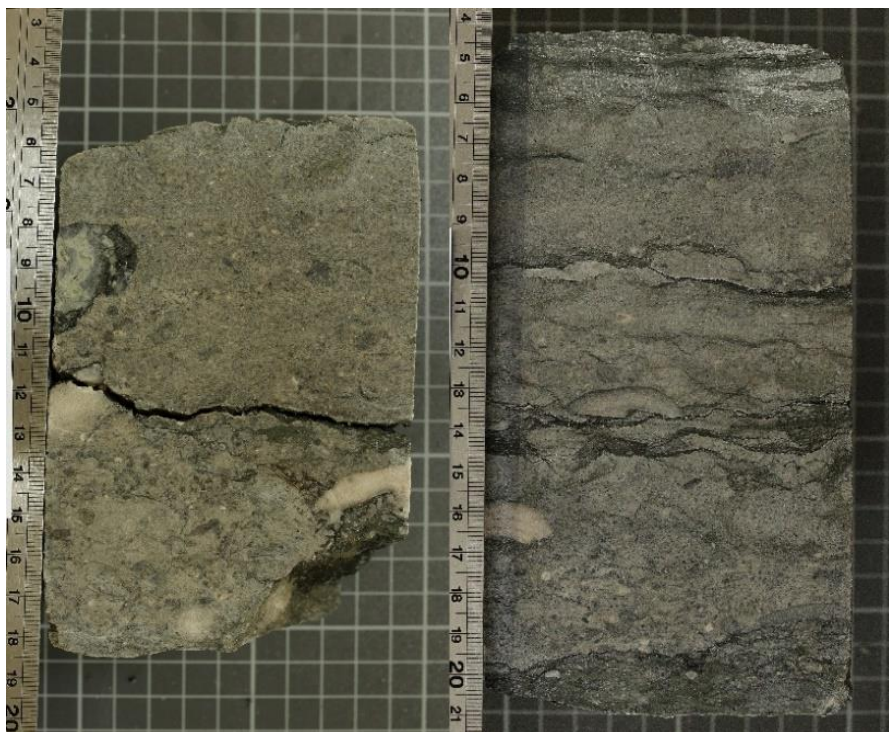
3.3. Hilliste kihistu ja Karinu kihistiku võrdlev analüüs

Raamatus „*Silur Estonii*“ (Nestor, 1970, lk 27, joonis 54) esitatud Hilliste kihistu leviala piires paiknevad käesolevas töös käsitletus puuraukudest Lelle D-102 (joonis 5), Inglise D-97 (joonis 7), Saunaküla H-128 (joonis 6), Pusku-2 (joonis 9), Valgu F-363 (joonis 11), Männamaa F-367 (joonis 12) ja Orjaku (joonis 10) puurauk. Teistest töös käsitletud puuraukudest on võrdlusesse lisatud Asuküla puurauk (joonis 8), mis asub Hilliste leviala piiri vahetus läheduses.

Hilliste kihistule omase biohermi ja krinoidlubjakivi kohatine ja katkendlik levik on väga hästi väljendunud Kesk-Eestis, Rapla-Käru piirkonnas paiknevates puuraukudes. Raamatus „*Silur Estonii*“ on Hilliste kihistut eristatud Rapla, Käru, Kumma, Kõnnu ja Valgu puuraugus (Nestor, 1970, lk 217). Samas on kõikides nendes puuraukudes kirjeldatud ka Karinu kihistikku, mis kohati lasub Hillistel, kohati moodustab selle lamami, või siis piiritleb Hilliste kihistut nii ülalt, kui alt (Nestor, 1970). Sama olukord esineb käesolevas töös kirjeldatud Saunaküla (H-128) puursüdamikus, kus väikeste biohermid ja bioklastidega massiivne krinoidlubjakivi levib sügavusel 17,6-24,4 m ja keskmisekihiline, peen- kuni jämedetriitne, teralis-mikriitne lubjakivi esineb sügavusel 24,4-26,05 m (joonis 14). Saunaküla (H-128) sügavusintervall 24,4-26,05 m on väga sarnane lähedal asuva Lelle (D-102) sügavusintervallis 68,5-73,0 m esineva Karinu kihistikuga (joonis 15), mille moodustab samuti peen- kuni jämedetriitne (korallide, stromatopooride, rugooside ja krinoidide detriit) faunaveeristega lubjakivi. Lelle (D-102) puursüdamiku intervallis 72,1-72,4 m esineb Saunaküla (H-128) ülemise osa krinoidlubjakiviga väga sarnane jämedetriitne biomorfne lubjakivi (joonis 16). Kesk-Eesti piirkonnast saab Lelle (D-102) puursüdamikule võrdluseks tuua Inglise (D-97) puursüdamiku, kus tugevalt kavernooses detriitses sekundaarses dolomiidis esineb sarnaselt Saunaküla (H-128) ja Lelle (D-102) puursüdamikele suuremaid koralli- ja stromatopoori bioklaste (joonis 17).



Joonis 14. Saunaküla (H-128) puursüdamik: vasakul – krinoidlubjakivi, sügavusintervall 20,5-20,7 m; paremal – teralis-mikriitne lubjakivi, sügavusintervall 25,2-25,25 m.



Joonis 15. Teralis-mikriitne lubjakivi. Vasakul – Saunaküla (H-128) sügavusintervall 25,6-25,75 m; paremal – Lelle (D-102) sügavusintervall 71,4-71,55 m.

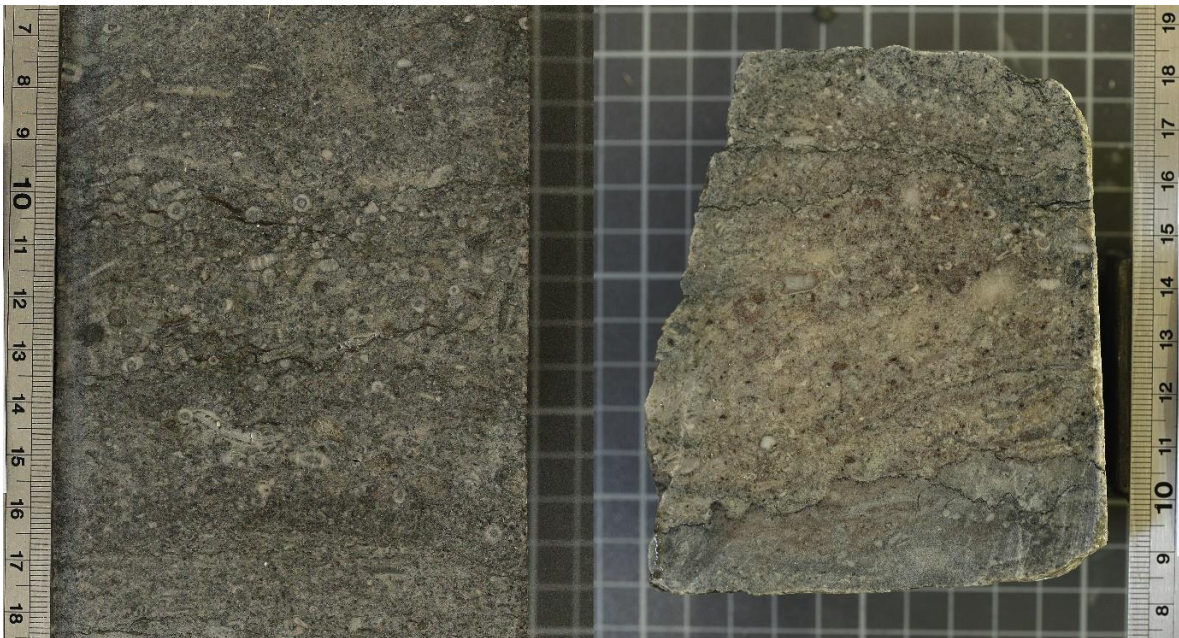


Joonis 16. Krinoidlubjakivi. vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 72,2-72,4 m; keskel – Pusku-2 sügavusintervall 7,0-7,15 m; paremal – Saunaküla (H-128) sügavusintervall 19,35-19,5 m.

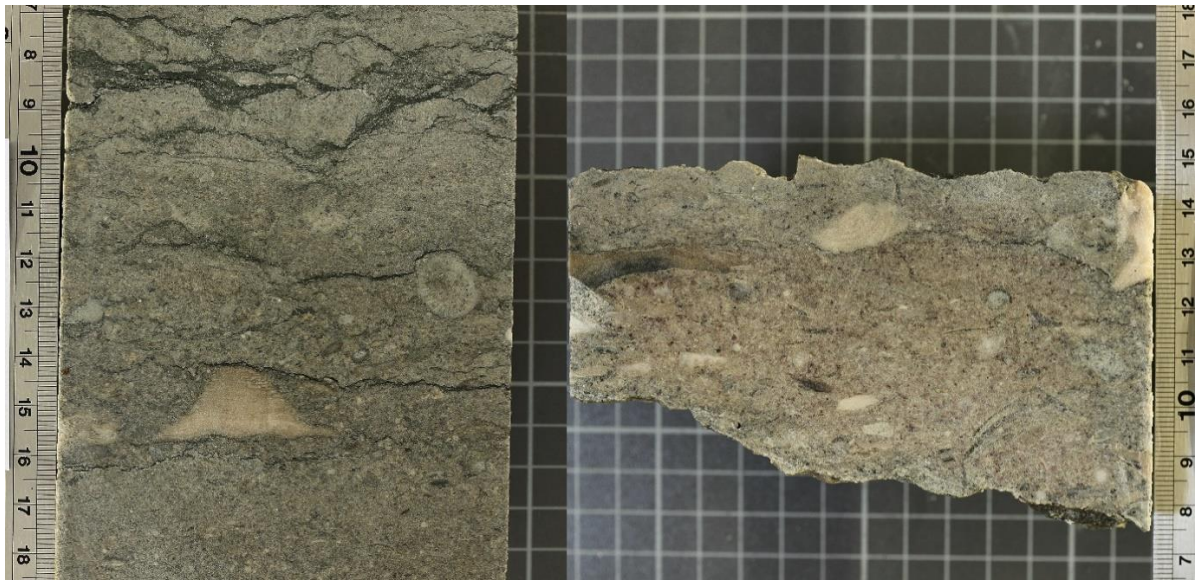


Joonis 17. Inglise (D-97) korallide ja stromatopooride bioklastid dolomiidis. Vasakul – sügavusintervall 11,65-11,70 m; paremal – 12,1-12,2 m.

Haapsalu piirkonnas kasutasin Hilliste kihistu iseloomustamiseks Pusku-2 ja Asuküla puurauku. Raamatus „*Silur Estonii*“ on Pusku-2 läbilõikes Hilliste kihistik eraldatud täielikult kogu Tamsalu kihistu ulatuses (sügavusintervall 6,6-15,4 m – Nestor, 1970, lk 217, tabel 28). Käesoleva töö käigus tehtud makrolitoloogilise kirjelduse alusel võib Pusku-2 puuraugus täheldada sarnast trendi Kesk-Eesti puuraukudega (Saunaküla, Rapla, Käru), kus intervallis 7,7-9,5 m levib Karinu kihistiku detriitsele lubjakivile analoogiline lubjakivi (joonis 18 ja 19). Pusku-2 intervallis 9,5-13,7 m erilist litoloogilist erinevust ei ole, aga kivim sisaldab *Borealis borealis*'e kojapoolmeid, mille alusel võib antud intervalli Tammiku kihistikuks pidada. Joonisel 25 esitatud Hilliste kihistu leviala piirile väga lähedal asuva Asuküla puuraugu Karinu kihistiku puursüdamikust on tänapäevaks säilinud ainult 1 m jagu materjali, aga selle põhjal võib märkida, et see on litoloogiliselt analoogiline Pusku-2 südamikuga sügavuses 7,7-9,5 m ja Lelle (D-102) puursüdamiku sügavusintervallis 66,6-73,0 m esineva detriitse lubjakiviga ning selles leidub samuti suuri stromatopooride bioklaste.



