

## **1. LEKCIJA. EMBRIOFĪTU RAŠANĀS UN EVOLŪCIJA**

EONAS.....	2
Aīdas eona – Zeme rodas un atdziest .....	2
Arheozoja eona – sākotnējās dzīvības eona .....	3
Protozoja eona – okeānā daudzšūnu organismi.....	3
Fanerozoja eona turpinās mūsdienās.....	4
FANEROZOJS – BIOLOĢISKĀS DAUDZVEIDĪBAS EONA .....	4
Paleozojs – triobītu ēra.....	4
Kembrijs – dzīvības formu “eksplozija” .....	5
Ordoviks – pirmie embriofīti.....	5
Silūrs – pirmie vaskulārie augi.....	6
Devons – pirmie koki .....	7
Karbons – pirmie sēklaugi.....	8
Perms – pirmie skujkoki.....	9
Mezozojs – dinozauru ēra.....	9
Triass – jaunas dominantes .....	10
Jura – dominē kailsēkļi.....	10
Krīts – pirmie ziedaugi .....	11
Kainozoja ēra – ziedaugu ēra .....	11
EMBRIOFĪTU TUVĀKIE RADINIEKI – MIETURĀĻĢES.....	11
Embriofīti – SAUSZEMES IEKAROTĀJI.....	13
Strukturālā un reprodūktīvā adaptācija padarīja iespējamu sauszemes iekarošanu .....	13
Sauszemes apstākļiem piemērojās dzimumvairošanās .....	13
Bezdzimumvairošanās ar sporām.....	14
Paaudžu maiņa.....	14
Kutikula.....	15
Korms un laponis .....	15
Vadaudi .....	16
SVARĪGĀKAIS.....	16

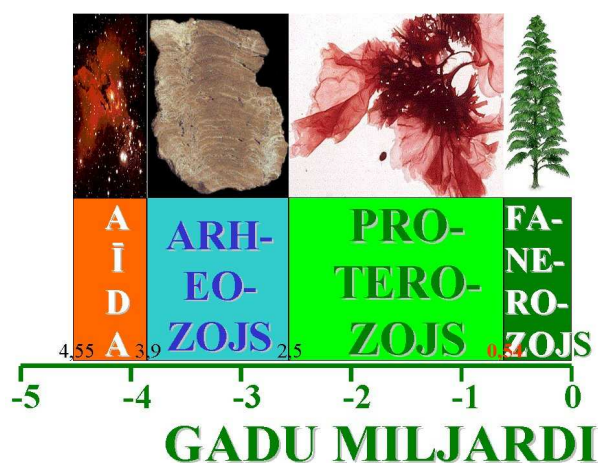
Iepriekšējās lekcijas iepazīstināja ar monēru (prokariotu) valsti, sēņu valsti un protistu valsti. Botānikā šo valstis pārstāvjus mēdz saukt arī par “lipoņaugiem”, “talofītiem” – *Thallophyta* vai arī “talobiontiem”<sup>ii</sup>.

Mūsdienu ainavu nosaka embriofīti<sup>iii</sup> *Embryophyta*, jeb kormofīti<sup>iv</sup> *Cormophyta*, jeb kormobiontu<sup>v</sup> *Cormobionta*). Pašlaik ir zināmas pavisam ap **330000** embriofītu sugas. Tās ir izveidojušās ilgā un sarežģītā evolūcijas procesā.

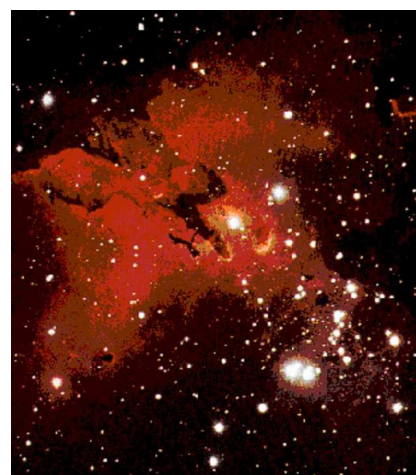
## EONAS

Lielākie etapi Zemes attīstības skalā ir eonas<sup>vi</sup>. Ģeologi saskata četras eonas (1. att.):

1. Aīdas eona – sākās pirms 4,55, beidzās pirms 3,9 miljardiem gadu.
2. Arheozoja eona – sākās pirms 3,9, beidzās pirms 2,5 miljardiem gadu.
3. Proterozoja eona – sākās pirms 2,5, beidzās pirms 0,54 miljardiem gadu.
4. Fanerozoja eona – sākās pirms 0,54 miljardiem gadu un turpinās mūsdienās.



1. attēls. Eonas.



2. attēls. Aīdas eona.

### Aīdas<sup>vii</sup> eona – Zeme rodas un atdziest

Aīdas eona sākas līdz ar **Zemes rašanos pirms 4,55 miljardiem gadu** (2. att.) un beidzas tad, kad Zeme ir atdzisusi un tai ir izveidojusies cieta garoza. Līdz pat pēdējam laikam uzskatīja, ka Zeme ir atdzisusi 650 miljonu gadu laikā un Aīdas eona ir beigusies pirms 3,9 miljardiem gadu. Taču šis uzskats ir apšaubāms, jo Austrālijā ir atrasts niecīgs cirkona kristāla grauds un tā vecums datējams ap 4,4 miljardiem gadu<sup>viii</sup>. Tātad, Zeme varētu būt atdzisusi daudz straujāk par līdz šim uzskatīto. Atrastais cirkona kristāls apliecina, ka jau 150 miljonus gadus pēc Zemes rašanās, tās virsma bija pietiekami atdzisusi, lai uz tās varētu veidoties minerāli.

## Arheozoja<sup>ix</sup> eona – sākotnējās dzīvības eona

Šo eonu par “sākotnējās dzīvības” eonu mēdz dēvēt tādēļ, ka tās laikā uz Zemes **radās dzīvība**. Tas notika **pirms aptuveni 3,5 miljardiem gadu**.

Pirmās dzīvās būtnes bija **cianobaktērijas** jeb zilaļģes. To 3,5 miljardu gadu senās paliekas – stromatolīti<sup>x</sup> ir atrasti Rietumāstrālijas un Dienvidāfrikas arheozoja klintīs. Stromatolīti veidojās kalcija karbonātam izgulsnējoties uz zilaļģu pavedieniem. Šo izgulsnēšanos izraisīja zilaļģu fotosintēzē atbrīvotais oglekļa dioksīds. Stromatolīti retumis ir atrodami arī mūsdienās. Vietās, kur vides apstākļi ir visai ekstremāli augstāk attīstītiem organismiem, piemēram, Rietumāstrālijas īpaši sāļās lagūnās (3. att.).



3. attēls. Stromatolīti mūsdienās.

