

Ordoviitsiumi kitiinikute levik ja biostratigraafia Baltinava puuraugus Ida-Lätis

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Arina Gotsenko

Üliõpilaskood: 223325LARB

Juhendaja: Olle Hints

Õppekava: Maa süsteemid, kliima ja tehnoloogia

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Arina Gotsenko

02.06.2025

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Olle Hints

02.06.2025

Sisukord

Sisukord	2
Annotatsioon	3
Abstract	4
1. Sissejuhatus	5
2. Geoloogiline taust	6
2.1. Ordoviitsiumi ajastu ja uuritavad lademed	6
2.2. Balti paleobassein	9
2.3. Baltinava puurauk	10
3. Happeresistentsed mikrofossiilid	11
3.1. Kitiinikud	11
3.2. Konodondid	13
3.3. Akritarhid	13
3.4. Skolekodondid	14
3.5. Graptoliidid	15
3.6. Foraminifeerid	16
4. Materjal ja meetoodika	17
4.1. Mikropaleontoloogilised proovid Baltinava puuraugust	17
4.2. Proovide lahustamine ja pesemine	17
4.3. Mikrofossiilide eraldamine	18
4.4. Optiline mikroskoopia	18
4.5. Elektronmikroskoopia (SEM)	18
5. Tulemused	19
5.1. Mikropaleontoloogiliste proovide iseloomustus	19
5.2. Kitiinikute levik	31
5.3. Biostratigraafia	31
6. Arutelu	34
7. Järeldused	35
Tänuavaldused	36
Kirjanduse loetelu	37
Lisa 1. Orgaaniliste mikrofossiilide levik Baltinava puuraugu proovides.	40
Lisa 2. Kitiinikute levik Baltinava puuraugu proovides.	41

Annotatsioon

Ordoviitsium oli Maa ajaloos ülioluline periood, mil kliima järk-järgult jahenes ja bioloogiline mitmekesisus kasvas kiiresti, mida katkestas massiline väljasuremine ajastu lõpus. Käesolev lõputöö keskendub Ordoviitsiumi kitiinikutele – mõistatuslikule orgaanilise kestaga mikrofossiilidele, mis on merelistes settekivimites laialt levinud ja mängivad olulist rolli Vara-Paleosoikumi biostratigraafias.

Selleks, et analüüsida Kesk- ja vara Hilis-Ordoviitsiumi kitiinikute levikut ning määrata Ida-Lätis asuva Baltinava 17 puursüdamiku biostratigraafiline liigestus, uuriti 26 mikropaleontoloogilist proovi. Uuritud intervall hõlmab Kunda kuni Keila regionaalseid lademeid, mis vastavad Darriwili ja Sandby globaalsetele lademetele. Proove töödeldi standardsete mikropaleontoloogiliste meetoditega, sealhulgas karbonaatkivimite lahustamine happes ning uurimine valgusmikroskoopia ja skaneeriva elektronmikroskoopia abil. Fossiilid identifitseeriti madalaimal võimalikul taksonoomilisel tasemel ning hinnati nende säilivust ja arvukust. Lisaks kitinosoadele dokumenteeriti ka teisi mikrofossiilide rühmi, nagu skolekodonte, konodonte, akritarhe, prasinofüüte, graptoliite ja foraminifeere, kui neid esines.

Kokku määrati 39 kitiinikute liiki või perekonda ning tuvastati kuus biotsooni: *Conochitina regnelli* tsoon, *Laufeldochitina stentor*-i tsoon, *Eisenackitina rhenana* alamtsoon, *Lagenochitina dalbyensis*-e tsoon, *Belonechitina hirsuta* tsoon ja *Spinachitina cervicornis*-e tsoon. Need pakuvad täpsustatud biostratigraafilist raamistikku ja toetavad regionaalset korrelatsiooni Balti paleobasseinis.

Fossiilide säilivus proovide vahel varieerus märgatavalt ja seda mõjutas suuresti kivimi tüüp. Kõige paremini säilinud mikrofossiile leiti tavaliselt lubjakividest, eriti Kunda, Kukruse ja Keila lademetest. Mõned proovid näitasid planktiliste rühmade suuremat mitmekesisust, mis võib olla seotud globaalsete biodiversifikatsiooni sündmustega, mis toimusid Ordoviitsiumi ajal. Antud uuringu tulemused näitavad, et Baltinava tugiläbilõige sisaldab väärtuslikke mikropaleontoloogilisi andmeid, mis aitavad oluliselt kaasa Kesk- ja varajase Ülem-Ordoviitsiumi stratigraafia ja bioloogilise mitmekesisuse paremale mõistmisele Balti regioonis.

Distribution and biostratigraphy of Ordovician chitinozoans from the Baltinava drill core, eastern Latvia

Abstract

Ordovician was a crucial period in Earth history, when climate gradually cooled, and biodiversity grew rapidly, punctuated by a mass extinction in the end of the period. This thesis focuses on Ordovician chitinozoans — a enigmatic group of organic-walled microfossils that is common in marine sediments and plays an important role in Early Paleozoic biostratigraphy.

In order to analyse the distribution of Middle and early Late Ordovician chitinozoans and establish biostratigraphy of the Baltinava 17 drill core from eastern Latvia, 26 micropaleontological samples were studied. The studied interval covers the Kunda to Keila regional stages, corresponding to the Darriwilian and Sandbian global stages. Samples were processed using standard micropalaeontological techniques, including acid digestion of carbonate rocks, and examination using optical microscopy and scanning electron microscopy. Fossils were identified to the lowest possible taxonomic level, and their preservation and abundance were evaluated. In addition to chitinozoans, other microfossil groups such as scolecodonts, conodonts, acritarchs, prasinophytes, graptolites and foraminiferans were documented where present.

Altogether 39 chitinozoan species and genera were recovered and six chitinozoan biozones were identified: the *Conochitina regnelli* Zone, *Laufeldochitina stentor* Zone, *Eisenackitina rhenana* Subzone, *Lagenochitina dalbyensis* Zone, *Belonechitina hirsuta* Zone, and *Spinachitina cervicornis* Zone. These provide a refined biostratigraphic framework and support regional correlation within the Baltic palaeobasin.

The preservation of fossil varied noticeably between samples and was largely influenced by the type of rock. The best-preserved fossils were typically found in limestones, especially from the Kunda, Kukruse and Keila stages. Some samples revealed a higher diversity of planktic groups, which might be related to global biodiversification events that took place during the Ordovician.

This study confirms that the Baltinava section contains valuable micropalaeontological data which significantly contribute to a better understanding of stratigraphy and biodiversity during the Middle and early Late Ordovician in the East Baltic region.

1. Sissejuhatus

Ordoviitsiumi ajastu oli oluline periood Maa ajaloos, mil mereelustik muutus märgatavalt mitmekesisemaks ning kujunesid välja paljud organismirühmad, mis on ühtlasi olulised ka stratigraafilistes uuringutes (Webby jt 2004; Meidla jt 2023). Üheks selliseks rühmaks on kitiinikud (Chitinozoa) – orgaanilise kestaga mikrofossiilid, mida leidub merelistes setendites alates Alam-Ordoviitsiumist kuni Ülem-Devonini. Nende hea säilivus, laialdane levik ja taksonoomiline mitmekesisus teevad neist väärtuslikud markerid biostratigraafias (Paris jt 1999; Nölvak 2002).

Ordoviitsium oli ajastu, mil Baltika paleokontinent koos Balti regiooni ja Eesti alaga liikus lõunapoolkera parasvöötmele ekvaatori poole, põhjustades kliimamuutusi ning mõjutades oluliselt keskkonnatingimusi. Just nende muutuste mõju mikrofossiilide levikule pakub suurt huvi. Kitiinikud on selleks sobiv uurimisobjekt, sest nad reageerisid keskkonnatingimuste muutustele kiiresti ja on seetõttu head paleokeskkonna indikaatorid (Servais & Harper 2018). Samuti saab neid kasutada kihtide dateerimiseks ja läbilõigete ning regioonide ajaliseks korreleerimiseks.

Käesoleva töö põhieesmärgiks oli välja selgitada kitiinikute levik ja mitmekesisus Baltinava puuraugus Ida-Lätis, keskendudes Kunda kuni Keila lademetele, mis kuuluvad Kesk-Ordoviitsiumi Darriwili ja Ülem-Ordoviitsiumi Sandby lademesse. Uuritud puurauk asub Balti paleobasseini keskosas, kus valitsesid erinevad tingimused kui Eesti aladel. Kogutud uus materjal võimaldab analüüsida võimalikke piirkondlikke erinevusi fossiilide kooslustes. Baltinava profiili lisamine olemasolevatesse võrdlevatesse uuringutesse aitab paremini mõista Baltoskandia piirkonna regionaalseid erisusi.

Lisaks teaduslikele eesmärkidele oli töö üks olulisi aspekte ka mikropaleontoloogilise meetodika omandamine. See hõlmas proovide töötlemist laboris, kitiinikute jt mikrofossiilide eraldamist, määramist ning dokumenteerimist. Kogutud andmeid võrreldakse varasemate uuringutega Eesti aladelt ja teistest Baltoskandia piirkondadest, et selgitada võimalikke taksonoomilisi erinevusi ja keskkonnategurite mõju. Nende teadmiste kaudu on võimalik täpsemalt mõista Ordoviitsiumi ajastu elustiku arengulugu ja täpsustada stratigraafilisi korrelatsioone. Töö käigus saadud praktilised kogemused mikrofossiilide käsitlemisel aitasid kaasa ka autorit iseseisva teadustöö oskuste arendamisel.

Eesti Ordoviitsiumi kivimikihtide ja mikrofossiilide – sealhulgas kitiinikute – kohta on tehtud hulgaliselt süstemaatilisi ja põhjalikke uuringuid, siis Läti geoloogiliste läbilõigete mikrofossiilide uuritus ja selliste tööde maht on olnud tagasihoidlikum ning taksonoomiline analüüs sageli vähem põhjalik. Baltinava puurauk pakub selle taustal võimalust täiendada teadmisi Ordoviitsiumi mikrofossiilide levikust Balti paleobasseini keskosas ning võrrelda tulemusi paremini tuntud Eesti läbilõigetega. Selline lähenemine aitab kaasa piirkondliku biostratigraafilise raamistiku täpsustamisele ja toetab korrelatsioone Baltoskandia eri piirkondade vahel.

2. Geoloogiline taust

2.1. Ordoviitsiumi ajastu ja uuritavad lademed

Ordoviitsiumi ajastu (u 485–443 miljonit aastat tagasi) oli ajajärk, mil mereökosüsteemid muutusid varasemaga võrreldes oluliselt keerukamaks ning elustiku mitmekesisus kasvas järsult. Ajalooliselt tuntakse seda ajastut kui esimest suurt bioloogilist „plahvatust“ pärast Kambriumi ajastut, mis tõi kaasa ökoloogiliste nišside täitumise ja uute taksonite kiire tekke. Erinevalt Kambriumi „plahvatusest“, mis keskendus rohkem kõrgtaksonite ja organismide ehitusplaanide mitmekesisusele, oli Ordoviitsiumis oluline roll just ökoloogilisel spetsialiseerumisel ja elustiku koosluste keerukusel (Webby jt 2004).

Ordoviitsiumi keskkond oli ajastu alguses valdavalt sooja “kasvuhoone” kliimaga, polaaralad jäävabad, ning globaalne meretase väga kõrge. Geokeemilised indikaatorid näitavad, et Vara- ja Kesk-Ordoviitsiumis toimus kliima järk-järguline jahenemine, mis tipnes Hirnantia mandrijäätumise ajastu lõpus (Cocks ja Torsvik 2021). Suured alad tänapäeva mandritest olid Ordoviitsiumis üle ujutatud, sh Baltika manner, mis hõlmas Eestit, Lätit ja Skandinaaviat. Baltika asus varajases Ordoviitsiumis lõunapoolkeral (~60°S) ja liikus tasapisi ekvaatori suunas, jõudes Hilis-Ordoviitsiumis troopilisse kliimavöötmesse (Torsvik & Cocks 2013). Selline asukoht oli ideaalne mitmekesise elustiku arenguks.

Ordoviitsiumi keskosas, Darriwili eal (~467–458 miljonit aastat tagasi), toimus üks olulisemaid elurikkuse suurenemise sündmusi Maa ajaloos — GOBE, e Suur Ordoviitsiumi Biomitmekesistumine (*Great Ordovician Biodiversification Event*). Selle käigus mitmekesistusid nii planktilised (nt kitiinikud, akritarhid, graptoliidid) kui ka bentilised organismirühmad (trilobiidid, brahhiopoodid, okasnahksed jpt). Uued taksonid arenesid välja üle maailma, sh Baltika kontinendil, kus madalaveeline šelfimeri – Balti paleobassein – võimaldas suurepärast fossiilide säilimist ja piirkondlikku mitmekesistumist (Servais & Harper 2018).

Käesolev töö keskendub Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumile, täpsemalt Kunda lademe varasematest kihtidest kuni Keila lademe ülemise osani, hõlmates ka Aseri, Lasnamäe, Uhaku, Kukruse ja Haljala lademed (Meidla jt 2023). Need regionaalsed lademed esindavad Darriwili ja Sandby globaalseid lademeid, võimaldades jälgida keskkonnamuutusi ja bioloogilist arengut (joon. 1).

Kunda lade (~467,5–463,8 miljonit aastat tagasi; Cooper & Sadler 2004) koosneb valdavalt helehallidest lubjakividest. Fossiilide säilivus on selles kihis üldiselt hea ning materjal sisaldab ka rohkelt hästi säilinud kitiinikuid.

Aseri lade (~463,8–463,0 Ma) ja **Lasnamäe lade** (~463,0–462,6 Ma) moodustavad üleminekuvööndi, kus kivimite hulgas suureneb punakate, tõenäoliselt oksüdeerunud kivimite osakaal. See võib viidata muutunud hapnikutingimustele ladestumise ajal või diagenetilisele muutusele pärast setete akumulierumist.

Uhaku lade (~462,6–460,9 Ma) koosneb helehallidest savikatest lubjakividest. Mikrofossiilide hulk ja säilivus olid Baltinava puuraugus sellel tasemel tagasihoidlikud, mistõttu ulatuslikke järeldusi teha oli keerulisem.

