

Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část IV.

Ordovik

Rostislav Brzobohatý

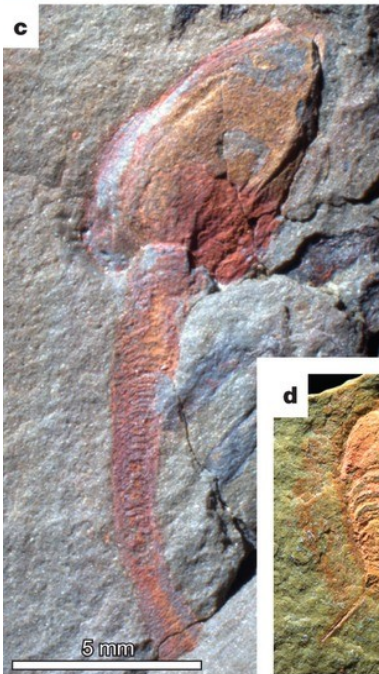
Hen-výběrovka 13

Úvod:

Fauna burgesských břídlíc mizí ve stř. Cambriu a začíná dominovat 1. paleozoická fauna (Sepkoski). Toto „zmizení“ může být ovlivněno tafonomicky. Pro tuto možnost mluví v poslední době odkrytá fauna svrchního fezouatského souvrství (Fezouata Fm.) v nejspodnějším ordoviku Maroka. Ta zahrnuje některé významné kmenové morfologie charakteristické zatím pouze pro kambrium. Zdá se, že burgesský typ fauny přežíval ještě během svrchního kambria až do ordoviku v adekvátních faciích. Fezouata-typ fauny tak propojuje společenstva burgesská s časnými stupni velkého ordovického diversifikačního eventy, v němž už nastupuje ordovický faunistický obraz.



a, Demosponge *Pirania auraeum*¹⁹, top of Lower Fezouata Formation (CAMSM X 50156.1a). b, Choidid demosponge, top of Lower Fezouata Formation (YPM 226567). c, Annelid worm, top of Lower Fezouata Formation (YPM 226538). d, Organism showing possible similarities to halkieriids, Upper Fezouata Formation (YPM 227515). e, Possible armoured lobopod, Upper Fezouata Formation (YPM 227516). f, *Thelxiope*-like arthropod, Upper Fezouata Formation (YPM 226544). g, Marrellomorph arthropod, probably belonging to the genus *Furca*, Upper Fezouata Formation (MHNT.PAL.2007.39.80.1). h, Skaniid arthropod, Upper Fezouata Formation (YPM 226539). i, Spinose arthropod appendage apparatus consisting of six overlapping elements, top of Lower Fezouata Formation (YPM 226559).

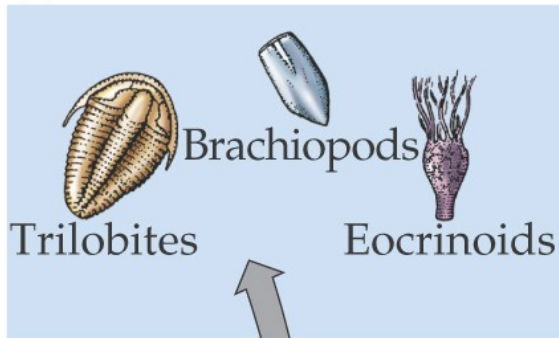


a, Aglaspidid arthropod *Tremaglaspis*, Upper Fezouata Formation (MHNT.PAL.2007.39.92.1). **b**, Cheloniellid arthropod, Upper Fezouata Formation (NMS G 2004.2.1). **c**, Possible stalked barnacle, Upper Fezouata Formation (YPM 227519). **d**, Xiphosuran with fully segmented opisthosoma, top of Lower Fezouata Formation (MHNT.PAL.2007.39.43.2). **e**, Xiphosurid with fused preabdomen, Upper Fezouata Formation (YPM 227586).

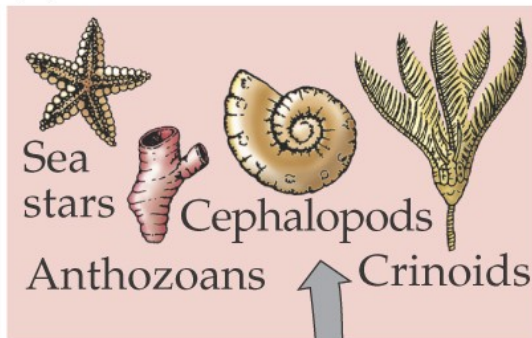
3 faunistické skupiny ve fanerozoiku podle Sepkoskiho a jejich vrcholy:

1. - kambrická (modrá), 2. - paleozoická (červená) a 3. - moderní (zelená)