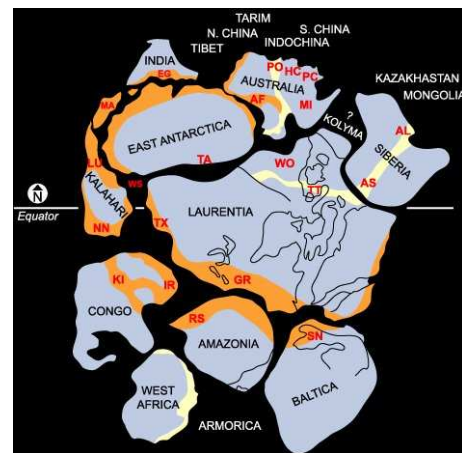
Attēlā ir redzami stromatolīti Rietumāstrālijā, Shark Bay lagūnā. Lagūnas ūdens ir tik sāļš, ka tajā spēj izdzīvot tikai cianobaktērijas. Tāpat kā dzīvības aizsākuma laikā tās veido stromatolītus.

Arheozoja eonā dzīvoja **tikai un vienīgi prokarioti**. Arheozoja primitīvajiem prokariotiem bija ārkārtīgi liela nozīme tālākajā dzīvības evolūcijā. Pirms šo organismu rašanās, Zemes atmosfēra bija ļoti atšķirīga no patreizējās un tā bija pilnīgi nepiemērota patlaban pazīstamo dzīvības formu izdzīvošanai. Daudzās arheozoja cianobaktērijas fotosintezēja un atbrīvoja skābekli. Tas uzkrājās atmosfērā arheozoja un sekojošās eonas – proterozoja laikā.

## Protozoja<sup>xi</sup> eona – okeānā daudzšūnu organismi

Šīs eonas sākumā izveidojās superkontinents Rodīnija<sup>xii</sup> (4. att.), bet pasaules okeānā attīstījās daudzšūnu organismi – **koloniālās aļģes** un **mīkstmieši**.

Vēlīnajā proterozojā superkontinents Rodīnija sadalījās daudzos mazākos kontinentos. Rodīnijas sadalīšanās līdz ar citiem faktoriem veicināja gigantisku apledojuumu proterozoja beigās, kas izraisīja organismu masveida izmiršanu.



4. attēls. Rodīnija.

## Fanerozoja<sup>xiii</sup> eona turpinās mūsdienās

Šīs eonas laikā izveidojās visa mūsdienu dzīvības formu daudzveidība.

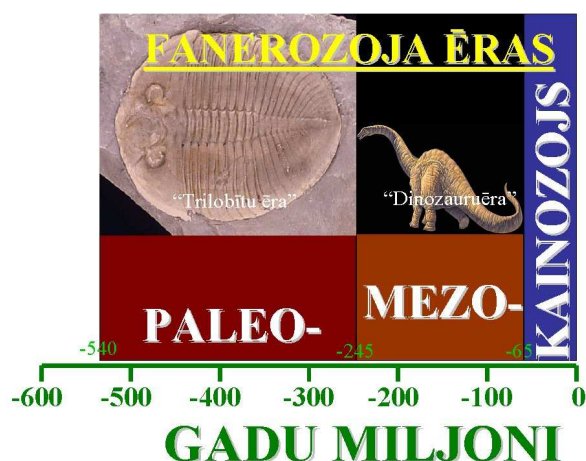
Tāpat kā citas, arī fanerozoja eona nebija viendabīga. Lai izsekotu svarīgākajiem augu valsts attīstības notikumiem, ir nepieciešams sīkākā ģeohronoloģiskais mērogs – fanerozoja eonā izšķir trīs ēras (5. att.):

1. Paleozoja ēra – sākās pirms 540 un beidzās pirms 245 miljoniem gadu.
2. Mezozoja ēra – sākās pirms 245 un beidzās pirms 65 miljoniem gadu.
3. Kainozoja ēra – sākās pirms 65 miljoniem gadu un turpinās līdz mūsdienām.

## FANEROZOJS – BIOLOĢISKĀS DAUDZVEIDĪBAS EONA

### Paleozojs<sup>xiv</sup> – triobītu ēra

Paleozoja ēra ilga gandrīz 300 miljonus gadu, t.i. vairāk nekā fanerozoja laika pusi. Paleozoju nosacīti apzīmē par “trilobītu ēru”. Šo posmkāju parādīšanās fosilijās (6. att.) iezīmē paleozoja sākumu, paleozoja beigās trilobīti izmirst<sup>xv</sup>.



5. attēls. Fanerozoja ēras.



6. attēls. Trilobīts.

Attēlā ir redzams ap 4 cm garš trilobīts no paleozoja nogulumiem Marokā. Šī nevainojamā fosilija parāda, kādēļ trilobīti ir tik iecienīti paleobiologu objekti. Ir aprakstītas vairāk nekā 15000 trilobītu sugas.

Arī ēru mērogs vēl nav pietiekoši smalks, lai izsekotu dzīvības attīstībai uz Zemes, tādēļ ir jāiepazīst **ģeoloģiskos periodus**.

Paleozoja ērā izšķir sešus periodus (7. att.):

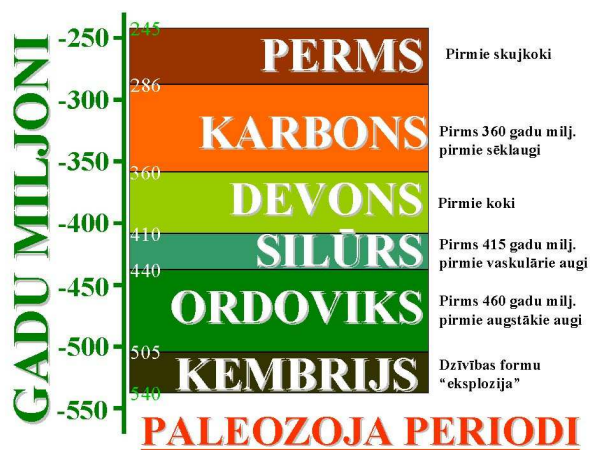
1. Kembrijs – sākās pirms 540 un beidzās pirms 505 miljoniem gadu.
2. Ordoviks – sākās pirms 505 un beidzās pirms 440 miljoniem gadu.

3. Silūrs – sākās pirms 440 un beidzās pirms 410 miljoniem gadu.
4. Devons – sākās pirms 410 un beidzās pirms 360 miljoniem gadu.
5. Karbons – sākās pirms 360 un beidzās pirms 286 miljoniem gadu.
6. Perms – sākās pirms 286 un beidzās pirms 245 miljoniem gadu.

