

EESTI KIVISTISI

GEOLOOGILISED RETKED EESTIS 1



Geoloogilised retked Eestis on sari, mille eesmärk on Eesti geoloogiliste vaatamisväärsuste tutvustamine.

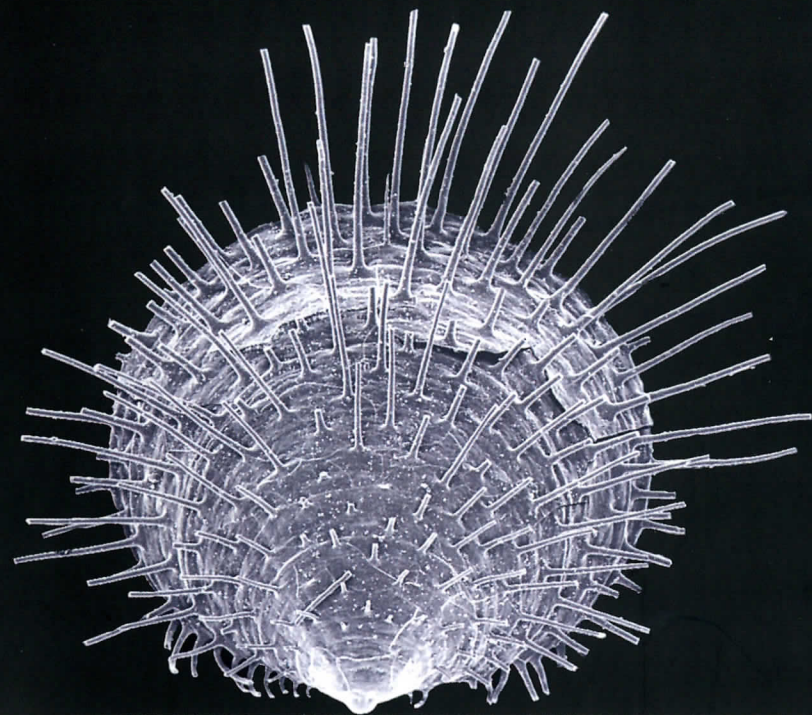
Loomariigi evolutsiooni võtmesündmused leidsid aset mitusada miljonit aastat tagasi. Ürgse elu mõistatusi aitavad lahendada kivistised, mille poolest Eesti on rikas. See raamat on mõeldud reisikaaslaseks väikestele ja suurtele loodushuvilistele, kel huvi Eesti kivististe vastu.



Esivanemate jälgedes. Kivistisi tundma õppides mõistame nende tähendust elu ajaloos tõlgendamisel ja vajadust neid kaitsta.

ISSN 1736-3535

ISBN 9985-9675-0-X



EESTI KIVISTISI

GEOLOOGILISED RETKED EESTIS 1

Geoloogilised retked Eestis 1

Tartu Ülikooli Loodusmuuseum
Tartu Ülikooli geoloogia instituut
Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut

Ivar Puura

EESTI KIVISTISI

Kirjastanud
MTÜ Geoguide Baltoscandia

Tallinn 2006

Puura, I. 2006. Eesti kivistisi.
Geoloogilised retked Eestis 1.
Tallinn, Geoguide Baltoscandia, 32 lk.

ISSN 1736-3535
ISBN 9985-9675-0-X

"Geoloogilised retked Eestis" on eesti ja soome keeles ilmuv sari, mille eesmärgiks on Eesti geoloogiliste vaatamisväärsuste tutvustamine laiemale huviliste ringile.

Sarja väljaandmine on algatatud Interreg IIIA projekti "Geoturismi arendamine Eestis ja Soomes: õppides tundma Maa minevikku" toetusel.

Konsultatsioonide, fotode ja pildistamisvõimaluste eest tänane järgmisi asutusi:

- Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut
- Tartu Ülikooli geoloogia instituut ja geoloogia muuseum
- Briti Loodusmuuseum (British Museum of Natural History, London)
- Norra Geoloogiakeskus (Norwegian Geological Survey, Trondheim)

© Kontseptsioon ja tekst: Ivar Puura, 2006
© Teostus ja küljendus: MTÜ Geoguide
Baltoscandia, 2006

Esikaanefoto: Mikroskoopiline Ordoviitsiumi käsi-
jalgne *Acanthambonia* skaneeriva elektronmik-
roskoobi all. Jaak Nõlvaku foto TTÜ Geoloogia
Instituudi fotoarhiivis.

Kaante ja sisu kujundus: Andres Abe



Raamatu väljaandmist kaasfinantseerisid
SA Keskonnainvesteeringute Keskus ning
Euroopa Regionaalarengu Fond Interreg IIIA
Lõuna-Soome ja Eesti programmi raames.

Geoloogilised retked Eestis 1

EESTI KIVISTISI

SISUKORD

Kivistised – evolutsiooni tõendid	3
Kivistised Soome lahe kallastel	3
Kivististe teke	4
Kivistised ja elu areng	5
Geoloogiline ajaskaala	8
Eesti kivististerikkus	9
Teod, karbid ja teised limused	13
Peajalgsed	14
Trilobiidid	16
Käsi- ja jalgsed	18
Okasnahksed	20
Käsnad	21
Korallid	22
Sammalloomad	24
Selgroogsed	25
Graptoliidid	26
Ihnofossiilid	27
Mikrofossiilid	28
Kirjandust Eesti autoritelt	31



Kivistised – evolutsiooni tõendid

Tänane elurikkus meie planeedil on mitu miljardit aastat väldanud evolutsiooni tulemus. Elu sai alguse merest. Vanimaid elu jälgi otsitakse Gröönimaalt, Aafrikast ja Austraaliast 3,5–4 miljardi aasta vanustest moondekivimitest, mis kunagi olid meresetted. Vanimad kindlad bakterite kivistised on praegu teada umbes kahe miljardi aasta vanustest kivimitest.

Ka Eestimaa on haruldane paik ürgse elu tundmaõppimiseks. Meie maapöues leidub 530–360 miljoni aasta vanuseid hästi säilinud kivistisi. Neid uurivad paleontoloogid, kelle jaoks igal kivistisel on rääkida oma lugu.

Käesolev raamatuke annab lühikese ülevaate kivististest kui evolutsiooni tõenditest ning tutvustab Eesti levinuimaid kivistisi.

Kivistised Soome lahe kallastel

Eestis leidub rikkalikult kivistisi Paleosoikumi sette- ja kivististest. Üksikuid kivistisi on leitud ka Soome alalt, näiteks Ahvenamaa lõhetäidetest, mattunud kraatrite põhjast või Botnia lahest jääga Turu saarestikku kantud rändkividest. Kivistised on Soomes haruldased, sest Soome lahe põhjaosas ja põhjakaldal

Kivististe uurimine ja kaitse

Kivistisi, mis on olulised mineviku elu tundmaõppimisel, säilitatakse muuseumides. Iga oluline kivistis saab muuseumi numbri. Mitmetel kivististel on suur teaduslik väärtus ning nende leiukohad ja täpne asend paljandis tuleb paleontoloogidel kirjeldada. Selgroogsete kivistised on haprad ning koosnevad paljudest osadest; nende teadusliku väärtuse säilimiseks on alati vajalik spetsialistide osalemine väljakaevamisel. Ka selgrootute kivistised tuleb täpselt leiukohaga siduda. Seetõttu on olulisemad Eesti kivististe rühmad vastavalt looduskaitse seadusele kaitse all. Kivistisi võib paljandiseinas vaadelda, kuid mitte sealt eemaldada. Lisaks on loodusmälestistena kaitse all ka paljud paljandid.

Muuseumide kollektsioone koostatakse asjatundjate poolt looduskaitse seadust järgides. Paljandite külastamisel kehtivad ka ohutusnõuded – näiteks tuleb kõrgete varisemisohutike paljandite külastamisel kanda kiivrit. Seepärast on vajalik, et kõik külastused toimuksid geoloogide või väljaõppinud loodusgiidide juhendamisel.