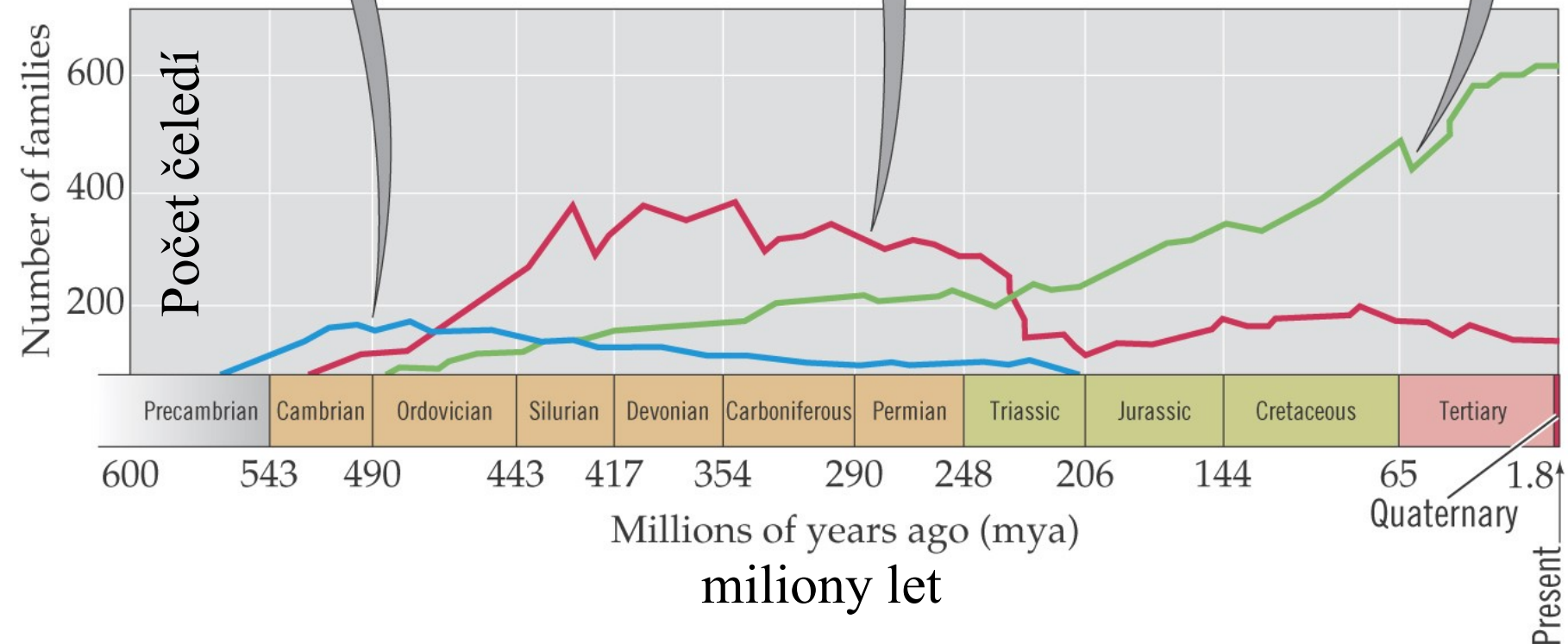
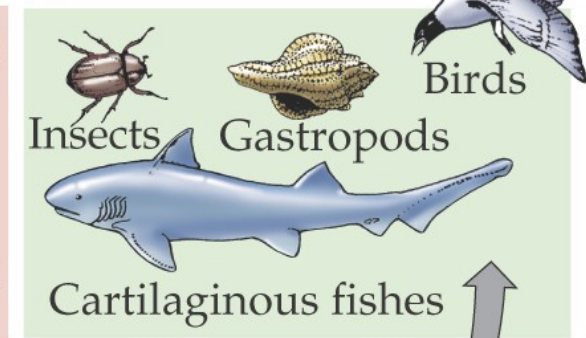
(a) Cambrian fauna