### Kembrijs<sup>xvi</sup> – dzīvības formu “eksplozija”

Kembrija periodā ir vērojama visu dzīvības formu eksplozija – nedaudzu gadu miljonu laikā **izveidojas gandrīz visi organismu nodalījumi.**

Šajā laikā pirmo reizi fosīlijās parādās dzīvnieku lielāko taksonu pārstāvji. Aizsākas visi pašreizējie dzīvnieku tipi. Daudzveidojas okeāna bezmugurkaulnieku klāsts. Pasaules okeānā izveidojas pirmie mugurkaulnieki. Okeānā ir atrodamas visu veidu aļģes.



7. attēls. Paleozoja periodi.



8. attēls. Dzīvība ordovikā.

Ordovika periodā ūdeni apdzīvoja dažādi bezmugurkaulnieki (b), kā arī zilaļģes, sārtaļģes (s) un zaļāļģes (z).

### Ordoviks<sup>xvii</sup> – pirmie embriofīti

Šī perioda sākumā uz ziemeļiem no tropu loka atradās gandrīz vienīgi okeāns un Zemes lielākā sauszemes daļa bija apvienota dienvidu superkontinentā Gondvanā.

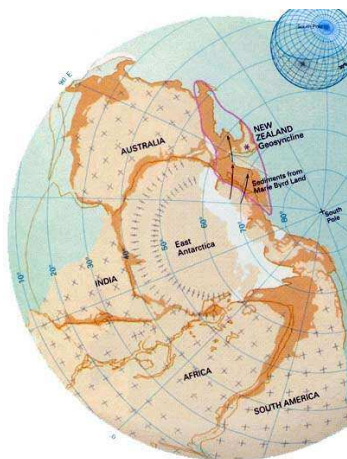
Ordovikam tipiskas jūras ekosistēmas veidoja dažādi bezmugurkaulnieki, zilaļģes, sārtaļģes un zaļāļģes, primitīvas zivis, koraļļi (8. att.).

Agrīnajā un vidējā ordovikā uz Gondvanas bija silts, maigs klimats un atmosfēra bagātīgi saturēja ūdeni. Tas veicināja dzīvības iznākšanu no ūdens. **Ap 460 miljonus gadus atpakaļ uz sauszemes parādījās pirmie embriofīti.**

Senākās liecības par embriofītiem sniedz fosīlijas no ordovika iežiem. Tajos ir atrodamas atsevišķas sporas un audu fragmenti. Šīs vissenākajos slāņos atrastās fosīlijas varētu būt gan sūnaugi, gan vaskulārie augi. Vēl viena iespēja, ka tie nav ne vieni, ne otri, ka tie ir abu grupu

priekšteči. Senākajās fosīlijās ir atrodama arī viena vai vairākas augu grupas, kas neatstājot pēctečus, izmira drīz pēc embriofītu parādīšanās sākuma.

Gondvana pamazām virzījās Dienvidpola virzienā (9. att.). Kad šis superkontinents ordovika beigu posmā nonāca līdz Dienvidpolam, sāka veidoties masīvi ledāji, ūdens līmenis pasaules okeānā kritās. Šis ledus laikmets izraisīja organismu masveida izmiršanu. Izmira 60% jūras bezmugurkaulnieku ģinšu un 25% dzimtu.



9. attēls. Gondvana.

Šis superkontinents ordovika beigu posmā nonāca līdz Dienvidpolam, sāka veidoties masīvi ledāji, ūdens līmenis pasaules okeānā kritās. Ledus laikmets izraisīja organismu masveida izmiršanu.



10. attēls. Silūrs.

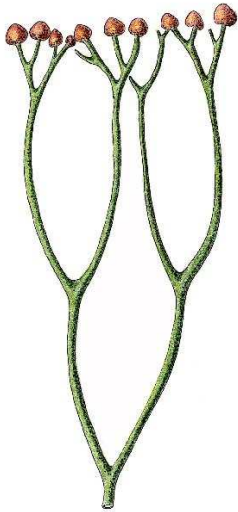
Šajā laikā sāka veidoties koraļļu rīfi un silūrs ir arī nozīmīgs periods zivju evolūcijā. Šo laiku raksturo arī plaša un ātra apaļmutnieku izplatīšanās

### Silūrs<sup>xviii</sup> – pirmie vaskulārie augi

Silūra periodā Zeme piedzīvoja nozīmīgas pārmaiņas, kam bija liela nozīme dzīvībai optimālas vides izveidošanā. Silūrā notika Zemes vispārējā klimata relatīva stabilizācija, izkusa lielie ledāji un visās jūrās pacēlās ūdens līmenis. Sāka veidoties koraļļu rīfi un silūrs ir arī nozīmīgs periods zivju evolūcijā. Šo laiku raksturo plaša un ātra apaļmutnieku izplatīšanās (10. att.).

Pirmās liecības par embriofītiem – sporas, traheīdas atgādinošas caurulītes un šūnu slāņi, ko konstatēja ordovika iežos, silūrā atrodamas lielākā daudzumā un daudzveidībā.

Silūra fosīlijās bagātīgi ir pārstāvēta *Cooksonia* ģints, kas tā nosaukta par godu Izabellai Kuksonai (Isabel Cookson), kura savulaik bija savākusi un aprakstījusi daudzas augu fosīlijas. *Cooksonia* sugas ir atrastas dažādās Zemes vietās, piemēram, Velsā, Skotijā, Anglijā, Čehijā, Kanādā.



11. attēls. Kuksonija  
(*Cooksonia* sp.).

Zaru galos kuksonijām atradās paresninājumi – sporangiji, kur veidojās sporas.

Daudzus gadu miljonus galvenokārt tieši šie augi auga sauszemes mitrākajās vietās, piemēram, ezeru krastos. Kuksonijas (11. att.) bija dažus centimetrus gari augi ar vienkārši dihotomiski zarotu, vertikālu stumbru. Lapas kuksonijām nebija. Atsevišķu zaru galos kuksonijām atradās paresninājumi – sporangiji, kur veidojās sporas. Kuksonijas bija patiešām ļoti primitīvi augi. Dažām, bet ne visām, *Cooksonia* fosīlijām ir atrodams centrāls traheīdu kūlītis. Traheīdas ir ūdens vadīšanai specializētas šūnas un arī vaskulāro augu diagnostiska iezīme, pamats apzīmējuma “*Tracheophyta*” izcelsmei.

Tātad, vēlīnā silūrā, pirms 415 miljoniem gadu parādījās pirmie vaskulārie augi.

### Devons<sup>xix</sup> – pirmie koki

Devona laikā bija trīs lieli kontinentālie masīvi. Ziemeļamerika kopā ar Eiropu atradās ekvatora tuvumā un pašreizējās sauszemes lielas platības bija zem ūdens. Uz ziemeļiem bija novietota mūsdienu Sibīrija. Dienvidamerikas, Āfrikas, Antarktīdas, Indijas un Austrālijas kopkontinents dominēja dienvidu puslodē.

Devona laikā sauszemes mugurkaulnieki un sauszemes posmkāji (bezpārnu kukaiņi un senākie zirnekļveidīgie) sāka iekarot sauszemi.