Hea võimaluse koolide õppekogusid koostada ning iga huvilise kollektsioone täiendada pakub Kohtla-Nõmme kaevanduspark-muuseum, mis võimaldab juurdepääsu aherainemägedele. Aja jooksul murenenud kivimitest on kivistisi kerge leida ning kaevandamise käigus kivimitest eemaldatuna ei ole aherainemägedesse sattunud kivististel reeglina teaduslikku ega looduskaitse väärtust, välja arvatud juhtudel, kui mõned neist harulduse või hea säilivuse tõttu väärivad arvele võtmist muuseumides või teaduskogudes.

on Paleosoikumi sette kivimid mandrijää poolt ära kulutatud. Maapinnal või Kvaternaari setete all levivad Soomes valdavalt kristalsed aluskorrekivimid, mis on üle 1,5 miljardi aasta vanad. Nõnda pakuvad Soomes ja Eestis paljanduvad kivimid võimaluse tutvuda Soome Lahe piirkonna geoloogilise ajaloo erinevate etappidega.

Kivististe teke

Kui elusolend looduses hukkub, laguneb tema keha kiiresti mikroorganismide toimel. Erandiks on kindlad keskkonnatingimused, mille puhul võib see säilida kivistisena.

Paljudel elusorganismidel on mineraalne skelett. Nii inimesel kui teistel selgrootutel loomadel koosneb skelett kaltsiumfosfaatse koostisega mineraalset – apatiidist. Paljudel selgroogsetel loomadel, näiteks tigudel ja karpidel, on skelett kaltsiidist või aragoniidist. Protistide hulka kuuluvatel väikestel ainuraksetel loomadel on skelett kaltsiidist või räniühenditest. Settesse sattudes võivad need skeletiosad tugevneda keemiliste reaktsioonide käigus ning kivimites säilida.

Hapnikuvaesetes tingimustes võib hukkunud organismi keha pääseda kiirest lagunemisest bakterite toimel. Soodsatel tingimustel võivad ka pehmed kehaosad asenduda mineraalidega, säilitades oma kuju miljooneid aastaid.

Surnud organismid säilivad kivististena juhul, kui nende mineraalsed või pehmed koed on asendunud keemiliste reaktsioonide käigus hästi säilivate mineraalidega, kõige sagedasimini kaltsiidi, apatiidi või püriidiga. Säilida



Ihnofossiil *Planolites* Eesti Alam-Kambriumist – roomamisjälj iidsel merepõhjal. TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.

võivad ka kitiinist või muust tugevast orgaanilisest materjalist koed.

Silmaga nähtavaid kivistisi kutsutakse makrofossiilideks, mikroskoobis nähtavaid mikrofossiilideks. Lisaks kasutatakse teadustöös organismide liikumise jälgi e. ihnofossiile ning kivimisse jäänud keemilisi jälgi e. kemofossiile.

Et imetajate, sauruste ja teiste selgroogsete kivististe tervete luustike leiud on harvad, on igal hästi säilinud üksikleiu suur väärtus teadusele. Kui hästi säilinud luustik on

Tuojiangosaurus – esimene Hiinast leitud stegosauriid. Pikkus 6,7 m. Juura ladestu, Sichuani provintis, Hiina. Briti Loodusmuuseum.

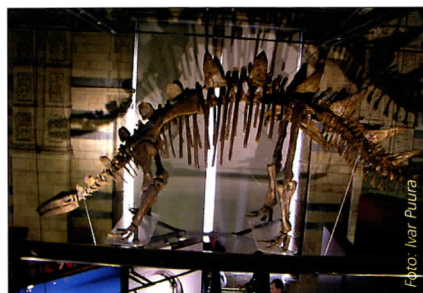


Foto: Ivar Puura



Foto: Ivar Puura

Käsilalgse *Ungula* fosfaatsetest kodadest moodustunud oobolusfosforiit Eesti Ülem-Kambriumist. TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogu.

teada, võivad asjatundjad kunagi elanud loomade ja taimede liike kindlaks teha ka nende fragmentide järgi.

Palju arvukamalt on aga selgrootute kivistisi, mis võivad vahel esineda massiliste kuhjetena. Näiteks Eesti oobolusfosforiit on tekkinud Kambriumi ajastu lõpul u. 500 miljonit aastat tagasi fosfaatse kojaga käsilalgsete kuhjumisel.

Veelgi rikkalikumalt võib esineda mikrofossiile, kelle eksemplaride arv ühes kivimi palas võib küündida sadadeni.

Mikrofossiilid – akritarhid Eesti Alam-Ordoviitiumist.

TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogu.



Foto: Ivo Paalits

Kivistised ja elu areng

Maa vanust on hinnatud u. 4,55 miljardile aastale. Sellise keskmise vanusega on U-Pb meetodil dateeritud 20 Maalt leitud kondriitset meteoriiti, mis on vanimad teadaolevad objektid Päikesesüsteemis. Maa vanimate, Austraaliast leitud mineraaliterade tuumade vanus on 4,4 miljardit aastat. Vanimad säilinud maakooreplokid Kanadas on 4 miljardi aasta vanused.

Elu tekke tõenäoliseks ajaks Maal on peetud ajavahemikku 4–3,5 miljardi aastani. Ligi 3,5 miljardi aasta vanustest kivimitest on leitud stromatoliite – kihilisi struktuure, mis võivad tekkida mikroorganismide tegevuse tagajärjel, kuid ka keemilisel teel.

1980–1990. aastail peeti vanimateks kivimitest leitud elu jälgedeks 3,8 miljardi aasta vanuseid kemofossiile – grafiiditeri Gröönimaalt või 3,5 miljardi aasta vanuseid bakterisarnaseid kivistisi Austraaliast, kuid hilisemad uurimused on need hüpoteesid ümber lükanud. Praegu teadaolevad vanimaid mikroorganismide kivistisi vanusega umbes 2 miljardit aastat on teada umbes kümnest leiukohast. Tuntuim neist on Gunflinti kihistu Ontario järve kaldal Kanadas, kust neid avastati juba 1953. aastal.

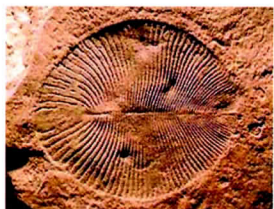
On oletatud, et vanimaks eukarüoodi kivistiseks võiks olla *Grypania spiralis*, mida on leitud 1,9 miljardi aasta vanustest kivimitest USA Michigani osariigis. Et see hinnang on antud peamiselt fossiili suuruse põhjal, tuleb sellesse tõlgendusse suhtuda ettevaatlikult.

Vanimate hulkraksete loomade – käsnade – ränist spiikulaid on leitud Hiinast Doushantou kihistust, 570 miljoni aasta vanustest kihti-

Trilobiit
Paracerasaurus,
vanus 450 mln
aastat



Ediacara
fauna esindaja
Dickinsonia,
vanus 560 mln
aastat



Vanimaks
eukarüooidiks
peetav
Grypania,
vanus 1900 mln
aastat



Nüüdisaegne
stromatoliit,
mille sarnaseid
leidub kuni
3500 mln aasta
vanustes
kivimites



Tsirkooniit.
Seni vanimate
Maalt leitud
terade
sisekihtide
(tuumade) vanus
ulatub 4400 mln
aastani



dest. Paljudest maailma leiukohtadest on teada u. 560 miljoni aasta vanustes kivimites ilmuv Ediacara fauna – mitmerakulised organismid, kelle sugulus meile tuntud hulkkraksetega on tänaseni diskussiooniline.

Meile tuntud hulkkraksete loomade hõimkondi leidub kuni 542 miljoni aasta vanustes Kambriumi ladestu vanimates kivimikihtides.

Kambriumi ajastu meredes, u. 540–520 miljonit aastat tagasi toimus tormiline hulkkraksete loomade ehitustüüpide areng (nn. Kambriumi plahvatus), mille käigus evolutsioneerusid peaaegu kõigi tänapäeval tuntud hõimkondade varaseimad esindajad. Just Kambriumis kujunesid välja tänapäeval tuntud loomade arenguliinid. Nende hulgas olid ainuõssed, ussid, limused, lüliljalgsed ning ka keelikloomad. Keelikloomadest arenesid hiljem kõik selgroogsed, sh. imetajad, kelle hulka kuulub ka inimene.

Edasist elustiku arengut Vanaaegkonnas mõjutasid väiksem väljasuremine Kambriumi ning suured väljasuremised Ordoviitsiumi, Devoni ja Permi ajastu lõpul.