Joonis 18. Jämedetriitne lubjakivi. Vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 71,2-71,35 m;
paremal – Pusku-2 sügavusintervall 7,6-7,5 m



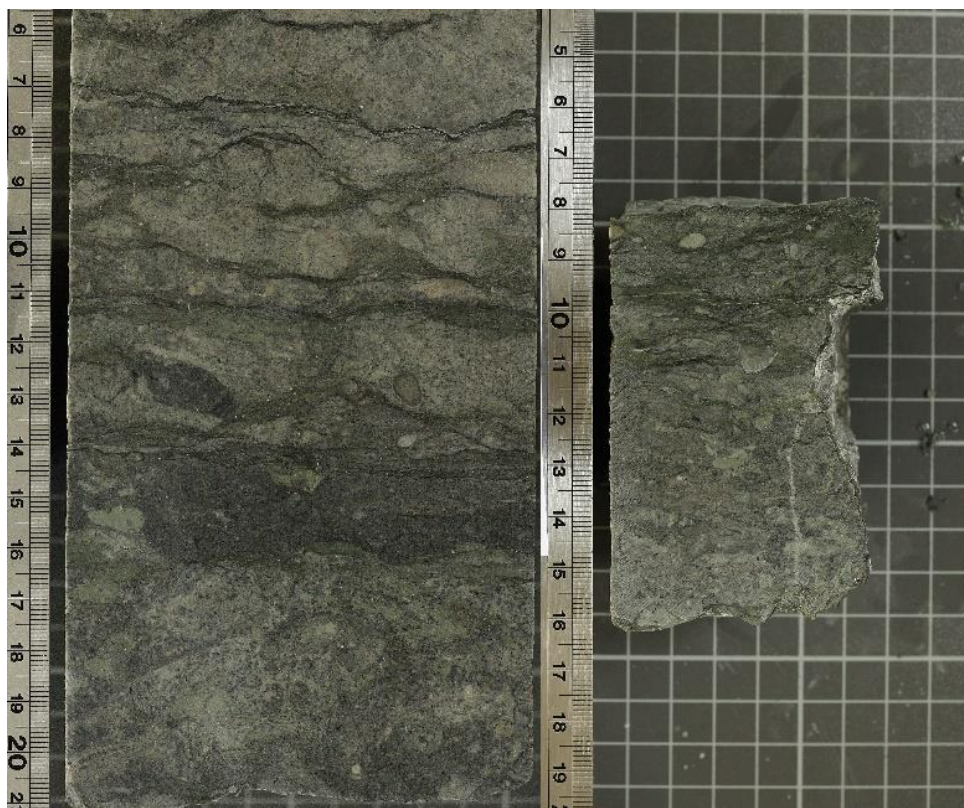
Joonis 19. Jämedetriitne lubjakivi. Vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 73,05-73,20 m;
paremal – Pusku-2 sügavusintervall 8,5-8,55 m.

Hiiumaal Hilliste kihistu levialal paiknevates ja käesolevas töös kirjeldatud Orjaku (intervall 14,4-24,4 m, samuti kirjeldatud „*Silur Estonii*’s“ H. Nestori poolt – Nestor, 1970), Männamaa (F-367, intervall 29,0-34,9 m) ja Valgu (F-363, intervall 31,40-39,75 m) puuraugus on Hilliste kihistu esindatud peen- kuni jämedetriitse ning bioklaste ja veeriseid sisaldava teralis-mikriitse lubjakiviga, mis on poolmugulja tekstuuriga ja arvukate rohekashallide õhukeste merglikelmetega. Nimetatud puuraukudes ei esine Hilliste kihistu piires biomorfset lubjakivi ja kivim on analoogiline Lelle (intervall 66,6-73,0 m), Saunaküla (intervall 24,4-26,05 m), Pusku-2 (intervall 7,7-9,5 m) ja Asuküla (intervall 18,1-19,9 m) puuraugus esinevate detriitsete, faunaveeristega lubjakividega (joonis 20-24).

Käesolevas töös tehtud makrolitoloogiliste kirjelduste põhjal, võttes arvesse esimeses peatükis välja toodud Stratigraafia Juhisel põhinevaid litostratigraafiliste üksuste püstitamise reegleid, saab väita, et Hilliste kihistu ei esine raamatus „*Silur Estonii*“ esitatud leviala piires lausaliselt ning vajaks stratigraafia juhise põhimõtete kohaselt täpsemat litoloogilist piiritlemist ja/või revideerimist.



Joonis 20. Teralis-mikriitne lubjakivi. Vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 72,1-72,2 m; paremal – Orjaku sügavusintervall 16,0-16,2 m.



Joonis 21. Teralis-mikriitne lubjakivi merglikelmetega. Vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 70,2-70,4 m; paremal – Orjaku sügavusintervall 21,95-22,05 m.



Joonis 22. Afaniitne lubjakivi. Vasakul – Lelle (D-102) sügavusintervall 67,0-67,1 m; paremal – Orjaku sügavusintervall 18,45-18,50 m.



Joonis 23. Männamaa (F-367) teralis-mikriitne lubjakivi bioklastidega. Vasakul – sügavusintervall 33,95-34,05 m; keskel – sügavusintervall 34,35-34,40 m; paremal – sügavusintervall 34,5-34,6 m.



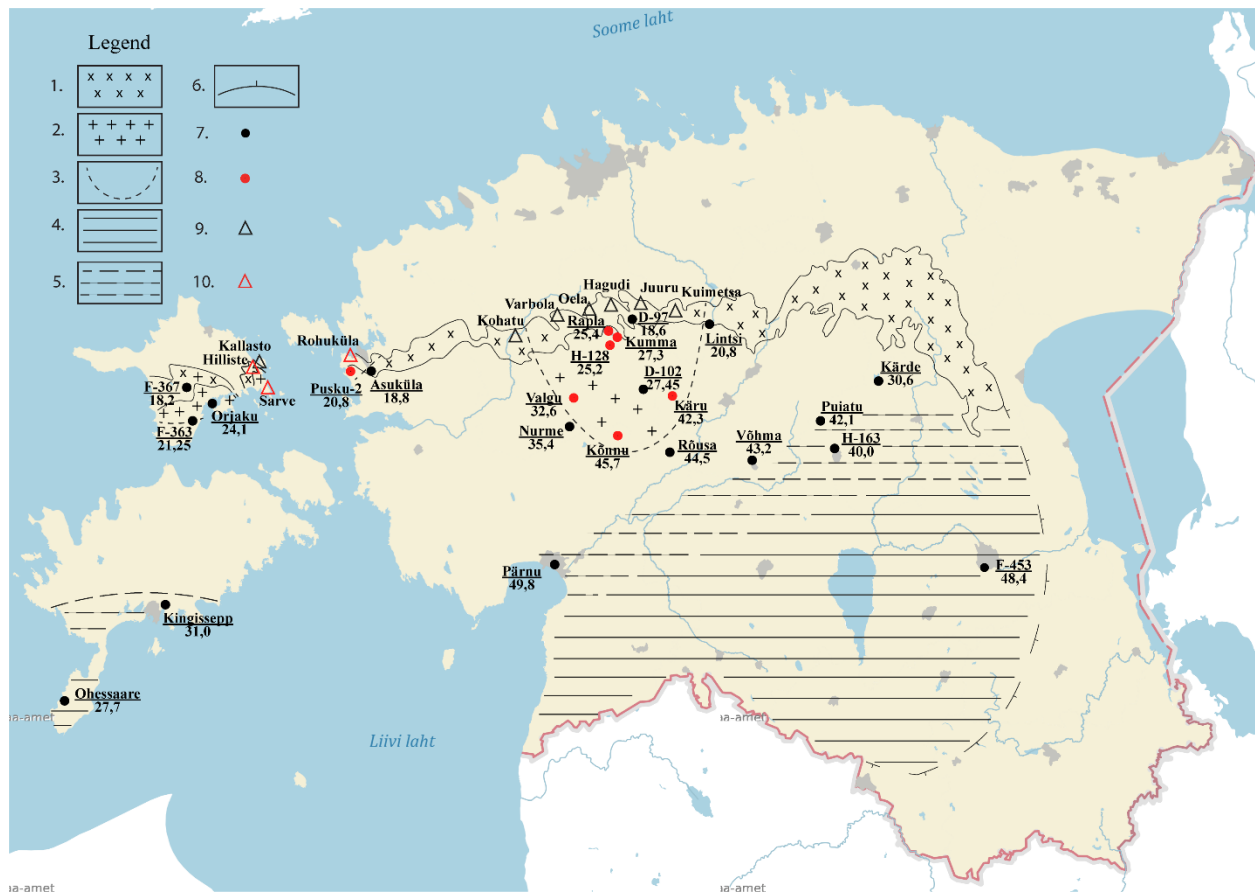
Joonis 24. Valgu (F-363) teralis-mikriitne lubjakivi bioklastidega. Vasakul – sügavusintervall 30,7-30,8 m; keskel – sügavusintervall 30,85-30,90 m; paremal – sügavusintervall 38,6-38,7 m.

4. Arutelu

Põhja-Eestis algab Juuru lademe läbilõige Varbola kihistuga ning selle lasumi moodustab Tamsalu kihistu. Kihistute levialad on sarnased, aga Varbola kihistu leviala ulatub kaugemale lõunasse ning omab kattuvust Õhne kihistu levialaga (Meidla et al., 2017), nii nagu on kujutatud joonisel 25. Varbola kihistu paksus varieerub vahemikus 8,8-24,6 m ja Tamsalu kihistu paksus 8,8-18,5 m (Nestor, 1997). Kesk-Eestis ja Juuru lademe leviala põhjapoolsemas osas vastab Tamsalu kihistu Juuru lademe ülemisele osale (Meidla et al., 2017), lääne pool asendub Tamsalu kihistu kehtiva stratigraafilise skeemi (Männik, 2014) alusel osaliselt Hilliste kihistuga.

Hilliste kihistu levialaks on raamatus „*Silur Estonii*“ (Nestor, 1970, lk 207, joonis 54) loetud Rapla-Käru ja Haapsalu-Rohuküla piirkond ning Hiiumaa (joonis 25). Hilliste kihistu on oma levialal loetud vastavaks Tamsalu kihistu ülemisele ja Raikküla kihistu alumisele osale (Nestor, 1995).

Lõuna-Eestis vastab tervele Juuru lademele Õhne kihistu. Põhja-Eesti ja Saaremaa suunas asendub Õhne kihistu lateraalselt Varbola ja Tamsalu kihistuga. Õhne kihistu maksimaalne paksus (63,7 m) on kindlaks tehtud Viljandi-91 puursüdamikus (Nestor, 1997).



Joonis 25. Juuru lademe leviala (muudetud Nestor, 1970, “*Silur Estonii*”, lk 207, joonis 54 ja Maa-Amet, 2021, 1: 400 000 geoloogilise kaardi järgi). Legend: 1 – Juuru lademe avamus; 2 – Hilliste kihistu leviala; 3 – Hilliste kihistu leviala piir; 4 – Õhne kihistu leviala; 5 – Teiste kihistute alla jääv Õhne kihistu osa; 6 – Juuru lademe leviala piir; 7 – Puurauk, milles Hilliste kihistut ei ole kirjeldatud; 8 – Puurauk, milles Hilliste kihistut on kirjeldatud; 9 – Paljand, milles Hilliste kihistut ei ole kirjeldatud; 10 – Paljand, milles Hilliste kihistut on kirjeldatud.