*Cooksonia* izzuda agrīnajā devonā. Kuksonijām sekoja dažādas agrīnā devona sugas. Vaskulārie augi ieguva plašāku ģeogrāfisko izplatību. Senākie **vaskulāro augu atradumi** mūsdienu **ziemeļu puslodē** ir no devona.

**Agrīnajā** devonā bija vienīgi **nelieli augi**, lielākie tikai kādus 20 cm gari. Šie augi jau bija nedaudz komplicētāki par silūra perioda augiem. Dažiem parādās lapām līdzīgi izaugumi – emergēnces. Bet saknes vēl nav, tikai rizoīdi. Pamatojoties uz šo augu morfoloģiju, anatomiju, vadaudiem un sporangiju novietojumu, agrīnajā devonā var izšķirt vairākas augu grupas. Pazīstamākās un nozīmīgākās no tām ir izmirušie rinofīti, zosterofili un pirmie steipekņveidīgo pārstāvji.



12. attēls. *Archaeopteris* sp.

**Vidus devonā** ir redzami jau nākošie evolūcijas soļi: 1) izveidojas **īstas saknes** (kam savukārt ir liela loma augšņu veidošanā), 2) pilnveidojas vadaudī, 3) spēj izaugt vairāku metru garumā, 4) veido sekundāro koksni. Staipekņveidīgajiem ir garas un šauras vai mazas, adatveida lapas un šajā grupā lapas evolūcija ir jau beigusies. Citās augu grupās lapu veidošanās tikai sākas.

Devona **beigās** parādās **pirmie kokveidīgie** augi, kas **veido pirmos mežus**. Te ir agrīnie kokveida staipekņveidīgie, kas plaši aprakstīti no Špicbergenas un Īrijas fosīlijām.

Citi labi pazīstami kokaugi ir *Archaeopteris* (12. att.). To līdz 10 m garie pārakmeņotie stumbri ir atrasti Ziemeļamerikā. Vispār šie augi sasniedza līdz 30 m garumu. To stumbri pie pamatnes bija līdz 1,5 m diametrā. Koksne ļoti līdzīga primitīvāko skujkoku koksnei. Šiem augiem bija paparžveida lapas un tie bija heterospori. Heterosporija ir pirmais evolūcijas solis pretī sēklu veidošanai. Šo īpašību dēļ *Archeopteris* uzskata par kailsēkļu priekšteci.

### Karbons<sup>xx</sup> – pirmie sēklaugi

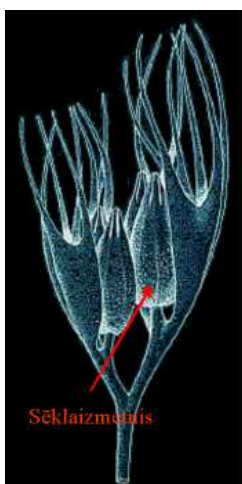
Karbonā parādās pirmie lidojošie kukaiņi un pirmie rāpuļi. Viens no nozīmīgākajiem evolūcijas jaunieguvumiem ir amniotu ola, kas veicināja sauszemes mugurkaulnieku iedzīvošanos uz sauszemes. Līdz ar to putnu, zīdītāju un rāpuļu senčiem radās iespēja sekmīgi vairoties uz sauszemes.



13. attēls. Mitrie meži Karbona periodā.

Karbona laikā klimats kļuva siltāks. Par to liecina staipekņveidīgo sugu skaita samazināšanās un kokveida paparžu sugu skaita palielināšanās. Piekrastes joslās attīstījās īsti mitrie meži, bet tie

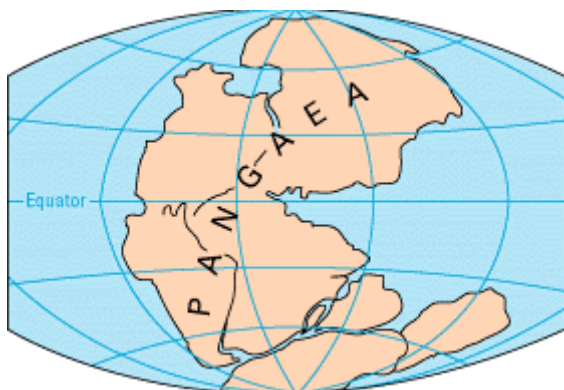
Ļoti atšķirās no mūsdienu mitrajiem mežiem (13. att.). Karbona perioda mežos dominēja paparžaugi.



14. attēls. Sēklpapardes sēklaizmetņi.

(50 gadu miljonos) attīstījās liela augu grupu dažādība. Devona beigās bija pārstāvēti **visi mūsdienu augu nodalījumi – sūnaugi, paparžaugi un sēklaugi.**

### Perms<sup>xxi</sup> – pirmie skujkoki



15. attēls. Pangeja.

Permā kontinenti ir saplūduši vienā kopējā superkontinentā – Pangejā (15. att.). Fitoplanktona un augu darbības rezultātā skābeklis atmosfērā ir sasniedzis līmeni, kas tuvs mūsdienu līmenim. Permu mēdz dēvēt par “**abinieku periodu**” – jo dzīvnieku pasaulē dominē abinieki un rāpuļi. Perma nogulumos pirmo reizi parādās **skujkoki.**

Perms un līdz ar to arī paleozeja ēra beidzās ar **lielāko Zemes katastrofu**, lielāko masveida izmiršanu pirms 245 miljoniem gadu. Šo katastrofu, iespējams, izraisīja ledus laiks un vulkāniskie procesi. Izmira ne tikai trilobīti, bet arī 50% no visām dzīvnieku dzimtām, 95% no visām jūras sugām, daudzas koku sugas. Pēc perma dzīvība uz zemes bija daudz savādāka.

### **Mezozojs<sup>xxii</sup> – dinozauru ēra**

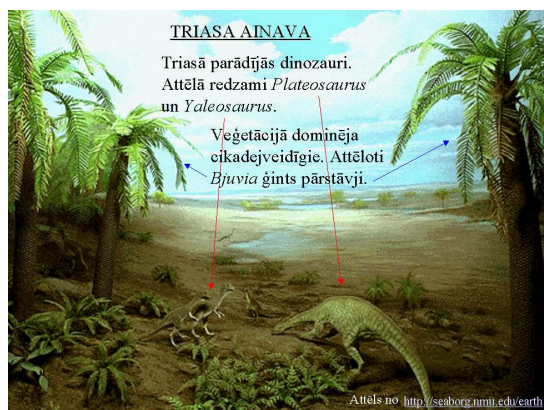
Mezozojs bija dinozauru ēra. Dinozauri radās šīs ēras sākumā un izmira ēras beigās. Mezozoja ainavā **dominēja kailsēkli.**



16. attēls. Mezozoja periodi.