Kambriumi ajastu lõpul hävisid Kambriumi tüüpilised lüliljalgsed liigid, kes moodustasid üle 70% Kambriumi liigilisest mitmekesisusest. Sellele järgnes elustiku arvukuse taastumine ja mere-elustiku mitmekesisuse märgatav kasv Ordoviitsiumi ajastu alguses. Kliima jahenemine ja mandrijääturne tõid kaasa suure väljasuremise Ordoviitsiumi lõpul.

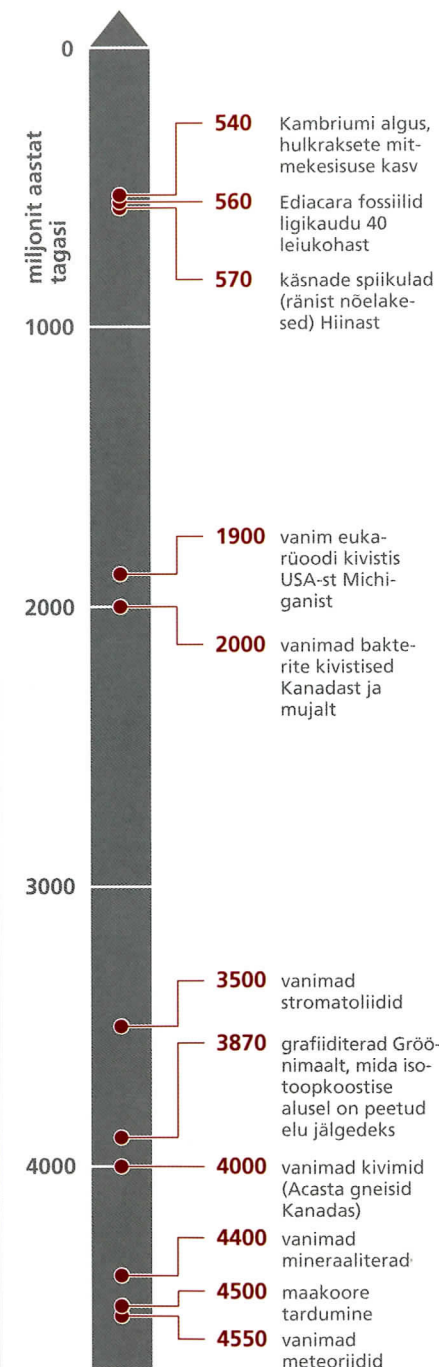
Siluri ajastu mere-elustik sarnanes Ordoviitsiumi omaga, olles esindatud uute liikide ja perekondadega. Siluris hõlvasid maismaa ja saavutasid seal laia leviku primitiivsed taimed (psilofüüdid) ja lüliljalgsed.

Devoni ajastu meresid valitsesid rüükalad ja kilpkalad. Maismaad asustasid vihtuimsetest kaladest põlvnenud esimesed neljajalgsed. Devoni lõpul toimus ulatuslik väljasuremine.

Karboni ajastuks oli maismaal kujunenud mitmekesine elustik: levisid lopsakad metsad, mille taimestik valdasid osjad, kollad ja sõnajalad, millest on tekkinud kivisöelademed. Kasvas algeliste kahepaiksete ja lüliljalgsed mitmekesisus. Ilmusid esimesed roomajad, sauruste esivanemad. Ehkki esimesed koorega muna leiud pärinevad Permi ladestust, eeldatakse, et võime muneda koorega mune arenes roomajatel, sh. hilisemate lindude eellastel, välja Karbonis. Osadel putukatest arenes välja lennuvõime. Merede elustik oli sarnane varasematele ajastutele.

Permi ajastu lõpul rekkis Pangaea hiidmaneer ning leidis aset Maa ajaloo suurim väljasuremine, kus hävis üle 96% mereliste selgrootute liikidest ja 50% sugukondadest. Välja surid Paleosoikumile tüüpilised trilobiidid ning suurem osa käsijalgsete perekondi.

Permi lõpu väljasuremise järel kujunenud Keskajakonna elustik erines Vanaaegkonna omast. Meredes toimus ammoniitide ja karpide mitmekesisuse kasv. Planktoni hulgas oli massiliselt lubivetikaid. Nii meredes kui maismaal toimus roomajate kasv: algas hiidsisalikke ja dinosauruste valitsemisaeg. Ilmusid ka väikesed imetajad. Keskajakonna lõpul ilmusid esimesed linnud ning ajastu lõpul ka õistaimed. Viimastega koos evolutsioneerusid ka putukad. Keskajakonna lõpul toimunud suurt väljasuremist, kus hävisid dinosaurused ning palju merelisi loomarühmi, on seostatud meteoriidikatastroofiga.



Geoloogiline ajaskaala

IUGS ICS Geological Time Scale 2004 (www.stratigraphy.org), mugandanud ja eestindanud Eesti Stratigraafia Komisjon 2004 (www.gi.ee/ESK/)

EOON	AEGKOND	AJASTU	AJASTIK	Vanus (milj. aastat)
Faneroosoiikum	Kainosoiikum <i>Uusaegkond</i>	KVATERNAAR	Holotseen	0,00
			Pleistotseen	0,0115
		NEOGEEN	Pliotseen	1,806
			Miotseen	5,332
		PALEOGEEN	Oligotseen	23,03
			Eotseen	33,9 ± 0,1
			Paleotseen	55,8 ± 0,2
				65,5 ± 0,3
	Mesosoiikum <i>Keskaegkond</i>	KRIIT	Hilis-Kriit	99,6 ± 0,9
			Vara-Kriit	145,5 ± 4,0
		JUURA	Hilis-Juura	161,2 ± 4,0
			Kesk-Juura	175,6 ± 2,0
			Vara-Juura	199,6 ± 0,6
		TRIIAS	Hilis-Triias	228,0 ± 2,0
			Kesk-Triias	245,0 ± 1,5
			Vara-Triias	251,0 ± 0,4
			Loping	260,4 ± 0,7
	Paleosoiikum <i>Vanaaegkond</i>	PERM	Guadalup	270,6 ± 0,7
			Cisural	299,0 ± 0,8
		KARBON	Pennsylvania	318,1 ± 1,3
			Mississipi	359,2 ± 2,5
		DEVON	Hilis-Devon	385,3 ± 2,6
			Kesk-Devon	397,5 ± 2,7
		SILUR	Vara-Devon	416,0 ± 2,8
			Přidoli	418,7 ± 2,7
			Ludlow	422,9 ± 2,5
			Wenlock	428,2 ± 2,3
Proterosoiikum <i>Agueoon</i>	Neoproterosoikum	EDIACARA	Llandovery	443,7 ± 1,5
			Hilis-Ordoviitsium	460,9 ± 1,6
			Kesk-Ordoviitsium	471,8 ± 1,6
	Mesoproterosoikum	ORDOVIITSIUM	Vara-Ordoviitsium	488,3 ± 1,7
			Furong	501,0 ± 2,0
			Kesk-Kambrium	513,0 ± 2,0
		KAMBRIUM	Vara-Kambrium	542,0 ± 1,0
				542,0 ± 1,0
	Paleoproterosoikum	KRÜOGEEN		600
				850
		TON		1000
				1200
				1400
		STATHER		1600
				1800
Arhaikum <i>Urgeoon</i>	Neoarhaikum	MESOPROTEROOSIUM		2050
				2300
				2500
				2800
				3200
Arhaikum <i>Urgeoon</i>	Paleoarhaikum	EOKAEGKOND		3600
				3600
				4500

Uusaegkonnas algas hiidroomajate hävingu järel imetajate kiire evolutsioon. Ilmusid kiskjalised, kabjalised, esimesed londilised, närilised ja ahvilised. Mõned imetajate rühmad – vaalalised ja loivalised – kohastusid eluks veekeskkonnas, siirdudes maismaalt tagasi vette. Austraalias suurenes kukkurloomade mitmekesisus. Uusaegkonna lõpus, Neogeeni ajastul, olid kliima ja loomastik sarnased tänapäevastega. Laialt hakkasid levima maod, laululinnud, konnad, rotid, hiired ning rohttaimed. Umbes 7 miljoni aasta eest toimus hominiidide lahknemine teistest primaatidest.