(b) Paleozoic fauna



(c) Modern fauna



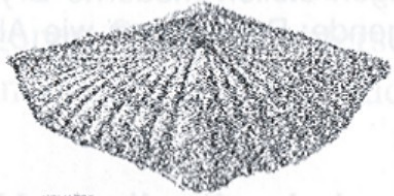
graptoliti



hvězdice



ramenonožci



amoniti



lilijice



mlži



mechovky



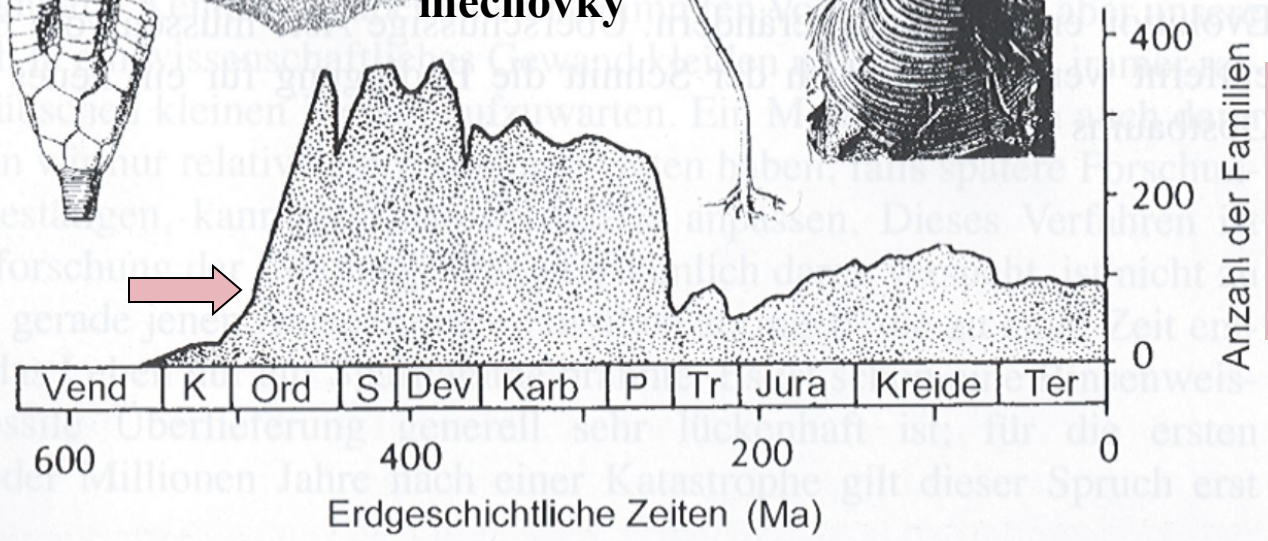
rugosa



korálnatci

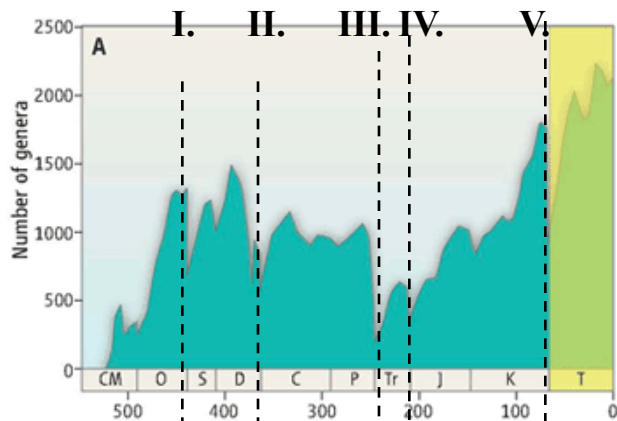


tabulata

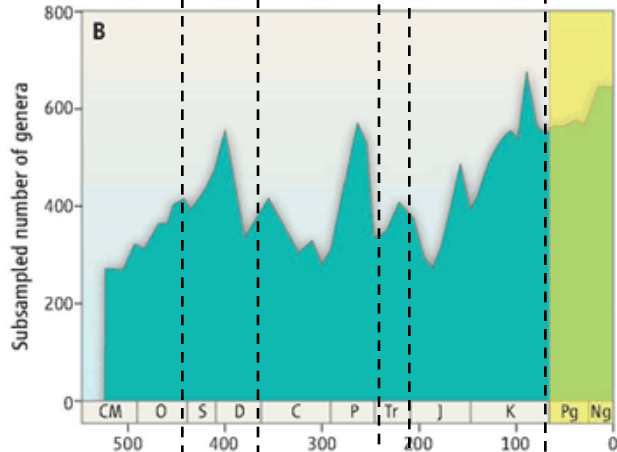


počet čeledí

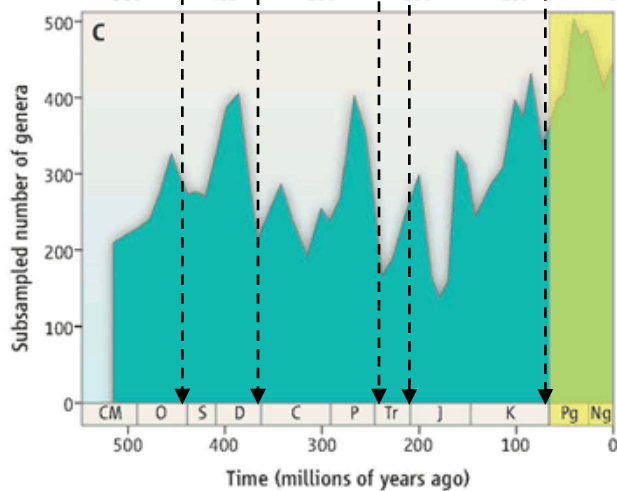
2. (paleozoická) mořská fauna a její diverzita



Diversita podle Sepkoskiho (1997)



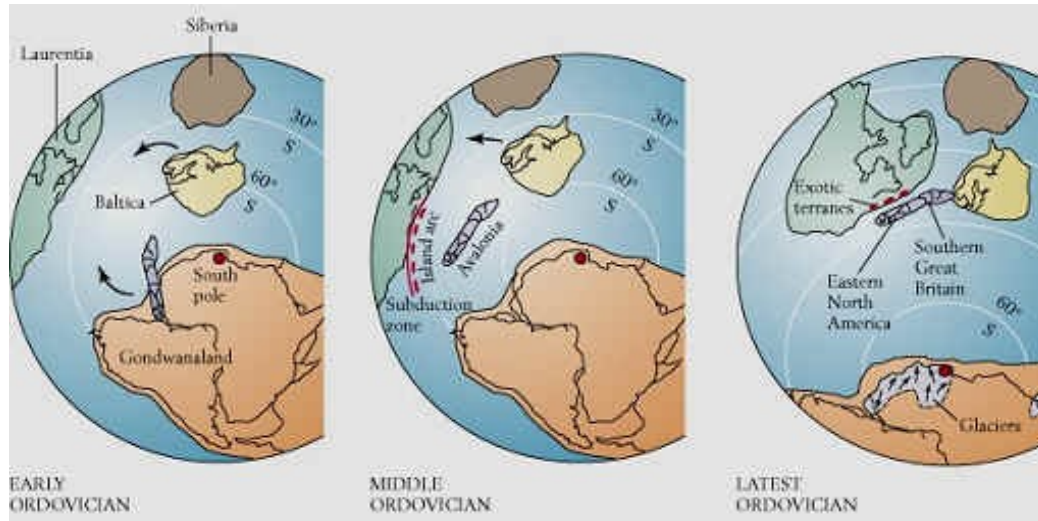
Současná křivka diverzity podle Paleobiology Database



Nejnovější křivka diverzity podle PBDB (2012) s použitím nové metody pro korekci nerovnoměrného vzorkování – pro kenozoikum (žlutá barva) je shodná s ad A)

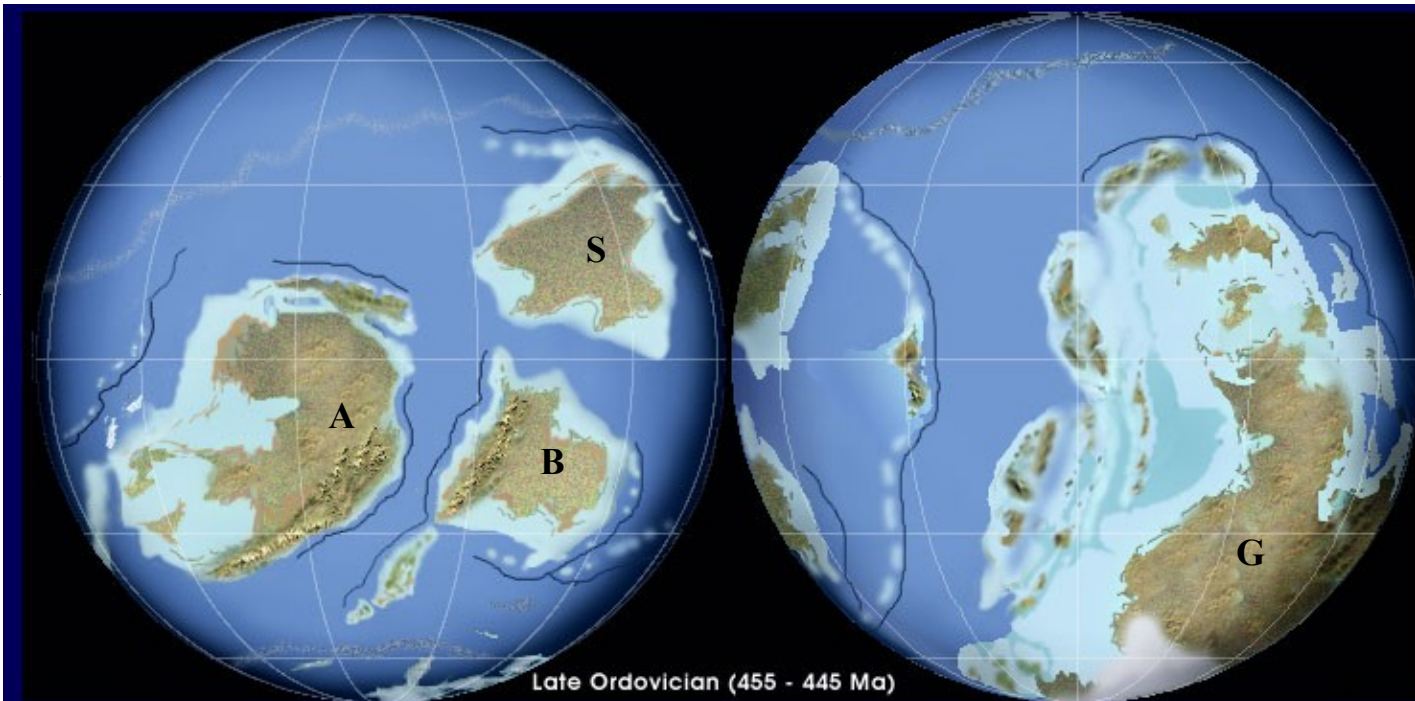
ORDOVIK
(488 - 444 Ma)