Käesolevas töös kirjeldatud läbilõigetest [Tartu (453), Põltsamaa (H-163), Lelle (D-102), Inglise (D-97), Saunaküla (H-128), Asuküla, Puskü-2, Orjaku, Männamaa (F-367) ja Valgu (F-363)] moodustub profiil, millel on hinnatud Varbola ja Õhne kihistute tormikihtide esinemissageduse ja kivimi mergli osakaalu muutusi ning võrreldud Hilliste leviala piires esinevaid Hilliste kihistu ja Tamsalu kihistu Karinu kihistiku litoloogilisi tunnuseid.

Varbola kihistu läbilõige algab selle basaalsel osal moodustava erandliku ja ainult kohati esineva Koigi kihistikuga, mille paksus kõigub 0,3-2 m vahemikus. Hästi väljendunud Koigi kihistik on

olemas Männamaa F-367 (paksusega, 0,3 m), Valgu F-363 (paksusega 1,25 m), Orjaku (paksusega 1,7 m), Pusku-2 (paksusega 0,3 m) ja Lelle D-102 (paksusega 1,1 m) puursüdamikus. Saunaküla H-128 puursüdamiku intervallis 42,8-43,6 m pole selge, kas antud intervalli tuleks pidada Koigi või Tõrevere kihistikuks. Asuküla ja Inglise D-97 puursüdamikus Koigi kihistikku ei esine. Männamaa ja Orjaku puursüdamikus on Koigi kihistik mõlemalt poolt piiritletud katkestuspinnaga. Valgu puursüdamikus katkestuspinda ei esine, aga üleminek on kivimiliselt terav. Pusku-2 varasemate kirjelduste järgi on Koigi kihistik nii alt kui ülalt piiritletud katkestuspinnaga, kuid kehva puursüdamiku seisukorra tõttu seda täna enam ei näe. Lelle D-102 puursüdamikus esineb katkestuspind vaid alumisel piiril. Kõigest sellest järeldub, et tegemist on läätsjalt ja katkendlikult leviva kivimkehaga, mille seos Varbola kihistuga ei ole alati piisavalt selge.

Varbola kihistut iseloomustab mergli osakaal alla 40% (mõõdetuna ühemeetrises intervallis). Varbola kihistu läbilõikes alt üles jälgitav mergli osakaalu langus tuleneb ilmselt Varbola ea jooksul toimunud mere regressioonist (suhtelise veetaseme alanemisest) ja settekeskkonna madalamaveelisemaks muutumisest. Mergli osakaal jõuab Tamsalu kihistu omaga sarnasele tasemele (5-15%) juba mõned meetrid allpool Tamsalu kihistu piiri. Samuti on käesolevas töös täheldatud tempestitide (tormikihtide) esinemissageduse tõusu profiilil Kesk-Eesti ja saarte poole ning läbilõikes alt üles. Tempestitide esinemissageduse ja mergli osakaalu vahel on pöördvõrdeline seos. Õhne kihistus (Tartu puursüdamik) tempestitte ei esine. Põltsamaa puursüdamiku Varbola kihistus esineb neid vähe ning ainult Varbola kihistu ülemises osas. Kuna tempestitidid on intervallid, milles tormilainetus on suhteliselt lühikese aja jooksul moodustanud paksemaid konglomeraatseid ja purustatud faunaveeristega vahekihte (joonis 26), siis see tähendab, et vastav paik on asunud lainetuse mõju piirkonnas (ülalpool lainebaasi) ning see näitab settekeskkonna madalaveelist iseloomu. Kesk- ja Lõuna-Eesti territooriumil, kus toimub Varbola kihistu järk-järguline lateraalne asendumine Õhne kihistuga, saab Varbola kihistu ja Õhne kihistu vaheliseks piiriks pidada mergli osakaalu 40% ning Õhne kihistus esineb üldjuhul sellest kõrgem mergli osakaal. Eeltoodud faktid kajastavad Varbola kihistu regressioonilist iseloomu ning pakuvad selgeid kriteeriume selle eristamiseks Tamsalu kihistust.



Joonis 26: Tormikihid Lelle (D-102) puursüdamiku Varbola kihistus (sügavusintervall 80,3-80,4 m)

Käesolevas töös kirjeldatud läbilõigetes ei ole Varbola ja Tamsalu kihistu piiril selget litoloogilist muutust. Piir on seotud massilise *Borealis borealis*'e ilmumisega, kusjuures Varbola kihistu ülemises osas esinevale teralis-mikriitsele lubjakivile (mergli osakaaluga 5-15%) sarnane kivim jätkub Tammiku kihistikus. Kesk-Eesti puuraukudes (Lelle, Inglise ja Saunaküla) on Tammiku kihistiku paksus 3-4 m ja kivim sisaldab *Borealis borealis*'e kojapoolmeid (joonis 27) mõõdukal hulgal (10-20% kivimi massist – Nestor, 1970). Asuküla puursüdamikus esineb lokaalselt kõrgem Tammiku kihistiku paksus (6,3 m), aga *Borealis borealis*'e sisalduselt sarnaneb see läbilõige Kesk-Eesti puursüdamikele. Pusku-2 puursüdamiku Tammiku kihistikus (paksus 4,2 m) esineb selgelt vähem *Borealis borealis*'e kodusid. Hiiumaal (Orjaku, Valgu ja Männamaa puursüdamikus) kahaneb Tammiku kihistik 2-3 m paksuseks ning selle piiride määramine makrolitoloogilisel meetodil on raskendatud, sest *Borealis borealis*'e leide on väga vähe ja Tammiku kihistiku lubjakivi muutub litoloogiliselt väga sarnaseks lamava Varbola kihistu ja lasuva Hilliste kihistu lubjakivile. Piiride määramist raskendab ka asjaolu, et *Borealis-borealis*'t leidub kohati ka Karinu kihistikus ja Varbola ning Hilliste kihistus. *Borealis borealis*'e esinemist arvestamata on Lelle (D-102) puursüdamiku Tammiku kihistik litoloogiliselt väga sarnane Karinu

kihistikule. Inglise (D-97) ja Asuküla puuraugu Tammiku ja Karinu kihistikku on tugeva dolomiidistumise tõttu teistega raske võrrelda.



Joonis 27. Saunaküla Tammiku kihistiku *Borealis*-lubjakivi (sügavusintervall 28,85-29,0 m).

Hilliste kihistule on iseloomulikud krinoidlubjakivid ja biohermid, kuid esineb ka pelletlubjakive, mergleid, savikaid lubjakive ning konglomeraatseid vahekihte (Nestor, 1995, lk 89). Hiiumaal on biohermid levik kindlaks tehtud Hilliste (joonis 28 ja 29) ja Sarve paemurrus. Raamatus „*Silur Estonii*“ on kaardil (Nestor 1970, joonis 54) näidatud kaks kihistu leviala, mis ei ole omavahel ühendatud – Hiiumaa koos väikese piirkonnaga Haapsalust edelas ning Rapla-Käru piirkond (joonis 25).

Biohermid on olemuselt kupli- või kuhikulaadset kivimkehad, mis on väga hästi jälgitavad näiteks Hilliste paemurru seintes (joonis 28 ja 29). Riffide levik ei ole siiski lausaline ja riffide vahele jääval alal levivad lubjakivid, mida võiks kihistu leviala alusel Hilliste kihistusse lugeda, mis aga on väga sarnased Karinu kihistiku lubjakividega. Seega on olemasolevaid tunnuseid arvestades Hilliste kihistu levik leviala piires ilmselt katkendlik ning riffidega läbilõigete vahel esinevad läbilõiked, milles kivimitel puuduvad Hilliste kihistule iseloomulikud tunnused.



Joonis 28: Bioherm Hilliste paemurrus (Foto: T. Meidla, 2010).



Joonis 29: Hilliste paemurru põhjasein (Foto: T. Meidla, 2012).

Geoloogilistel uuringutel näib Hilliste kihistu eristamisega olevat probleeme. Aruandes „Eesti Maapõue kirjeldamise standardiseerimine“ (Meidla et al., 2017) on välja toodud, et Maa-ameti puursüdamike andmebaasis sisalduvate andmete põhjal on Hilliste kihistut kirjeldatud ainult kahes punktis, mis asuvad Hiiumaal ja Läänemaal. Rapla-Käru piirkonnast ei ole registreeritud leide, ehkki sellest piirkonnast on andmebaasis rohkesti läbilõikeid. Sellest järeldub, et Hilliste kihistu ei ole praktikas laialt kasutatav üksus. Aruandes mainitakse, et tõenäoliselt on kaardistajad süstemaatiliselt vältinud Hilliste kihistu kasutamist, või siis puuduvad puursüdamikus selged kihistule viitavad tunnused (Meidla et al., 2017). Põhjusel, et Rapla-Käru piirkonnas pole Maa-ameti andmetel Hilliste kihistut kaardistatud, on käesolevas töös koostatud läbilõigete kirjeldusi võrreldud raamatus „*Silur Estonii*“ esitatud läbilõigetega antud piirkonnas.

Raamatus „*Silur Estonii*“ (Nestor, 1970, lk 217, tabel 28) on Hilliste kihistu eristatud Rapla, Kumma, Kõnnu, Käru, Valgu, Pusku-2, Sarve ja Orjaku puuraugus. Samal ajal on näidatud levialade piires loetletud läbilõigete vahel ka selliseid läbilõikeid, milles Hilliste kihistut

kivimiliste tunnuste alusel eraldada ei saa, sest puuduvad nii riffid kui ka krinoidlubjakivid. Nii ei esine näiteks käesoleva töö raames koostatud makrolitoloogiliste kirjelduste kohaselt ei Orjaku, Valgu (F-363) ega Männamaa (F-367) puursüdamikus biohermi ega krinoidlubjakivi, kusjuures Orjaku ja Valgu (F-363) puurauk asuvad Maa-ameti kaardirakenduse 1:50 000 geoloogilise kaardi andmetel Hilliste kihistu levialal (Maa-amet, 2021) ning Orjaku puurauk on Nestori (1970) andmetel üks Hilliste kihistu läbilõikeid. Raplast kirdes, Hilliste kihistu levialal asuvas Ingliste (D-97) puuraugus ja Kärü puuraugust loodes asuvas Lelle (D-102) puuraugus on aga eristatud hoopis Karinu kihistik.

Ka Hilliste kihistu lasumussuhted näivad olevat üsna keerulised. Nestor (1970, „*Silur Estonii*“, lk 218) on välja toonud, et Hilliste kihistu lasub Rapla-Kärü piirkonnas Tammiku kihistiku *Borealis*-lubjakivil. Antud väide on vastuolus tabelis 28 (Nestor, 1970, „*Silur Estonii*“, lk 217) antud Tamsalu kihistu kihistike piiride sügavusinfoga, mille järgi lasub Rapla, Kõnnu ja Kärü puuraugu Tammiku kihistikul hoopis Karinu kihistik (ja Karinu kihistikul Hilliste kihistu). Kumma ja Valgu puuraugus esineb vastupidine olukord – Hilliste kihistu lasub Tammiku kihistikul ja Karinu kihistik lasub Hilliste kihistul. Valgu puuraugus esinevad Karinu kihistik ja Hilliste kihistu omavahel vahelduvatena mitmeid kordi (Nestor, 1970, „*Silur Estonii*“, lk 217, tabel 28). Sarnane olukord on ka käesolevas töös kirjeldatud Saunaküla (H-128) puursüdamikus, mis asub Rapla ja Kumma puuraugu vahetus läheduses. Saunaküla puursüdamiku Hilliste kihistu ülemises osas esineb väikeste biohermidega krinoidlubjakivi ja alumises osas teralis-mikriidiline lubjakivi.