Eesti kivisterikkus

lides merepõhjas kuhjunud Eesti settekivimid on maailmas haruldased, kuna nad on püsinud sadu miljoneid aastaid peaaegu muutmatusena, jäädes puutumata kurrutusest ja sügavale mattumisele. Tänu sellele on ka Eesti kivistised väga hästi säilinud.

Eesti Kambriumi ladestu alumise osa savides ja liivakivides leidub haruldasi kivistisi: *Platysolenites*, keda peetakse foraminifeeriks, mikroskoopiline tigu *Aldanella*, ainus Eesti Kambriumi trilobiit *Schmidtellus* ning käsijalgne *Mickwitzia*. Samuti leidub seal arvukalt mereloomade roomamisjälgi ehk ihnofossiile. Alam-Kambriumi kivistised leivad kindlates kihtides ning uitajale seetõttu enamasti silma ei torka. Küll aga võib igaüks leida sädelevad või roostekarva mugulaid, mis koosnevad püriidist ehk kassikullast. Püriidi tekkimisel võis olla oluline roll Kambriumi mereloomade orgaanilise aine



Ülal: munast kooruvad dinosaurused. All: Hilis-Kriidi kiskja *Tyrannosaurus rex*, kelle pikkus ületas 14 m ja kolju pikkus 1,3 m. Mudelid Briti Loodusmuuseumis.

lagunemisel ning mikroorganismidel. Kambriumi ladestu ülemises osas esineb arvukalt fosfaatse kojaga käsijalgseid *Ungula* ja *Schmidtites*, kelle kuhjetest on moodustunud oobolusfosforiit.

Eesti Ordoviitsiumi ladestu on kivistises rikkas. Alam-Ordoviitsiumi kivimid on alumises osas esindatud punaka liivakivikihi ja musta *Dictyonema*-argilliidiga, mille pindadel on leitud graptoliitide jäljendeid. Musta argillidi peal lasub rohekas glaukonitiivakihi, milles esineb hõredalt fosfaatseid käsijalgseid. Ka nende kivististe leidmine võib ilma asjatundja abita keerukaks osutuda.

Rikkalikult kivistisi, mida märkab iga huviline, leidub aga Kesk- ja Ülem Ordoviitsiumi lubjakivides Põhja-Eesti klintil, samuti Tallinnas kesklinna ja Lasnamäed ühendava tee servas. Kesk-Ordoviitsiumi alumise osa moodustavad Volhovi lademe glaukoniitlubjakivid, milles võib leida nii käsijalgsete kui trilobiitide kivistisi. Kõige esimesena torkavad aga tänu oma suurusele silma Volhovi lademe peal, Kunda lademe lubjakivides levivad peajalgsete kivistised. Need piklikud torukujulised fossiilid on tavaliselt mitte vähem kui 20 cm pikad, kuid esineb ka poole meetri pikkuseid ja pikemaid eksemplare.

Ülem-Ordoviitsiumi kivististe mitmekesisus tuleb esile Kirde-Eesti põlevkivikihtides. Palju kivistisi on põlevkivi rikastamisel jõudnud ka Kohtla-Nõmme põlevkivimuuseumi juures asuvasse aherainemägedesse ning muuseumi ekskursioonide käigus on neid sealt võimalik koolide õppekogude tarvis ja isikliku huvi rahuldamiseks koguda. Põlevkivikihi kivististe kooslus on Eestis kõige mitmekesisem: siit on leitud üle 400 liigi kivistisi.

Pruunikas põlevkivi ise koosneb mikrokoopilise vetika *Gloeocapsomorpha prisca* hästisäilinud orgaanilisest ainest. Hargnevaid heledaid kujutisi põlevkivikihtide pinnal moodustavad sammalloomade kivistised, mida nende kuju tõttu kiputakse vahel taimedeks pidama. Teine rühm sammalloomi on poolkerakujulised, tavaliselt 2–4 cm kõrgused. Rikkalikult esineb käsijalgseid ning trilobiitide pea- ja sabakilpe, harvem terveid trilobiite. Rikkalikult on ka tigused – tillukestest kuni mitme



Läbilõige Eesti Ülem-Kambriumi ja Alam-Ordoviitsiumi kivimistest Kunstimuuseumi vundamendisüvendis 2003. aastal. Alt üles: punakas fosforiidikiht, hallikas *Dictyonema*-argilliit, rohekas glaukoniitliivakivi ja hallikas lubjakivi pruunika rauaühendite kirmega.

sentimeetri suurusteni. Omapäraseks sageli esinevaks kivistiseks on okasnahksete hulka kuuluv merikera (*Echinospaerites*). Kihipindadel võib mõnikord leida graptoliite. Esineb ka koonilise kujuga koralle – rugoose.

Eesti Siluri ladestu lubjakivides leiduvad kivististised levivad valdavalt Saaremaa rannikul. Kõik Saaremaa kaldapaljandid on looduskaitse all ning neid võib uurida teaduslikel eesmärkidel. Kuid palju samadest kihtidest pärit kivistisi leidub ka paljandite ja mere vahel Läänemere poolt kokku kuhja-



Peajalgse kivistis Eesti Ülem-Ordoviitsiumi lubjakivis. Kohtla põlevkivikarjäär.

tud klibuvallides, kust huvilised võivad neid otsida. Saaremaa kivististe näitusega saab tutvuda Vilsandi looduskaitseala keskuses Loona mõisas.

Põhja-Saaremaal leviva Jaani lademe alumises osas on oma suuruse tõttu kõige silmatorkavamateks kivististeks kiivrit meenutavad stromatoporoïd e. kihtpoorsed, kes kuuluvad käsnade hulka. Suuremate kihtpoorsete läbimõõt võib ületada 20 cm. Rikkalikult esineb ka korallide kivistisi – kärjekujulisi tabulaate ja koonilise kujuga rugoose. Enamik Siluri kivistisi kuulub rühmadesse, mida võime kohata ka Ordoviitsiumis – siingi võime leida arvukalt käsijalgseid, sammalloomi, trilobiitide pea- ja sabakilpe ja teisi tuttavaid kivistisi.

Mandri-Eestis on üheks omapärasemaks Siluri kivististe leiukohaks käsijalgse *Borealis* massilise kuhjumise tagajärjel moodustunud *Borealis*-lubjakivi, millega saab tutvuda Tamsalus, kus selle kivimi ja sellest lubja tootmise tutvustamiseks on rajatud Lubjapark.

Eesti Devoni ladestu liivakivid on tuntud eelkõige ürgsete kalade poolest, kelle pikkus võis ulatuda mitme meetrini. Leidub ka fosfaatseid käsijalgseid ja taimejäänuseid. Kivimist leitud kildudest kalu rekonstrueerida ja teisi Devoni kivistisi interpreteerida suudavad ainult paleontoloogidest asjatundjad. Alates 19. sajandi keskpaigast uuritud Devoni kaladega saab tutvuda Tartu Ülikooli geoloogiamuuseumis. Nii Devoni paljandid kui neis leiduvad kivistised on looduskaitse all.

Levinuimad kivististe rühmad Eesti settekivimites

Limused – pehmekehalised või mineraalse skeletiga loomad. Tuntuimad limuste kivistised on peajalgseid, teod ja karbid.

Lüljalgsed – tugeva kitiinist välisskeletiga loomad, kellel on lüliline keha, mille külge kinnituvad jäsemetepaarid. Tuntuimad lüljalgsete kivistised Eestis on trilobiidid. Praegu elavate lüljalgsete hulka kuuluvad näiteks vähid, krabid, ämblikud, skorpionid ja kõik putukad.

Käsjalgseid – kahe kojapoolmega merelised põhjaloomad, kes meenutavad veidi karpe. Erinevalt karpidest on käsjalgsete mõlemad kojapoolmed pikitelje suhtes sümmeetrilised. Käsjalgsete koda koosneb kaltsiidist, ühel rühmal – lingu-latidel – apatiidist.

Okasnahksed – radiaalse sümmeetriaga vabalt elavad või varre abil põhjale kinnituvad mereloomad, kelle hulka kuuluvad näiteks merisiilikud, meritähed ja meriliiliad. Eesti lubjakivides leidub kohati massiliselt erineva suurusega okasnahksete varrelüliseid, teised skeletifragmendid on haruldasemad.