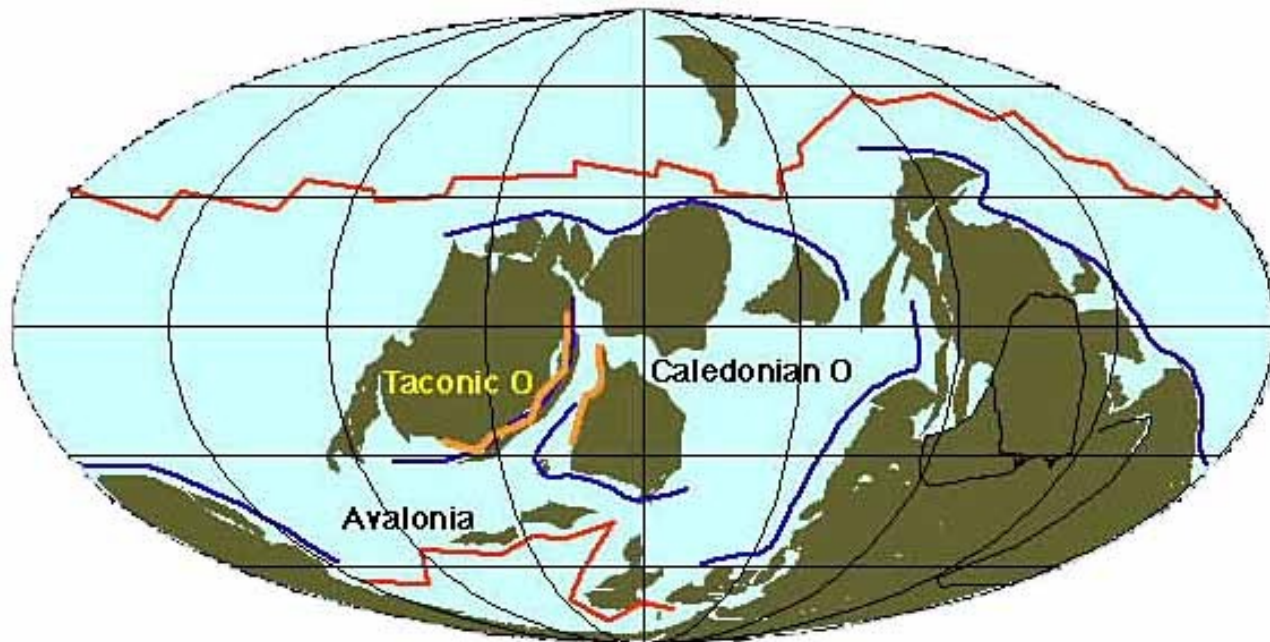
ORDOVIK- paleogeografie



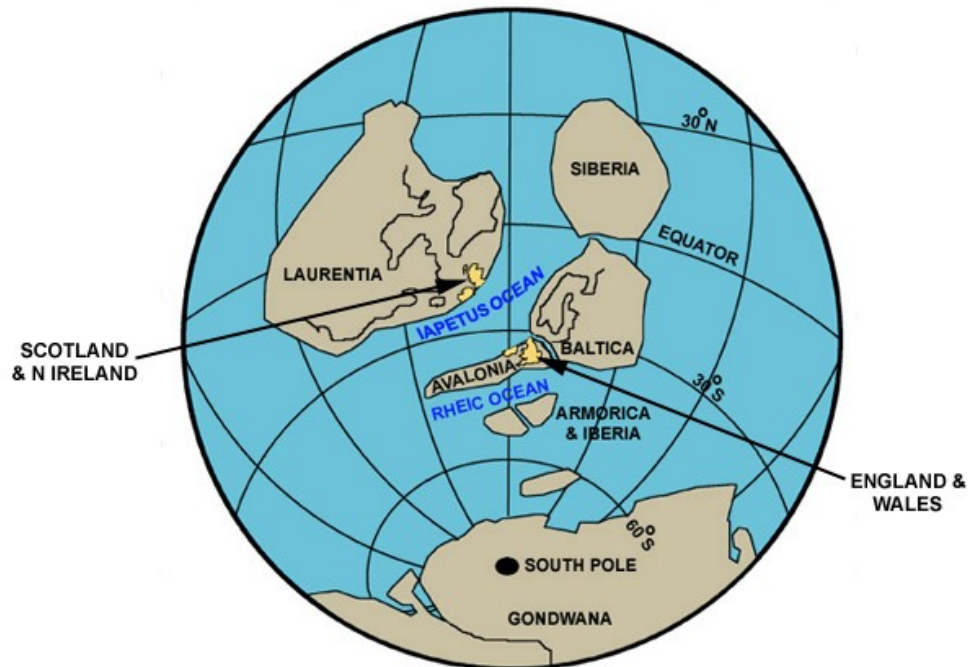
Svrchní ordovik - paleogeografie

- S. Amerika(A) na rovníku
- Gondwana (G) okolo J. pólu (zalednění, vazba vody)
- Baltika(b)-Sibiř(S) odděleny
- kaledonská orogeneze = Takonské p. + Skandinávie
- výraznější klimatická zonálnost