Ülaltoodu alusel on selge, et ei Hiiumaa ega Kesk-Eesti piiresse jääval Hilliste kihistu levialal ei esine biohermid kõigis piirkonna läbilõigetel, vaid katkendlikult ja lokaalselt, ning see tõstatab küsimuse Hilliste kihistu kui iseseisva riff- ja krinoidlubjakividega iseloomustatud litostratigraafilise üksuse põhjendatusest. Ka kihistu lasumussuhted on varieeruvad. Sellist olukorda saab võrrelda Ärina kihistuga, mille koosseisus esialgu kihistikena eraldatud Vohilaiu, Siuge ja Tõrevere võivad stratigraafilises järjestuses varieeruda isegi üksteise lähedal asuvas läbilõigetel (Ainsaar et al., 2015) ning ei kujuta endast seetõttu konventsionaalseid litostratigraafilisi üksusi.

5. Kokkuvõte

Töö käigus koostati kümne puursüdamiku makrolitoloogiline kirjeldus, milles on iseloomustatud, profiilil Tartu – Kesk-Eesti – Raplamaa – Hiiumaa, Varbola, Tamsalu ja Hilliste kihistuid ning nende piires eraldatud kihistikke. Läbilõike alumises osas mõõdeti Varbola kihistu mergli osakaalu joonmeetodil, hinnati kivimilisi suhteid Varbola kihistu üleminekul Õhne ja Tamsalu kihistusse ning Varbola kihistu tempestiitide (tormikihtide) esinemissageduse muutusi. Läbilõike ülemises osas on Tamsalu kihistu Karinu kihistiku ja Hilliste kihistu makrolitoloogiliste tunnuste võrdlemise kõrval pööratud tähelepanu rifi esinemisele ja puudumisele ning Hilliste kihistu levikuandmete ja lasumussuhete detailsele analüüsile. Samuti võrreldi kirjeldatud puursüdamikke raamatus „*Silur Estonii*“ esitatud Hilliste kihistu levialal asuvate läbilõigetega.

Koigi kihistiku afaniitsed lubjakivid on läätselise levikuga ning eristuvad selgelt Varbola kihistu savikatest lubjakividest. See kihistik ei eristu kõikides puursüdamikes selgelt ja kohati puudub see üldse. Koigi kihistikul lasuvale Varbola kihistu põhiosale on kõikides käesolevas töös uuritud puursüdamikes iseloomulik selgelt kõrgem mergli osakaal alumises osas ja selle langustrend kihistu ülemise osa suunas. Lõuna-Eesti suunal Varbola kihistut lateraalselt asendava Õhne kihistu eristamiseks sobib 40% mergli osakaalu piir. Varbola kihistu mergli osakaal langeb Tamsalu kihistu tasemele (5-15%) Varbola kihistu ülemises osas ning üleminekul Varbola kihistu ja Tamsalu kihistu vahel märkimisväärset litoloogilist muutust kivimis ei toimu, piir on seotud *Borealis borealis*'e esinemissageduse muutusega. Tormikihtide esinemissagedus tõuseb Varbola kihistu ülemise osa suunas, mis tähendab pöördvõrdelist seost mergli osakaalu langusega.

Käesolevas töös koostatud ja Hilliste kihistu levialale jäävate puursüdamike makrolitoloogilise kirjelduse ning raamatus „*Silur Estonii*“ esitatud läbilõigete võrdluse alusel saab väita, et Hilliste kihistule omase biohermi ja krinoidlubjakivi levik, nii läbilõikes, kui ka lateraalselt, on katkendlik. Nende vahele jäävates läbilõigetes on kivimid väga sarnased Karinu kihistiku lubjakivile. Võimalik, et sellel põhjusel pole Hilliste kihistu olnud geoloogilise kaardistamise praktikas laialt kasutatav üksus. Kuna kivimite ja setendite litoloogia on tihedalt seotud piirkonna geoloogilise arenguga, siis koosõlas Stratigraafia Juhise põhimõtetega võiks sarnases settekeskkonnas

moodustunud ja sarnaste litoloogiliste tunnustega kivimeid käsitleda ühe litostratigraafilise üksusena.

Kirjanduse loetelu

Aaloe, A., 1958. Juuru (G_I) ja Tamsalu (G_{II}) lademe stratigraafia. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi Uurimused, III, 81–100.

[<https://www.etera.ee/s/01AW2QFgka>] [vene keeles]

Aaloe, A., Kaljo, D. & Sokolov, B., S., 1961. Vene platvormi loodeosa Siluri litoloogilis-paleogeograafilised kaardid. Vene platvormi ja selle geosünkliinalse raamistiku litoloogilis-paleogeograafiliste kaartide atlas. 1. Hiline-Eelkambrium ja Paleosoikum. Moskva-Leningrad, lehed 10-13. [vene keeles]

Ainsaar, L., Truumees, J. & Meidla, T., 2011. Carbon isotope chemostratigraphy of the Ordovician/Silurian boundary beds in central Estonia: new data from drillcores in the Pandivere area. The Eighth Baltic Stratigraphical Conference, 28 August–1 September 2011, Latvia. Abstracts, 10.

Ainsaar, L., Truumees, J. & Meidla, T., 2015. The Position of the Ordovician-Silurian Boundary in Estonia Tested by High-Resolution $\delta^{13}\text{C}$ Chemostratigraphic Correlation. In: Ramkumar, M. (ed.). Chemostratigraphy: Concepts, Techniques and Applications, 395–412. Elsevier.

DOI: 10.1016/B978-0-12-419968-2.00015-7

Bassler, R., F., 1911. The Early Paleozoic Bryozoa of the Baltic Provinces. Smithsonian Inst., US National Museum Bull., 77, 1–382.

Bauert, H., Ainsaar, L., Bauert, G., Nõlvak, J., Põldsaar, K., & Sepp, S. (2014). Integrated Ordovician $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy and chitinozoan biostratigraphy of the Tartu drillcore section, southern Estonia. In H. Bauert, O. Hints, T. Meidla, & P. Männik (Eds.), The Early to Middle Palaeozoic Revolution (pp. 16–16). University of Tartu. Bekker, H., 1922. Ülevaade Eesti ordoviitsiumi ja siluuri kohta käivatest uurimistest. Loodus, 4, 217–224.

Bekker, H., 1925. Lühike ülevaade Eesti geoloogiast. (Eozoiline ja paleozoiline ladekond). Rmt.: Eesti Loodus, Tartu, 31–61.

Bickert, T., Pätzold, J., Samtleben, C. & Munnecke, A., 1997. Paleoenvironmental changes in the Silurian indicated by stable isotopes in brachiopod shells from Gotland, Sweden. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 2717-2730.

Dunham, R., J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: (ed. W. E. Ham) *Classification of Carbonate Rocks*, Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 108-121.

Eichwald, E., 1825. *Geognostico-zoologicae, per Ingriam marisque Baltici provincias, nec non de trilobitis observationes*. Casani, 1–58.

Engelhardt O., M., L., 1820. *Darstellung aus dem Felsgebäude Russlands. Erste Lieferung. Geognostischer Umriss von Finland*. Berlin, 1-44.

Engelhardt, M. & Ulprecht, E., 1830. *Umriss der Felsstructur Estlands und Livlands*. *Karstens Arch. Miner.*, 2, 94–112.

Gailite, L., K., Rybnikova, M., V. & Ulst, R., Ž., 1967. Stratigraphy, fauna and conditions of formation of the Silurian rocks of the Central Baltic, 1–304. *Zinatne*. [vene keeles]

Hints, O., Martma, T., Männik, P., Nõlvak, J., Pöldvere, A., Shen, Y. & Viira, V., 2014. New data on Ordovician stable isotope record and conodont biostratigraphy from the Viki reference drill core, Saaremaa Island, western Estonia. *GFF*, 136, 100–104.

Jaanus, A., 1972. *Juuru lademe litoloogias Hiiumaal puuraukude andmetel*. Diplomitöö, juhendaja: E. Kala, 1-89. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder.

Jürgenson, E., 1966. *Eesti Llandovery kivimite litoloogia*, Eesti NSV TA Geoloogia Instituut, Tallinn, 1–65. [vene keeles]

Kaljo, D., 1970. Outline of the history of studies of the Estonian Silurian. In D. Kaljo (eds.), *The Silurian of Estonia*, 11–13. Valgus.

Kaljo, D., 1997. Rugose corals. In: Raukas, A., Teedumäe, A. (eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 223-224.

Kaljo, D., Klaamann, E., Nestor, H., Einasto, R., & Jürgenson, E., 1970. *Faatsiesed ja basseini areng*. Rmt.: Kaljo, D. (toim.), *Eesti Silur*, 301–317. Valgus, Tallinn. [vene keeles]

Meidla, T., Ainsaar, L. & Hints, O., 2014. The Ordovician System in Estonia. In: Bauert, H., Hints, O., Meidla, T. & Männik, P. (eds.). 4th Annual Meeting of IGCP 591, Estonia, 10-19 June 2014. Abstracts and Field Guide. University of Tartu, Tartu, 116-118.

Meidla, T., Ani, T. & Lasberg, K., 2017. Eesti Maapõue kirjeldamise standardiseerimine. Lisa 4. Siluri ladestu. Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud projekti aruanne, 1-65. Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Geoloogia osakond, Tartu.

Murphy, M., A. & Salvador, A., 2000. Rahvusvaheline stratigraafia juhised: Lühendatud versioon, tõlkinud: Rubel, M., Rahvusvaheline Geoloogiateaduste Liit (IUGS).
[http://stratigraafia.info/materjalid/STRAT_JUHIS.pdf]

Männik, P., 1992. Upper Ordovician and lower Silurian conodonts in Estonia. *Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis*, 1, 1–49, Tartu.

Männik, P., 2014. The Silurian System in Estonia. In Bauert, H., Hints, O., Meidla, T. & Männik, P., (eds.). 4th Annual Meeting of IGCP 591, Estonia, 10-19 June 2014. Abstracts and Field Guide. University of Tartu, Tartu. p. 123-128.

Männil, R., 1949. Siluri setendite ülevaade profiilil Tallinn-Järvakandi-Võhma, (Eesti NSV). Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia instituut, käsikiri. [vene keeles]

Mõtus, 1997. Tabulate corals. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 219-223.

Nestor, H., 1964. Eesti ordoviitsiumi ja ländouveri stromatopoorid. Tallinn, 1–112.
[<https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/121434>] [vene keeles]

Nestor, H. & Kala, E., 1968. Põhja-Baltikumi Siluri Basaalkihtide stratigraafiline revisjon. Rmt.: Grigelis, A. (toim.), *Baltikumi Alam-Paleosoikumi stratigraafia ja korrelatsioon teiste piirkondadega*. Mintis, 188–214. [vene keeles]

Nestor, H., 1970. Juuru lade. Rmt.: Kaljo, D. L. (toim.), *Eesti Silur*,. Tallinn, Valgus, 204-221.
[vene keeles]

Nestor, H., 1995. Comments to the Modernized Silurian Correlation Chart of Estonia and Latvia. *Geologija*, 17, 88–95. Vilnius.

Nestor, H., 1997. Stromatoporoids. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 215-219.

Nestor, H., 1997. Silurian. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, 89-106. Tallinn.

Nestor, H. & Einasto, R., 1977. Siluri Balti paleobasseini fatsiaal-sedimentoloogiline mudel. Rmt.: Kaljo, D. L. (toim.), *Baltikumi Siluri faatsiesed ja fauna*. ENSV TA Geoloogia Instituut, Tallinn, 89–121. [vene keeles]

Nestor, H. & Einasto, R., 1997. Ordovician and Silurian carbonate sedimentation basin. In Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 192-204.

Nestor, H., Einasto, R., Männik, P. & Nestor, V., 2003. Correlation of some lower-middle Llandoverly reference sections in central and southern Estonia and sedimentation cycles of lime muds. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology*, 52, 3–27.

Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.), 1997. *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn. 436 pp. ISBN 9985-50-185-3

Raymond, P., E., 1916. The correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of eastern North America. *Expedition to the Baltic Provinces of Russia and Scandinavia, 1914*. Part 1, 56, 177–286.