Korallid – koloonialised mereloomad, kelle kaltsiidist ehitised on säilinud kivistitena. Kivististe hulgas on levinuimad kaks väljasurnud korallide rühma: kärjekujulised tabulaadid ja koonilised rugoosid.

Sammalloomad – koloonialised mere-

loomad, kelle kivistised meenutavad poolkerakujulist mütsikest või hargnevat oksakest.

Selgroogsed – tänaste kalade ürgsed sugulased. Alates Siluri lubjakividest ning peamiselt Devoni liivakivides leidub kivistena enamasti ürgsete kalade luuplaatide tükke ja üksikuid soomuseid, haruldased on suuremate tükkide ja terviklikult säilinud kalade leiud.

Graptoliidid – koloonialised mere pinnaelajad, mis on säilinud loomad. Graptoliitide kivistised on tumedad ja haprad, esmapilgul võivad nad meenutada taimi.

Käsnad – ümmargused või vaasikujulised pehmekehalised loomad, kelle habras siseskelett koosneb kaltsiidi või räni nõelakestest. Käsnade hulka kuuluvad ka kihtpoorsed e. stromatoporooidid, kelle suuri kiivrikujulisi kivistisi leidub rohkesti Saaremaal Siluri lubjakivides.

lhnofossiilid e. elutegevuse jäljed – erinevate mereorganismide liikumisjäljed, mis on kivistitena säilinud. Roomamis- ja puurimisjälgi on rahvakeeli kutsutud ka "ussikäikudeks".

Mikrofossiilid – väikesed, tavaliselt alla 1 mm suurusel olevad kivistised. Mikrofossiilide hulka kuuluvad näiteks konodondid, akritarhid, ostrakoodid, kitiinikud, aga ka selgroogsete soomused.

Teod, karbid ja teised limused

Hõimkond Mollusca (limused), klassid Gastropoda, Bivalvia, Monoplacophora, Rostroconchia

Tigused Eesti Ordoviitsiumist.

TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



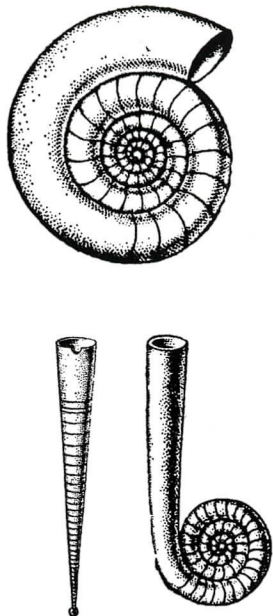
Teod on spiraali- või heeliksikujulise kojaga limused, kes tänapäeval elavad nii meredes, mageveekogudes kui maismaal. Eesti Alam-Kambriumi sinisavist on teada mikroskoopiline tigu *Aldanella*. Suuremate tigude kivistisi leidub Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi ning Siluri lubjakivides.

Karbid on kahe poolmega kojaga limused, kes ilmusid Ordoviitsiumis ning eksisteerivad tänapäevani. Karpide kivistisi leidub Eesti Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi ning Siluri lubjakivides. Võrreldes käsjalgsetega on karpide esinemine neis kivimites üsna haruldane.

Teistest limustest leidub Eesti settekivimites veel peajalgseid (lk. 14), torbiklimuseid (klass Monoplacophora) ja rostrokonhe (klass Rostroconchia).

Peajalgsed

Hõimkond Mollusca (limused)
klass Cephalopoda



Estonioceras

Peajalgsed on mereloomad, kes ilmusid Kambriumi ajastu lõpul ja on elanud kuni tänapäevani. Praegu elavate peajalgsete hulka kuuluvad pehmekehalised kalmaarid, kaheksajalad ja aragoniidist kojaga *Nautilus pompilius* eestikeelse nimega "laevuke".

Eesti Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi ning Siluri lubjakividest on teada kahe peajalgsete alamklassi (*Orthoceratoidea* ja *Endoceratoidea*) esindajaid. Peajalgsete kivistised tor-kavad silma peaaegu kõikjal Põhja-Eesti paekalda paljandites Pakri neemest kuni Narvani. Tallinna südalinnas võib neid näha Laagna kiirtee süvendis, samuti mitmete ehitiste fassaadide, treppide jt. lubjakivist elementide vaatlemisel. Lähemaks tutvuseks sobivad hästi ka Ülem-Ordoviitsiumi põlevkivikihi ja põlevkivimuuseumi aher-ainemäed.

Pikliku kujuga peajalgsed (*Orthoceratoidea*, *Endoceratoidea*) on ringikujulise ristlõikega. Suuremate eksemplaride pikkus võib ulatuda üle poole meetri. Lähemal vaatlusel on näha septidega eraldatud kambreid. Mõnedel perekondadel eristub selgelt ka sifoon, mille kaudu kambrites gaasisaldust reguleerides sai loom erinevale sügavusele liikuda nagu kalad ujupõie abil. Eesti Ordoviitsiumis esineb üsna sageli ka spiraalse või osaliselt spiraalse kujuga peajalgseid (*Estonioceras* ja *Lituites*).

◀ Peajalgseid Eesti Ordoviitsiumist.
TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi
kogud. ▶



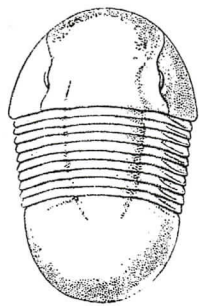
Endoceras



Endoceras

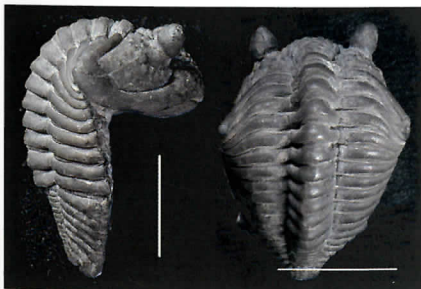
Trilobiidid

Hõimkond Trilobita



Siluri trilobiit *Encrinurus*.

TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.



Trilobiidid on vanim lülilalgsete rühm, kelle kivistisi on teada Kambriumi ladestu algusest kuni Permi ladestu lõpuni. Kõik trilobiidid olid mereloomad, kes elasid enamasti madalmeredes. Suuremad trilobiidid elasid enamasti merepõhjas, jättes sinna kaevumis- ja roomamisjälgi. Väiksemad trilobiidid olid head ujujad. Trilobiidid vahetasid kasvamise käigus kesta.

Trilobiidi keha on pikitelje suhtes sümmeetriline. Selgmised pikivaod jaotavad keha kumerdunud teljeosaks ja lamendunud külgsadeks. Sellele viitab ka trilobiidi nime tähendus: "kolmeloobuseline". Trilobiidi kolmeosaline keha koosneb peakilbist, kehalülidest ja sabakilbist. Trilobiidid on tavaliselt 2–10 cm pikkused. Seni suurim Eestist tervelt leitud trilobiit on u. 25 cm pikkune *Pseudoasaphus* Ülem-Ordoviitsiumist. Maailma suurim trilobiit – 70 cm pikkune *Isotelus* – on leitud Põhja-Ameerika Ülem-Ordoviitsiumist.

Trilobiidid on Eestis laialt levinud Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi ning Siluri lubjakivides. Alam-Kambriumi on teada ainult üks perekond (*Schmidtellus*), mis on väga haruldane. Esmatutvuseks trilobiitidega sobivad hästi Ülem-Ordoviitsiumi põlevkivikiht ja põlevkivimuusemi aherainemäed.

Kivimis on kõige sagedamini säilinud trilobiitide pea- või sabakilbid või nende tükid, palju harvem leidub tervikuna säilinud eksemplare. Üksikutel juhtudel on leitud trilobiite ka keratõmbunud kujul. Mõnede trilobiitide peakilpidel on iseloomulikud põseogad, mis võivad lahti murduda ja eraldi säilida.