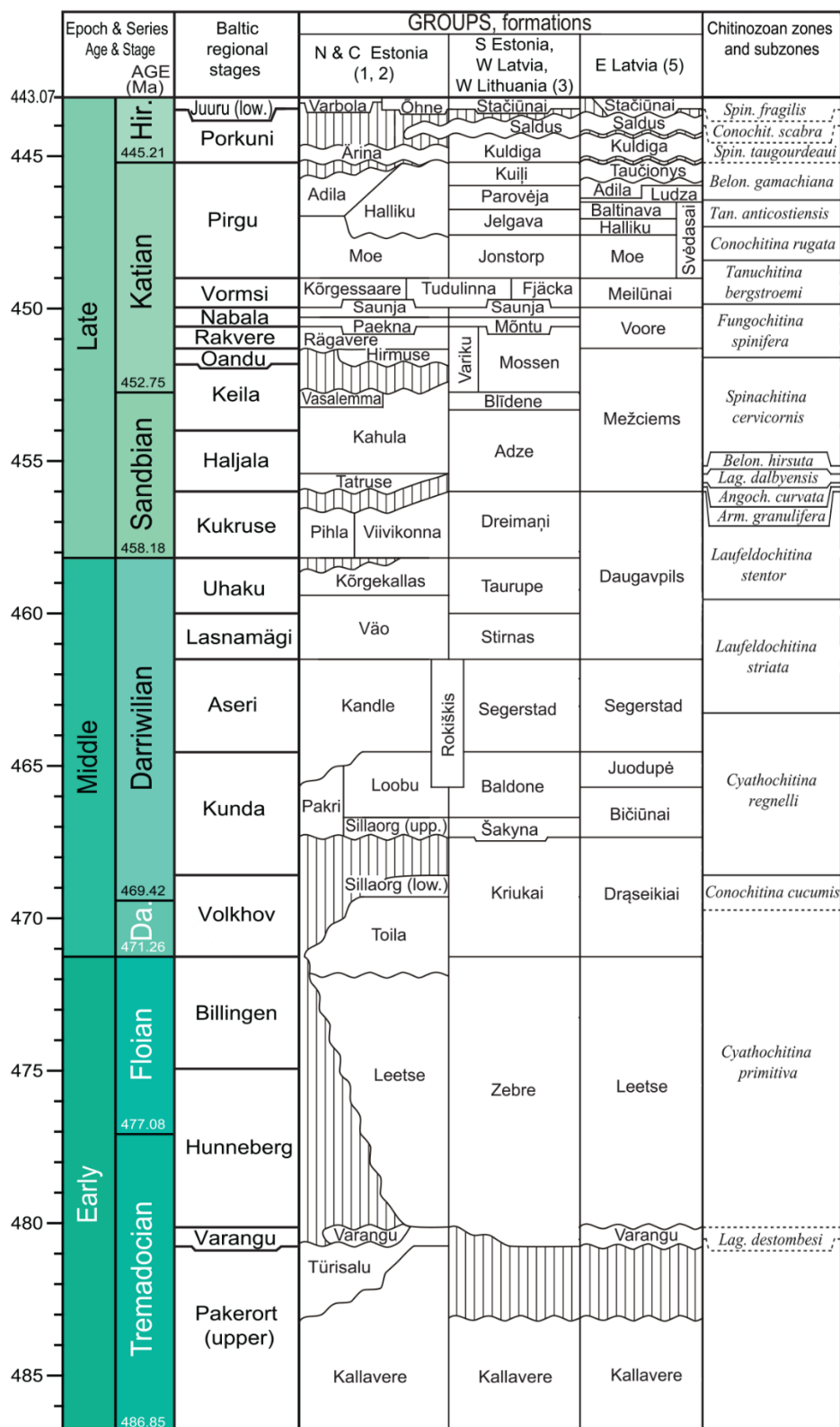
Kukruse lade (~460,9–458,2 Ma) sisaldab samuti savikaid lubjakive, kuid siin oli säilivus oluliselt parem. Määrati mitmeid biostratigraafilisi kitiinikute taksonid, mis teevad sellest lademest ühe töö jaoks olulisema osa.

Haljala lade (~458,2–456,2 Ma) koosneb samuti hallist savikast lubjakivist. Fossiilide säilivus oli selles kihis hea ja liikide mitmekesisus üsna suur, eriti kitiinikute puhul.

Keila lade (~456,2–454,2 Ma) sisaldab rohkem merglit kui eelnevad kihid, aga liigirikkus on selles intervallis suur.

Kivimite koostis viitab valdavalt karbonaatsele šelfikeskkonnale, kus aeglane settekuhjumine ja stabiilsed tingimused võimaldasid mikrofossiilide nagu kitiinikute head säilimist. Lisaks leidub nendes lademetes arvukalt teisi mikro- ja makrofossiile, sh konodonte, trilobiite, brahhiopoodi, skolekodonte, akritarhe jne (Nõlvak jt 2006). Selline mitmekesisus annab võimaluse uurida Ordoviitsiumi paleoökoloogiat, fatsiaalseid muutusi ja võimalikke elustiku reaktsioone keskkonnamuutustele.

Need Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi lademed Eestis ja Lätis on olulised mitte ainult kohaliku stratigraafia seisukohast, vaid ka laiemas paleontoloogilises ja biostratigraafilises kontekstis. Nad võimaldavad jälgida GOBE toimumist Baltika piirialadel ja annavad aluse erinevate mikrofossiilide kasutamiseks stratigraafilistes korrelatsioonides.



Joonis 1. Ordoviitsiumi stratigraafiline skeem Eesti ja Läti ala kono- ja litostratigraafia ning kitiinikute biostratigraafia kohta (koostatud Meidla jt 2023 järgi).

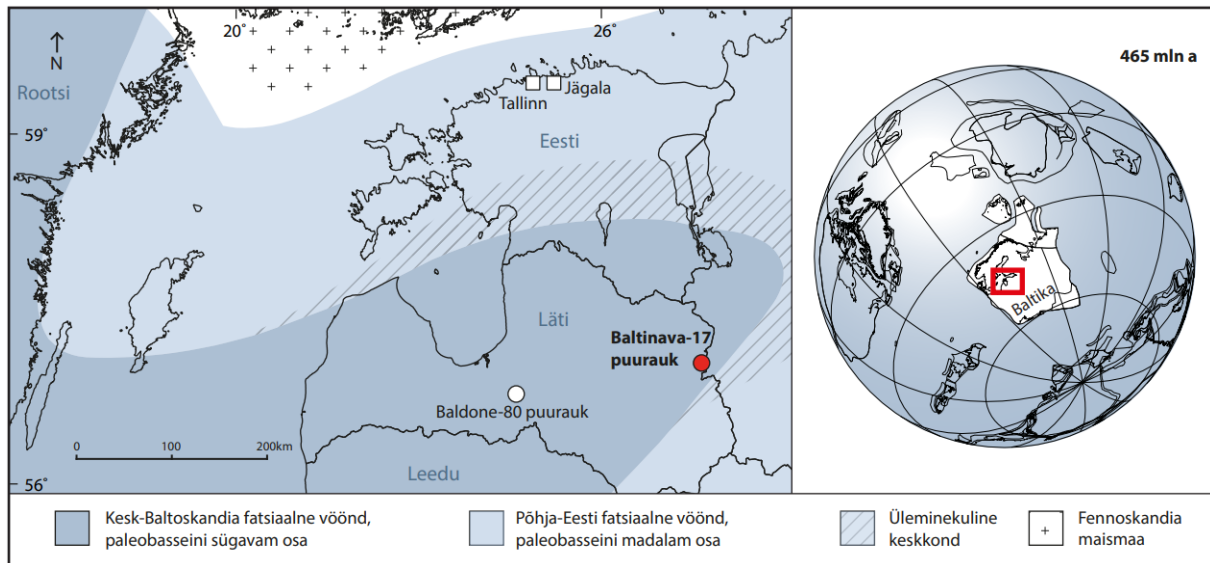
2.2. Balti paleobassein

Ordoviitsiumi ajastul kattis Eestit ja Lätit ulatuslik šelfimeri, mida nimetatakse Balti paleobasseiniks. See kujutas endast madalaveelist ja suhteliselt stabiilset settekeskkonda, kus ladestusid valdavalt karbonaatsed setted. Balti regiooni Ordoviitsiumi kivimid sisaldavad sageli hästi säilinud mikrofossiile nagu kitiinikud, konodondid, skolekodondid, ostrakoodid, akritarhid jt, mis viitab soodsatele tingimustele fossiilide akumulatsiooniks ja säilimiseks (Nestor & Einasto 1997). Sellise rahuliku merekeskkonna teke oli seotud tolaeagse kontinendi Baltikaga, mille osa oli ka tänapäeva Eesti ja Läti asukohaga lõunapoolkeral.

Balti paleobasseini arengut mõjutasid mitmed piirkondlikud ja globaalsed tegurid, nagu meretaseme kõikumised ja fatsiaalsed muutused. Need protsessid põhjustasid settetüüpide vaheldumist ning mõjutasid organismide levikut ja ökoloogilisi nišše. Näiteks võivad transgressiivsed episoodid olla seotud aeglase settekuhje ja glaukoniidi tekkega, mis viitab avamere tingimustele ja rauarikkale keskkonnale (Odin & Matter 1981).

Balti paleobassein mängis võtmerolli Ordoviitsiumi elustiku mitmekesistumisel ning on kogu Baltoskandia üks tähtsamaid paleogeograafilisi ja paleoökoloogilisi üksusi. Selle arengut mõjutasid mitmed tegurid, sh globaalsed kliimamuutused, vulkanism ja ookeani tsirkulatsioon, mis kujundasid setteolusid ja mõjutasid faunakooslusi. Ordoviitsiumi jooksul arenes basseinis selgelt eristuv faatsiaalne vööndilisus – madalaveelised platvormid, avamerega piirnevad rannikualad ja sügavamaveelised piirkonnad – milles settisid eri tüüpi karbonaatsed ja savikad kivimid (Meidla jt 2023).

Sellistes tingimustes kujunesid välja mitmekesised ökosüsteemid, kus domineerisid nii planktilised mikrofossiilid (nt kitiinikud ja akritarkid) kui ka bentilised organismid (nt ostrakoodid, trilobiidid ja brahhiopoodid). Erinevad settetingimused mõjutasid ka fossiilide säilivust – näiteks rahulikumates ja madalama energia keskkondades oli säilivus parem ning leidis rohkem mitmekesiseid mikrofaunasid. Balti paleobassein peegeldab hästi ülemaailmseid elurikkuse dünaamika trende ning pakub head võimalust jälgida GOBE sündmuse piirkondlike iseärasusi (Meidla jt 2023).



Joonis 2. Baltika paleokontinendi paleogeograafiline paiknemine Kesk-Ordoviitsiumis, Balti paleobasseini fatsiaalsed vööndid ja uuritud Baltinava puuraugu asukoht (koostatud Nõlvak jt 2022 põhjal).

2.3. Baltinava puurauk

Baltinava puurauk asub tänapäeva Ida-Lätis (joon. 2) ja selle kivimid kuuluvad Balti paleobasseini suhteliselt sügavamaveelisse keskossa. See asukoht on oluline, sest võimaldab võrrelda Ordoviitsiumi fossiilikooslusi Eesti alaga ning uurida, kas lõuna ja põhja vahel olid märkimisväärsed erinevused. Kuna kivimid Baltinava puuraugus on hästi säilinud ja stratigraafiliselt võrreldavad teiste Balti piirkondadega, sobib see uurimiseks väga hästi.

3. Happeresistentsed mikrofossiilid

Mikropaleontoloogias kasutatakse happeresistentseid mikrofossiile settekivimite dateerimisel, stratigraafiliseks korrelatsiooniks ja paleoökooloogilisteks tõlgendusteks. Nimetus „happeresistentne“ viitab nende fossiilide võimele säilida pärast happega töötlemist, mis lahustab kivimimaatriksi, kuid jätab alles orgaanilise või muust ainest vastupidava kestaga mikrofossiilid (Nõlvak 2011).

Happeresistentsed mikrofossiilid on eriti väärtuslikud karbonaatkivimite puhul, kus muud fossiilid võivad olla halvasti säilinud või purustatud. Kuna neid saab kivimitest eraldada keemiliselt, sobivad nad väga hästi ka puursüdamike uurimiseks, kus uuritava materjali kogus on piiratud.

Lisaks sellele, et nad säilivad hästi, võimaldab nende suur levik ja kiiresti muutuv taksonoomia kasutada neid biostratigraafiliste tsoonide defineerimiseks, mis aitavad dateerida ja korreleerida kivimikihte nii regionaalselt kui globaalselt (Nõlvak 2011).

Alljärgnevalt on lühidalt iseloomustatud olulisemaid fossiilirühmi, mis esinesid uuritud Baltinava puuraugu proovides.

3.1. Kitiinikud

Kitiinikud (*Chitinozoa*) on orgaanilise kestaga mikrofossiilid, mida leidub Ordoviitsiumi kuni Devoni vanustes merelistes settekivimites (Nõlvak & Paris 1999). Nende levik on väga lai ning neid on leitud kõikidelt kontinentidelt. Kitiinikute kestad on tavaliselt musta või tumepruuni värvusega ning nad koosnevad keerukast orgaanilisest materjalist, mis on vastupidav happele ja lagunemisele, see teeb neist eriti väärtuslikud uurimisobjektid.

Kitiinikute täpne bioloogiline päritolu on endiselt teadmata. Osa teadlasi arvab, et tegemist oli planktilise või plankto-bentilise eluviisiga protistidega, kuid on pakutud ka alternatiivseid hüpoteese, sealhulgas seost vetikate või algloomadega. Enamlevinud käsitluse järgi on vähemalt osa kitiinikutest pehmekehaliste mereliste hulkraksete loomade munakestad (Nõlvak & Paris 1999).

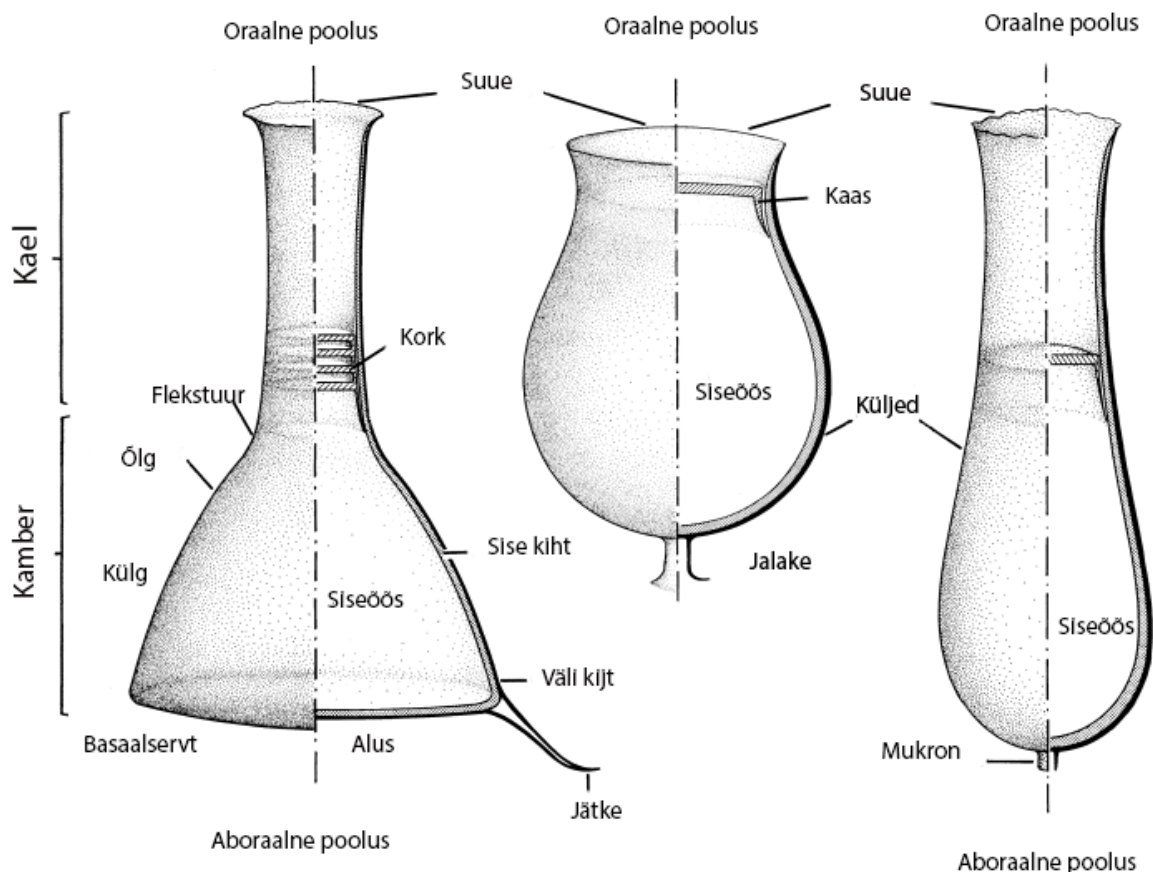
Morfoloogiliselt on kitiinikud väga mitmekesised, kuid neil on mõned ühised tunnused. Tavaliselt on nende kuju piklik või pudelikujuline, sageli kitseneva kaelaga, mis lõpeb avausega (joon. 3). Ava võis olla kaetud kas kaane või korgiga. Mõned vormid on lihtsad ja silindrilised, teised aga keerulisema ehitusega, näiteks ogade, lohkuudega või kurrutatud pinnaga. Kitiinikuid eristatakse perekondade ja liikide tasemel just nende kuju, suuruse ja välispinna tekstuuri alusel. Sageli ulatub nende pikkus 100–300 mikronini, kuid mõned vormid võivad olla oluliselt väiksemad või suuremad. Maailma suurim teadaolev kitiinik on leitud Eesti Kesk-Ordoviitsiumi kivimitest ja selle pikkus ulatub 2.7 mm-ni (Nõlvak jt 2019).