[<https://www.biodiversitylibrary.org/page/4630568#page/392/mode/1up>]

Rosenstein, E., 1938. Borealis-lubjakivid Tamsalu-Rakke vahelises lubjatööstusrajoonis. *Eesti Loodus*, VI, 162-168. [<http://www.digar.ee/id/nlib-digar:348143>]

Rosenstein, E., 1940. Andmeid Juuru lademe kohta. *Eesti Loodus*, VIII, 178-186. [<http://www.digar.ee/id/nlib-digar:348167>]

Resheniya... 1978 – Baltikumi unifitseeritud stratigraafiliste skeemide väljatöötamise ametkondadevahelise stratigraafia konverentsi otsused aastast 1976 koos unifitseeritud stratigraafilise korrelatsiooni tabelitega. Leedu Naftauuringute ja Geoloogia Instituut (LitNIGRI) Leningrad, 1–85.[vene keeles]

Resheniya... 1987 – Ametkondadevahelise stratigraafia konverentsi otsused Ida-Euroopa platvormi Ordoviitsiumi ja Siluri kohta aastast 1984 koos regionaalsete stratigraafiliste skeemidega. Üleliiduline Teadusliku Geoloogilise Luure Instituut (VNIGRI), , Leningrad, 1–115. [vene keeles]

Rõõmusoks, A., 1967. Viru ja Harju seeria (Oroviitsium) stratigraafia Põhja-Eestis. Doktoritöö autoreferaat, NSVL TA Geoloogia Instituut, 1–58. [vene keeles]

Schmidt, F., B., 1858. Untersuchungen über die Silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel. Archiv Für Die Naturkunde Liv-, Ehst- Und Kurlands, 2, 1–249.

Schmidt, F., B., 1879. Meie teadmiste uusimast seisust Siluri ladestu kohta. St. Peterburgi Looduseuurijate Seltsi Uurimused, , 10, 42–48. [vene keeles]
[<https://elibrary.tambovlib.ru/?ebook=3409#n=50>]

Schmidt, F., B., 1881. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. I. Phacopiden, Cheiruriden und Encrinuriden. Mémoires de L'Académie Impériale Des Sciences de St.-Petersbourg, 30, 1–237.

Schrenk, A., G., 1854. Uebersicht des obern Silurischen Schichtensystems Liv- und Ehstlands, vornämlich ihrer Inselgruppe. Erster Theil. Geognostisch-geologische Skizze, pp. 1–112. Heinrich Laakmann. [<https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10284578?page=1>]

Sokolov, B., S., 1951a. NSVL Euroopa-osa Paleosoikumi tabulaadid, 1. Lääne-Uurali ja Baltikumi Ordoviitsium. Rmt.: Rjabinin, V. N. (toim.), Üleliidulise Teadusliku Geoloogilise Luure Instituudi (VNIGRI) Toimetised, Gostoptehizdat, 1–132. [vene keeles]

Sokolov, B., S., 1951s. NSVL Euroopa-osa Paleosoikumi tabulaadid, 2. . Baltikumi Silur (Llandovery ladejärgu favositiidid). Rmt.: Jachchurzinskaya, A. B. (toim.), Üleliidulise

Teadusliku Geoloogilise Luure Instituudi (VNIGRI) Toimetised, 53, 1–124. Gostoptehizdat.
[vene keeles]

Sokolov, B., S., 1952. NSVL Euroopa-osa Paleosoikumi tabulaadid, 3. . Baltikumi Silur (Wenlock ija Ludlowi ladejärgu favositiidid). Rmt.: Yachchurzinskaya, A. B. (toim.), Üleliidulise Teadusliku Geoloogilise Luure Instituudi (VNIGRI) Toimetised,, 1–85. Gostoptehizdat. [vene keeles]

Sokolov, B., S., 1955. NSVL Euroopa-osa Paleosoikumi tabulaadid. Sissejuhatus. Süstemaatika ja arenguloo üldküsimumused (koos lähedaste rühmade morfoloogia iseloomustusega). Rmt.: Obut, A. M. (toim.), .), Üleliidulise Teadusliku Geoloogilise Luure Instituudi (VNIGRI) Toimetised, 85, 1–328. Gostoptehizdat. [vene keeles]

Strangways, W., T., H., F., 1821. Geological Sketch of the Environs of Petersburg. Transactions of the Geological Society of London, 5, 392–458.

Strangways, W., T., H., F., 1822. An Outline of the Geology of Russia. Transactions of the Geological Society of London, 1, 1–39.

Twenhofel, W., H., 1916. The Silurian and High Ordovician strata of Esthonia, Russia and their Faunas. Expedition to the Baltic Provinces of Russia and Scandinavia, 1914, 56, 287–340.
[<https://www.biodiversitylibrary.org/page/4630568#page/551/mode/1up>]

Williams S H. 1988. Dob's Linn-the Ordovician-Silurian boundary stratotype. In Cocks, L R M and R B Rickards (eds.); A Global Analysis of the Ordovician-Silurian Boundary. Bulletin of British Museum of Natural History, Geology 43: 17-30.

Internetiallikad

Maa-ameti geoportaal. Geoloogiline baaskaart 1:50 000
[<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed/Geoloogilinebaaskaart-1-50000-p39.html>] (Kasutatud 20.05.2020)

Maa-ameti geoportaal. Geoloogilised kaardid 1:400 000
[<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed/Geoloogilised-kaardid-1-400000-p356.html>] (Kasutatud 15.05.2020)

Lisad:

Lisa 1. Tartu (453) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk 453; 182,0 – 231,6 m

Puuraugu asukoht: Tartu

Puursüdamik asub: Tartu Ülikool, Geoloogia osakond

Kuni 182,0 m – Saarde kihistu.

182,0-218,8 m (puuritud 36,8 m / väljatulek 34,2 m) Juuru lade, Õhne kihistu (O₃-S₁õh) – Lubjakivi ja mergel, hall kuni rohekashall, muguljas. Mergli osakaal 40-60% ja kelmete paksus 0,3-2 cm. Süg. 183,8-218,8 m on mööda lainjaid kihipindu purunenud kuni täiesti pude. Ülemise 2 m ulatuses võib täheldada savisisalduse vähenemist, milles lubjakivi osakaal tõuseb (üleminekuline intervall). 182,0-183,8 m muguljas tekstuur säilib, aga toimub üleminek järgmisesse kihti, kus mergli osakaal langeb <10%. Alumisel piiril püriitne lainjas katkestuspind.

218,8-223,0 m (4,2/4,1 m) Juuru lade, Õhne kihistu, Rozeni kihistik (O₃-S₁õhRz) – Lubjakivi ja mergel, rohekas- kuni helehall, muguljas. Sisaldab kohati hematiti (värvuselt punane) süg. 218,8-220,5 m (eriti intensiivselt 219,3-219,8 m). Rohekashallid lainjad mergli vahekihid, paksus 0,3-3 cm. Mergli osakaal varieerub intervalliti: süg. 218,8-219,5 m 40-60% (südamik purunenud mööda mergli kihipindu). 219,5-220,4 m 50-60% (südamik mõõdukalt purunenud). 220,4-222,5 m 60-70% (südamik enamasti täiesti purunenud). 222,5-223,0 m 50-60%. Alumine piir üleminekuline.

223,0-227,0 m (4,0/3,9 m) Juuru lade, Õhne kihistu, Ruja kihistik (O₃-S₁õhRj) – Savikas lubjakivi, helehall, muguljas. Sisaldab püriidikirju ja kvartsiteri, intervallis 223,0-223,7 m teri 10-20%. Rohekashallid lainjad mergli vahekihid (paksus 0,5-2 cm), mergli osakaal 25-30%. Alumine piir üleminekuline. Südamik on mööda lainjaid merglikelmeid kohati purunenud, aga üldiselt heas seisukorras.

227,0-230,4 m (3,4/3,2 m) Juuru lade, Õhne kihistu, Puikule kihistik (O₃-S₁õhP) – Domeriit, hall, massiivne, harvade lubjakivi mugulatega, teri <10% ja süg. 229,8-230,4 m 10-20%, mergli osakaal kuni 70%. Sisaldab kvartsiteri ja suurel hulgal peeneid horisontaalselt orienteeritud püriidikirjeid. Süg. 227,4-227,7 m üleminek muguljale tekstuurile. Alumisel piiril lainjas püriitne katkestuspind.

230,4-231,6 m (1,2/1,2 m) Porkuni lade, Salduse kihistu (O₃sl) – Savikas lubjakivi, kaltsiitse mergli vahekihtidega, hall/rohekashall, horisontaalkihiline ja massiivne. Sisaldab glaukoniidi-, püriidi- ja kvartsiteri. Terade osakaal intervallis 230,4-231,2 m kuni 50% ja selles kvartsiteri kuni 30%. Mergli osakaal 50-60%.

Lisa 2. Põltsamaa (H-163) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk H-163; 70,2-110,2m

Puuraugu asukoht: Põltsamaa

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

70,2 – 80,4 m (puuritud 10,2 m/väljatulek 9,2 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu (S1tm) – Lubjakivi, hall kuni helehall, teralis-mikriitne, süg. 75,6-76,7 m poolafaniitne, poolmuguljas kuni keskmisekihiline, õhukeste (0,2-1 cm paksuste) lainjate rohekashalli mergli kelmatega. Mergli osakaal 10-20%, mis väheneb kihistu ülemise osa suunas. Võrreldes Varbola kihistuga on märgata karbonaatse komponendi osakaalu tõusu, rohkem bioklaste ja katkestuspindu. Sisaldab palju koralle, stromatopore ja *Stricklandia* kogumikke. *Borealis-borealis*'t makrolitoloogilise vaatluse käigus ei tuvastanud. Sisalda palju püriidistunud ihnofossiile ja püriidistunud veeriseid (konglomeraate). Alumisel piiril tasane püriitne katkestuspind.

Katkestuspindade süg. (m): 70,2; 70,5; 70,6; 70,95; 71,1; 71,35; 71,9; 72,0; 72,1; 72,35; 73,9; 75,6; 75,9; 76,1; 76,3; 76,4; 76,6; 77,7; 77,9; 78,3; 78,5; 78,7; 79,2; 80,4.

80,4m – 104,8 m (24,0/22,1 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O3-S1vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, poolmuguljas kuni muguljas, lainjate rohekashallide mergli vahekihtide ja kelmatega. Mergli osakaal 15-40% (karbonaatsuse osakaalu sujuv suurenemine kihistu ülemise osa suunas). Süg. 89,1-104,5 m merglikihtide paksus 1-3 cm ja 80,4-89,1 m on merglikihtide paksus 0,2-1 cm. Esineb koralle ja stromatoporoide, nende bioklastide ja detriidi sisaldus väheneb kihistu alumise osa suunas. Samuti kahaneb kihistu alumise osa suunas katkestuspindade esinemissagedus. Alumine piir üleminekuline.

Katkestuspind süg.: 81,8 m.

104,8 m – 107,0 m (3,2/2,2 m) Juuru lade, Õhne kihistu, Ruja kihistik (O3-S1õhRj) – Lubjakivi, rohekashall, mudaline, õhukese- kuni keskmisekihiline ja kohati muguljas. Võrreldes lamava kihistikuga karbonaatsus kasvab. Lubjakivi mergli vahekord 50/50. Alumine piir tinglik (väljatulekus suur kadu, sügavust raske hinnata) mergli osakaalu suurenemisel.

107,0m – 110,2 m (3,2/1,5 m) Õhne kihistu, Puikule kihistik (O₃-S₁õhRz) – Domeriit, rohekashall, õhukese- kuni keskmisekihilised domeriidi tükid lagunened roheline savimergli sees. Püriidistunud käikudega bioturbiidne materjal. Lubjakivi ja mergli vahakord 30/70. Alumine piir kivimiliselt selge ja väga tugeva püriitse katkestuspinnaga. Väljatulekus suur kadu.