Trilobiite Eesti Ordoviitsiumist. ►

TTÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Chasmops



Chasmops



Asaphus



Conolichas (vasakul) ja *Illaeus* (paremal)



Hoploicaus (vasakul) ja *Paraceraurus* (paremal)



Megistaspis



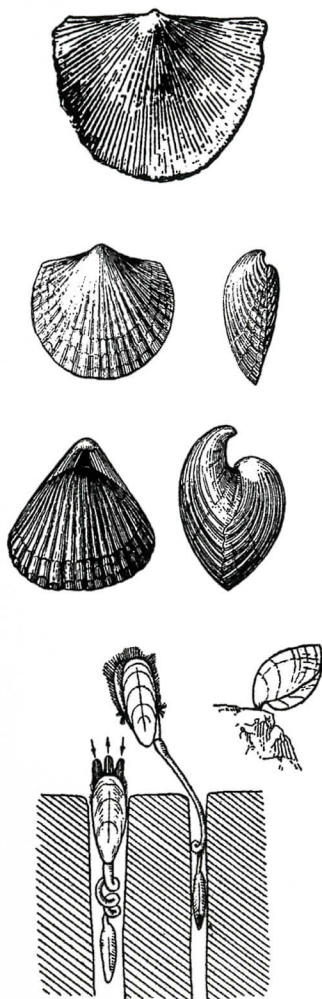
Pliomera



Pliomera

Käsijalgsed

Hõimkond Brachiopoda



Käsijalgsed on merepõhjas elavad loomad, kes ilmusid Kambriumi ajastu lõpul ning on kestma jäänud tänaseni. Tänapäeva meredest on teada üle 200 käsijalgsete perekonna, kuid nende mitmekesisus oli suurim Paleosoikumi aegkonnas, küündides mitme tuhande perekonnani.

Käsijalgsete pehmet keha kaitseb kahe poolmega koda. Merepõhjale kinnituvad nad jala ehk pediikli abil. Käsijalgsed võivad olla säilinud nii tervete kodade, kojapoolmetena kui poolmete tükkidena. Eesti Ülem-Kambriumis, Ordoviitsiumis ja Siluris leiduvate kivististe hulgas on nad väga sagedased.

Käsijalgsed jaotatakse kolme alamhõimkonda (Rhynchonelliformea, Craniiformea ja Linguliformea). Esimesse kuuluvad kaltsiitse kojaga käsijalgseid, keda traditsiooniliselt tunti "luksete" käsijalgsete nime all, teise kaltsiitse ning kolmandasse fosfaatse kojaga "puudulukseid" käsijalgseid.

Eesti Ülem-Kambriumi liivakivides on sagedased viimase alamhõimkonna esindajad klassist Lingulata. Perekondadesse *Ungula* ja *Schmidtites* kuuluvate lingulaatide kojapoolmetest koosneb Eesti fosforiit.

Tamsalu lubjapargis on võimalik jälgida kaltsiitse kojaga käsijalgse *Borealis borealis* massilist kuhjet - kogu mitme meetri paksune lubjakivikiht koosneb selle käsijalgse kojapoolmetest.

Arvukalt käsijalgseid võib leida Ülem-Ordoviitsiumi põlevkivikihindist ja põlevkivimuuseumi aherainemägedest.

Käsijalgseid Eesti Ülem-Kambriumist ja Ordoviitsiumist. ►

TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Ungula



1 *Porambonites*
2, 3 *Platystrophia*
4 *Longvillia*



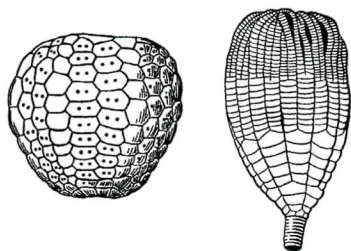
Ilmarinia



Clitambonites

Okasnahksed

Hõimkond Echinodermata



Merikera *Echinospaerites*

Eesti Ülem-Ordoviitsiumist.

TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Siluri okasnahkse *Crotalocrinus* varrelülisid sisaldavat kivi tuntuks sörmuspae nime all.



Okasnahksed on merepõhjas elavad loomad, kellest osa on liikuvad ja osa varre abil põhjale kinnituvad ning kes on eksisteerinud Kambriumi ajastust tänaseni.

Üks Eestis sagedamini esinevaid okasnahksete kivistisi on merikera (*Echinospaerites*), kelle golfipalli-suursi kerakujulisi kivistisi leidub üsna sageli Ülem-Ordoviitsiumi põlevkivikihtis. Neid võib leida põlevkivimuusemi aherainemägedest.

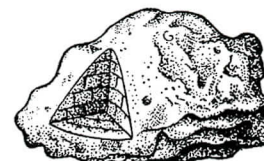
Mõned lubjakivikihtid sisaldavad rikkalikult okasnahksete – valdavalt meriliiliate – varrelülisid. Näiteks koosneb neist "Vasalemma marmoriks" kutsutud Ülem-Ordoviitsiumi lubjakivi Vasalemma paemurrus. Saaremaal Kaugatuma paljandis on suuri okasnahksete varrelülisid sisaldavad lubjakivid saanud rahvapärase nime "sõrmuspae". Väikseid okasnahksete varrelülisid võib leida ka merepõhjast väljapestuna Lääne-Eesti ja saarte ranniku klibuvallidest – leidlikud neid on neid niidi otsa ajades saanud endale dekoratiivse kaelakee.

Eesti Ordoviitsiumi okasnahksete varrelülid. TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Käsnad

Hõimkond Porifera



Käsnad on ümmargused või vaasikujulised pehmekehalised loomad. Mõnede käsnade habras siseskelett koosneb kaltsiidi või räni nöölakestest. Käsnad on ürgseim teadaolev hulkraksete hõimkond: vanimad käsnade kivistised on teada juba Ediacara ladestust, 570 miljoni vanusest Doushantou fosforiidi kihindist Hiinas.

Eestis leidub käsnade kivistisi Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi lubjakivides, sh. ka Kohtla-Järve põlevkivikihtis, kuid üsna harva. Seevastu väga sagedased on käsnade hulka kuuluvad kihtpoorsed e. stromatoporoidid, kelle suuri kiivrikujulisi kivistisi leidub rohkesti Saaremaal Siluri lademe lubjakivides.

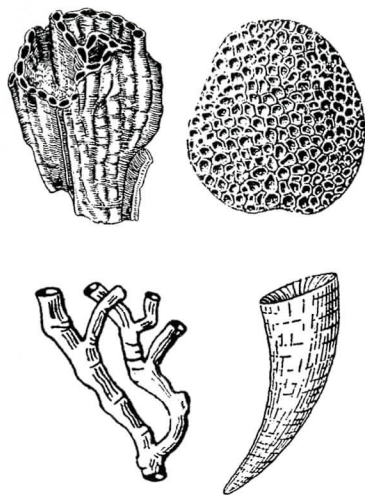
Kihtpoorne e. stromatoporoid Eesti Silurist.

TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Korallid

Hõimkond Cnidaria (ainuõõssed)
Klass Anthozoa (õisloomad)
Alamklass Zoantharia



Korallid on koloonialised mereloomad, kelle skelett koosneb kaltsiidist. Eesti kivististe hulgas on levinuimad kaks väljasurnud korallide seltsi: kärjekujulised tabulaadid (Tabulata) ja koonilised rugoosid (Rugosa).

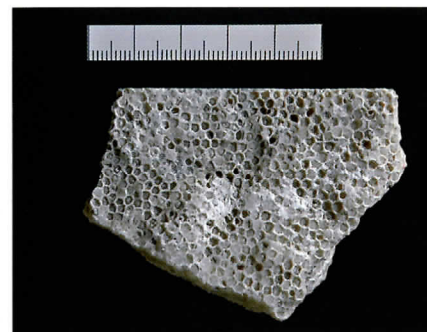
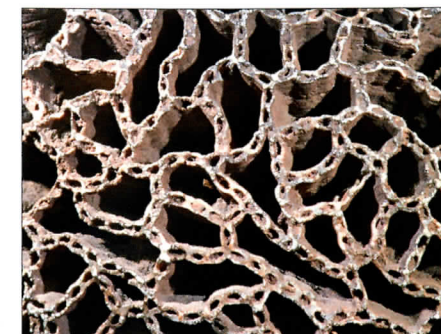
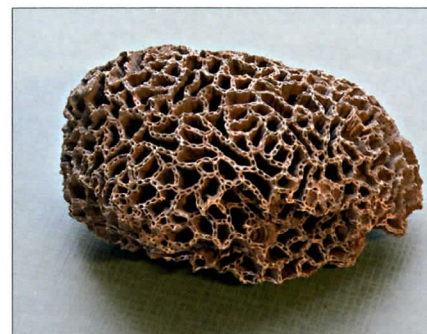
Tabulaate ja rugoose võib sageli kohata Siluri lubjakivides Saaremaa rannikul. Neid võib otsida klibuvallidest. Veidi harvem esineb rugoose ja tabulaate ka Ülem-Ordoviitsiumi lubjakivides.