### Triass<sup>xxiii</sup> – jaunas dominantes

Triass seko lielākajai izmiršanai dzīvības vēsturē un daudzējādā ziņā ir pārejas periods, kad zemi sāk apdzīvot jaunas dominējošas organismu grupas. Triasa organismus var iedalīt trīs grupās: 1) izmiršanu pārdzīvojušās sugas, 2) jaunas sugas, kas īslaicīgi parādās šajā periodā, 3) jaunas grupas, kas pārņem dominanti mezozojā.



17. attēls. Triasa ainava.

### Jura<sup>xxiv</sup> – dominē kailsēkļi

Juras periodā ir daudz dinosauņu sugu. Parādās pirmie putni (*Archaeopteryx*).



18. attēls. Cikadeoīds *Williamsonia sewardiana*.

Mezozoja ēru iedala trīs ģeoloģiskajos periodos (16. att.):

1. triass – sākās pirms 245 un beidzās pirms 208 miljoniem gadu,
2. jura – sākās pirms 208 un beidzās pirms 146 miljoniem gadu,
3. krīts – sākās pirms 146 un beidzās pirms 65 miljoniem gadu.

Pirmie dinosauro parādās tieši triasā. Arī pirmie zīdītāji. No bezmugurkaulniekiem dominē moluski.

Augu valstī triasā dominē paparžveidīgie, cikadejveidīgie, ginkveidīgie, benētīti un citi mūsdienām neparasti augi (17. att.). Triass beidzas ar organismu nelielu izmiršanu (izmirst 35% no dzīvnieku dzimtām). Tas atbrīvoja daudzas nišas dinosauņu ekspansijai.

Augu valstī juras periodā dominē kailsēkļi. Augājam ir raksturīgas daudzas cikadejveidīgo, ginkveidīgo un skujkoku sugas. 18. attēlā *Williamsonia sewardiana* – cikadeoīds no juras perioda. Cikadeoīdiem bija daudzas vēlāko ziedaugu iezīmes.

## Krīts<sup>xxv</sup> – pirmie ziedaugi

Krīta periodā dinosauro sasniedz savu lielāko uzplaukumu. Šajā periodā parādās pirmie tauriņi, kā arī pirmās skudras un bites. **Pirms 130 miljoniem gadu parādās pirmie ziedaugi jeb segsēkļi.** Tie uzsāk savu ekspansiju un sāka virzību uz dominējošo vietu augu valstī.

Segsēkļu izcelšanos Darvins apzīmēja “abominable mystery” [pretīga mistērija]. Problēma ir, ka segsēkļi parādās fosīlijās relatīvi pēkšņi. Senākās segsēkļu fosīlijas ir pieticīgi pārstāvētas starp daudzajām paparžaugu un kailsēkļu fosīlijām. Ap krīta perioda beigām, t.i. pirms 65 miljoniem gadu, segsēkļi augu valstī ir jau kļuvuši par dominanti. “Mistērija” turpinās – joprojām nav vienota skaidrojuma segsēkļu parādīšanās un izplatīšanās pēkšņumam. Daži paleobotāniķi uzskata, ka šis pēkšņums ir artefakts un saistīts ar fosīliju neprecīzu analīzi. Segsēkļi varētu būt izcēlušies augstienēs vai citās vietās, kur fosilizācija nav iedomājama un viņu parādīšanās fosīlijās ir jau notikušas izplatīšanās rezultāts<sup>xxvi</sup>. Pretējs uzskats ir, ka segsēkļi patiešām ir evolucionējuši samērā krasi no to kailsēkļu senčiem.

Lai nu kā tur būtu bijis, segsēkļu izplešanās krīta perioda laikā pēc fosīlijām ir skaidri dokumentēta. Krīta perioda beigās bija krīzes periods, kad daudzus senākos organismus nomainīja jauni. To veicināja klimata pavēsināšanās. Izmira dinosauro, daudzas cikadejas un skuju koki, kas bija plaukuši mezozoja ērā. Tos aizvietoja zīdītāji un ziedaugi. Šī nomaiņa fosīlijās ir tik krasi, ka ģeologi šī perioda beigās izmanto kā robežu starp mezozoja un kainozoja ēru.

## **Kainozoja<sup>xxvii</sup> ēra – ziedaugu ēra**

Kainozoju nereti dēvē par **zīdītāju ēru**. Sākoties kainozojam, zīdītāji krasi pārņem dominanti (dinozauru vietā). Bet šo apzīmējumu var uzskatīt arī par nekonsekventu. Pirmkārt, zīdītāji sāka attīstīties ilgi pirms kainozoja ēras. Otrkārt, dzīvības daudzveidība kainozoja ir krietni plašāka par zīdītājiem. Kainozoju tik pat pamatoti varētu saukt par “**ziedaugu ēru**”, par “**kukaiņu ēru**”, par “**kaulzivju ēru**”, vai par “**putnu ēru**”.

Kainozojam ir divi periodi – terciārs un kvartārs. Lielāko kainozoja laiku ir aizņēmis terciārs, kvartārs ilgst tikai pēdējos 1,8 gadu miljonus.

## **EMBRIOFĪTU TUVĀKIE RADINIEKI – MIETURALĢES**

Embriofīti attīstījās no to ūdenī dzīvojošajiem priekštečiem paleozoja ēras vēlajā ordovika periodā pirms apmēram **460** miljoniem gadu.

**Kas bija šie priekšteči, kādas bija to īpatnības un kuri organismi no pašlaik eksistējošiem ir kormofītu tuvākie radinieki?**

**Definējot, ka embriofīti ir daudzšūnu, eikariotiski, autotrofi, fotosintezējoši organismi, mēs varam atšķirt embriofītus no pārējiem organismiem. Gandrīz nekļūdīgi. “Gandrīz” tādēļ, ka šai definīcijai atbildīs arī daudzas aļģes.**



Daudzas aļģes, kā, piemēram *Chara* sp. (19. att.), pat izskatās ļoti līdzīgas embriofītiem. Loģisks ir pieļāvums, ka embriofītu tuvākie radinieki ir meklējami kādā no aļģu grupām.

19. attēls. Mieturaļģe *Chara* sp.

Daudzas pazīmes liecina, ka šis radniecīgākais taksons varētu būt **mieturaļģes**. Par šo radniecību liecina bez jau definīcijā nosauktajām aļģu un embriofītu kopīgajām pazīmēm arī citas, embriofītiem un mieturaļģēm kopīgas pazīmes.