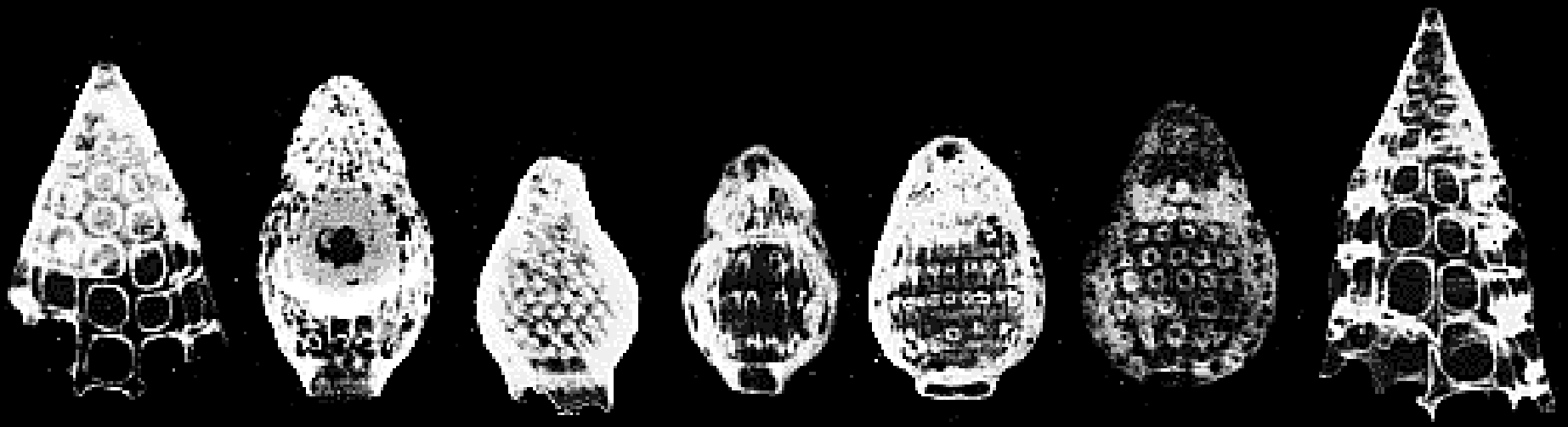
Late Ordovician – 450 Ma



Časný ordovik – revitalizace některých postižených kambrických skupin (trilobiti, loděnkovití) a adaptivní radiace skupin 2. fauny.
Diverzita čeledí vzrostla ze 150 na ~ 400. Život stále jen v mořích, nové typy útesů (mechovky, korálnatci)

Rozvíjejí se především:

- **Porifera – živočišné houby**
- **Cnidaria – Koráli (Rugosa a Tabulata)**
- **Bryozoa – Mechovky**
- **Brachiopoda – ramenonožci (Articulata i Inarticulata)**
- **Arthropoda – Trilobita, Crustacea**
- **Mollusca – Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda**
- **Echinodermata – Crinoidea a Blastoidea**
- **Hemichordata – Graptolithina**
- **z chordat Agnatha - především Conodonta**



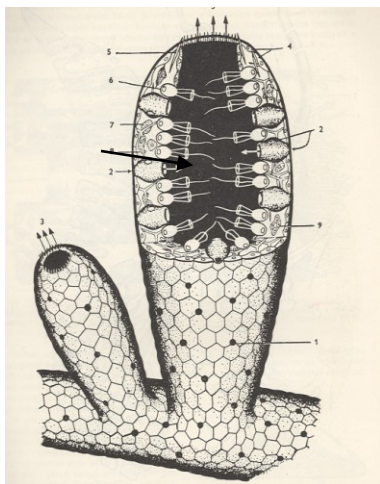
Radiolaria (mřížovci) – v paleozoiku jen Nasselaria. V devonu mají i horninotvornou roli – radiolarity (např. ponikevské souvrství)



Platysolenites sp.
kambrická aglutinovaná
foraminifera,

Od sv. siluru nastupuje u foraminifer tvorba vápnných
schránek

PORIFERA



idealizovaná stavba



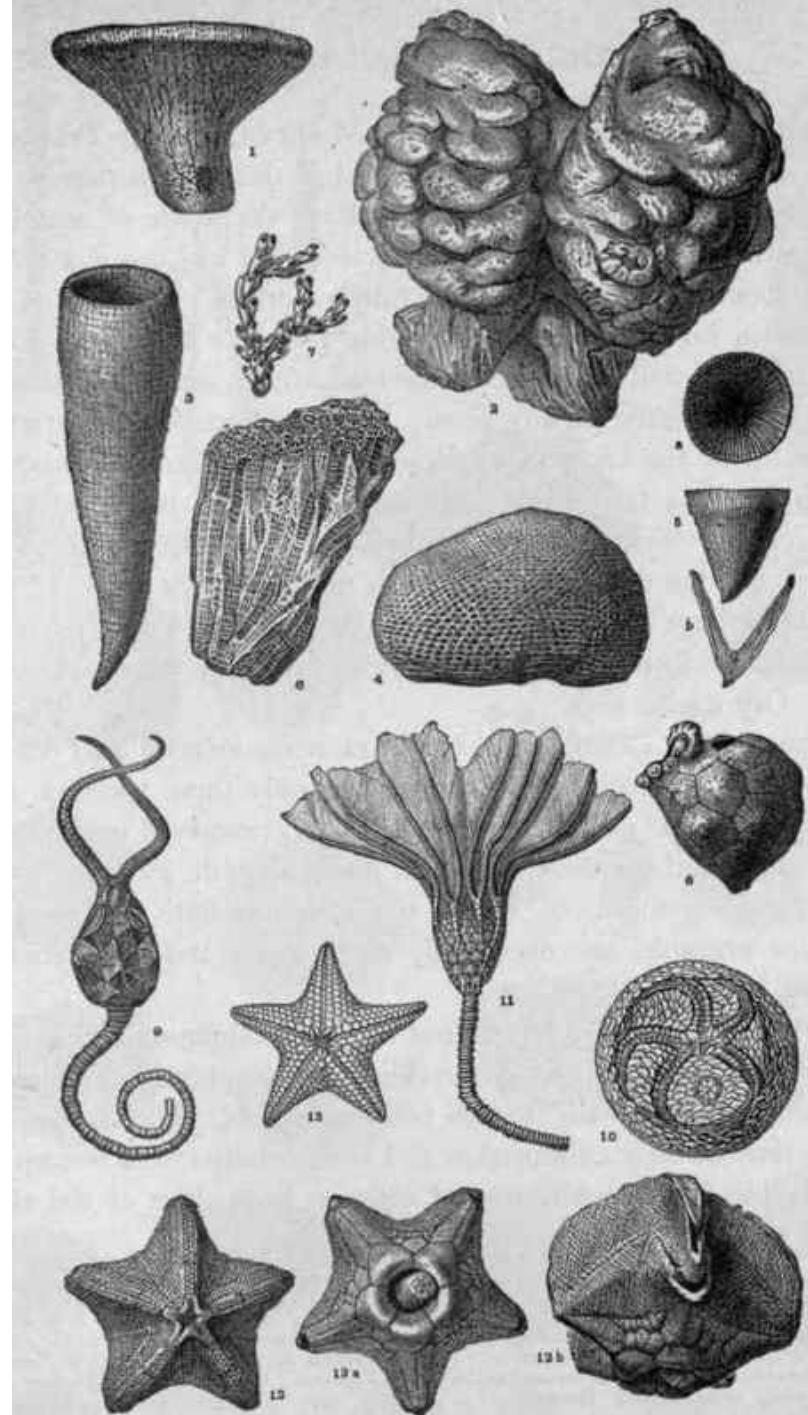
Poterion neptuni, Pacifik
Recent, ~ 2 m



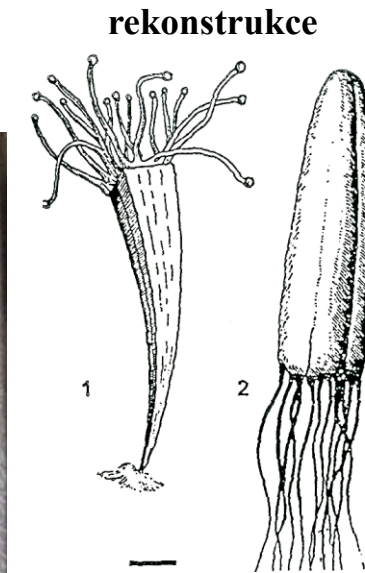
Brachiospongia, ordovik, USA (45 cm, cca největší
známý exemplář ordovických hub)

Plate IV. - Ordovician Sponges, [Corals](#), etc.