Tabulaadid Eesti Silurist. ▶
TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.

Tabulaadid Eesti Silurist. ▶
TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.

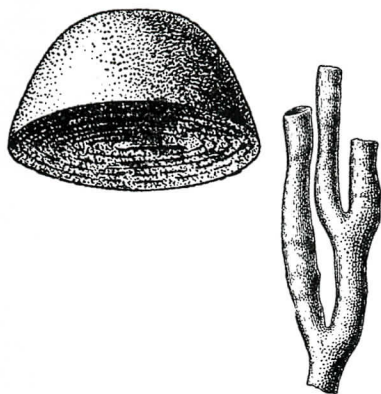
Koloonialine rugoos Eesti Silurist. ▶
TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.

Rugoosid Eesti Silurist. TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Sammalloomad

Hõimkond Bryozoa



Sammalloomi Eesti Ordoviitsiumist. TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv (ülal) ning TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud (all).



Sammalloomad on koloonialised mereloomad, kelle pinna muster sarnaneb esmapilgul samblike või haruldaste taimede omale. Sammalloomad on tuntud Ordoviitsiumi ajastust kuni tänapäevani.

Eestis leidub rikkalikult sammalloomade kivistisi Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi lubjakivides, samuti Siluri lubjakivides. Üks rikkalikumaid leiukohti on põlevkivikihind. Osa sammalloomade kivistisi on tasapinnalised. Hästi eristuvaid sammalloomade mustreid võib jälgida pruunika põlevkivi kihipindadel. Teise arvuka sammalloomade rühma esindajad meenuvad poolkerakujulisi mütsikesi.

Sammalloom *Phylloporina* Eesti Ülem-Ordoviitsiumist. TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.



Selgroogsed

Hõimkond Chordata (keelikloomad), klass Vertebrata (selgroogsed)

Ürgne kala *Bothriolepis* Eesti Ülem-Devonist. Rekonstruktsioon.



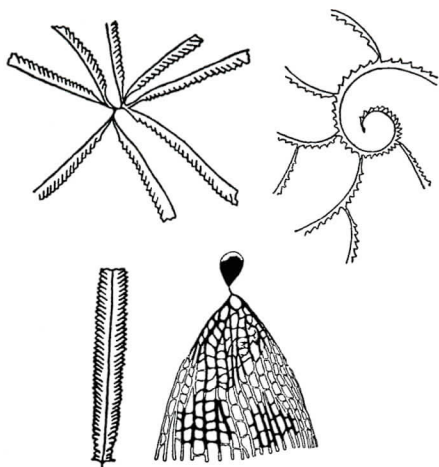
Selgroogsete hulka kuuluvad lõuatud ja primitiivsed kalad on tänaste kalade ürgsed sugulased. Siluri ja Devoni kaladest on kivististena säilinud enamasti kilpkalad ja rüükalad, kelle keha oli kaetud luuplaatidega. Siluri lubjakivides ja Devoni liivakivides leidub kalade luuplaatide ja soomusrüü tükke ja üksikuid soomuseid. Haruldased on suuremate tükkide ning terviklikult säilinud kalade leiud, millega saab tutvuda Tartu Ülikooli geoloogiamuuseumis.

Osa Devoni kala "soomusrüüst". Tü geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.



Graptoliidid

Hõimkond Hemichordata (ürgkeelikloomad), klass Graptolithina



Ordoviitsiumi graptoliit *Dictyonema*.
TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.



Graptoliidid olid koloonialised loomad, kes eksisteerisid Ülem-Kambriumist Karboni ajastuni.

Osa graptoliite hõljus mere pinnakihis, kuid esines ka põhjale kinnituvaid vorme. Graptoliidid meenutavad kirjamärke kivil ning on selle järgi saanud kreeka keelest oma nime: "kivikiri" (grapto- on pärit samast tüvest, mis graafika).

Eesti vanimaid graptoliite on leitud *Dictyonema*-argilliidist ning harva ka argilliidiläätsedest fosforiidikihi ülemises osas. Graptoliite leidub nii Ordoviitsiumi kui Siluri kivimite kihipindadel, kuid üsna harva. Graptoliitide kivistised on tumedad ja haprad, esmapilgul võivad nende võrkjad, hargnevad või sirged jäljendid meenutada taimi. Enamasti on kivistised tumedad, koosnedes orgaanilisest ainest, harvem on graptoliidid säilinud püriiidiga asendunud kujul.

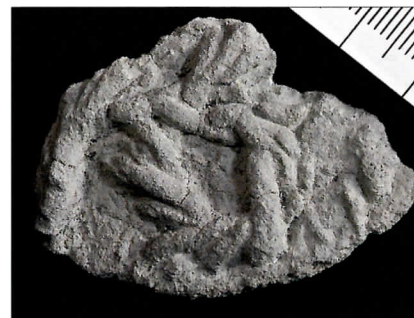
Ordoviitsiumi graptoliit *Ptilograptus*.
TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.



Ihnofossiilid

Elutegevuse jäljed

Treptichnus pedum.
TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiiv.



Ihnofossiilideks kutsutakse kõiki organismide elutegevuse jälgi, usside roomamisjälgedest dinosauruste jäljeradadeni.

Ka Eesti settekivimites Kambriumist kuni Devonini on säilinud arvukalt jälgi, mida mereloomad on jätanud kunagisel merepõhjal liikides või sellesse kaevudes. Nii Kambriumi liivakivides, Põhja-Eesti klindi lähedal kui põlevkivikihi kihipindadel on selliseid jälgi rikkalikult.

Eestist on leitud ka Kambriumi ladestu alumist piiri tähistav ihnofossiil *Treptichnus pedum*.

Käikudest läbipuuritud Ordoviitsiumi merepõhi.
TÜ geoloogia instituudi ja muuseumi kogud.

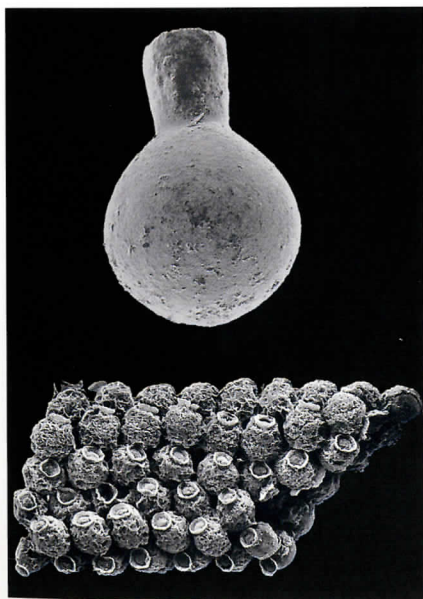


Mikrofossiilid

Mikroskoopilised kivistised

Mikrofossiilide fotod on pärit TTÜ Geoloogia Instituudi fotoarhiivist.

Ordoviitsiumi kitiinikud *Lagenochitina* (ülal) ja *Desmochitina* (all).



Mikrofossiilid on väikesed, tavaliselt alla 1 mm suurused kivistised, millest mõned on märgatavad luubiga, teised nähtavad vaid kivimiproove mikroskoobi all uurides.