Salīdzinot mieturaļģu un embriofītu šūnu ultrastruktūru, bioķīmiju un ģenētisko informāciju (DNS un tās producētās RNS un proteīnus, ir konstatētas sekojošas paraleles:

- 1) **homologi hloroplasti** – bez galvenā fotosintēzes pigmenta hlorofila a ir arī papildus pigmenti (**hlorofils b un karotinoīdi**). Līdzīgi kā embriofītiem, mieturaļģēm tilakoīdu membrānas veido **grānas**,
- 2) bioķīmiskā līdzība. Mieturaļģu šūnapvalku sastāvs (**celuloze 20 līdz 26%**) ir vislīdzīgākais embriofītu šūnapvalku sastāvam. Mieturaļģes tāpat ir vienīgais (zaļāļģu) taksons, kura pārstāvjiem **peroksisomās** ir tāds pats fermentu sastāvs, kāds tas ir embriofītiem. Rezerves ogļhidrāti ir ciete,
- 3) līdzība **kodolu un šūnu dalīšanās** mehānismā. Kodolam daloties, gan mieturaļģēm, gan embriofītiem **kodola apvalks** profāzes beigās pilnīgi izzūd. Mitotiskā vārpsta saglabājas līdz citokinēzes sākumam. Mieturaļģēm, tāpat kā embriofītiem, **vidusplāksnītes** veidošanās notiek ar mikroaurulīšu, aktīna mikrofilamentu un vezikulu līdzdalību. T.i. embriofītiem, šūnām daloties veidojas **fragmoplasts** un vidusplāksnīte. No visiem dzīvajiem organismiem šī īpatnība piemīt vēl tikai vienai brūnaļģu ģintij un dažām zaļāļģu dzimtām,
- 4) līdzīga ir **spermatozoīdu ultrastruktūra**,
- 5) embriofītu **DNS** ir vistuvākā atbilstība mieturaļģēm.

Svarīgi ir saprast, ka **mūsdienu mieturaļģes nav embriofītu senči**. Toties viss liecina par to, ka gan mieturaļģes, gan embriofīti ir attīstījušies no kopējiem senčiem, kas varētu būt bijuši līdzīgi mieturaļģēm. Mieturaļģes ir fizioloģiski tik tuvas embriofītiem, ka tās izmanto embriofītu fizioloģijas pētījumos, jo vienkāršāk būvētās mieturaļģes ir vieglāk pētīt nekā embriofītus.

## EMRBIOFĪTI – SAUSZEMES IEKAROTĀJI

### Strukturālā un reprodūktīvā adaptācija padarīja iespējamu sauszemes iekarošanu

#### Sauszemes apstākļiem piemērojās dzimumvairošanās

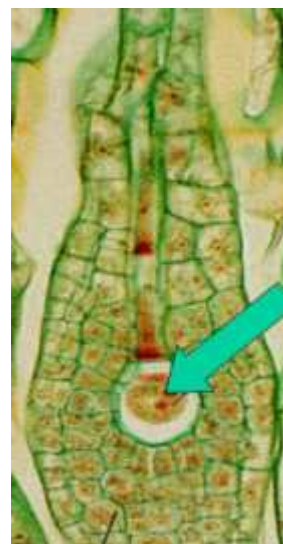
Pārejot uz sauszemi, embriofītiem bija jāpielāgo gan ķermeņa uzbūve, gan vairošanās. Lai realizētu **dzimumvairošanos**, organismi producē dzimumšūnas – **gametas**<sup>xxviii</sup> Pēc vīrišķās dzimumšūnas saplūšanas ar sievišķo dzimumšūnu izveidojas **zigota**<sup>xxix</sup>, kas ir pirmā jauna organisma šūna.

Embriofītiem ir raksturīgi sekojoši pielāgojumi dzimumvairošanās sekmīgai realizācijai:

1) gametas veidojas **gametangijos**, kas vienmēr ir **daudzšūnu** struktūras. Gametangijos ap gametas veidojošām šūnām vienmēr ir viens vai vairāki sterilu, nereprodūktīvu šūnu **aizsargslāņi** (20. att.). Šo aizsargslāņu šūnas pasargā gametas no izžūšanas u.c. sauszemes vides nelabvēlīgiem faktoriem, kā arī apgādā topošās gametas ar barības vielām.



20. attēls. Embriofīta vīrišķais gametangijs.



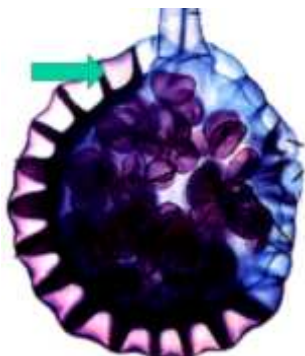
21. attēls. Embriofītu sievišķais gametangijs.

**Sievišķās gametas** visiem embriofītiem ir **nekustīgas** un, atšķirībā no aļģēm, nekad neatstāj mātes augu. Nekustīgas sievišķās gametas sauc par **olšūnām** (21. att.).

Apaugļošanās un zigotas attīstība notiek mātes augā. No zigotas mātes augā sāk attīstīties jaunais organisms. Šis jaunais organisms, kas attīstās mātes augā ir **embrijs jeb dīgļis**. Tā barošanās ir pilnīgi atkarīga no mātes augs. Embriju tā attīstības laikā pasargā un baro īpašas gametangija šūnas. Tā ir būtiska atšķirība no aļģēm, kur dīgļi nekad neattīstās. Šī atšķirība ir tik fundamentāla, ka ir termins embriofīti – *Embryophyta*.

### Bezdzimumvairošanās ar sporām

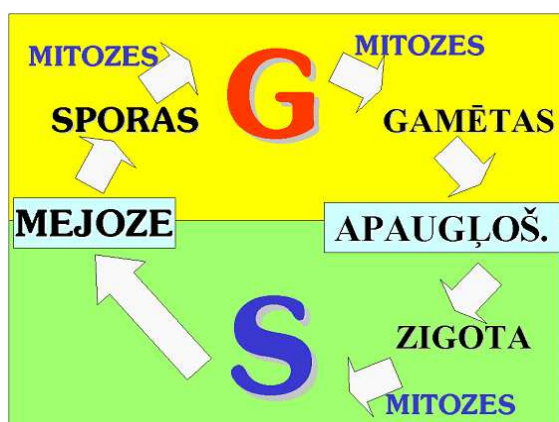
Arī bezdzimumvairošanās ar sporām<sup>xxx</sup> embriofītiem ir pielāgojusies sauszemes apstākļiem.



22. attēls. Embriofītu sporangijs.

Līdzīgi kā gametangijus, arī sporangijus ietver **aizsargslānis** (22. att.). Aļģu vairumam sporas ir ar viciņām un izplatās peldot pa ūdeni. Vicainas sporas sauszemes apstākļiem nav derīgas. Embriofītiem **sporas nekad nav ar viciņām**. Svarīga adaptācija sauszemei ir **izturīgs sporu apvalks**. Tas nodrošina sporas pret izžūšanu, infekcijām utt. Patiesībā sporas kļūst neievainojamas. Ne velti sporas ļoti bieži ir atrodamas fosīlijās.