- Fig. i, *Zittelella typicalts* Ulrich and Everett, x 1/2, Trenton.
 2, *Strobilospongia tuber. osa* Beecher, x 1/2, Trenton.
 3, *Cyathophycus reticulatus* Wale, x 1/2, Utica.
 4, *Receptaculites fungosus* Hall, x 1/2, Trenton.
 5, *Petraia profunda* Conrad, x 1/2, Trenton.
 5a, The same, top view. 5b, The same, vertical section.
 6, *Columnaria stellata* Hall, x 1/2, Trenton.
 7, *Romingeria trentonensis* Weller, x 1/2, Trenton.
 8, *Malocystites emmonsi* Hudson, x 2, Chazy.
 9, *Pleurocystites filitextus* Bill., x 1, Trenton.
 10, *Lepidodiscus cincinnatiensis* Hall, x 1/2, Richmond.
 11, *Glyptocrinus dyeri* Meek, x 1/2, Richmond.
 12, *Blastoidocrinus carcharicedens*, Bill, x 3/4, Chazy.
 12 a, The same, basal view. 12 b, The same, side view.
 13, *Palceasterina stellata* Bill., x 1/2, Trenton.



Conulata - konulárie



5 mm
Scale

Conularia sp., devon



Paraconularia sp., devon

Cnidaria – Rugosa (drsnatí koráli)



- Rugosa – vymřelá skupina korálů hojných ve stř. odoviku až svr. permu
- Rugosa jsou buď soliterní nebo koloniální (podíl na tvorbě útesů)
- Od recentních se liší symetrií sept (podle č. 4) a silnými přírůstkovými liniemi na povrchu kalichů.
- Vymírají na konci permu cca před 245 million



(InfoHubforum, 2007)

Lambeophyllum profundum, Rugosa, Ordovik, Oklahoma

Tabulata (tabulátní koráli)

- vymřelá skupina (? proterozoikum, kambrium-perm)
- nejvýznamnější strukturou v koralitech jsou dna (tabulae)
- žili jen koloniálně (=> **vysoký podíl na stavbě útesů**)

povrch trsu



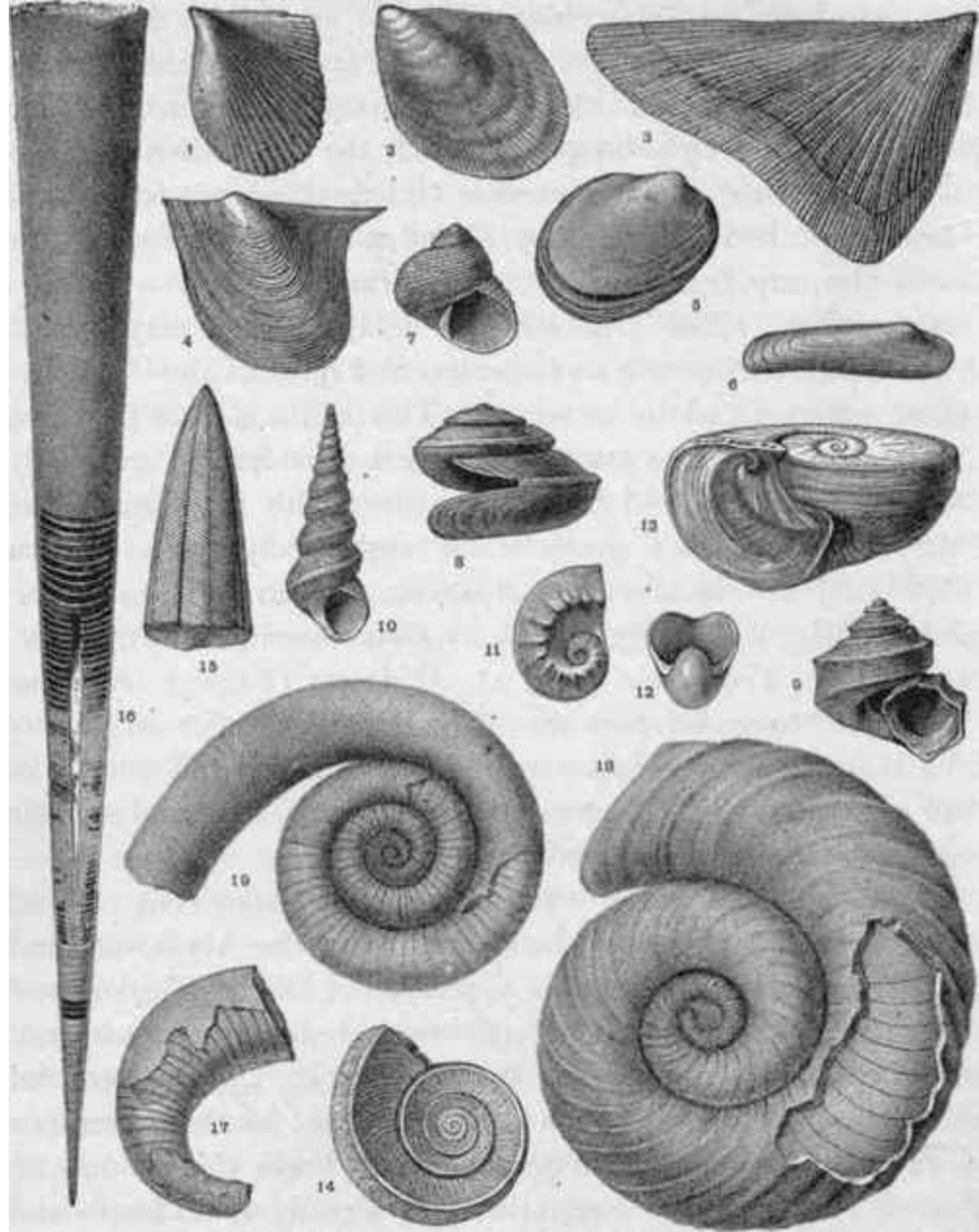
řez trsem



Favosites sp., devon

Plate VI. - Ordovician Mollusca.