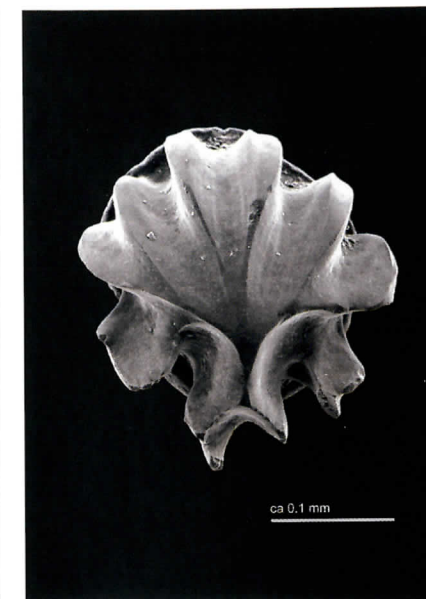
Eesti settekivimites levinuimad mikrofossiilide rühmad on apatiidist koosnevad konodondid – ürgsete keelikloomade hambad, orgaanilise koostisega akritarhid – üherakulised organismid, tõenäolised dinoflagellatide sugulased, ning kitiinse koostisega kitiinikud, kelle päritolu ei ole tänaseni teada. Esineb ka skolekodonte ehk orgaanilisest ainest koosnevaid hulkharjasusside "hambaid" ning mitmesuguste ussikeste fosfaatseid skleriite. Lülialgsetest kuuluvad mikrofossiilide hulka karpvähilised ehk ostrakoodid. Mikrofossiilide hulgast võime leida ka imeväikesi selgroogsete soomuseid.

Siluri konodont *Ctenognathodus*.



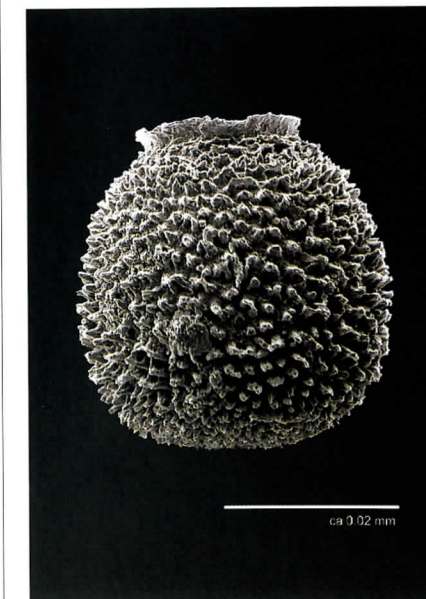
Ordoviitsiumi kitiinik *Cyathochitina*.

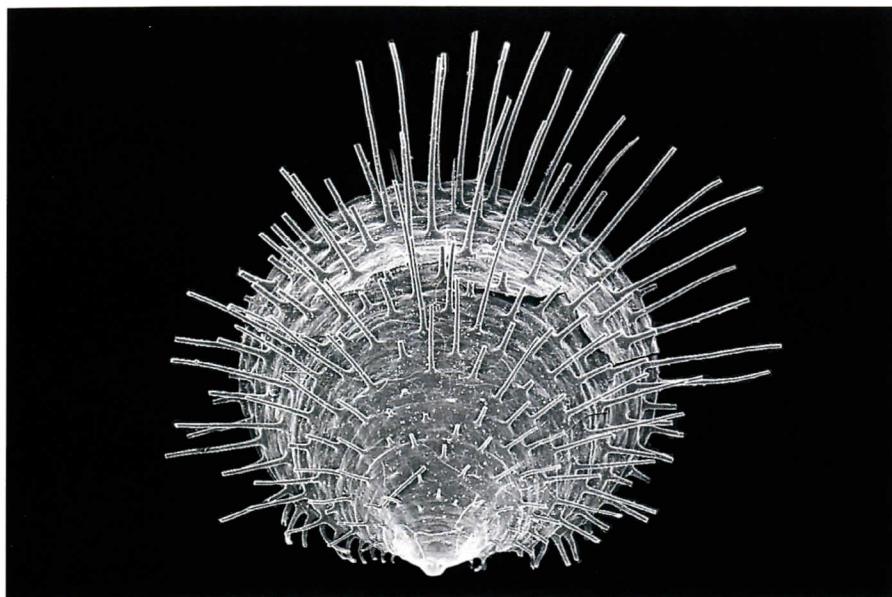
Skolekodont – hulkharjasussi lõuaaparaadi element



Siluri selgroogse – lõuatu *Paralogania* mikroskoopiline soomus.

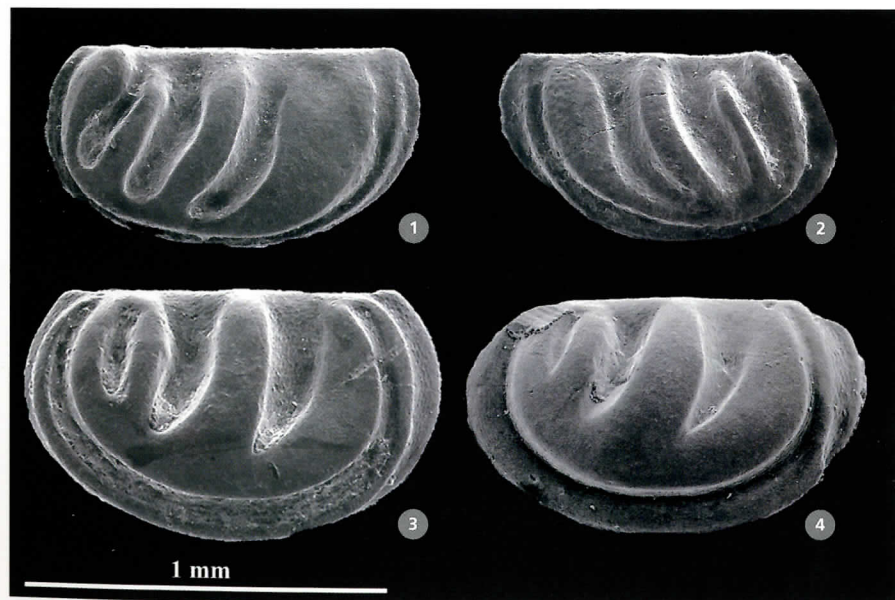
Ordoviitsiumi kitiinik *Desmochitina*.





Ülem-Ordoviitsiumi mikroskoopiline käsijalgne *Acanthambonia*.

Kesk-Ordoviitsiumi ostrakodid *Ogmoopsis* (1, 2) ja *Brezelina* (3, 4).



KIRJANDUST EESTI AUTORITELT

Nestor, H., Raukas, A., Veskimäe, R. 2004.

Maa Unversumis. Möödanik, tänapäev, tulevik. Tallinn. OÜ Reves Grupp, 328 lk.

Raukas, A., Teedumäe, A. (eds). 1997.

Geology and Mineral Resources of Estonia. Tallinn, Estonian Academy Publishers, 436 pp.

Valik artikleid ajakirjast "Eesti Loodus"

Hints, L. Okasnahksed kivististena. 1994, 11

Isakar, M. Kivistunud limused Eestis. 1994, 10.

Kaljo, D. Graptoliidid – autoriteetid biostratigraafias. 1995, 4.

Körts, A. Sammalloomad kivististena ja igipöliste vee-elanikena. 1994, 12.

Körts, A. Kivistunud vetikad. 1994, 3.

Mark-Kurik, E. Muistsed kalad ja nende kivistised. 1995, 8.

Mõtus, M.-A. Fossiilsed korallid Eestis. 1994, 6.

Männik, P. Konodondid – salapärase päritoluga kivistised. 1995, 5/6.

Männil, R. Trilobiidid – pilkupüüdvad kivistised. 1995, 2.

Märss, T. Lõuatute kivistised. 1995, 7.

Nestor, H. Kihtpoorsed – Eesti suurimaid kivistisi. 1994, 5.

Nestor, V.-K. Kitinosoad – atraktiivsed pisikivistised. 1995, 9.

Puura, I. Puudulused käsijalgset Eestis kivimites. 1994, 7.

Puura, I., Meidla, T. . . . Geokronoloogiline skaala on pidevas muutumises. 2003, 2/3.

Rubel, M., Hints, L. . . . Luksed käsijalgset Eestis aluspõhjast ja tänapäeva meredest. 1994, 8.

Internetimaterjale

Geokronoloogiline skaala (2004) - www.gi.ee/ESK

Elu areng Maal (M. Isakar, 2003) - <http://www.ut.ee/BGGM/eluareng/>

Kivististe määraja (M. Isakar, 2003)

http://www.ut.ee/BGGM/eluareng/kivististe_maaraja.html

TTÜ GI kogude infosüsteem - www.gi.ee

Looduskaitse seadus (2004) - <http://wlex.ic.ee/list/LKS.htm>

Määrus kivististe kaitse kohta (2004) -

<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=767486>