Paljudel juhtudel on kitiinikud säilinud suurepäraselt, eriti kui need on olnud madala energiaga ja aeglase settekuhjumisega keskkondades. Nende tume värvus ja vastupidavus lubavad neid eraldada isegi väga vanadest ja tihenenud kivimitest. Siiski võivad tugevalt savised või ümberkristalliseerunud

kivimid põhjustada nende deformeerumist, näiteks litsutust või kestade pragunemist. Just selliseid kahjustusi kohtab sageli ka Kesk-Ordoviitsiumi savikates merglikihtides.

Biostratigraafias on kitiinikud äärmiselt olulised, sest neil on sageli lühikesed stratigraafilised levikuperioodid kuid laialdane geograafiline levik. Nende põhjal on koostatud mitmeid biotsoone ja regionaalseid biostratigraafilisi skeeme, mis võimaldavad eri piirkondade kivimikihtide omavahelist korrelatsiooni (Nõlvak 2002). Erinevad kitiinikute perekonnad, nagu *Conochitina*, *Belonechitina*, *Desmochitina*, *Rhabdochitina* ja *Spinachitina*, on kõik esindatud ka Kesk-Ordoviitsiumi Balti regiooni läbilõigetel. Näiteks *Conochitina* liigid esinevad laialdaselt ning on tuntud oma suhteliselt pika stratigraafilise ulatuse poolest, samas kui *Belonechitina* on kitsamalt määratletud lademetes ja seetõttu täpsemate korrelatsioonide jaoks kasulikum.

Lisaks stratigraafilisele väärtusele on kitiinikuid kasutatud ka paleoökoloogilistes tõlgendustes. Nende esinemissagedus, säilivus ja taksonoomiline koosseis võivad viidata veesamba sügavusele, settimise kiirusele ja hapnikusisaldusele. Näiteks on leitud, et teatud liigid domineerivad planktilisemas ja avamere keskkonnas, samas kui teised võivad viidata rannikulähedastele või muutlikumatele tingimustele (Nõlvak jt 2019).



Joonis 3. Kitiinikute morfoloogia ja terminoloogia Paris jt (1999) järgi.

3.2. Konodondid

Konodondid (Conodonta) on väljasurnud mikroorganismid, kelle fosfaatsed lõuaaparaadi elemendid esinevad settekivimites laias geoloogilises ulatuses alates Kambriumist kuni Triiase lõpuni. Nende väikeste, hambasarnaste struktuuride täpne bioloogiline päritolu oli aastakümneid teadlaste jaoks mõistatus, kuid Briggs jt (1983) poolt kirjeldatud erakordne fossiil Šotimaalt, milles konodontide aparaat esineb koos säilinud pehmete kudedega, viitab selgelt, et tegemist oli keeruka närimiselundiga, mida kasutas uimedega varustatud silmulaadne varajaste selgroogsete hulka kuuluv loom.

Nowlan ja Barnes (1981) on põhjalikult käsitlenud Hilis-Ordoviitsiumi konodontide esinemist, kirjeldades nende taksonoomilist mitmekesisust, elementide paigutust ja muutusi koosluses. Anticosti saarel Quebecis uuritud Vaureali kihistust on leitud mitmeid hästi säilinud elemente, millest rekonstrueeriti konodontide aparaadid. Nende hulka kuulusid näiteks *Belodina*, *Amorphognathus* ja *Phragmodus*. Konodontide elementide põhjal on võimalik määrata kivimite suhtelist vanust ning täheldada biogeograafilisi muutusi paleobasseinides.

Briggs jt (1983) kirjeldatud loom kandis peas kolme selgelt eristuvat konodontide elementide rühma: eesmisel positsioonil asusid ramiformsed (harulised) elemendid, nende taga ozarkodiniformsed (kaardus) elemendid ning tagapool platvormsed Pa-elemendid. See konfiguratsioon kinnitab, et konodondid kasutasid neid elemente toidu töötlemiseks, mitte näiteks kehasisesteks tugistruktuurideks, nagu varem oletati.

3.3. Akritarhid

Akritarhid on mitmekesine rühm orgaanilise seinaga mikrofossiile, mida leidub Fanerosoikumi kivimites, eriti rohkelt Kambriumi ja Ordoviitsiumi merelistes settekivimites. Nende bioloogiline kuuluvus ei ole siiani lõplikult teada, kuid üldiselt arvatakse, et tegemist on planktiliste protistide tsüstide või paljunemismvormidega (Moczyłowska 1991). Kuna nende taksonoomia põhineb üksnes morfoloogial, peetakse akritarhe kunstlikuks rühmaks, kuhu võivad kuuluda eri päritoluga organismid.

Akritarhid on tänu oma vastupidavale orgaanilisele kestale hästi säilinud ning neid saab kivimitest edukalt eraldada lahustusmeetodi abil. Eriti olulised on nad piirkondades, kus muud mikrofossiilid (nt konodondid või kitiinikud) puuduvad või on halvasti säilinud. Paljud akritarhiliigid on piiratud kindla stratigraafilise intervalliga, mis teeb neist väärtuslikud tööriistad kihtide dateerimisel ja korreleerimisel nii lokaalsel kui ka globaalsel tasemel (Vecoli & Le Hérissé 2004; Servais jt 2003).

Morfoloogiliselt on akritarhid väga mitmekesised. Leidub nii lihtsa sfäärilise kujuga vorme kui ka keerukate ogaliste ja mitmeseinaliste struktuuridega tüüpe. Nende määramine põhineb kuju, suuruse, välispinna tekstuuri ja seina ehituse alusel. Eri tüübid võivad anda teavet mitte ainult vanuse, vaid ka keskkonnatingimuste kohta, milles nad esinesid (Moczyłowska 1991).

Lisaks stratigraafilisele väärtusele kasutatakse akritarhe laialdaselt paleoökoloogilistes ja paleoklimatoloogilistes uuringutes. Nende levik ja morfoloogiline mitmekesisus on seotud planktoni produktiivsuse, veesamba kihistumise ja ookeani tsirkulatsiooni muutustega (Vecoli & Le Hérissé 2004). Näiteks keerulisemad ja suuremad vormid on sageli seotud stabiilsemate, toitainerikkamate tingimustega, samas kui lihtsamad ja väiksemad võivad viidata toitainetevaesematele või dünaamilisematele keskkondadele (Servais jt 2003).

Ordoviitsiumi keskosas toimunud GOBE ajal suurenes akritarhide mitmekesisus märgatavalt. Kuigi nende arengumustrid erinevad loomsete planktonirühmade omast, on nad paleokliima ja elustiku dünaamika tõlgendamisel väga olulised. Baltika paleokontinendil, sealhulgas Eestis ja Lätis, kujunes välja rikkalik ja eripärane akritarhifloora, mis võimaldab rekonstrueerida piirkondlikke keskkonnatingimusi ja biogeograafilisi seoseid (Servais jt 2003; Vecoli & Le Hérissé 2004).

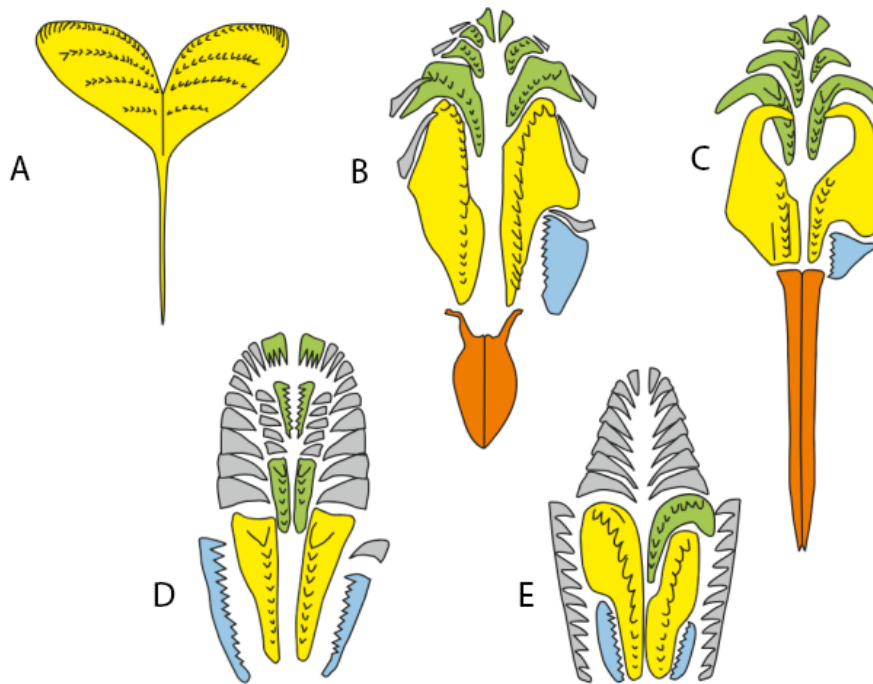
3.4 Skolekodondid

Skolekodondid on mikrofossiilid, mis pärinevad hulkharjasusside (Polychaeta) lõua-aparaatidest. Tegemist on ühe kõige sagedasema mittemineraliseerunud loomse päritoluga mikrofossiilide rühmaga, mida leidub merelistes setetes alates Kambriumi lõpust. Kuigi nende keha ei säili kivistunult, on nende lõuaplaadid ehk skolekodondid vastupidavad ja võimaldavad aimu saada nende loomade levikust ja rollist mineviku ökosüsteemides (Kielan-Jaworowska 1966; Eriksson jt 2004).

Skolekodontide välimus on tavaliselt tumepruun kuni must, suuruses umbes 100–500 mikronit, ning neil esineb mitmesuguseid morfoloogilisi vorme, mõned lihtsama, teised keerukama ehitusega. Ühel serval asub sageli hammaste rida, mis on hästi näha ka paljudes Baltinava proovi preparaates. Mõned neist olid väga hästi säilinud ja selgelt äratuntavad, teised aga osaliselt kahjustunud või deformeerunud.

Skolekodontide klassifitseerimine on olnud ajalooliselt keeruline. Varasemates käsitlustes määrati iga eraldi lõuaelement eraldi liigiks, kuid tänapäeval eelistatakse pigem süsteemi, mis põhineb mitme elemendiga lõuaaparaadi tüübil (Eriksson jt 2004). See lähenemine võimaldab saada paremat bioloogilist ülevaadet. Praktikas kasutatakse siiski sageli ka üksikelementide kirjeldusi, sest terviklikke lõua-aparaate leitakse harva.

Evolutsioonilises plaanis näitavad skolekodondid arengu suunda lihtsamatelt, sümmeetrilistelt vormidelt keerukamate, asümmeetriliste ja eristuvate aparaatideni (Hints ja Eriksson 2007). Erinevad aparaadi tüüpvormid, näiteks plakognaatne, labidognaatne ja ksenognaatne, viitavad sellele, et hulkharjasusside toitumisstrateegiad muutusid aja jooksul mitmekesisemaks (joon. 2).



Joonis 4. Hulkharjasusside lõuaaparaatide põhitüübid: A, ksenognaatne; B, labidognaatne; C, plakognaatne; D, ktenognaatne; E, prionognaatne (Kielan-Jaworowska 1966 ja Szaniawski 1996 järgi).

3.5 Graptoliidid

Graptoliidid (Graptolithina) on väljasurnud koloniaalsed mereorganismid, kes kuulusid ürgkeelikloomade hulka ning olid seotud tänapäevaste sulgpealistega (Maletz 2017). Nad olid olulised planktilised hõljumitoidulised, kelle levik ja kiire evolutsioon teeb neist ühed olulisemad biostratigraafilised markerid Paleosoikumis, eriti Ordoviitsiumi ja Siluri ajastutel (Maletz 2014).

Graptoliitide kolooniad koosnesid üksikutest isenditest ehk zooididest, kes paiknesid organiseeritult harudes ehk stüüloseedes. Need harud võisid olla lihtsad, kaharalt hargnevad või keerukalt mähkuvad, sõltuvalt liigist ja koloonia tüübist. Üksik zooid elas väikese toruja struktuuri sees, mida kutsutakse tekaaks. Graptoliitide skeletid olid koostatud orgaanilisest ainest, mis on sarnane kitiinile, kuid tugevam ja mineraliseerumata (Maletz 2017).

Vanimad graptoliidid olid bentilised ning kinnitusid substraadile, kuid kiiresti arenesid välja ka planktilised vormid, mis triivisid veesambas. Nende hargnevad kolooniad parandasid toitumistõhusust ja aitasid koloonial hõljuda. Just nende planktiliste vormide kiire areng ja laialdane levik muudab graptoliidid kasulikuks stratigraafiliseks tööriistaks. Ordoviitsiumis toimunud kiire elurikkuse kasv võimaldas koostada detailseid biotsoone, mis on standardiks stratigraafilistes skeemides (Maletz 2014).

Morfoloogiliselt saab graptoliitide kolooniad jagada kahte peamist tüüpi: dendroidsed graptoliidid (nt *Dictyonema*) ja planktilised graptoliidid (nt *Didymograptus*, *Orthograptus*). Dendroidsed vormid olid tavaliselt suuremad, keerukama ehitusega ja bentilised, samas kui planktilised vormid olid väiksemad, lihtsama ehitusega ning spetsialiseerunud hõljumiseks veekogudes (Maletz 2017).

Tänapäevane graptoliitide uurimine hõlmab mitmesuguseid mikroskoopia ja rekonstrueerimise meetodeid, et mõista paremini nende eluvormi, kolooniate kasvumustreid ja ökoloogiat. Maletz (2014) on esile tõstnud, et hoolimata graptoliitide täielikust väljasuremisest Devoni lõpuks, on nende fossiilne jälg väga hea ning lubab üksikasjalikke rekonstruktsioone kolooniate arengust, zooiidide asendist ja toitumisstrateegiatest.

Graptoliitide säilivus on tavaliselt hea just peeneteralistes kivimites, kus nende õhukesed peridermist skeletid võivad säilida mustade või hõbedaste jälgedena. Sageli moodustavad nad iseloomulikke mustreid kivimilõigetel, mis teeb nad kergesti äratuntavaks ka palja silmaga.

Biostratigraafiliselt on graptoliidid eriti olulised just planktiliste vormide tõttu, kuna nad elasid lühikest aega, kuid levivad väga laialt üle kogu maailma. See võimaldab teha täpseid korrelatsioone eri piirkondade vahel. Graptoliitide kasutamine stratigraafias on seni üks täpsemaid meetodeid Ordoviitsiumi ja Siluri kivimite dateerimisel (Maletz 2014, 2017).

3.6 Foraminifeerid

Foraminifeerid on merelised protistid, kes ehitavad oma kesta kaltsiumkarbonaadist või orgaanilisest ainest, ja neid leidub setetes alates Kambriumi lõpust kuni tänapäevani (Armstrong & Brasier 2004). Nad võivad olla kas planktilised või bentilised, kusjuures nende esinemine ja koosluse koostis võivad anda palju infot muistsete keskkonnatingimuste kohta, sealhulgas vee sügavuse, hapnikutaseme ja toitainete kättesaadavuse kohta (Jorissen 2002).

Ordoviitsiumis olid valdavalt esindatud aglutineerivad foraminifeerid, kes ehisid oma kesta ümbruskonnas leiduvatest osakestest. Just neid leidubki kõige sagedamini Baltika piirkonna Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi kihtides. Nestell ja Tolmacheva (2004) toovad välja, et näiteks Venemaa ja Balti piirkonna proovidest on kirjeldatud mitmeid primitiivseid aglutineeriva kestaga taksonid, mis esinevad sageli koos teiste mikrofossiilide, nagu akritarhide ja kitiinikutega.

Schallreuter (1983) on rõhutanud, et Ordoviitsiumi foraminifeerid on küll morfoloogiliselt lihtsad, kuid nende säilivus on tihti hea ning nad võivad esineda suhteliselt suurtes kogustes, eriti sügavamates, madala energiaga settetingimustes. Mõnes Baltika piirkonna kihis esinevad nad koos teiste mikrofossiilidega, moodustades mitmekesise koosluse.