### Paaudžu maiņa



23. attēls. Embriofītu paaudžu maiņa.

G – gametofāze; S – sporofāze.

kur haploidālu ( $n$ ) **daudzšūnu** paaudzi nomaina diploidāla ( $2n$ ) daudzšūnu paaudze. Visiem mūsdienās eksistējošiem embriofītiem šis **paaudzes** ir morfoloģiski atšķirīgas, t.i. **heteromorfas**. Paaudžu maiņa ir izveidota tā, ka maksimāli nodrošina gan sekmīgu dzimumvairošanos, gan bezdzimumvairošanos ar sporām.

Dzimumvairošanos nodrošina daudzšūnu **dzimumpaaudze** – **gametofīts**. Gametofīts ne tikai producē gametas, bet arī nodrošina to aizsardzību pret nelabvēlīgiem apstākļiem.

Bezdzimumvairošanās ar sporām nodrošina daudzšūnu **bezdzimumpaaudze – sporofīts**. Sporofīts ne tikai producē sporas, bet arī nodrošina to aizsardzību.

**Visiem embriofītiem dzīves cikls ir līdzīgs** – no sporām attīstās gametofīti, gametofīti producē gametas, pēc tam, kad vīrišķā gameta ir apaugļojusi sievišķo gametu (olšūnu), izveidojas zigota, kas ir nākošās paaudzes - sporofīta pirmā šūna; sporofīts producē sporas u.t.t.

**Sporofīts** ir paaudze **ar diploidālām šūnām**, jo veidojas pēc divu haploidālu gametu saplūšanas. Sporofīts producē **haploidālas sporas**, jo tās veidojas meiotiskās (reduktīvās) dalīšanās ceļā.

**Gametofīts** ir **haploidāla paaudze**. Tas veidojas no haploidālas sporas. Gametofīts producē **haploidālas gametas**, jo gametas veidojas mitotiski daloties. Tām saplūstot apaugļošanās procesā, sākas jauna diploidāla paaudze – sporofīts.

Visiem embriofītiem iepriekšējā paaudze nodrošina nākošās paaudzes sekmīgu iesākumu.

### Kutikula<sup>xxx</sup>

Pielāgojoties sauszemes apstākļiem, tās augu daļas, kas atrodas virs zemes, bija jāaizsargā no pārāk lielas ūdens iztvaikošanas. Šim uzdevumam sāka kalpot kutikula - vaska slānītis, kas aizkavē ūdens iztvaikošanu. Kutikula tik pamatīgi norobežo augu ķermeni no vides, ka caur šo vaska slānīti nav iespējama augiem vitāli nepieciešamā CO<sub>2</sub> un O<sub>2</sub> apmaiņa. Šai apmaiņai kalpo īpašas poras - atvārsnītes, kas atkal ir raksturīgas vienīgi embriofītiem .

### Korms un laponis

Aļģes ķermeni balsta ūdens. Daudzšūnu aļģei ūdenstilpes dibens kalpo tikai kā vieta, kur piestiprināties, bet ne barības vielu avots. Viss aļģes ķermenis veic gan barības vielu uzņemšanu no ūdens, gan CO<sub>2</sub> un O<sub>2</sub> apmaiņu. Visās aļģes daļās noris fotosintēze. Aļģes mazdiferencētais ķermenis tiek saukts par laponi jeb talomu.

Pirms 375 miljoniem gadu fosīlijās atrodam jau daudzus un dažādus augus, kam ķermenis būtiski atšķiras no lapoņa. Šiem augiem ir diferencēta ne tikai auga virszemes daļa – vasa (lapas + stublājs), bet ir izveidojies arī orgāns, kas kalpo barības vielu un ūdens iegūšanai no substrāta – saknes. Augu veģetatīvo ķermeni, kas ir diferencēts trīs orgānos – saknē, stumbrā un lapās, sauc par kormu. Korms ir sastopams tikai embriofītiem , pie tam to lielākajai daļai.

Izņēmums ir tikai mūsdienu sūnaugi. To ķermenis ir laponis un sūnaugi ir sauszemes dzīvei visvājāk piemērotie embriofīti. Barības vielas tie iegūst no gaisa, bet neizmanto otru sauszemes vidi – substrātu. Attīstītāko sūnaugu ķermenis ir līdzīgs kormam – šie sūnaugi aug pacilus, tiem ir stublājam un lapām līdzīgi veidojumi, bet nekad nav saknes. Substrātam sūnaugi piestiprinās ar rizoīdiem. Sūnaugu “stublājam” un “lapām” ir ļoti primitīva uzbūve, un tie nav līdzvērtīgi īstu

korma augu stublājiem un lapām (par saknēm nemaz nerunājot), jo šajos orgānos nav specializēto vadaudu – ksilēmas un floēmas, kas ir šo orgānu raksturīga pazīme. Tomēr “lapu” sūnām terminus “lapa” un “stublājs” lieto apzīmējot struktūras, kas šiem orgāniem ir līdzīgas.

### Vadaudi

Korma augu vasa, atšķirībā no lapoņa, efektīvāk izmanto gaisa telpu, paceļot fotosintezējošās auga daļas uz augšu un izkārtot tās tā, ka maksimāli tiek uztverta saules enerģija. Vasas stiepšanās uz augšu, kā arī tas, ka ūdens un minerālvielas tiek iegūtas no substrāta evolūcijā tika pavadīti ar speciālu audu ūdens un barības vielu transportēšanai – vadaudu izveidošanos. Tipiskiem korma augiem vadaudi sastāv no ksilēmas, kas transportē ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām un floēmas, kas transportē orgāniskās vielas. Šādus augus, kam ir šie specializētie vadaudi sauc par **vaskulārajiem augiem**<sup>xxxii</sup>.

Visi embriofīti, izņemot sūnaugus, ir vaskulārie augi. Sūnām šo specializēto vadaudu nav un tādēļ tās nereti izdala no pārējiem embriofītiem kā nevaskulāros embriofītus. Tomēr, noteiktām sūnu sugām ir ūdeni vadošas caurulītes. Pētnieki vēl nav vienis prātis, vai šie sūnu vaskulārie audi ir analogi (šķirta attīstība evolūcijā) vai homologi (kopēja attīstība evolūcijā) pārējo embriofītu vadaudiem.