- Fig. i, *Byssonychia radiata* Hall. x 1/2, left valve, Trenton.
2, *Ambonychia planistriala* Hall, x 1/2, left valve.
3, *Opisthoptera fissicosta* Meek, x 1/2, right valve, Richmond.
4, *Pterinea demissa* Conrad, x 1/2, left valve, Trenton.
5, *Cyrtodonta huronensis* Bill., x 1/2, right valve, Lowville.
6, *Cymatonota attenuata* Ulrich, x 1/2, right valve, Richmond.
7, *Cyclonema humerosum* Ulrich, x 1/2, Lorraine.
8, *Eotomaria supracin-gulata* Bill., x 1/2
9, *Trochonema umbilicatum* Hall, x 1/2, Trenton.
10. *Hormotoma gracilis* Hall. x 1/2, Trenton
11, *Cyrtolites ornatus* Conrad, x 1/2, Lorraine.
12, *Protowartha cancellata* Hall, x 1/2, Black [River](#).
13, *Maclurea logani* Salter, x 1/2, Trenton.
14, *Ophileta compacta* Salter, x 1/2, Beekmantown
15, *Conularia trentonensis* Hall, x 1/2, Trenton.
16, *Orthoceras multicameratnm* Hall. x 1/8, Lowville.
17, *Cyrtoceras juverialis* Bill., x 1/2 Trenton.
18, *Eurystomites occidentalis* Hall, x 1/4.
19, *Schröderoceras eatoni* Whitfield, x 1/2.



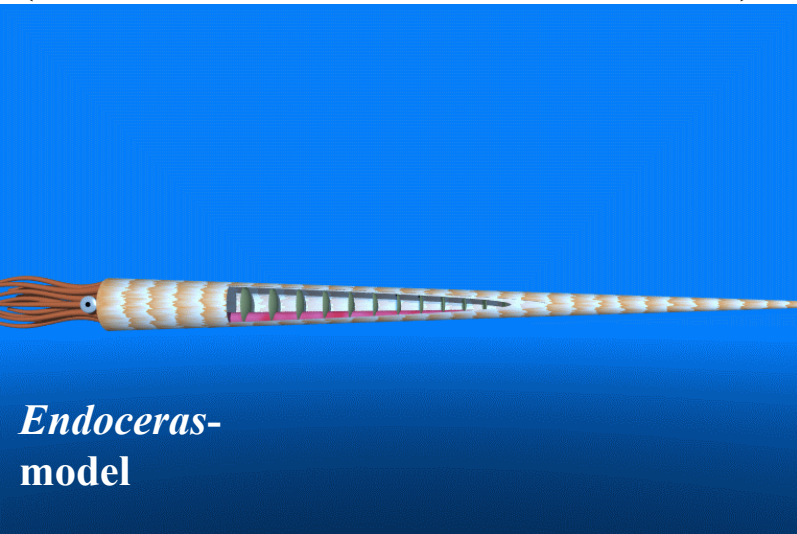
Gastropoda – v ordoviku výrazněji zastoupení než v kambriu, podobně jako mlži, zvětšují velikost



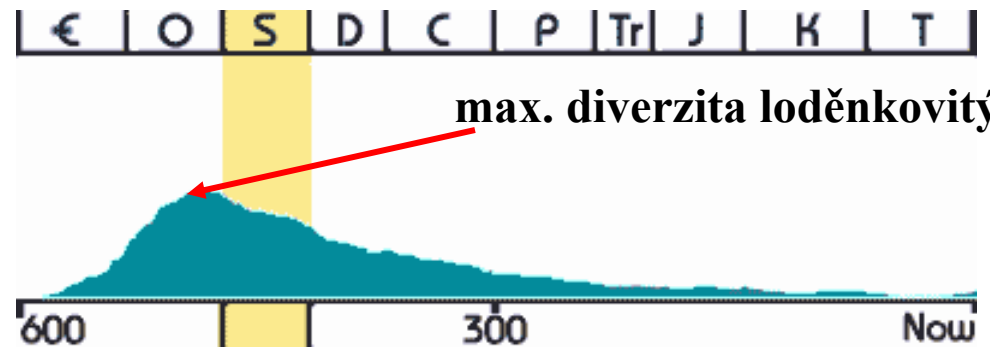
Salpingostoma richmondi, ordovik, USA

Nautiloidea

Po kambrické krizi opět diverzifikace, tvoří největší dravce ordovických moří (ordovik barrandienu - *Endoceras* ~ 3m)