4. Materjal ja metoodika

Käesoleva töö uurimismaterjal pärineb Baltinava puuraugust, mis asub Ida-Lätis. Valitud intervall hõlmab Kunda, Aseri, Lasnamäe ja Keila ladet, mis kuuluvad Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumisse. Mikrofossiilide eraldamiseks kivimitest kasutati standardset orgaanilise kestaga fossiilide kogumise meetodit, mis hõlmab karbonaatkivimi lahustamist äädikhappega, lahustumatu jäägi sõelumist, fossiilide noppimist jäägist stereomikroskoobis, sorteerimist ja glütseriinis püsipreparaatide loomist (Nõlvak 2002).

Kõik antud töös kirjeldatud ja illustreeritud eksemplarid on hoiustatud Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudis (rahvusvaheline akronüüm GIT), kollektsioonis nr 917. Baltinava puursüdamikku haldab Läti Keskkonna-, geoloogia- ja meteoroloogia teenistus ning see on hoiustatud Lätis Gardene puursüdamikuhoidlas.

4.1. Mikropaleontoloogilised proovid Baltinava puuraugust

Baltinava puurauk on valitud üheks tugiläbilõikeks Tallinna Tehnikaülikooli ja Tartu Ülikooli ühises teadusprojektis „Kasvuhoonekliimast jääaega: Ordoviitsiumi kliimamuutuste rekonstruktsioon ja mõju elustikule Baltika kontinendil“. Käesoleva töö aluseks olevad proovid koguti Baltinava puursüdamikust O. Hints jt poolt 2024. a eesmärgiga laiendada varasemalt uuritud stratigraafilist intervalli ka Alam- ja Kesk-Ordoviitsiumi ning Ülem-Ordoviitsiumi alumise osani. Samu proove kasutatakse nii fosfaatsete (konodondid), karbonaatsete (ostrakoodid) kui orgaaniliste mikrofossiilide (kitiinikud, skolekodondid) uurimiseks. Läbilõikest analüüsitakse ka süsiniku ja hapniku isotoopkoostist ning teisi kliima- ja keskkonnamuutuste indikaatoreid. Antud lõputöö stratigraafiline fookus oli Kesk-Ordoviitsiumil ning Ülem-Ordoviitsiumi alumisel osal, kuna just sellel ajaperioodil toimusid olulised muutused kliimas ja keskkonnas ning elustikus.

Antud töö baseerub 26 proovi uurimisel, millest mikrofossiile sisaldasid 25 proovi. Orgaanilise kestaga mikrofossiilid puudusid enamikest punavärvilistest lubjakividest Baltinava läbilõike alumises osas.

4.2. Proovide lahustamine ja pesemine

Kõik kivimiproovid asetati äädikhappe lahusesse (CH_3COOH) ning jäeti lahustuma mitmeks nädalaks, sõltuvalt karbonaatse komponendi kogusest ja dolomiidi osakaalust proovis. Happega töötlemine võimaldas lahustada kaltsiidi ja dolomiidi, jättes alles fosfaatsed ja orgaanilised mikrofossiilid ning lahustumatud mineraalid (peamiselt savimineraalid).

Kui proov oli piisavalt lahustunud, valati jääk plastnõusse või kaussi, kus toimus loputamine. Proovid sõeluti 45 mikroni avaga sõelal voolava vee all savi- ja aleuriidi fraktsiooni eemaldamiseks, kuni pesuvesi muutus selgeks.

4.3. Mikrofossiilide eraldamine

Puhastatud proovimaterjal (lahustumatu jääk terasuurusega üle 45 mikroni) valati nn Peetri tassidesse. Järgnenud etapis sorteeriti mikrofossiilid stereomikroskoobi all ja erinevad fossiilid, sh kitiinikud, skolekodondid, graptoliidid, akritarhid, prasinofüüdid jt koguti ükshaaval peene pipeti abil ja paigutati väikestesse plasttopsidesse.

Topsides olevad mikrofossiilid puhastati mehaaniliselt segavatest osakestest, nagu savi ja mineraalide fragmendid, lisades korduvat destilleeritud vett ja eemaldades lisandid. Seejärel lisati proovile etanool, et kiirendada vee aurustumist. Lõplikuks säilitamiseks lisati preparaati glütseriin, mis võimaldab mikrofossiile säilitada pikaajaliselt.

4.4. Optiline mikroskoopia

Mikrofossiilide vaatlemiseks kasutati stereomikroskoopi ZEISS, mis oli varustatud Plan S 1.0x objektiivi ning 10x okulaaridega. Objektiivi töökaugus on 81 mm, mis võimaldab proove mugavalt käsitleda ja vajadusel teisaldada. Mikroskoobil oli sujuvalt muudetav suurendusvahemik 10x kuni 80x, mis võimaldas jälgida mikrofossiile erineval detailsuse astmel – noppimisel ja preparaatide valmistamisel kasutati enamasti suurendusi 20-40x, määramiseks oluliste tunnuste uurimisel rakendati aga maksimaalset suurendust. Selline suurenduste ulatus sobib hästi nii üldiseks morfoloogiliseks hindamiseks kui ka peente tunnuste visuaalseks kirjeldamiseks.

4.5. Elektronmikroskoopia (SEM)

Valitud kitiinikute eksemplarid, millel oli säilinud tüüpiline morfoloogia (nt kooniline kuju, kael, jätked), eraldati pipetiga ja koguti ettevalmistamiseks skaneeriva elektronmikroskoobi (SEM) analüüsiks. Eelistati karvade jm tunnustega hästi säilinud eksemplare, mis võimaldaksid morfoloogiliste detailide vaatlemist ja dokumenteerimist.

Eraldatud eksemplarid paigutati ükshaaval spetsiaalsetele preparaadialustele, mis olid kaetud želatiiniga, ja fikseeriti need veeauru või veetilgakesega kleepuvale alusele, et vältida nende liikumist vaakumis. Seejärel kaeti preparaadid õhukese Au-Pd kihiga, mis aitas tagada preparaadi pinna elektrijuhtivuse ja vältida laengute kogunemist, mis segaks pildistamist (Goldstein jt 2003).

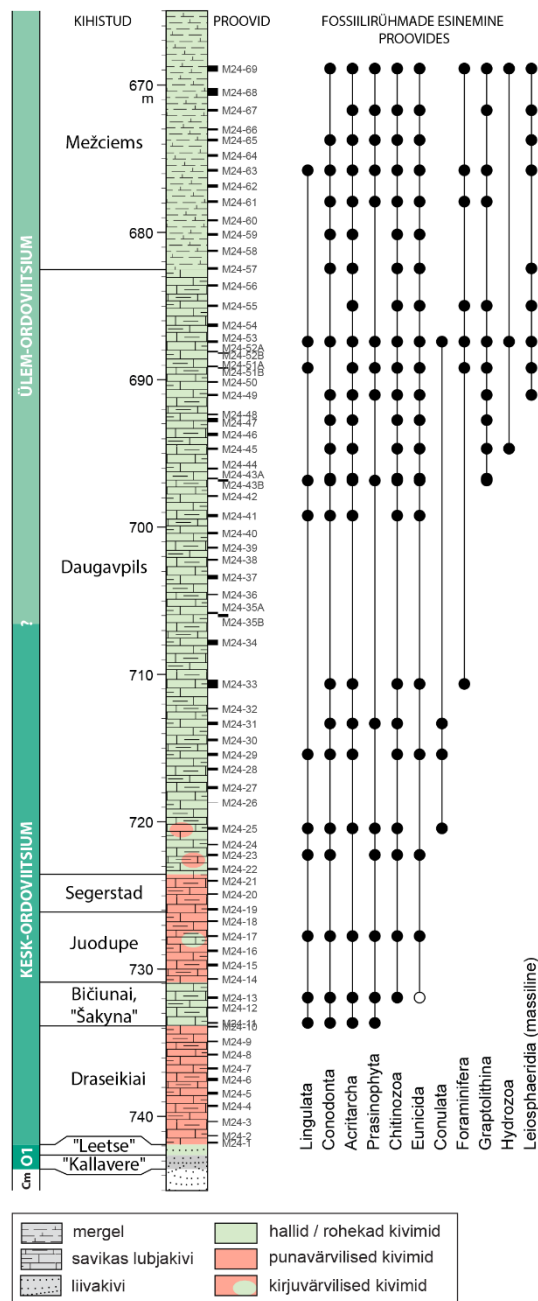
Pärast metalliga katmist paigutati preparaadid skaneeriva elektronmikroskoobi Zeiss EVO MA15 kambrisse, kus mikrofossiile pindu pildistati suure suurenduse ja lahutusvõimega. SEM-analüüs võimaldas dokumenteerida pinnastruktuure, ogade ja jätkete esinemist ning teisi tunnuseid, mis on vajalikud kitiinikute taksonoomiliseks määramiseks.

5. Tulemused

5.1. Mikropaleontoloogiliste proovide iseloomustus

Alljärgnevalt on iseloomustatud kõiki uuritud proove, mis sisaldasid orgaanilise kestaga mikrofossiile. Erinevate fossiilirühmade levikust annab üldise ülevaate joonis 5 ja lisa 1.

Baltinava 17 puurauk (1:400)



Joonis 5. Baltinava puuraugu läbilõige, litostratigraafiline liigestus (Tõnu Meidla, Leho Ainsaare ja Olle Hints andmetel), mikropaleontoloogiliste proovide asukohad ning käesolevas töö raames tuvastatud mikrofossiilirühmade esinemine proovides.

Proov M24-11 (733.60–733.72 m)

Proov M24-11 oli mikrofossiilide poolest väga vaene. Kitiinikuid selles proovis ei leitud. Esinesid üksikud lingulaadid, akritarhid ja konodondid, kuid domineerivaks rühmaks olid prasinofüüdid. Proovis esinenud glaukoniiditerad viitavad tõenäoliselt aeglasele settekujumisele ja stabiilsele-, avamere-tüüpi keskkonnale. Sellised tingimused võimaldavad roheliste glaukoniseerunud osakeste tekkimist substraadil, mis on pikka aega jäänud merepõhja pinnale (Odin ja Matter 1981).

Proov M24-13 (731.85–732.03 m)

Proovis M24-13 oli kitiinikute arvukus suurem võrreldes varasemate kihtidega. Määrati järgmised liigid: *Lagenochitina megaesthonica*, *Conochitina ulsti*, *Lagenochitina* sp., *Lagenochitina combazi*, *Cyathochitina hunderumensis* ja *Cyathochitina calix* (joon. 6). Lisaks esines üks skolekodont, vähesel määral konodonte, akritarhe, prasinofüüte ning lingulaate. Tuvastati ka üks kamaroid. Kitiinikute säilivus oli siiski halb, paljud eksemplarid olid tugevalt litsunud, mis raskendas täpset määramist. Proovi koostises leidis glaukoniiti, mis viitab aeglasele settekogunemisele ja stabiliseerunud avamere keskkonnale (Odin ja Matter 1981).

Proov M24-17 (727.70–727.83 m)

Proov M24-17 oli fossiilide poolest vaene ning tugevalt oksüdeerunud, mis andis kivimile visuaalselt kollaka tooni. Leiti rohkesti tigude ja okasnahksete jäänuseid, mis olid kaetud kollase ja oranži mineraalkihiga. Samuti esines vähesel määral kitiinikuid, skolekodonte, konodonte, akritarhe, prasinofüüte. Okasnahksed, teod ja ka trilobiitide fragmendid olid tõenäoliselt götiidistunud, kuna omasid tüüpilise selle mineraali jaoks värvi (Schwertmann ja Cornell 2000).

M24-23 (722.17–722.34 m)

Proov oli tugevalt punaka värvusega, mis viitab oksüdeerunud settetingimustele. Mikrofossiilide säilivus oli väga halb, neid oli vähe ja nad on halvasti määratavad. Leiti vaid paar üksikut kitiinikut, mis määrati kui *Conochitina* sp., lisaks üks skolekodont ja paar konodonti. Üldiselt on tegemist peaaegu tühja prooviga, mille väike fossiilide sisaldus viitab ebasoodsatele säilimistingimustele.

M24-25 (720.36–720.55 m)

Proov oli üldiselt väga vaene kitiinikute poolest, vaid mõned üksikud *Conochitina* eksemplarid. Samas oli proovis rohkesti konodonte, mis viitab nende paremale säilivusele või võimalikele kohalikele tingimustele, mis nende esinemist soosisid. Tähelepanuväärne oli *Lingula*-laadsete isendite esinemine, mille kestad olid kaetud kollaka kuni oranži tooniga mineraalse kihiga, tõenäoliselt götiidiga. Lisaks esines arvukalt akritarhe ning mõned konulaariate fragmendid.

M24-29 (715.32–715.54 m)

Proov koosnes tugevalt savikast settematerjalist ning fossiilide säilivus oli halb kuna enamik struktuure olid tugevalt litsunud ja deformeerunud. Üldine fossiilirikkus oli väga väike. Mikrofossiilide hulgas esines vaid vähesel määral *Desmochitina minor*, samuti üksikuid skolekodonte ja konodonte. Akritarhe leidis vähe ning need olid kehvasti säilinud. Lisaks esines vähesel hulgal konulaariate ja brahhiopoodide kesta fragmente, tõenäoliselt ei olnud selles kihis orgaanilise materjali säilitamiseks soodsad tingimused.

M24-31 (713.22–713.55 m)

Proov oli üldiselt fossiilivaene, eriti kitiinikute osas, mida selles kihis ei leitud. Mikrofossiilide hulgas esines vaid mõned üksikud konodondid ning vähesel määral akritarhe ja prasinofüüte. Lisaks tuvastati paar konulaariate fragmenti. Pärast proovi lahustamist oli vesi punakas ning kivim ise tugevalt punaka värvusega, mis viitab rauarikkale või oksüdeerunud settekeskkonnale.

M24-33 (710.35–710.95 m)

See proov eristus oma kvantitatiivse mikrofossiilirikkuse poolest ning kuulus rikkamate proovide hulka kogu uuritud intervallis. Eriti rohkesti esines kitiinikuid, kuigi nende liigiline mitmekesisus oli väike – määrati vaid kaks taksonit: *Cyathochitina campanulaeformis* ja *Cyathochitina jagovlensis*. Selline olukord viitab sellele, et teatud kitiinikute taksonid domineerisid planktoni koosluses, olles hästi kohastunud valitsevate keskkonnatingimustega.

Akritarhe esines väga suurtes kogustes, sedavõrd, et nende rohkus segas visuaalselt teiste fossiilide määramist. Muud mikrofossiilid, nagu konodondid, skolekodondid ja graptoliidid, olid proovis olemas, kuid arvuliselt tagasihoidlikud. Samuti esines üksikuid bentilise elustiku jäänuseid, näiteks tigude ja okasnahksete fragmente.

Selline kitiinikute ja akritarhide kooslus viitab Darriwili ea keskkonna stabiilsusele, mis oli tüüpiline Baltoskandia piirkonna šelfimererele (Nölvak 2002)

M24-37 (703.25–703.55 m)

Antud proov kuulus stratigraafiliselt Kukruse lademesse, mida näitab *Eisenackitina rhenana* esinemine (st tuvastati *E. rhenana* alambiotsoon) ning eristus nii kitiinikute rohkuse kui ka liigilise mitmekesisuse poolest. Tuvastati vähemalt üksteist erinevat liiki, sh *Cyathochitina kuckersiana*, *Desmochitina minor*, *Conochitina minnesotensis*, *Desmochitina amphorea*, *Euconochitina conulus*, *Eisenackitina rhenana*, *Cyathochitina campanulaeformis*, *Belonechitina micracantha*, *Desmochitina erratica*, *Calpichitina complanata* ja *Belonechitina intonsa*.

Selline kooslus viitab planktonirikkale keskkonnale, mis on tüüpiline Kukruse ea madalmerelistele settetingimustele. Mitmed esinenud taksonid, nagu *Eisenackitina rhenana* ja *Euconochitina conulus*, on varasemates uuringutes määratletud biostratigraafiliste markeritena (Nölvak 2002, 1993), võimaldades seostada proovi Kesk-Ordoviitsiumi Darriwili lademega.

Fossiilide säilivus oli keskmine, sest enamik isendeid olid määratavad, kuid esines ka litsutud ja katkiseid vorme.. Proovi mikrofossiilide kooslus toetab tõlgendust, et tegemist oli hapnikurikka ja planktoni produktiivsust soosiva madalmerelise keskkonnaga (Paris jt 1999).