110,2 – 111,6 m (1,4/1,4 m) Porkuni kihistu – Dolomiit, kollakashall, massiivne, kavernoosne. Vohilau või Rõa tüüpi kivim. Katkestuspind süg. 110,25 ja 110,3 m.

Lisa 3. Lelle (D-102) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk D-102; 66,5-96,2 m

Puuraugu asukoht: Lelle

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

66,5-73,0 m (puuritud 6,5 m/väljatulek 6,5 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Karinu kihistik (S₁tmK) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, beež- kuni sinakashall, ülemises osas kihiti poolafaniitne (süg. 66,5-68,5 m), sisaldab bioklaste (korallid, stromatopoorid, rugoosid), keskmisekihiline, rohekashallide (0,2-1 cm paksuste) intervalliti koondunud merglikelmetega. Mergli osakaal 10-20%. Intervalliti korduvad ~20-30 cm paksused puhtamad lubjakivid, kus esineb paari mm paksuseid merglikelmeid (ja stüloliitpindu) ja 20-30 cm paksused lubjakivid, milles on merglikelmeid tihedamalt (kuni ~1 cm paksused). Intervallides, kus merglikelmed koonduvad on kivimi tekstuur poolmuguljas. Süg. 68,5-73,0 m purdmaterjali osatähtsus suurem (rohkem veeriseid) ja detriit jäme. Süg. 72,1-72,4 m esineb massiivne, biomorfne ja peenpurdne lubjakivi, mis sisaldab palju suuri bioklaste. Alumine piir seotud *Borealis-borealise* kojapoolmete ilmumisega.

Katkestuspinnad süg. (m): 67,2; 67,3; 67,4; 67,6; 67,65; 67,8; 67,9; 68,1; 68,4; 68,5; 68,6; 68,8; 68,9; 69,3; 69,4; 69,45; 69,55; 69,6; 69,7; 69,85; 70,0; 70,6; 70,7; 70,85; 71,3; 71,4; 71,7; 71,78; 71,95; 72,4; 72,45; 72,5; 72,6.

73,0-77,0 m (4,0/4,0 m) Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – *Borealis*-lubjakivi, beežikas- kuni sinakashall, keskmisekihiline, jämeteraline, sisaldab mõõdukalt brahhiopoodi *Borealis borealis*'e kojapoolmeid (10-20%), korallide ja stromatopooride bioklaste. Biomorfne lubjakivi vaheldub peenkihilistesse gruppidesse koonduvate õhukeste 0,1-0,5 cm (kohati kuni 1,5 cm) paksuste merglikelmetega. Mergli osakaal 10-15%. Terve kihistiku piires esineb lausaliselt õhuke- kuni keskmisepaksusega tormikihte, milles teraline materjal on erineval määral püriidistunud ja annab lubjakivile sinaka varjundi. Alumine piir seotud massilise *Borealis borealis*'e kadumisega.

Katkestuspinnad süg. (m): 73,1; 73,2; 73,4; 74,4; 74,9; 77,0.

77,0-94,05 m (16,9/16,7 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, hele- kuni rohekashall, keskmisekihiline kuni muguljas (süg. 84,6-94,0 m muguljas), rohekashallide savimergli vahekihtidega, mille paksused vähenevad sujuvalt kihistu ülaosa suunas. Merglikelmete paksus süg. 77,2-84,6 m 0,1-0,5 cm ja 84,6-94,0 m 0,5-3 cm. Mergli osakaal 10-40%, väheneb kihistu ülemise osa suunas. Tormikihtide esinemissagedus ja paksus tõuseb kihistu ülemises osas. Esineb püriidistunud veeriseid (konglomeraate) ja ussikäike. Sisaldab korallide, stromatopooride ja tabulaatide bioklaste. Alumine piir kivimiliselt selge.

Katkestuspind süg. 80,4 m.

94,05-95,2 m (1,15/1,15 m) Varbola kihistu, Koigi kihistik (O₃-S₁vrK) – Lubjakivi, beežikashall, poolafaniitne, peenmuguljas, rohekashallide 0,1-0,5 cm paksuste merglikelmetega. Sisaldab üksikuid 2-5 cm paksuseid lubjakivi vahekihte. Mitmed tugevad püriitsed katkestuspinnad (eriti alumised 50 cm ulatuses). Alumisel piiril ja selle kohal kaks püriitset ebatasast katkestuspinda.

Katkestuspinnad süg. (m): 95,7; 94,85; 94,95; 95,0; 95,1; 95,2.

95,2-96,2 m (1,0/1,0 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃är) – Dolomiit (eedaltavalt Vohilaiu kihistik), kollakashall, massiivne. Alumine piir üleminekuline.

Lisa 4. Inglise (D-97) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk D-97; 9,5 – 33,8 m

Puuraugu asukoht: Inglise

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

9,5-12,4 m (puuritud 2,9/väljatulek 2,9 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Karinu kihistik (S₁tmK) – Dolomiit, pruunikashall, väga kavernoosne, punaste hematiitsete katkestuspindadega ja laikudega. Sisaldab rohekashalli savika dolomiidi vahekihte ja intervalle, mis on tihtipeale piiritletud nii ülevalt, kui ka alt punase hematiitse katkestuspinnaga. Savikate intervallide paksus varieerub 3-20 cm ja neis esineb vähem kaverne. Tegemist on hilisdiageneetilise dolomitiseerumisega, algne kivimtüüp oli tõenäoliselt jämedetriitne lubjakivi. Süg. 11,6-12,4 m esineb suuri bioklaste, mis tõenäoliselt olid korallid ja stromatopoorid. Alumisel piiril 5 cm paksune roheline domeriidi kiht, mis on piiritletud alt ja ülevalt punase hematiitse katkestuspinnaga.

12,4-16,1 m (3,95/3,80 m) Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – *Borealis*-lubjakivi, jämeteraline, paksukihiline. Eristada saab 3 intervalli:

Süg. 12,4-13,0 m. Dolomiit *Borealis borealis*'ega, pruunikashall, sisaldab 0,5-2 cm paksuseid domeriidi vahekihte ning mitmeid punaseid hematiitseid katkestuspindu.

Süg. 13,0-15,9 m. *Borealis*-lubjakivi, kirjuväriline, kohatiste 0,1-0,5 cm paksuste rohekashallide merglikelmetega. Arvukalt nõrku püriitseid ja hematiitseid katkestuspindu. Sisaldab paari suuremat bioklasti.

Süg. 15,90-16,1 m. Lubjakivi *Borealis borealis*'ega, helehall. Üleminekuline intervall Tammiku kihistiku *Borealis*-lubjakivi ja Varbola kihistu teralis-mikriitse lubjakivi vahel. Alumisel piiril nõrk lainjas püriitne katkestuspind.

16,1-26,8 m (10,7/5,80 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall (kohati hematiidi sisaldusest punane), keskmisekihiline kuni poolmuguljas. Mergli osakaal 10-30%. Rohekashallide merglikelmete (paksus 0,1-2 cm) osakaal väheneb kihistu

ülemise osa suunas, kus enne Tamsalu kihistut langeb mergli osakaal <5%. Sisaldab lausaliselt tormikihte ja hulgaliselt suuremaid bioklaste (korallid, stromatopoorid). Alumine piir kivimiliselt selge. Väljatulekus suur kadu.

26,8-33,8 m (7,0/4,9 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (Ozär) – Eristatavad on järgmised intervallid:

26,8-27,5 m. Dolomiit, hall, kavernoosne, massiivne. Alumine piir üleminekuline.

27,5-30,7 m. Dolomiit ja domeriit, hele- kuni beežhall, vähesel määral kavernoosne, massiivne. Alumine piir üleminekuline. Suurem puurimiskadu on tõenäoliselt selles intervallis tekkinud domeriidi arvelt.

30,7-32,1 m. Dolomiit, helehall, massiivne, palju massiivseid bioklaste. Alumine piir üleminekuline.

32,1-33,8 m. Dolomiit, kollakashall, massiivne ja mõõdukalt kavernoosne. Süg. 32,3-32,5 m sisaldab massiliselt okasnahksete bioklaste. Alumine piir üleminekuline.

Lisa 5. Saunaküla (H-128) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk H-128; 18,9-48,4 m

Puuraugu asukoht: Saunaküla

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

18,9-26,05 m (7,15/5,55 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Eristatavad on järgmised intervallid:

Süg. 18,9-24,4 m. Krinoidlubjakivi, beežhall, massiivne, jämeteraline ja sisaldab massiivseid korallide ning stromatopooride bioklaste. Sisaldab kohati rohekashalli saviga täitunud käike ning stüloliitpindu. Alumise piiri kohal nõrk katkestuspind ja piir on kivimiliselt selge.

Katkestuspinnad süg. (m): 19,1; 19,2; 19,5; 19,6; 19,8; 19,9; 20,0; 20,1-20,4 (10 tükki); 23,2; 23,5; 25,1; 25,95; 26,05.

Süg. 24,4-26,05. Lubjakivi, teralis-mikriitne kuni mikriidilis-teraline, sinakas- kuni hall, keskmisekihiline. Sisaldab bioklaste, tõenäoliselt stromatopoore. Intervall 25,0-25,2 m purustatud, aga on näha biomorfse lubjakivi üksikuid tükke. Alumist piiri markeerib *Borealis borealis*'e kojapoolmete silmnähtav kivimisse ilmumine piirist allpool.

26,05-29,3 m (3,25/3,15 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – *Pentamerus*-lubjakivi, hele- kuni sinakashall, jämeteraline, keskmisekihiline, rohekashallide õhukeste (0,1-0,2 cm) merglikelmetega, mergli osakaal <5%. Mõõdukas (10-20%) koguses *Borealis-borealis*'e kõrval sisaldab üksikute stromatopooride ja korallide bioklaste. Alumine piir massilise *Borealis borealis*'e kadumise järgi, aga maatriksis litoloogilist muutust ei tähelda.

Katkestuspinnad süg. (m): 27,3; 27,5; 27,6; 28,6.

29,3-42,8 m (13,5/12,8 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, rohekashallide mergli kelmetega ja vahekihtidega. Süg. 31,4-42,8 m muguljas kuni poolmuguljas ja süg. 29,3-31,4 m peene- kuni keskmisekihiline. Süg. 39,6-40,6 m on mergli osakaal 25-30%; süg. 34,0-35,0 m 10-15% ja süg. 30,0-31,0 m 5-10%. Kihistu sisaldab korallide,

stromatopooride, brahhiopoodide, rugooside bioklaste, mille esinemissagedus tõuseb kihistu ülemises osas. Alumine piir afaniitsete vahekihtide ilmumise järgi.

Katkestuspinnad süg. (m): 29,4; 36,6; 36,8; 37,2; 37,5; 38,0; 40,0.

42,8-48,4 m (5,6/5,6 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃är) – eristatavad on järgmised intervallid:

42,8-43,6 m. Bioklastilise jämeteralise ja afaniitse lubjakivi vaheldumine, keskmisekihiline, hall. Erinevad kivimtüübid on enamasti üksteisest katkestuspindadega eraldatud. Õhukesed rohekashallid (0,2-0,5 cm paksused) merglikelmed. Mergli osakaal <5%. Alumisel piiril savikus tõuseb ja kivimisse ilmuvad pruunid vahekihid. Pole kindel kas seda intervalli saab pidada Koigi kihistikuks või Tõrevere kihistikuks.

43,6-46,3 m. Savikas lubjakivi, rohekas- kuni pruunikashall, massiivne. Esineb pruune orgaanikat sisaldavaid 5-20 cm paksuseid vahekihte. Sisaldab üksikuid bioklaste ja kohati peendetriiti, mis koosneb okasnahksete ja korallide fragmentidest. Alumisel piiril pruun 10 cm orgaanikat sisaldav vahekiht.