## **SVARĪGĀKAIS**

- 1) Embriofīti (*Embryophyta*) parādās fanerozoja eonas paleozoja ēras ordovika periodā pirms 460 miljoniem gadu.
- 2) Silūra periodā, pirms 415 miljoniem gadu pirmie vaskulārie augi.
- 3) Devona nomaiņas ar karbonu laikā (pirms 360 miljoniem gadu) parādās pirmie sēklaugi.
- 4) Mezozoja ēras krīta periodā izveidojas pirmie segsēkļi jeb ziedaugi.
- 5) Embriofītu tuvākie radinieki ir mieturaļģes.
- 6) Embriofīti radās un evolucionēja piemērojoties dzīvei uz sauszemes.
- 7) Sauszemes apstākļiem ir adaptējusies embriofītu dzimumvairošanās:
  - ▶ gametas veidojas daudzšūnu gametangijos;
  - ▶ gametangijiem ir aizsargslānis;
  - ▶ embriofītu sievišķās gametas ir olšūnas;
  - ▶ apaugļošanās un zigotas attīstība norisinās mātes organismā;
  - ▶ visiem embriofītiem jaunā auga attīstība sākas ar dīgļa stādiju.
- 8) Sauszemes apstākļiem ir piemērojusies sporu veidošanās:

- ▶ sporangijus ietver aizsargslānis;
- ▶ sporas ir bez viciņām;
- ▶ sporām ir izturīgs apvalks.

9) Embriofītiem ir strikta paaudžu maiņa:

- ▶ daudzšūnu haploidālo paaudzi nomaina daudzšūnu diploidālā paaudze, to, savukārt, haploidālā u.t.t.
- ▶ haploidālā paaudze – gametofīts producē gametas;
- ▶ diploidālā paaudze – sporofīts producē mejosporas
- ▶ katra iepriekšējā paaudze nodrošina nākošās paaudzes sekmīgu iesākumu.

10) Sauszemes apdzīvošanai ir piemērojies embriofītu ķermenis:

- ▶ augus pret izžūšanu pasargā kutikula;
- ▶ optimālu vides izmantošanu nodrošina korms;
- ▶ ūdens, barības un minerālvielu pārvadīšanu nodrošina vadaudi.

<sup>i</sup> Talofīti – *Thallophyta* – no sengrieķu *θαλλός* [*thallós*] – asns un *φυτόν* [*phytón*] – augs.

<sup>ii</sup> Talobionti – *Thallobionta* – no sengrieķu *θαλλός* [*thallós*] – asns un *βίος* [*bíos*] – dzīvība.

<sup>iii</sup> Embriofīti – *Embryophyta* – no sengrieķu *ἐμβρυον* [*embryon*] – dīglis un *φυτόν* [*phytón*] – augs.

<sup>iv</sup> Eormofīti – *Cormophyta* – no sengrieķu *κορμός* [*kormós*] – koka stumbrs un *φυτόν* [*phytón*] – augs

<sup>v</sup> Kormobionti – *Cormobionta* – no sengrieķu *κορμός* [*kormós*] – koka stumbrs un *βίος* [*bíos*] – dzīvība.

<sup>vi</sup> Eona – no sengrieķu *ἥως* [*hḗōs*] – rīts, rītausma, austrumi.

<sup>vii</sup> Aīda – no sengrieķu *Αἰδης* [*Hāidēs*] – pazemes veļu valstība sengrieķu mitoloģijā.

<sup>viii</sup> Cirkons kā minerāls veidojas augstā temperatūrā no izkusušiem iežiem. Tā vecumu var noteikt, izmērot urāna un svina saturu tajā. Laika gaitā urāns sairst, kļūstot par svinu. Tāpēc, jo vairāk cirkona paraugā ir svina, jo senāks ir šis minerāls.

<sup>ix</sup> Arheozojs – no sengrieķu *ἀρχαίος* [*archaios*] – sākotnējais un *ζωή* [*zō'ē*] – dzīvība.

<sup>x</sup> Stromatolīts – no sengrieķu *στρώμα* [*strōma*] – sega, gultne un *λίθος* [*lithos*] – akmens.

<sup>xi</sup> Proterozojs – no sengrieķu *πρότερος* [*próteros*] – pirmais, agrākais un *ζωή* [*zō'ē*] – dzīvība.

<sup>xii</sup> Rodīnija – no krievu *родина* – dzimtene.

<sup>xiii</sup> Fanerozojs – no sengrieķu *φανερὸς* [*phanerós*] – redzams notikums un *ζωή* [*zō'ē*] – dzīvība.

<sup>xiv</sup> Paleozojs – no sengrieķu *παλαιός* [*palaiós*] – sens un *ζωή* [*zō'ē*] – dzīvība.

<sup>xv</sup> Kaut arī pēdējie nedaudzie trilobīti izmira jau pirms apmēram 245 miljoniem gadu, tie ir vieni no vispazīstamākajiem un visvairāk pētītajiem fosilajiem organismiem. Trilobīti pēc dinozauriem ir otra pazīstamākās fosīliju grupa.

<sup>xvi</sup> Kembrijs – no *Cambria* – Velsas nosaukuma latīņu valodā.

<sup>xvii</sup> Ordovīks – no senas ķeltu cilts, kas apdzīvoja Velsu, nosaukuma.

<sup>xviii</sup> Silūrs – no latīņu *Silures* – senas tautas nosaukuma, kas apdzīvoja Velsas dienvidrietumus, kur pirmo reizi identificēja šī perioda nogulumus.

<sup>xix</sup> Devons – no Anglijas dienvidrietumu grāfistes Devonšīras nosaukuma; šajā grāfistē atrodami šī ģeoloģiskā perioda nogulumi.

<sup>xx</sup> Karbons – no angļu *carbon* – akmeņogle, jo Anglijā šo ģeoloģisko periodu pārstāv akmeņogļu nogulumi.

<sup>xxi</sup> Perms – no Permas apgabala Krievijā.

<sup>xxii</sup> Mezozojs – no sengrieķu *μέσος* [*mésos*] – vidējs, vidū esošs.

<sup>xxiii</sup> Triass – nosaukums no latīņu *trias, triad*, jo periodam izšķir trīs daļas.

<sup>xxiv</sup> Jura – nosaukums pēc kalnu grēdas Centrāleiropas rietumos starp Franciju un Šveici.

---

<sup>xxv</sup> Šim periodam ir raksturīgi krīta nogulumi.

<sup>xxvi</sup> Patiešām, nesen paleobotāniķi ir atklājuši kaut ko līdzīgu segsēkļu putekšņiem ap 200 gadu miljonu senos triasa iežos.

<sup>xxvii</sup> Kainozojs – no sengrieķu *καινός* [*kainós*] – jauns un *ζωή* [*zōē*] – dzīvība.

<sup>xxviii</sup> Gameta – no sengrieķu *γάμος* [*gámos*] – precības.

<sup>xxix</sup> Zigota – no sengrieķu *ζυγόν* [*zygón*] – divjūgs.

<sup>xxx</sup> Spora – no sengrieķu *σπορά* [*sporá*] – sēkla.

<sup>xxxi</sup> Kutikula – no latīņu *cutis* → *cuticula* – āda → ādiņa.

<sup>xxxii</sup> Vaskulārs – no latīņu *vas* → *vasculum* – trauks → trauciņš.