M24-41 (699.12–699.33 m)

See proov kuulus stratigraafiliselt Kukruse lademe keskossa ja eristus mikrofossiilide suure sisalduse poolest. Kitiinikuid leidis rohkesti ning nende säilivus oli väga hea. Määratud taksonid olid järgmised: *Conochitina dolosa*, *Conochitina minnesotensis*, *Desmochitina amphorea*, *Eisenackitina rhenana* ja *Cyathochitina jagovlensis* (joon. 7). Nende kooslus on iseloomulik Kukruse lademe hilisemale osale ning aitab profiili seostada teiste Baltoskandia piirkonna stratigraafiliste töödega (Nölvak 2002; Paris jt 1999).

Akritarhe esines väga suures koguses, neid oli sedavõrd palju, et nad takistasid kohati muude mikrofossiilide visuaalset määramist. See viitab suurele bioproduksioonile ning eutroofsele veesambale. Samuti leidus mõõdukalt skolekodonte, mis viitavad ka aktiivsele bentilisele elustikule. Konodonte leidus vähesel määral. Kooslus viitab toitainerikkale, hästi segunenud madalmerelisele keskkonnale, kus valitsesid soodsad tingimused planktilise elu arenguks ja säilimiseks (Nõlvak 1995; Servais jt 2003).

Proov M24-43B (696.77–696.92 m)

See proov kuulus Kukruse lademe ülemisse ossa ja oli üks kõige fossiilirikkamaid kogu profiilis. Kitiinikuid esines rohkelt, nende seas olid määratavad näiteks *Desmochitina minor*, *Laufeldochitina stentor*, *Eisenackitina rhenana*, *Lagenochitina capax*, *Cyathochitina campanulaeformis* ja *Euconochitina primitiva* (joon. 7).

Akritarhe leidus väga rohkesti, sealhulgas erinevate suuruste ja morfoloogiliste vormidena. Nende suur esinemissagedus raskendas kohati teiste fossiilide määramist, viidates suurele planktonilise produktsiooni tasemele ja võimalikele veesamba kihistumise muutustele. Selline rohkus viitab soodsatele ökoloogilistele tingimustele ja kõrgele primaarproduktsioonile, mis on iseloomulik madalatele šelfimeretele (Servais jt, 2003; Vecoli & Le Hérissé, 2004).

Konodonte oli piisavalt ja nende esinemine toetab üldist mikrofossiilide rikkust. Samuti leidus skolekodonte, mis viitab aktiivsele bentiilisele elustikule, ja üksikuid graptoliite. Prasinofüütide esinemine viitavad samuti segatüüpi elustikule, kus olid esindatud nii planktilised kui bentilised komponendid.

Selline kooslus ja litoloogia viitavad produktiivsele, hästi segunenud ning toitainerikkale keskkonnale, mis tõenäoliselt kujunes madalas, stabiilses šelfimeres. Taksonite põhjal on võimalik proovi paigutada Kukruse lademe hilisemasse ossa, mis vastab Ülem-Ordoviitsiumi alumisele osale (Nõlvak 2002).

Proov M24-43A (696.65–696.77 m)

Antud proov paigutub Kukruse lademe ülemisse ossa ning eristus oma kitiinikute ja akritarhide suure arvukuse poolest. Eriti rohkesti esines liiki *Desmochitina minor*, millele lisandusid vähesemal määral ka *Desmochitina amphorea* ja *Cyathochitina campanulaeformis*. Kitiinikute üldine säilivus oli halb – paljud kestad olid pressitud või kahjustatud, mis viitab kas post-sedimentatsioonilistele surveoludele või diageeneesi käigus toimunud ümberkristalliseerumisele.

Akritarhe esines samuti ülikülluslikult, mis segas kohati muude mikrofossiilide määramist. Nende morfoloogiline varieeruvus viitab tõenäoliselt suurele planktoni produktsioonile ja võimalikele veesamba struktuuri muutustele (Servais jt, 2003; Vecoli & Le Hérissé, 2004).

Lisaks planktonile leidus ka mõningaid skolekodonte ja konodonte. Huvitava elemendina oli proovis säilinud ka üksik hüdroid, mis viitab mitmekesisusele elukooslustes. Proovis olid märgatavad ka kalkopüriidi kristallid, mis võivad osutada mineraalsete komponentide diageensetele muutustele või kohaliku geokeemia eripärale.

Proov M24–45 (694.60–694.75 m)

See proov kuulus Kukruse lademe ülemisse ossa ja sisaldas rohkesti kitiinikuid. Kõige rohkem leidis *Desmochitina minor*, aga esines ka *Conochitina minnesotensis*, *Laufeldochitina stentor* ning *Desmochitina erratica*. Fossiilide säilivus oli üldiselt hea, kestad olid hästi eristatavad ja määratavad.

Lisaks kitiinikutele leidis proovis ka akritarhe, skolekodonte, konodonte ning vähesel määral graptoliite ja prasinofüüte. Oli ka mõningaid hüdroidide kestasid ja brahhiopoodide fragmente. Samuti esinesid proovis kuldse ja hõbedase läikega kristallid, mis võivad olla seotud mineraalsete lisanditega, näiteks püriidi või muude sulfiidide kristalliseerumisega.

Proov M24–47 (692.60–692.89 m)

Kitiinikuid leidis selles proovis piisavas koguses, kuid nende säilivus oli väga halb kuna paljud kestad olid murdunud, tugevalt kokkusurutud või kulunud, mistõttu oli täpne määramine keeruline. Selline seisund viitab ebasoodsatele säilumistingimustele, näiteks suuremale survele või varajasele diageneesile.

Taksonoomiliselt õnnestus siiski määrata järgmised liigid: *Desmochitina minor*, *Conochitina minnesotensis*, *Cyathochitina campanulaeformis* ning *Spinachitina suecica*. Lisaks tuvastati proovis ka mõned skolekodondid, konodondid ja vähesel määral graptoliitide fragmente. Akritarhe esines aga palju, mitmesuguses suuruses ja kujus.

Proov M24–49 (690.96–691.11 m)

See proov kuulus kitiinikute poolest rikkalikumate hulka kogu uuritud profiilis. Dominantne liik oli *Cyathochitina campanulaeformis*, millele järgnes arvukuselt *Desmochitina minor*. Lisaks esines väiksemal hulgal *Cyathochitina girafa* ja *Belonechitina micracantha* (joon. 8). Proovis olid hästi säilinud *Desmochitina* kogumeid, mis olid kompaktsed ja kestad paistsid olevat orienteerunud samas suunas.

Akritarhe oli mõõdukalt, kuid nende morfoloogiline varieeruvus oli tagasihoidlik. Skolekodonte, graptoliite ja prasinofüüte esines vähesel määral. Konodonte leiti üksikuid. Mineraalsete koostisosade hulgas esinesid kuldse ja hõbedase läikega kristallid, mis võivad viidata püriidi või teiste sulfiidsete mineraalide esinemisele.

Proov M24–51b (689.15–689.25 m)

Proovis esines kitiinikuid mõõdukas koguses. Määratud taksonid olid *Desmochitina minor*, *Conochitina elegans*, *Conochitina minnesotensis*, *Lagenochitina dalbyensis*, *Euconochitina primitiva* ja *Spinachitina suecica*. *Desmochitina* kestad olid valdavalt lahtised ja esinesid väiksemates kogumites, kuigi need ei moodustanud suuri kobaraid.

Lisaks kitiinikutele leiti vähesel määral skolekodonte, graptoliite, foraminifeere ja prasinofüüte. Samuti oli esindatud tigude fragmente. Mikrofossiilide säilivus oli üldjoontes hea, kuigi mõned isendid olid osaliselt kahjustunud või litsutud.

Proov M24–53A+B (687.33–687.5 m)

Proovis esines kitiinikuid mõõdukas koguses. Määratud liikide hulka kuulusid arvukalt *Desmochitina minor*, samuti *Conochitina dolosa* ja *Conochitina minnesotensis*. Harvem esinesid *Desmochitina amphorea*, *Spinachitina* sp. ja *Euconochitina conulus*.

Lisaks leiti akritarhe ja prasinofüüte. Skolekodonte, konodonte, graptoliite ning foraminifeere esines vähesel määral. Üldine fossiilikooslus osutab planktonit soosivale keskkonnale, kus leidis ka üksikuid bentilisi organisme. Mikrofossiilide säilivus oli rahuldav ning võimaldas liikide määramist.

Proov M24–55 (684.9–685.06 m)

Antud proovis oli mikrofossiilide säilivus üldiselt halb, kuna paljud kitiinikud olid kahjustatud või tugevalt litsunud. Kitiinikuid leidis suhteliselt vähe ning määratud liikide hulka kuulusid *Conochitina elegans*, *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa*, *Belonechitina hirsuta* ja *Spinachitina multiradiata*. *Desmochitina* isendid esinesid nii üksikult kui ka väikeste aheladena.

Skolekodonte esines samuti vähesel määral, nagu ka akritarhe, foraminifeere ja hüdroiidide fragmente. Üldine mikrofossiilide vähesus ja halb säilivus viitavad settetingimustele, kus orgaanilise materjali säilimine oli raskendatud, võimalik, et diagenetiliste muutuste või suure ladestuskiiruse tõttu.

Proov M24–57 (682.36–682.53 m)

Mikrofossiilide üldine säilivus oli kehv, paljud fossiilid olid litsunud või fragmentaarsed ning määratav materjal oli vähesel hulgal. Kitiinikuid leidis siiski keskmisel hulgal, kuigi ka nende seas oli halvasti säilinud materjali. Määratud liikide hulka kuulusid *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa*, *Conochitina minnesotensis* ja *Cyathochitina campanulaeformis*.

Teisi mikrofossiiligruppe, nagu skolekodonte, konodonte, akritarhe ja prasinofüüte, leidis üksikuid isendeid.

Proov M24–59 (680.05–680.23 m)

Proovi säilivus oli halb, fossiilide kestad olid sageli kahjustatud ja määratav materjal napp. Kitiinikute üldarv jäi mõõdukaks. Tuvastatud liikide hulka kuulusid *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa*, *Conochitina minnesotensis* ja *Spinachitina suecica* (joon. 7).

Muud mikrofossiilid: skolekodondid, konodondid, akritarhid ja prasinofüüdid, esinesid harvalt ning ei olnud taksonoomiliselt hästi määratavad.

Proov M24–61 (677.82–678.00 m)

Selle proovi säilivus oli keskmine, osa fossiile oli hästi määratavad, kuid esines ka osaliselt deformeerunud ja fragmentaarseid eksemplare. Kitiinikuid leidis rohkesti ning määrati järgmised liigid: *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa* ja *Conochitina minnesotensis*.

Muud mikrofossiilid: skolekodondid, konodondid, prasinofüüdid, foraminifeerid ja graptoliidid esinesid üksikute eksemplaridena ning nende esinemissagedus oli madal. Proovis leidis ka hõbedavärvilise mineraali tükke.

Proov M24–63 (675.69–675.88 m)

Selle proovi säilivus oli halb, paljud kitiinikud olid kahjustatud või fragmentaarsed, mis raskendas nende täpset määramist. Kitiinikuid esines keskmisel hulgal, ent teiste mikrofossiilide esindatus oli minimaalne. Skolekodonte, akritarhe, graptoliite, foraminifeere ja prasinofüüte esines vähe. Lisaks tuvastati paar lingulaati.

Kitiinikute hulgas määrati järgmised taksonid: *Cyathochitina kuckersiana*, *Spinachitina cervicornis*, *Belonechitina jaanussonii*, *Desmochitina nodosa*, *Belonechitina comma* ja *Conochitina minnesotensis* (joon. 9). Selline kooslus viitab Keila lademe alumises osas levinud planktiliste organismide kogumile, kuigi halb säilivus muudab paleoökoloogiliste järelduste tegemise ettevaatlikuks.

Proov M24–65 (673.63–673.83 m)

Proovis leidis mitmeid hästi säilinud kitiinikuid, sh *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa*, *Conochitina minnesotensis* ja *Cyathochitina calix*. Muude mikrofossiilide, nagu akritarhide, skolekodontide, konodontide ja prasinofüütide esinemine oli vähene. Tähelepanuväärne oli melanosfäärsete struktuuride esinemine, mis võib viidata orgaanilise aine kuhjumisele ja võimalikele redutseerivatele settetingimustele. Üldine fossiilikooslus viitab madalmerelisele keskkonnale, kus oli ajutiselt vähenenud ökoloogiline mitmekesisus.

Proov M24–67 (671.62–671.80 m)

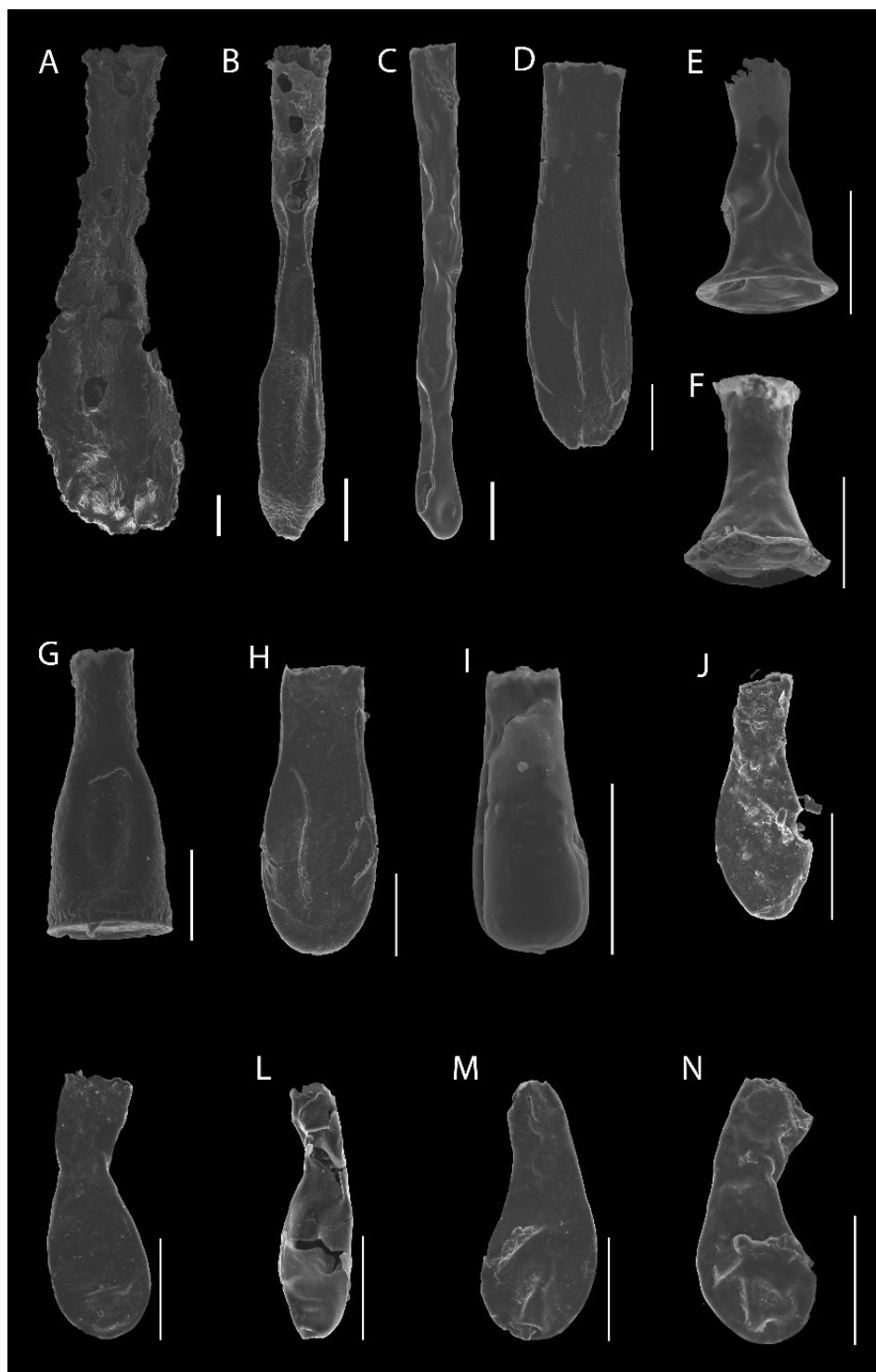
Proovi säilivus oli suhteliselt hea ning kitiinikuid esines rohkesti. Tuvastatud olid järgmised taksonid: *Cyathochitina kuckersiana*, *Desmochitina minor*, *Conochitina dolosa* ja *Conochitina minnesotensis* (joon. 9). *Desmochitina* isendeid leidis nii üksikutena kui ka ahelatena. Ühel kitiiniku kestal oli näha väikseid avasid, mis tõenäoliselt viitavad paleoparasiidi tegevusele.