46,3-47,6 m. Lubjakivi, beežhall, massiivne, ülemised 20 cm on biomorfne ja peendetriitjas. Sisaldab harvasid 0,1 cm paksuseid mergli vahekihte. Alumine piir jämedetriitse biomorfse lubjakivi ilmumise järgi.

47,6-48,4 m. Biomorfne lubjakivi, kollakas- kuni pruunikashall, massiivne, jämeteraline, üksikute 0,1 cm paksuste merglikelmetega. Ülemised 30 cm mikriitne ja dolomiidistunud. Süg. 48,0 m 2-4 cm paksune mikriitne ja mikrokihiline vahekiht. Alumisel piiril lainjas püriitne katkestuspind.

Lisa 6. Asuküla puursüdamiku kirjeldus

Puurauk Asuküla; Süg. 18,1-41,5 m

Puuraugu asukoht: Asuküla

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

18,1-19,9 m (1,8/1,0 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Eristatavad on järgmised intervallid:

Süg. 18,1-18,95 m. Lubjakivi, hall, afaniitne, õhukesekihiline. Suur puurimiskadu (ca. 65 cm).

Süg. 18,95-19,90 m. Lubjakivi, sinakashall, teralis-mikriitne kuni mikriidilis-teraline, keskmisekihiline, õhukeste (0,1-0,2 cm) rohekashallide mergli vahekihtidega. Kohati sisaldab mikrokristalset püriiti, mis annab kivimile sinakashalli tooni ja stüloliitpindu. Sisaldab üksikuid väikseid stromatopoori bioklaste, aga alumisel piiril ~10 cm suurune stromatopoor.

Katkestuspinnad süg. (m): 19,4; 19,5.

19,9-26,2 m (6,3/3,8 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – Eristatavad on järgmised intervallid:

Süg. 19,9-24,2 m. Dolomiit, hall, jämekristalne, kavernoosne ja kavernid valdavalt 1-2 cm läbimõõduga (tekivad põhiliselt Pentameride lahustumisel). Kivim on primaarselt olnud jämedetriitne kuni biomorfne. Esineb horisontaalkihilist mikrostruktuuri, milles vastavates kihtides vähem kaverne. Sisaldab mõne mm-i paksusi rohekashalli savika mergli vahekihte. Alumisel piiril püriitne taskutega katkestuspind.

Süg. 24,2-26,2 m. Lubjakivi, sinakashall, teralis-mikriitne, mikrokihiline tekstuur, lainjate õhukeste (0,2-0,5 cm) merglikelmetega. Kihiti esineb hästi ümardunud detriiti. Kihistiku alumine piir üleminekuline. Järgmises kompleksis ilmub rohkesti savika mergli vahekihte.

Katkestuspinnad süg. (m): 19,95; 20,1; 21,5; 21,8; 23,1; 23,2; 24,2.

26,2-36,9 m (10,7/7,2 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, poolmuguljas. Rohekashallide savimergli vahekihtidega, mille paksuste ja mergli osakaalu mõõtmine on raskendatud puursüdamiku halva seisukorra tõttu. Sisaldab dolomiidistunud (5-10 cm paksusi) vahekihte ja konglomeraatseid vahekihte. Kohati leidub väikeseid veeriseid ja terveid brahhiopoodide. Detriit koosneb põhiliselt brahhiopoodide ja korallide fragmentidest. Alumisel piiril ja selle vahetusläheduses kolm katkestuspinda.

Katkestuspinnad süg. (m): 26,7; 28,95; 36,9.

36,9-41,5 m (4,6/4,6 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃är) – Eristatavad on järgmised intervallid:

36,9-37,8 m. Lubjakivi, sinakas- kuni beežikashall, tihedate rohekashallide õhukeste (0,1-0,2 cm) merglikelemetega (kohati lähevad üle stüloliitpindadeks), mergli osakaal ~5%. Sisaldab suuri stromatopooride kolooniaid. Alumine piir üleminekuline. Katkestuspinnad süg. (m): 36,95; 37,0 m.

37,8-40,15 m. Dolomiit, pruunikashall, massiivne, sisaldab orgaanikat (pruunid laigud). Alumisel piiril nõrk taskutega püriitne katkestuspind.

40,15-41,5 m. Dolomiit, hall, massiivne, vähesel määral kavernoosne. Süg. 41,3 m püriidi kristallide kogumik. Sisaldab okasnahkseid.

Lisa 7. Pusku-2 puursüdamiku kirjeldus

Puurauk Pusku-2; 6,4-31,55 m

Puuraugu asukoht: Pusku

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

6,4-9,5 m (puuritud 3,1 m/ väljatulek 2,3 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Eristatavad on järgmised intervallid:

Süg. 6,4-7,3 m. Krinoidlubjakivi, kollakashall, massiivne, jämeteraline ja sisaldab veeriseid (peamiselt faunaveerised).

Süg. 7,3-8,75 m. Lubjakivi, sinakas- kuni punakashall, teralis-mikriitne kuni mikriidilis-teraline, ebamääraselt poolmuguljas kuni keskmisekihiline. Sisaldab väikseid stromatopooride bioklaste. Intervalli lõpus katkestuspind.

Süg. 8,75-8,9 m lubjakivi, sinakashall, konglomeraatne, keskmisekihiline. Alumine piir terav.

Süg. 8,9-9,5 lubjakivi, afaniitne, keskmisekihiline. Alumisel piiril südamikku ca 30 cm puudu.

Katkestuspinnad süg. (m): 6,7; 6,9; 7,5; 7,6; 8,75.

9,5-13,7 m (4,2/3,4 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – Lubjakivi *Borealis borealis*'ega, sinakas- kuni hall, teralis-mikriitne kuni jämeteraline, keskmisekihiline, intervalliti muguljas ja purustatud, mugulate vahel kuni 1 cm paksused savimergli vahekihid), intervalliti afaniitne. Alumisel piiril puursüdamikus kaos ja väljatulekus suur kadu.

Katkestuspinnad süg. (m): 10,4; 10,9; 11,3; 11,7; 12,1; 12,6; 12,7.

13,7-26,9 m (13,2/10,4 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, helehall, teralis-mikriitne, poolmuguljas, konglomeraatsete vahekihtidega. Kivim sisaldab krinoidide detriiti ja rugooside, stromatopooride bioklaste. Süg. 13,7-15,5 m sisaldab kohati mikriitseid ja afaniitseid vahekihte. Mergli osakaal kihistu alumises osas (süg. 21,4-26,9 m) ~15-20%, süg. 19,6-21,6 m

~10-15% ja 13,7-19,6 m on materjalis liiga suured kaod, et mergli osakaalu hinnata. Alumisel piir üleminekuline.

Katkestuspinnad süg. (m): 15,4; 20,1.

26,9-27,2 m (0,3/0,3 m) Juuru lade, Varbola kihistu, Koigi kihistik (O₃-S₁vrK) – Lubjakivi, poolafaniitne, keskmisekihiline rohekashallide õhukeste (0,2-0,5 cm) merglikelmetega, mergli osakaal <5%. Sisaldab kahte 2-3 cm paksust peendetriitset pisikristalset kihti. Alumine piir kivimiliselt selge, kirjanduse põhjal on kihistik eraldatud kahe katkestuspinnaga, aga intervalli seisukorra tõttu neid enam ei näe.

27,2-30,1 m (2,9/2,8 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃är) – eristatavad on järgmised intervallid:

27,2-28,9 m. Krinoidlubjakivi, beežikashall, jämeteraline, massiivne. Sisaldab suuri stromatopooride bioklaste. Alumisel piiril lainjas katkestuspind.

Katkestuspinnad süg. (m): 27,3; 27,4; 27,6; 27,8; 28,15; 28,5; 28,75; 28,85.

28,9-30,1 m. Lubjakivi, hall, afaniitne, mikriitne, massiivne, harvade õhukeste (0,1 cm) merglikelmetega. Üksikud okasnahksed, eriti alumise piiri lähedal. Alumise piiri lähedal mitu nõrka püriidistunud katkestuspinda.

Lisa 8. Orjaku puursüdamiku kirjeldus

Puurauk Orjaku; 14,5-43,85 m

Puuraugu asukoht: Orjaku

Puursüdamik asub: TTÜ Särghaua puursüdamikuhoidla

14,5-24,4 m (9,9/8,3 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Eristatavad on järgnevad intervallid:

Süg. 14,5-15,8 m. Lubjakivi, teralis-mikriitne, sinakashall, poolmuguljas, peendetriitne, lainjate rohekashallide mergli vahekihtidega (kuna 1 cm paksuste). Alumisel piiril üleminekuline.

Süg. 15,8-16,7 m. Lubjakivi, sinakashall, teralis-mikriitne, keskmise- kuni paksukihiline, viimase kahe intervalli peale esineb ~40 cm puurimiskadu. Alumine piir kivimiliselt selge.

Süg. 16,7-19,0 m. Lubjakivi, afaniitne, helehall, süg. 16,7-18,2 m horisontaalkihiline ja süg. 18,2-19,0 m peenmuguljas, rohekashallide (0,3-1 cm paksuste) mergli vahekihtidega. Alumine piir kivimiliselt selge.

Süg. 19,0-24,4 m. Lubjakivi, teralis-mikriitne, sinakashall, poolmuguljas. Sisaldab brahhiopoodide (*Zygospiraella*, *Stricklandia*), stromatopooride ja korallide fragmente ning väikseid bioklaste. Rohekashallid merglikelmed korrapäratud (paksusega 0,2-0,5 cm). Alumisel piiril püriitne katkestuspind.

24,4-27,3 m (2,9/2,7 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmK) – Lubjakivi *Borealis borealis*'ega, teralis-mikriitne, sinakashall, ebamääraselt poolmuguljas, rohekashallide õhukeste (0,2-1 cm paksuste) kohati lainjate ja põimuvate merglikelmetega. Esineb stromatopooride ja korallide bioklaste. Alumisel piiril tugev lainjas katkestuspind.

27,3-36,9 m (9,6/9,1 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, sinakas- kuni helehall, peenmuguljas kuni õhukesekihiline, rohekashallide savimergli vahekihtidega (0,1-1 cm paksusega), stromatopooride, brahhiopoodide ja rugooside bioklastidega.

Süg. 27,3-30,4 m mergli osakaal 10-15%. Süg. 31,6-32,6 m mergli osakaal 15-20%. Intervallis 32,6-33,5 m on mergli vahekihid paksemad ja mergli osakaal 25-30%. Süg. 33,05-33,15 m rohekashall mergli vahekiht lubjakivi veeristega. Süg. 34,9-35,9 m mergli osakaal 15-20%. Alumisel piiril püriitne katkestuspind.

Katkestuspinnad süg. 26,9; 30,0; 30,3; 30,7; 30,75; 33,45; 33,9; 34,3; 36,8; 36,9.

36,9-38,6 m (1,7/1,5 m) Juuru lade, Varbola kihistu, Koigi kihistik (O₃-S₁vrK) – Lubjakivi, hall, poolafaniitne, õhukesekihiline ja kohati läbitud peenlainjatest tumehallidest merglikelmetest (0,1-0,5 cm paksusega), mergli osakaal 5-10%. Alumine piiril lainjas püriitne katkestuspind.

38,6-43,85 m (5,25/5,25 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃är) – eristatavad on järgmised intervallid:

38,6-43,1 m. Riffclubjakivi, sinakas- kuni helehall, jämeteraline, keskmise- kuni paksukihiline, üksikute õhukeste (0,1-0,2 cm paksuste) merglikelmetega, mergli osakaal <5%. Esineb roheksti stüloliitpindu ja sisaldab rohkelt ümberkristalliseerunud krinoidide, stromatopooride, rugooside ja korallide fragmente. Süg. 42,9-43,1 m tumehall, jämedetriitne lubjakivi faunaveeristega (palju okasnahkseid). Alumise piiri vahetusläheduses mitu nõrka lainjat katkestuspinda.