Akritarhe, skolekodonte, graptoliite ja prasinofüüte esines vähesel määral. Samuti olid proovis okasnahksete fragmendid. Fossiilikooslus ja lahustumatu jäägi koostis viitavad mitmekesisele, ent tasakaalustatud madalmerelisele ökosüsteemile, kus oli võimalik nii planktilistel kui ka bentiilsetel organismidel püsida.

M24-69 (668.67–669.09 m)

See proov oli kogu profiili üks huvitavamaid, silma paistis nii kõrge kitiinikute arvukuse kui ka taksonoomilise mitmekesisuse poolest. Tuvastatud olid järgmised liigid: *Cyathochitina kuckersiana*, *Spinachitina cervicornis*, *Belonechitina jaanussonii*, *Desmochitina nodosa*, *Belonechitina comma*, *Conochitina elegans* ja *Desmochitina minor* (joon. 10). Lisaks leidis üks eksemplar, mille morfoloogia ei vastanud ühelegi seni määratud liigile ning mis võib viidata seni kirjeldamata taksonile.

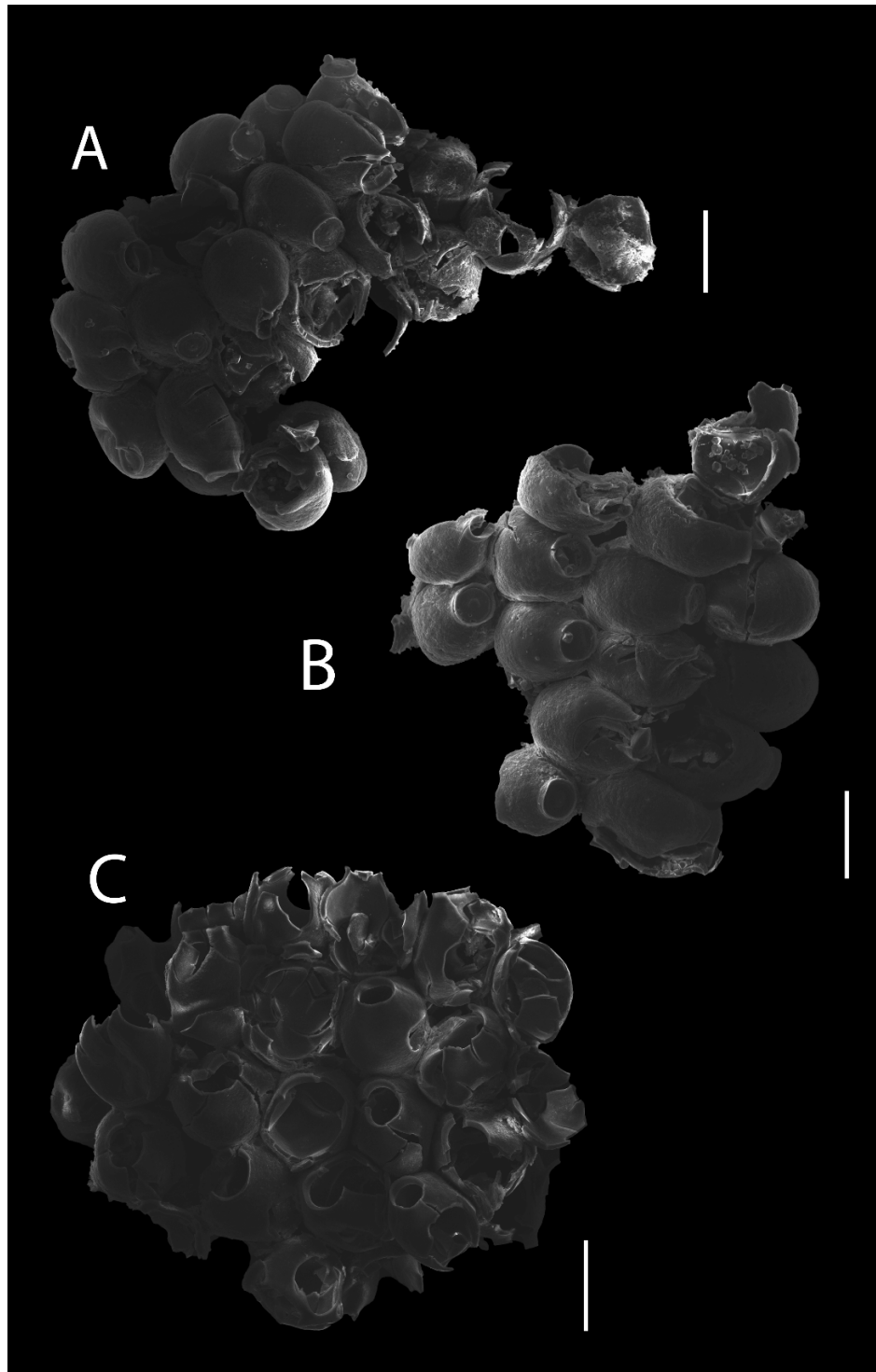
Desmochitina eksemplarid esinesid üksikult ja ahelates. Proovis leiti muskoviidi ja kalkopüriidi kristalle. Akritarhe, skolekodonte, konodonte, graptoliite, foraminifeere, prasinofüüte ja hüdroiidide fragmente esines väiksemas koguses, kuid nende olemasolu rikastas üldist mikrofossiilide kooslust. See proov annab tunnistust keerukast ja elurikkast planktilisest ning bentiilisest kooslusest uuritud läbilõike selles osas.



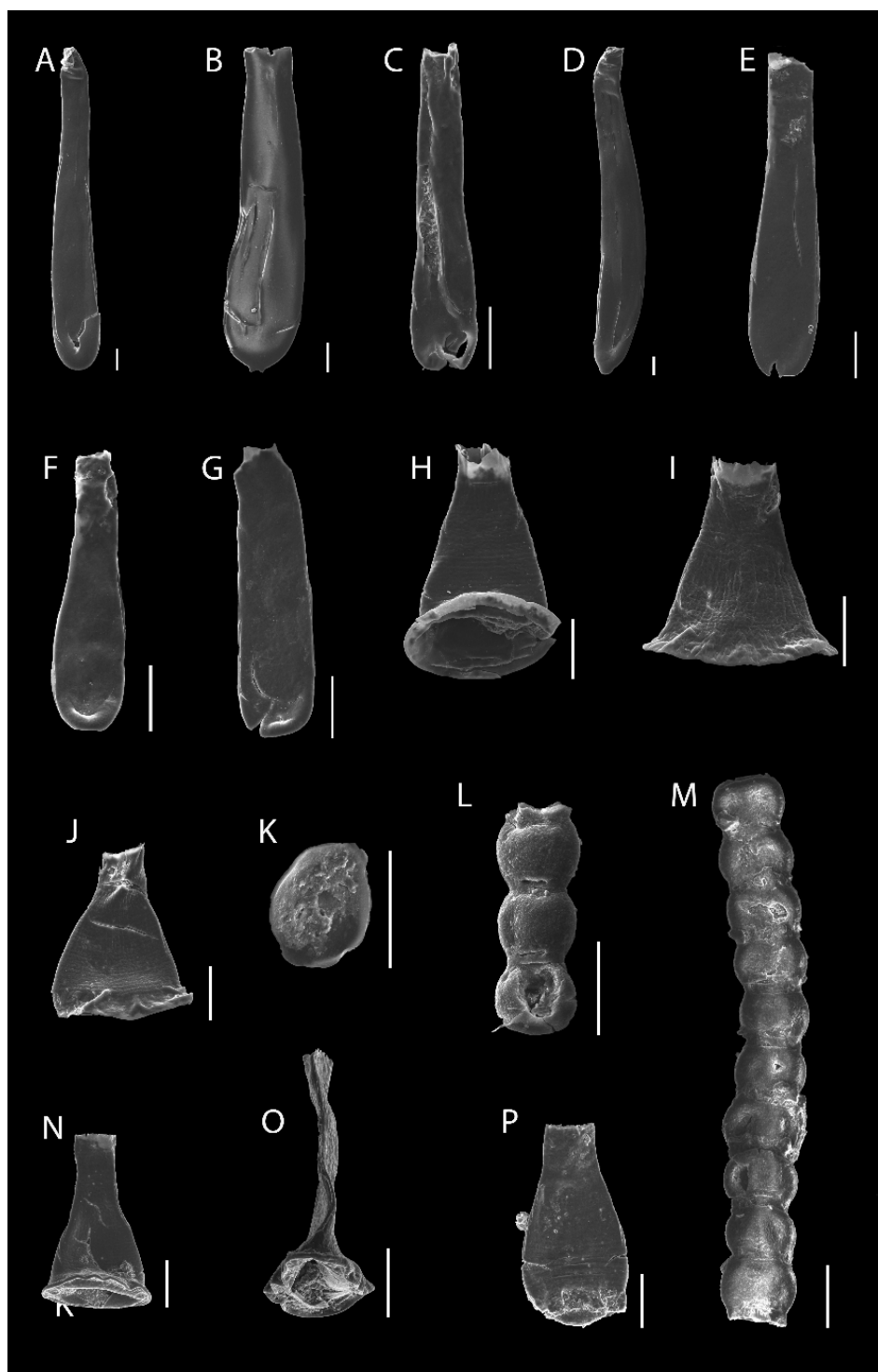
Joonis 6. Valik Kesk-Ordoviitsiumi kitiinikuid Baltinava puuraugu kahest proovist: M24-13 (Kunda lade) ja M24-51b (Haljala lade). **A** – *Lagenochitina megaesthonica*, GIT 917-1, proov M24-13,; **B-C** – *Conochitina ulsti* proov M24-13, GIT 917-2 – GIT 917-3 ; **D** – *Conochitina* sp. proov M24-13, GIT 917-4; **E-F** – *Cyathochitina hunderumensis* proov M24-13, GIT 917-5 – GIT 917-6; **G** – *Cyathochitina calix* proov M24-13, GIT 917-7; **H-I** – *Lagenochitina* sp. proov M24-13, GIT 917-8– GIT 917-9; **J-N** – *Lagenochitina dalbyensis* proov M24-51b, GIT 917-10– GIT 917-11.



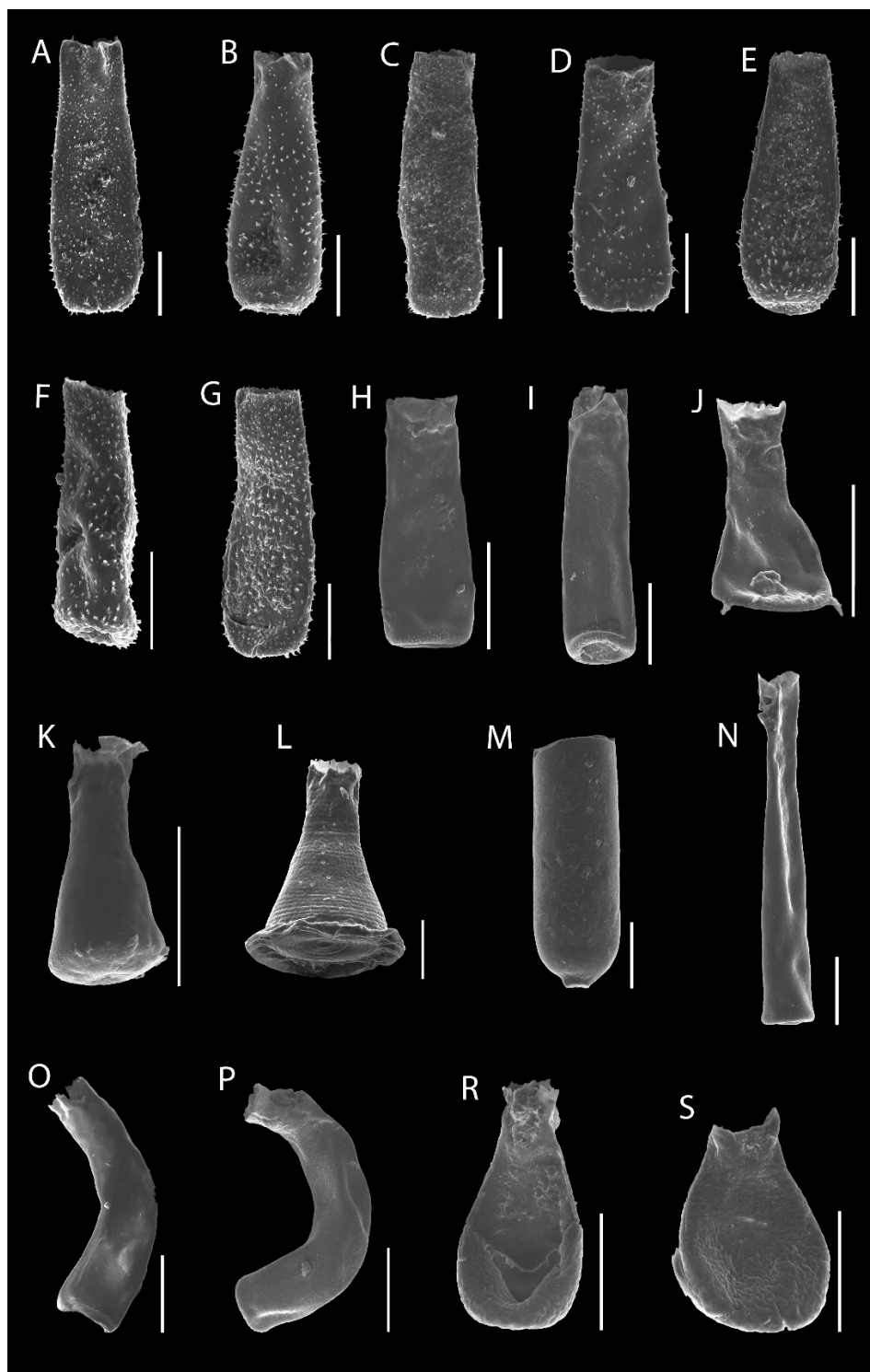
Joonis 7. Valik Kesk-Ordoviitsiumi kitiinikuid kahest puuraugust: M24-41 (Kukruse lade), M24-43b (Kukruse lade) ja M24-59 (Haljala/Keila lade): **A-C** - *Eisenackitina rhenana* M24-41, GIT 917-12– GIT 917-14; **D** – *Cyathochitina campanulaeformis* M24-41, GIT 917-15; **E-F** – *Cyathochitina jagovlensis* M24-41, GIT 917-16– GIT 917-17; **G-I** – *Laufeldochitina stentor* M24-43b, GIT 917-18– GIT 917-20; **J** – *Conochitina* M24-43b, GIT 917-21; **K-M** - *Conochitina minnesotensis* M24-59, GIT 917-22– GIT 917-24; **N** – *Cyathochitina* Sp. M24-59, GIT 917-25; **O-P** – *Cyathochitina campanulaeformis*, M24-61, GIT 917-26– GIT 917-27; **Q** – *Conochitina* M24-61, GIT 917-28.



Joonis 8. Valik Kesk-Ordoviitsiumi kitiinikuid Baltinava puuraugust, proovist M24-49 (Kukruse/Haljala lade): **A-C** – *Desmochitina nodosa*, GIT 917-29– GIT 917-31.



Joonis 9. Valik Kesk-Ordoviitsiumi kitiinikuid kahest puuraugust: M24-63 (Keila lade) ja M24-67 (Keila lade): **A, D** – *Conochitina minnesotensis* proov M24-63, GIT 917-32, GIT 917-35; **B-C** – *Conochitina dolosa* proov M24-63, GIT 917-33 – GIT 917-34; **E-F** – *Cyathochitina* Sp., GIT 917-36 – GIT 917-37; **G** – *Conochitina* sp, GIT 917-38; **H-J** – *Cyathochitina kuckersiana* proov M24-63, GIT 917-39 – GIT 917-41; **K-L** – *Desmochitina minor* proov M24-63, GIT 917-42 – GIT 917-44; **M** – *Desmochitina minor* proov M24-67, GIT 917-45; **N-P** – *Cyathochitina kuckersiana* proov M24-67, GIT 917-46 – GIT 917-48.



Joonis 10. Valik Ülem-Ordoviitsiumi kitiinikuid Baltinava puuraugust, proovist M24-69. **A-G** – *Belonechitina jaanussonii*, GIT 917-49 – GIT 917-55; **H-I** – *Conochitina*, GIT 917-56 – GIT 917-57; **K** – *Euconochitina primitiva*, GIT 917-58 ; **N** – *Belonechitina capitata*, GIT 917-59 ; **J** – *Spinachitina cervicornis*, GIT 917-60; **L** – *Cyathochitina kuckersiana*, GIT 917-61; **M** – *Conochitina dolosa*, GIT 917-62; **O** – *Conochitina elegans*, GIT 917-63; **P** – *Belonechitina comma*, GIT 917-64; **R–S** – määramata liik, GIT 917-62 – GIT 917-63.

5.2 Kitiinikute levik

Kitiinikute levik Baltinava 17 puuraugus on ebaühtlane, kuid mitmetes intervallides on täheldatav suur taksonoomiline mitmekesisus (lisa 2). Kõige rikkalikumad kooslused esinevad vahemikus umbes 668–692 meetrit (Mežciems ja Daugavpils kihistu), kus mitmed liigid nagu *Belonechitina hirsuta*, *Spinachitina cervicornis*, *Conochitina pachycephala* ja *Clathrochitina* sp. on esindatud laialdaselt.

Allapoole liikudes, Juodupė ja Būčionai kihistutes (ca 720–735 m), muutub levik märgatavalt hõredamaks – taksoneid esineb seal üksikutes proovides ja valdavalt väiksema mitmekesisusega. Alumises osas domineerivad mõned üksiktaksonid nagu *Belonechitina micracantha* ja *Desmochitina nodosa*. Üldiselt näitab profiil, et kitiinikute suurim liigiline mitmekesisus ja esinemissagedus langevad Mežciemsi ja Daugavpils kihistu aladele.

5.3. Biostratigraafia

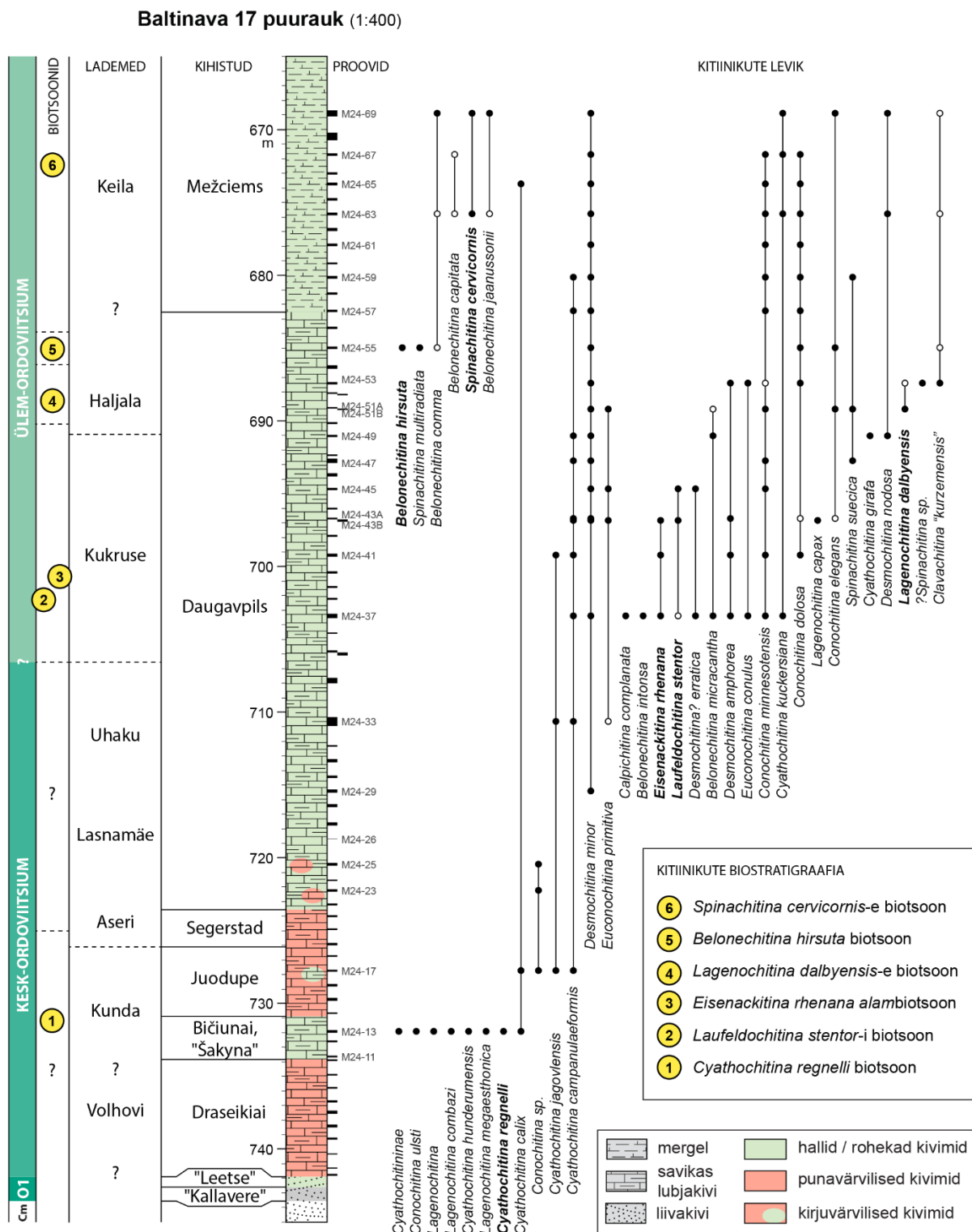
Baltinava puuraugu kitiinikute leviku põhjal tuvastati 6 biostratigraafilist üksust, mis langevad kokku Kesk-Ordoviitsiumi Darriwili ja Ülem-Ordoviitsiumi Sandby lademega ning vastvad Kunda kuni Haljala-Keila Balti regionaalsetele lademetele. Eristatud stratigraafiliste indeksliikide hulka kuuluvad: *Cyathochitina regnelli*, *Laufeldochitina stentor*, *Eisenackitina rhenana*, *Belonechitina hirsuta*, *Lagenochitina dalbyensis* ja *Spinachitina cervicornis*, mille esinemine võimaldab võrrelda uuritud profiili teiste Baltoskandia klassikaliste läbilõigetega. Alljärgnevalt esitatakse iga tuvastatud tsooni kohta eraldi kirjeldus.

5.3.1. *Conochitina regnelli* tsoon

Conochitina regnelli tsoon määrati Kunda lademe alumisest kihist proovidest M24-11 ja M24-13, kus leidis üksikuid selle liigi esindajaid. Tegemist on liigiga, mis kuuluvad Darriwili lademe varasematesse kitiinikute kooslustesse. Kuigi määratud isendite arv on väike, viitab *C. regnelli* esinemine sellele, et profiili alumises osas on säilinud kihte, mis vastavad Darriwili lademe alumisele osale. Tsooni määramine on esialgne ning vajab täiendavat kinnitust suurema materjali põhjal.

5.3.2. *Laufeldochitina stentori* tsoon

Laufeldochitina stentor tsoon määrati proovides M24-37 kuni M24-45, kus esineb selle tsooni nimiliik *Laufeldochitina stentor*. Kuigi isendite arv on piiratud, langeb levik kokku varasemates töödes määratletud stratigraafilise positsiooniga. Tsoon paikneb tõenäoliselt Kukruse lademe alumises osas ja vastab Kesk-Ordoviitsiumi Darriwili lademe kõrgemale osale. See tsoon esindab mitmekesisest kitiinikute kooslust, kuhu kuuluvad lisaks nimiliigile ka *Desmochitina minor*, *Conochitina elegans* ja teised toetavad liigid (Nõlvak 2002).



Joonis 11. Kitiinikute vertikaalne levik ja tuvastatud biotsoonid Baltinava 17 puuraugus, Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi kihtides.

5.2.3. *Eisenackitina rhenana* alamtsoon

Eisenackitina rhenana alamtsoon määrati proovides M24-37 kuni M24-43b, kus see liik esines koos teiste tüüpiliste Darriwili lademe kitiinikutega. Selle liikide kooslus, sealhulgas *Spinachitina multiradiata*, *Spinachitina cervicornis* ja *Lagenochitina dalbyensis*, viitab stabiilsele settetingimusele ja võimaldab määrata kihistiku positsiooni Kukruse lademe hilisemas osas. *E. rhenana* on piirkondlikult kasutatud kui kitsama levikuga takson alamtsooni tähistamiseks, eriti koos ülejäänud indikaatorliikidega (Nõlvak 2002).

5.2.4. *Lagenochitina dalbyensis* tsoon

Lagenochitina dalbyensis tsoon määrati proovide M24-51 ja M24-53a põhjal, mis määrab Haljala lademe alguse. Tsoonile iseloomulik liik esines suhteliselt sagedasti ning hea säilivusega, mis võimaldas selle usaldusväärselt määramist. Selle tsooni määratlemine Baltinava profiilis kinnitab, et uuritud kihistik kuulub Darriwili faasi keskossa, mis on oluline etapp Ordoviitsiumi biostratigraafilises järjestuses (Nõlvak & 2002).

5.2.5. *Belonechitina hirsuta* tsoon

Belonechitina hirsuta tsoon määrati proovides M24-55, kus leidub arvukalt *Belonechitina hirsuta*. See liik on määrav Kesk-Ordoviitsiumi ülemise osa tsooni tähisena ja kattub Lasnamäe ning Keila lademe ülemise kihistuga.

Tsooni määramist toetab koosinemine teiste samasse ajavahemikku kuuluvate liikidega, nagu *Lagenochitina dalbyensis*, *Spinachitina multiradiata* ja *Eisenackitina rhenana*. Nende põhjal saab tsooni seostada Darriwili lademe ülemise osaga (Nõlvak 2002).

5.2.6. *Spinachitina cervicornis* tsoon

Spinachitina cervicornis tsoon määrati proovides M24-63 ja M24-69, mis pärinevad Keila lademe alumisest osast ning kuuluvad rahvusvahelises stratigraafias Sandy ja Katy globaallademete vahemikku. Selle liigi määramist toetasid iseloomulikud harunevad morfoloogilised tunnused ja piisav isendite arv.

Nõlvak (2002) seob selle liigi esinemise Sandby ea hilisemale osale omaste settetingimustega, kuid märgib ka, et teatud juhtudel võib liigi esinemine ulatuda Keila lademe madalamatesse kihtidesse – eriti piirkondades, kus valitsesid sügavamaveelised või hapnikuvaesemad tingimused.

6. Arutelu

Baltinava puuraugu materjal hõlmab Kunda kuni Keila lademeid ja analüüsitud proovides oli võimalik määrata mitmeid kitiinikute perekondi: *Conochitina*, *Belonechitina*, *Desmochitina*, *Spinachitina* ja *Cyathochitina*. Paraku oli suur osa proovide säilivusest halb, paljud isendid olid litsutud või fragmentaarsed. Sellest hoolimata osutus võimalikuks vähemalt perekonna tasemel taksonite määramine, eriti paremini säilinud proovides nagu M24-63 ja M24-69. Nendes proovides täheldati ka suurimat taksonoomilist mitmekesisust, viidates soodsatele ökoloogilistele tingimustele Keila lademe ülaosas.

Kitiinikute esinemine Baltinava läbilõikes varieerus tugevasti. Kunda ja Aseri lademe alumiste osade proovid olid vaesemad ja sisaldasid ainult üksikuid eksemplare. Vertikaalses jaotuses on märkimisväärne *Conochitina* esindatus läbi kogu profiili. See viitab selle perekonna laiale stratigraafilisele levikule ka muudes piirkondades.

Kui võrrelda Baltinava profiili Eesti kolme tuntud võrdlusprofiiliga, siis ilmnevad selged kattuvused. Viki puuraugus (Hints jt 2014), mis hõlmab Kunda kuni Keila ladet, on kirjeldatud rikkalikku kitiinikute kooslust, sealhulgas liigid nagu *Conochitina minnesotensis*, *Conochitina dolosa*, *Belonechitina hirsuta*, *Spinachitina cervicornis* ja *Desmochitina nodosa*. Neid samu taksonid leiti ka Baltinava proovides, eriti Lasnamäe ja Keila lademe osas. Samuti kattuvad mõlema profiili kõrge mitmekesisusega kihid – Viki puuraugu puhul Keila lademe ülaosas ning Baltinava puhul vastavalt proovides M24-63 ja M24-69.

Baltinava puuraugus määratud kitiinikute kooslus Kunda lademe kihistustest võimaldab seda profiili osaliselt võrrelda Eesti põhjaosa Jägala joa läbilõikega. Nõlvak jt (2019) andmetel ulatub Jägala profiil Kunda lademe tasemeni ning sisaldab mitmeid biostratigraafiliselt olulisi liike, nagu *Conochitina cucumis*, *Cyathochitina regnelli* ja *Desmochitina minor*, mida esines ka Baltinava proovides, toetades kahe profiili vahelisi korrelatsioone. Samas esineb mõningaid erinevusi — näiteks leiti Jägalast sagedamini *Lagenochitina esthonica*, kuid see liik puudus Baltinavas, mis võib viidata kas ökoloogilistele erinevustele või säilivust mõjutavatele teguritele. Need vaatlused viitavad, et kuigi liigilise koostise sarnasused toetavad stratigraafilist vastavust, tuleb arvestada ka lokaalseid settekeskkonna eripärasid

Uuga pank, Põhja-Eestis, sisaldab Kunda, Aseri, Lasnamäe ja Uhaku lademe kihte ning on samuti tuntud rikkaliku kitiinikute mitmekesisuse poolest (Tammekänd jt 2010). See kattuvus kinnitab, et teatud kitiinikute liigid olid laialdaselt levinud kogu Balti piirkonnas ning sobivad hästi stratigraafiliseks korrelatsiooniks.

Kokkuvõttes võib öelda, et Baltinava puuraugu kitiinikute kooslus on hästi võrreldav Eesti läbilõigete omaga. Kattuvad liigid, nagu *Conochitina dolosa*, *Conochitina minnesotensis*, *Belonechitina hirsuta* ja *Spinachitina cervicornis*, kuuluvad tüüpilistesse Kesk-Ordoviitsiumi biotsoonidesse ja aitavad tugevdada biostratigraafilist korrelatsiooni kogu Balti paleobasseinis. Samal ajal rõhutavad erinevused, eriti vanemates kihtides ja vähem levinud liikide puhul vajadust hinnata ka lokaalseid ökoloogilisi eripärasid ja säilivustingimusi.

7. Järeldused

Selle tööga sain võimaluse analüüsida Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi (Kunda kuni Keila lademe) mikrofossiile Baltinava puuraugus, mis asub Ida-Lätis. Peamine fookus oli kitiinikutel, aga vaatasin ka teisi mikrofossiilide gruppe.

Tulemused näitasid, et kitiinikute säilivus oli väga ebaühtlane – osad proovid olid üsna halvas seisus ja fossiilid olid litsutud või halvasti säilinud, eriti seal, kus kivimid olid savikad. Samas leidsin ka proove, kus säilivus oli palju parem, seal oli ka rohkem eri liike.