43,1-43,85 m. Dolomiit, hall, massiivne, sagedaste püriidistunud ussikäikudega. Alumisel piiril horisontaalne nõrk püriitne katkestuspind, millest allpool muutub kivim savikamaks.

Lisa 9. Valgu (F-363) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk F-363; 31,4-57,4 m

Puuraugu asukoht: Valgu

Puursüdamik asub: EGT Arbavere puursüdamikuhoidla

31,4-39,75 m (puuritud 8,35 m/väljatulek 6,7 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, sinakas- kuni helehall ja kihiti konglomeraatne, poolmuguljas, arvukate õhukeste (0,2-1 cm paksuste) rohekashallide merglikelmetega, mergli osakaal 10-15%. Sisaldab korallide, rugooside ja stromatopooride bioklaste. Alumine piir brahhiopood *Borealis borealis*'e üksikute kojapoolmete ilmudes. Litoloogilist muutust alumisel piiril ei toimu.

39,75-41,20 m (1,45/1,3 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmT) – Lubjakivi *Borealis*'ega, teralis-mikriitne, sinakas- kuni helehall, keskmisekihiline, rohekashallide (0,2-0,5 cm paksuste) merglikelmetega, mergli osakaal 10%. Sisaldab lausaliselt tormikihte. Litoloogilist muutust võrreldes Varbola ülemise ei saa täheldada. Alumine piir seal, kus ühtegi *Borealis borealis* 't kivimist ei leia.

41,2-51,4 m (10,2/8,2 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, keskmisekihiline kuni muguljas, rohekashallide 0,2-2 cm paksuste merglikelmete ja vahekihtidega. Kihistu alumises osas (süg. 50,6-51,4 m) on mergli osakaal 25-30% ja kihistu ülemises osas (süg. 41,9-42,9 m) 10-15%. Sisaldab korallide ja stromatopooride bioklaste. Alumine piir kivimiliselt selge.

51,4-52,6 m (1,2/1,2 m) Juuru lade, Varbola kihistu, Koigi kihistik (O₃-S₁vrK) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, poolafaniitne, poolmuguljas kuni keskmisekihiline, rohekashallide (0,1-1 cm paksuste) merglikelmetega. Alumisel piiril püriitne uretega katkestuspind. Tormikiht süg. 51,4-51,5.

52,6-57,4 m (4,8/4,7 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (O₃ärP) – Kihistikud erinevad üksteisest minimaalselt ja see ei ole tüüpiline. Eraldatud on järgmised kihistikud:

Tõrevere kihistik 52,60-53,75 m. Lubjakivi, beežikashall, massiivne, üksikute õhukeste 0,1-0,2 cm paksuste hallide merglikelmetega. Alumine piir üleminekuline. Süg. 52,85-52,90 m konglomeraatne tormikiht.

Siuge kihistik 53,75-54,65 m. Lubjakivi, hall kuni beežikashall, massiivne. Natukene savikam intervall üksikute hallide lubimergli ebamääraste kelmetega. Alumisel piiril katkestuspind.

Vohilau kihistik 54,6-56,9 m. Lubjakivi, nõrgalt dolomiidistunud (süg. 56,6-56,9 m tugevalt dolomiidistunud), beežikashall, massiivne. Sisaldab üksikuid õhukesti 0,1 cm paksuseid merglikelmeid ja stüloliitpindu. Alumine piir üleminekuline.

Rõa kihistik 56,9-57,4 m. Lubjakivi, nõrgalt dolomiidistunud, helehall, massiivne. Sisaldab okasnahkseid, mis on raskesti märgatavad dolomiidistumise tõttu. Üksikud püriidistunud ussikäigud ja lainjad katkestuspinnad. Alumisel piiril nõrk püriitne katkestuspind.

Lisa 10. Männamaa (F-367) puursüdamiku kirjeldus

Puurauk F-367; 29,0-52,9 m

Puuraugu asukoht: Männamaa

Puursüdamik asub: EGT Arbavere puursüdamikuhoidla

29,0-34,9 m (puuritud 5,9 m/väljatulek 4,0 m) Juuru lade, Hilliste kihistu (S₁H) – Lubjakivi, teralis-mikriitne, helehall, lainjalt peenkihiline, arvukate õhukeste (0,1-1 cm paksuste) rohekashallide merglikelmetega, mergli osakaal 10-15%. Sisaldab korallide ja stromatopooride bioklaste ja kohati konglomeraatseid vahekihte (püriidistunud veeristega). Alumine piir brahhiopood *Borealis borealis*'e üksikute kojapoolmete ilmudes. Kivimis litoloogilist muutust ei tähelda.

34,9-37,0 m (2,1/2,1 m) Juuru lade, Tamsalu kihistu, Tammiku kihistik (S₁tmK) – Lubjakivi *Borealis-borealis*'ega, teralis-mikriitne, helehall, poolmuguljas kuni keskmisekihiline ja kihiti konglomeraatne, rohekashallide (0,1-1 cm paksuste) merglikelmetega, mergli osakaal 10%. Sisaldab stromatopooride bioklaste. Alumine piir seal, kus brahhiopood *Borealis borealis* enam ei leia.

37,0-46,9 m (9,9/7,0 m) Juuru lade, Varbola kihistu (O₃-S₁vr) – Lubjakivi, helehall, teralis-mikriitne, poolmuguljas kuni keskmisekihiline, rohekashallide 0,1-1 cm paksuste merglikelmete ja vahekihtidega. Mergli osakaal kihistu alumises osas (süg. 45,8-46,8 m) 20%, keskmises osas (süg. 39,6-40,6 m) 15-20% ja ülemises osas (süg. 37,3-38,3 m) 10-15%. Sisaldab korallide ja stromatopooride bioklaste. Alumisel piiril nõrk püriitne katkestuspind millest allpool ilmub afaniitne lubjakivi.

Katkestuspinnad süg. (m): 41,7; 42,4; 42,7; 44,6; 44,95; 45,4; 46,55; 46,9.

46,9-47,2 m (0,3/0,3) Juuru lade, Varbola kihistu, Koigi kihistik (O₃-S₁vrK) – Lubjakivi, hall, afaniitne, peene- kuni keskmisekihiline, rohekashallide 0,2-0,5 cm paksuste merglikelmetega, mergli osakaal <5%. Süg. 47,0-47,05 m 5 cm paksune tormikiht keset afaniitset lubjakivi. Alumine piir riffilubjakivi ilmumisel.

47,2-52,8 m (5,6/5,2 m) Porkuni lade, Ärina kihistu (Ozär) – eristatavad on järgmised kihistikud:

Tõrevere kihistik 47,2-50,2 m. Biohermne lubjakivi, helehall, ebamääraselt lainjaskihiline kuni massiivne, õhukeste 0,1-0,2 cm paksuste rohekashallide mergli kelmetega. Mergli osakaal <5%. Alumine piir üleminekuline.

Siuge kihistik 50,2-50,5 m. Lubjakivi, pruunikashall, üldiselt savikam intervall hallide lubimergli/savika lubjakivi ebamääraste kelmetega. Mergli osakaal ~5%. Alumine piir üleminekuline.

Vohilau kihistik 50,5-51,05 m. Lubjakivi, hall, poolmugulja kihilisusega, kohati nõrgalt dolomiidistunud ja kohati savikas. Süg. 50,77 ja 50,85 m lainjad püriitsed katkestuspinnad. Alumine piir üleminekuline.

Rõa kihistik 51,05-52,8 m. Lubjakivi, nõrgalt dolomiidistunud, helehall, massiivne, sisaldab hajusalt püriidistunud ussikäike, merglit <5%. Süg. 51,6-52,0 m rohkelt okasnahkseid, mis on hästi jälgitavad nõrga dolomiidistumise tõttu. Alumisel piiril lainjas püriitne katkestuspind.

Lisa 11. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid F-367 puuraugus.

F-367		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
34,9-35,3	43	10
35,3-36,3	99	10
36,3-37,3	115	10-15
37,3-38,3	109	10-15
39,6-40,6	141	15-20
42,7-43,7	-	15-20
43,7-44,8	-	15-20
44,8-45,8	132	10-15
45,8-46,8	-	20
46,9-47,2	15	<5

Lisa 12. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid F-363 puuraugus.

F-363		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
39,8-40,5	70	10
40,5-41,5	80	5-10
41,9-42,9	129	10-15
42,9-43,75	120	15-20
45,3-46,25	166	15-20
46,3-47,25	207	20-25
47,5-48,45	248	25-30
48,5-49,5	328	30-35
49,5-50,45	218	20-25
50,6-51,4	235	25-30
51,6-52,6	90	5-10

Lisa 13. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid
Orjaku puuraugus.

Orjaku		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
25,2-26,1	75	5-10
26,4-27,4	96	10-15
27,4-28,3	75	10
28,4-29,3	67	5-10
29,4-30,4	91	10-15
31,65-32,65	155	15-20
32,65-33,5	220	25-30
34,9-35,9	140	15-20
37,4-38,4	55	5-6

Lisa 14. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid
H-128 puuraugus.

H-128		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
29,0-30,0	45	5
30,0-31,0	95	10
31,0-32,0	71	5-10
33,05-34,0	126	10-15
34,0-34,95	118	10-15
35,0-35,85	180	20-25
36,0-37,0	229	20-25
39,8-40,8	283	25-30
41,9-42,8	206	20-25
42,8-43,6	30	5

Lisa 15. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid
D-97 puuraugus.

D-97		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
14,8-15,8	-	<5
15,8-16,8	35	<5
16,8-17,8	45	<5
17,8-18,8	104	10
18,9-19,8	80	5-10
19,8-20,8	147	15-20
25,5-26,5	267	25-30
26,8-27,8	-	<5

Lisa 16. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid
D-102 puuraugus.

D-102		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
76,0-77,0	90	10
78,0-79,0	94	10
79,0-80,0	142	10-15
80,0-81,0	126	10-15
81,9-82,9	170	15-20
82,9-83,9	182	15-20
84,7-85,7	270	25-30
85,7-86,7	199	20-25
87,7-88,7	250	22,5-27,5
88,7-89,7	281	25-30
89,7-90,7	252	22,5-27,5
90,7-91,7	358	30-40
91,6-92,6	295	25-35
92,6-93,6	375	33-43
93,6-94,05	-	40-60
94,05-94,7	97	15

Lisa 17. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid
H-163 puuraugus.

H-163		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
70,2-71,6	123	8
71,6-72,6	96	10
73,7-74,7	181	18
77,65-78,65	150	15
80,7-81,7	134	14
81,7-82,4	86	12
82,7-83,7	181	18-20
84,8-85,7	217	20-25
85,7-86,7	163	15-20
88,9-89,9	160	15-20
90,3-90,9	162	25-30
90,9-91,6	336	45-50
92,8-93,7	251	25-30
93,7-94,7	299	27,5-32,5
96,75-97,75	360	30-40
98,7-99,7	357	30-40
100,7-101,7	352	30-40
104,8-107,0	-	40-50
107,0-109,8	-	70-80
109,8-110,2	-	40-50
110,2-111,6	-	<5

Lisa 18. Mergli osakaalu mõõtmistulemused, -hinnangud ja -intervallid puuraugus 453.

453		
Intervall (m)	Mõõdetud (mm)	Hinnatav (%)
182,0-218,8	-	40-60
218,8-219,5	-	50-60
219,5-222,5	-	60-70
222,5-223,0	-	50-60
223,0-225,4	-	25-30
225,4-226,4	258	25-30
226,4-227,0	-	25-30
227,0-230,4	-	70-80
230,4-231,4	-	50-60

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marko Kabel

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Eesti Siluri basaalkihtide litostratigraafia“, mille juhendajad on Tõnu Meidla ja Leho Ainsaar, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Marko Kabel

01.06.2021