Kõige olulisema tulemusena tuvastati uuritud proovides järgmised kitiinikute biotsoonid: *Cyathochitina regnelli*, *Laufeldochitina stentor*, *Eisenackitina rhenana*, *Lagenochitina dalbyensis*, *Belonechitina hirsuta* ja *Spinachitina cervicornis*. See tähendab, et need kihid on biostratigraafiliselt hästi dateeritud ning neid saab võrrelda samaealiste kihtidega teistes läbilõigetes Baltoskandias ja laiemalt.

Lisaks kitiinikutele leidsin veel mitmeid teisi mikrofossiilide gruppe – akritarhe, skolekodonde, konodonde ja graptoliite. Need aitasid tuvastada, millised tingimused võisid valitseda ja milline oli planktoni ja bentose kooslus. Näiteks tundub, et Kukruse ja Keila eal domineeris Baltinava piirkonnas plankton, mis võib olla seotud ka elurikkuse kasvuga Ordoviitsiumi ajastul (GOBE).

Kokkuvõttes võib öelda, et Baltinava puuraugust sai väga väärtuslikku infot, mis aitab paremini mõista nii fossiilide levikut kui paleokeskkonnatingimusi. See on hea alus edasistele uurimustele selles piirkonnas ja on täienduseks paralleelsele tööle Baltinava läbilõike konodontide ja geochemia uurimisel TalTechi ja Tartu Ülikooli teadlaste poolt.

Edasised uurimissuunad

Käesolev töö hõlmas piiratud arvu proove Baltinava puuraugust, keskendudes peamiselt Kunda kuni Keila lademe setetele. Edaspidi võiks uurimist laiendada ülespoole, s.t kõrgematesse stratigraafilistesse tasemetesse, et vaadelda ka Rakvere ja ülejäänud Kõrg-Ordoviitsiumi lademeid. Eriti huvipakkuv on proov M24-69, kus täheldati head kitiinikute säilivust ja taksonoomilist mitmekesisust. Seal võiks läbi viia detailsema taksonoomilise analüüsi, et selgitada, kas leidub ka seni kirjeldamata või haruldasi kitiinikuliike.

Lisaks võiks uurimist täiendada muude mikrofossiilide – näiteks konodontide, akritarhide ja skolekodondide – määramisega ja kvantitatiivse analüüsiga, et paremini mõista paleoökoloogilisi tingimusi. Selline lähenemine aitaks paremini mõista Ordoviitsiumi hilisemat arengut Baltinava piirkonnas ning võiksid tuua kaasa uusi teadmisi ka kitiinikute evolutsiooni ja leviku kohta selles piirkonnas.

Tänuavaldused

Soovin tänada kõiki, kes toetasid ja aitasid kaasa käesoleva bakalaureusetöö valmimisele.

Esiteks tahan südamest tänada kitiinikute spetsialisti dr. Jaak Nõlvakut. Tema teadmised ja kogemused selles valdkonnas olid mulle suureks abiks, aga veelgi rohkem tähendas see, et ta leidis aega ja tahtmist minu töö sisse vaadata ning jagada oma nõuandeid. Tänu temale sain kitiinikute määramises palju kindlamaks ja üldse aru, millele tähelepanu pöörata.

Soojad tänusõnad lähevad ka vanemteadur Peep Männikule ja doktorant-nooremteadur Thibaud Lieffroy'le, kes valmistasid minu proovid laboritöödeks ette ja eraldasid kivimitest mikrofossiilid.

Kõige suurem tänu kuulub aga minu juhendajale, professor Olle Hintsile. Ma tean, et minuga töötamine ei olnud alati lihtne, mu töötempo oli aeglane ja vahel jäi nii mõnigi asi venima. Just sellepärast hindan ma eriti tema kannatlikkust, rahulikku suhtumist ja oskust anda toetavat, aga ausat tagasisidet. Ta ei andnud alla, isegi siis, kui ma ise mõtlesin, kas ma üldse jõuan lõpuni. Tema toetus, teadlik juhendamine ja inimlikkus aitasid mul selle töö siiski lõpule viia ja andsid mulle julguse edasi liikuda.

Kirjanduse loetelu

- Briggs, D. E. G., Clarkson, E. N. K., & Aldridge, R. J. (1983). The conodont animal. *Lethaia*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1983.tb01781.x>
- ChatGPT (Mar 14 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com/auth/login>
- Cocks, L. R. M., & Torsvik, T. H. (2021). Ordovician palaeogeography and climate change. *Gondwana Research*, 100, 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.09.008>
- Cooper, R. A., & Sadler, P. M. (2004). The Ordovician Period. In F. M. Gradstein, J. G. Ogg, & A. G. Smith (Eds.), *A geologic time scale 2004* (pp. 165–187). Cambridge University Press.
- Eriksson, M. E., Bergman, C. F., & Jeppsson, L. (2004). Silurian scolecodonts. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 131(3–4), 269–300. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.04.001>
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Joy, D. C. jt 2003. *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*. 3. trükk. Springer. OpenAI. (2023).
- Hints, O. & Eriksson, M. E. 2007. Diversification and biogeography of scolecodont-bearing polychaetes in the Ordovician. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 245(1– 2), 95–114. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.02.029>
- Kielan-Jaworowska, Z. (1966). Polychaete jaw apparatuses from the Ordovician and Silurian of Poland and comparison with modern forms. *Palaeontologia Polonica*, 16, 1–152. <http://www.palaeontologia.pan.pl/Archive/1966-16.pdf>
- Maletz, J. (2014). Graptolite reconstructions and interpretations. *Paläontologische Zeitschrift*, 89(3), 271–286. <https://doi.org/10.1007/s12542-014-0234-4>
- Meidla, T., Ainsaar, L., & Hints, O. (2014). The Ordovician System in Estonia. In H. Bauert, O. Hints, T. Meidla & P. Männik (Eds.), *Field Guide of the 4th Annual Meeting of IGCP 591, Estonia, 2014* (pp. 116–122).
- Meidla, T., Ainsaar, L., Hints, O., & Radzevičius, S. (2023). Ordovician of the Eastern Baltic palaeobasin and the Tornquist Sea margin of Baltica. In J. A. Rasmussen, A. W. Owen, & M. E. Eriksson (Eds.), *A global synthesis of the Ordovician System: Part 1* (Vol. 532, pp. 317–343). Geological Society, London, Special Publications. <https://doi.org/10.1144/SP532-2022-141>
- Moczydłowska, M. (1991). Acritarch biostratigraphy of the Lower Cambrian and the Precambrian–Cambrian boundary in southeastern Poland. *Fossils and Strata*, 31, 1–127. Universitetsforlaget.
- Moczydłowska, M. 1991. Acritarch biostratigraphy of the Lower and Middle Ordovician of the East European Platform. *Fossils and Strata*, 29: 1–127.

- Nestor, H., & Einasto, R. (1997). Ordovician and Silurian carbonate sedimentation basin. In A. Raukas & A. Teedumäe (Eds.), *Geology and Mineral Resources of Estonia* (pp.). Estonian Academy Publishers.
- Nõlvak, J. & Paris, F. 1999. Chitinozoans as paleoenvironmental indicators. – Koren, T. jt (toim.), *Stratigraphy and Paleontology of the Baltic Region*.
- Nõlvak, J. (2002). Chitinozoan biostratigraphy in the Ordovician of Baltoscandia (Doktoritöö, Tallinn University of Technology, 204 pp.)
- Nõlvak, J. 2011. *Kivistised kui varamu*. – Verš, E., Preeden, U. & Lang, L. (toim.), *Maa ressursid*. Schola Geologica VII: 31–34. Eesti Looduseuurijate Selts.
- Nõlvak, J., Hints, O., & Männik, P. (2006). Ordovician timescale in Estonia: recent developments. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 55, 95–108. <https://doi.org/10.3176/geol.2006.2.02>
- Nõlvak, J., Liang, Y., & Hints, O. 2019. Early diversification of Ordovician chitinozoans on Baltika: New data from the Jägala waterfall section, northern Estonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 525, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.04.002>
- Paris, F., Grahn, Y., Nõlvak, J. & Lakova, I. 1999. Revised chitinozoan classification. *Journal of Paleontology*, 73(6): 921–939.
- Servais, T., & Harper, D. A. T. (2018). The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): Definition, concept, and duration. *Lethaia*, 51(2), 151–164. <https://doi.org/10.1111/let.12259>
- Servais, T., Li, J., Molyneux, S. G., & Raevskaya, E. (2003). Ordovician organic-walled microphytoplankton (acritarch) distribution: The global scenario. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195(1–2), 5–24. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00304-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00304-4)
- Szaniawski, H. (1996). Scolecodonts. In J. Jansonius & D. C. McGregor (Eds.), *Palynology: Principles and applications* (Vol. 1, pp. 337–354). American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Tammekänd, M., Hints, O., & Nõlvak, J. (2010). Chitinozoan dynamics and biostratigraphy in the Vao Formation (Darriwilian) of the Uuga Cliff, Pakri Peninsula, NW Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59(1), 25–36. <https://doi.org/10.3176/earth.2010.1.02>
- Torsvik, T.H., & Cocks, L.R.M. (2013). Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research*, 24(3–4), 999–1030. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.06.012>
- Webby, B.D., Paris, F., Droser, M.L. & Percival, I.G. 2004. The Great Ordovician Biodiversification Event. Columbia University Press.

- Vecoli, M., & Le Hérissé, A. (2004). Biostratigraphy, taxonomic diversity and patterns of morphological evolution of Ordovician acritarchs (organic-walled microphytoplankton) from the northern Gondwana margin in relation to palaeoclimatic and palaeogeographic changes. *Earth-Science Reviews*, 67(1–2), 267–311. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.02.005>
- Matter, A. (1981). De glauconiarum origine. *Sedimentology*. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3091.1981.TB01925.X>

Lisa 1. Orgaaniliste mikrofossiilide levik Baltinava puuraugu proovides.

Proovi nr	Sügavus (m)	Sügavus (m), alumine	Kitiiniid	Skolekodondid	Konodondid	Akritarkid	Prasinofüüdid	Foraminifeerid	Graptoliidid	Lingulaadid	Konulaariad	Hüdroidid
M24-69	668.67	669.09	1	1	1	1	1	1	1			1
M24-67	671.62	671.8	1	1		1	1		1			
M24-65	673.63	673.83	1	1	1	1	1					
M24-63	675.69	675.88	1	1	1	1	1	1	1	1		
M24-61	677.82	678	1	1	1	1	1	1	1			
M24-59	680.05	680.23	1	1	1	1						
M24-57	682.36	682.53	1	1	1	1						
M24-55	684.9	685.06	1	1		1		1	1			
M24-53	687.33	687.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M24-51B	689.15	689.25	1	1		1	1	1	1	1		
M24-49	690.96	691.11	1	1	1	1	1		1			
M24-47	692.6	692.89	1	1	1	1			1			
M24-45	694.6	694.76	1	1	1	1			1			1
M24-43A	696.65	696.77	1	1	1	1			1			
M24-43B	696.77	696.92	1	1	1	1	1		1	1		
M24-41	699.12	699.33	1	1	1	1				1		
M24-33	710.35	710.95	1	1	1	1		1				
M24-31	713.22	713.45	1		1	1	1				1	
M24-29	715.32	715.54	1	1	1	1				1	1	
M24-25	720.36	720.55	1		1	1	1			1	1	
M24-23	722.17	722.34	1	1	1		1			1		
M24-17	727.7	727.83	1	1	1	1	1			1		
M24-13	731.85	732.03	1	-1	1	1	1			1		
M24-11	733.6	733.72			1	1	1			1		

Lisa 2. Kitiinikute levik Baltinava puuraugu proovides.

Proovi nr	Sügavus (m)	Sügavus (m), alumine	Cyathochitina kuckersiana	Spinachitina cervicornis	Belonechitina jaanussonii	Desmochitina nodosa	Belonechitina comma	Conochitina elegans	Desmochitina minor	Clavachitina kurzemensis sp. nov	Belonechitina capitata	Conochitina dolosa	Conochitina minnesotensis	Belonechitina hirsuta	Spinachitina multiradiata
M24-69	668.67	669.09	1	1	1	1	1	1	1	-1					
M24-67	671.62	671.8	1						1		-1	1	1		
M24-65	673.63	673.83							1			1	1		
M24-63	675.69	675.88	1	1	-1	1	-1		1	-1	-1	1	1		
M24-61	677.82	678							1			1	1		
M24-59	680.05	680.23							1			1	1		
M24-57	682.36	682.53							1			1	1		
M24-55	684.9	685.06					-1	1	1	-1		1		1	1
M24-53A+B	687.33	687.5							1	1		1	-1		
M24-51b	689.15	689.25						1	1				1		
M24-49	690.96	691.11				1			1						
M24-47	692.6	692.89							1				1		
M24-45	694.6	694.75							1				1		
M24-43A	696.65	696.77						-1	1			-1			
M24-43B	696.77	696.92							1						
M24-41	699.12	699.33										1	1		
M24-37	703.25	703.55	1						1				1		
M24-33	710.35	710.95													
M24-31	713.22	713.55													
M24-29	715.32	715.54							1						
M24-25	720.36	720.55													
M24-23	722.17	722.34													
M24-17	727.7	727.83													
M24-13	731.85	732.03													
M24-11	733.6	733.72													

Proovi nr	Sügavus (m)	Sügavus (m), alumine	Lagenochitina dalbyensis	Desmochitina amphorea	Spinachitina sp.	Euconochitina conulus	Laufeldochitina stentor	Eisenackitina rhenana	Lagenochitina capax	Cyathochitina campanulaeformis	Euconochitina primitiva	Cyathochitina girafa	Belonechitina micracantha	Desmochitina erratica	Spinachitina suecica
M24-69	668.67	669.09													
M24-67	671.62	671.8													
M24-65	673.63	673.83													
M24-63	675.69	675.88													
M24-61	677.82	678													
M24-59	680.05	680.23								1					1
M24-57	682.36	682.53								1					
M24-55	684.9	685.06													
M24-53A+B	687.33	687.5	-1	1	1	1									
M24-51b	689.15	689.25	1								1		-1		1
M24-49	690.96	691.11								1		1	1		
M24-47	692.6	692.89								1					1
M24-45	694.6	694.75					1				1			1	
M24-43A	696.65	696.77		1						1					
M24-43B	696.77	696.92					1	1	1	1	1				
M24-41	699.12	699.33		1				1		1					
M24-37	703.25	703.55		1		1	-1	1		1			1	1	
M24-33	710.35	710.95								1	-1				
M24-31	713.22	713.55													
M24-29	715.32	715.54													
M24-25	720.36	720.55													
M24-23	722.17	722.34													
M24-17	727.7	727.83								1					
M24-13	731.85	732.03													
M24-11	733.6	733.72													

Proovi nr	Sügavus (m)	Sügavus (m), alumine	Calpichitina complanata	Belonechitina intonsa	Cyathochitina jagovlensis	Conochitina sp.	Cyathochitina calix	lagenochitina	Cyathochitinae	Conochitina ulsti	Lagenochitina	Lagenochitina combazi	Cyathochitina hunderumensis	Lagenochitina megaesthonica	Conochitina regnelli
M24-69	668.67	669.09													
M24-67	671.62	671.8													
M24-65	673.63	673.83					1								
M24-63	675.69	675.88													
M24-61	677.82	678													
M24-59	680.05	680.23													
M24-57	682.36	682.53													
M24-55	684.9	685.06													
M24-53A+B	687.33	687.5													
M24-51b	689.15	689.25													
M24-49	690.96	691.11													
M24-47	692.6	692.89													
M24-45	694.6	694.75													
M24-43A	696.65	696.77													
M24-43B	696.77	696.92													
M24-41	699.12	699.33			1										
M24-37	703.25	703.55	1	1											
M24-33	710.35	710.95			1										
M24-31	713.22	713.55													
M24-29	715.32	715.54													
M24-25	720.36	720.55				1									
M24-23	722.17	722.34				1									
M24-17	727.7	727.83			1	1	1								
M24-13	731.85	732.03					1	1	1	1	1	1	1	1	1
M24-11	733.6	733.72													

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Arina Gotsenko

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Ordoviitsiumi kitiinikute levik ja biostratigraafia Baltinava puuraugus Ida-Lätis

mille juhendaja on Olle Hints

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
 2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

Arina Gotsenko

02.06.2025