Endoceras-model



max. diverzita loděnkovitých



Endoceras proteiforme, ordovik, Ontario



Endoceras sp., ordovik, Norsko

Další ukázky ordovických loděnkovitých

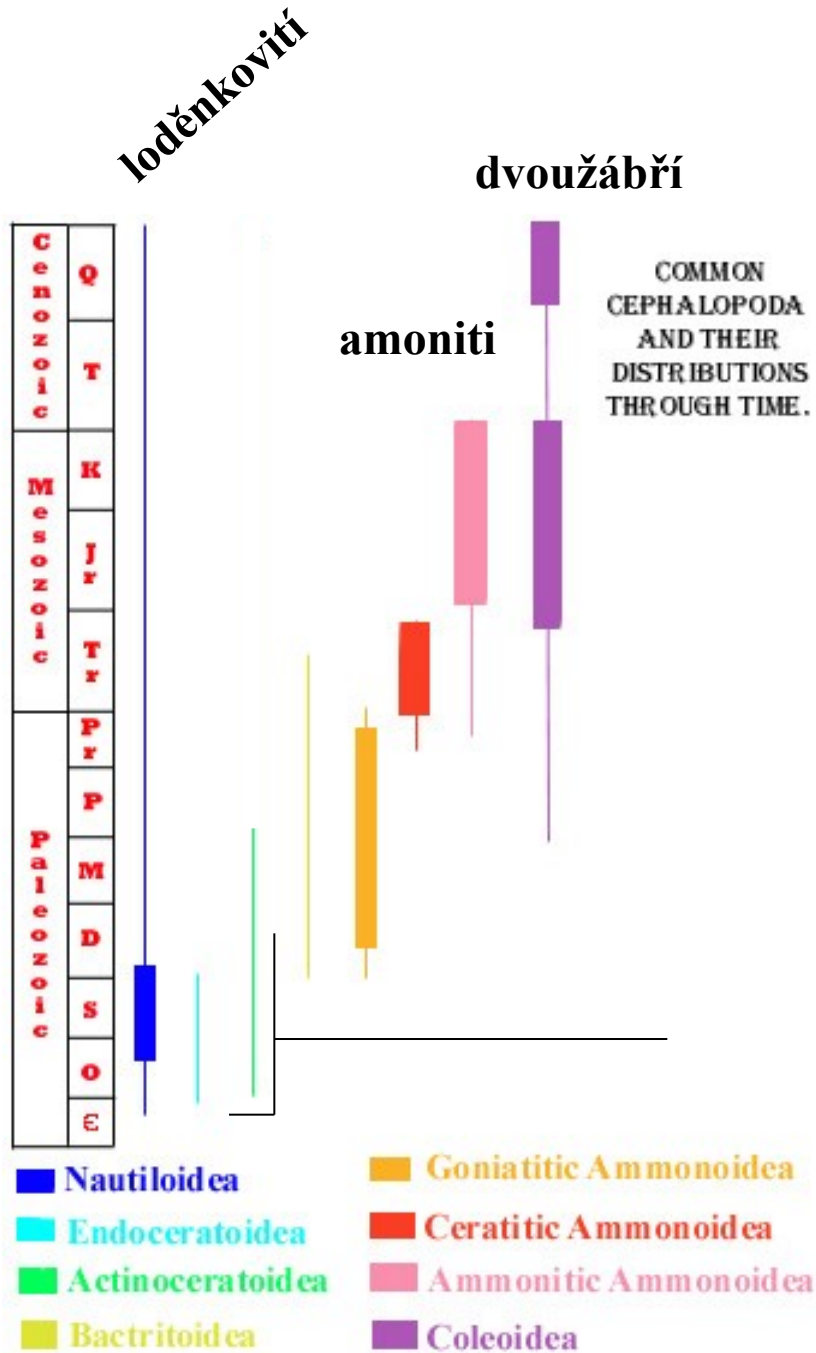


***Lituites* sp., ordovik, Winsconsin**



***Lituites lituus*, fosilní „loděnka“,
ordovik, Čína.**

Rozšíření hlavonožců v historii Země



Tentakuliti

- drobné (x-xo mm), vápnité, trubičkovité schránky
- mořští
- nejisté systematické postavení (?měkkýši)
- O-De (vymírají v konci devonu)



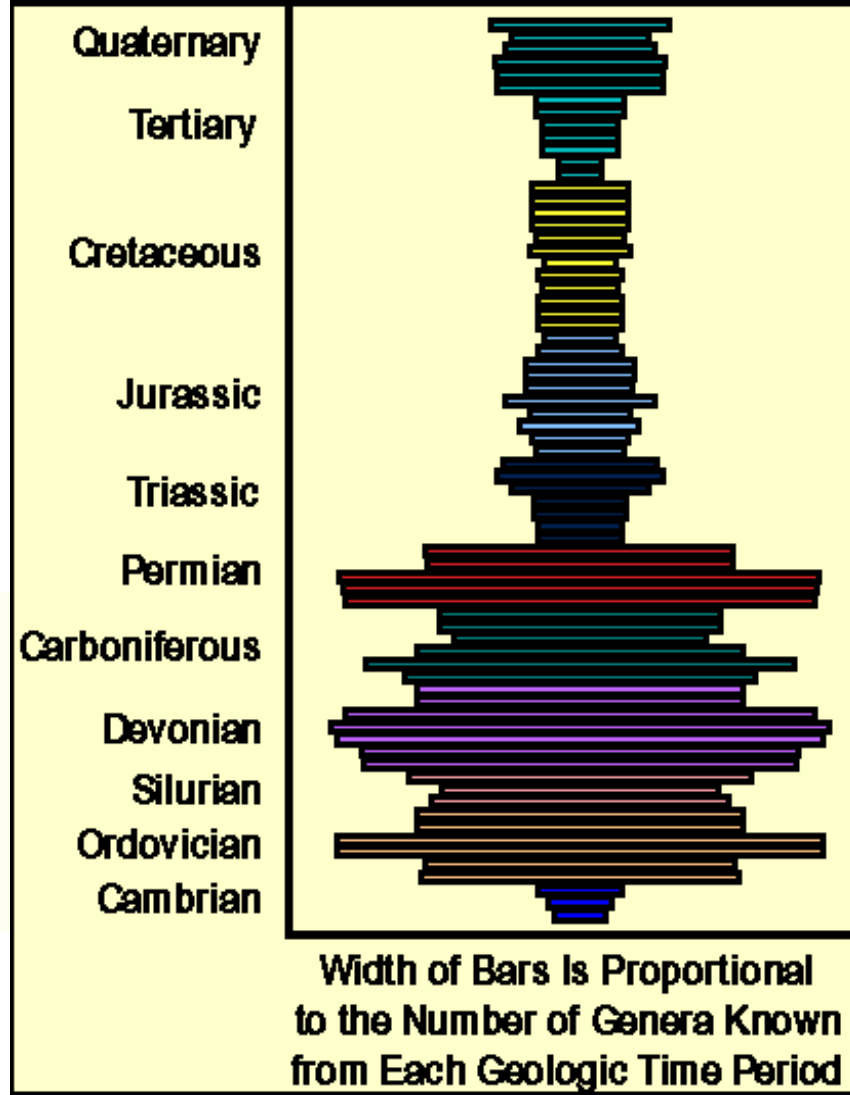
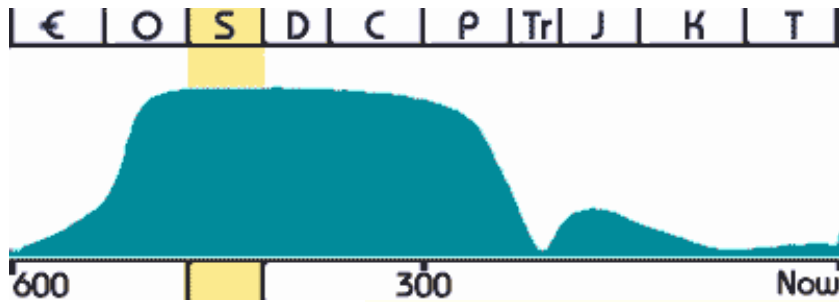
Tentaculites richmondensis, ordovik, USA



Nahloučení schránek tentakulitů
na vrstevní ploše

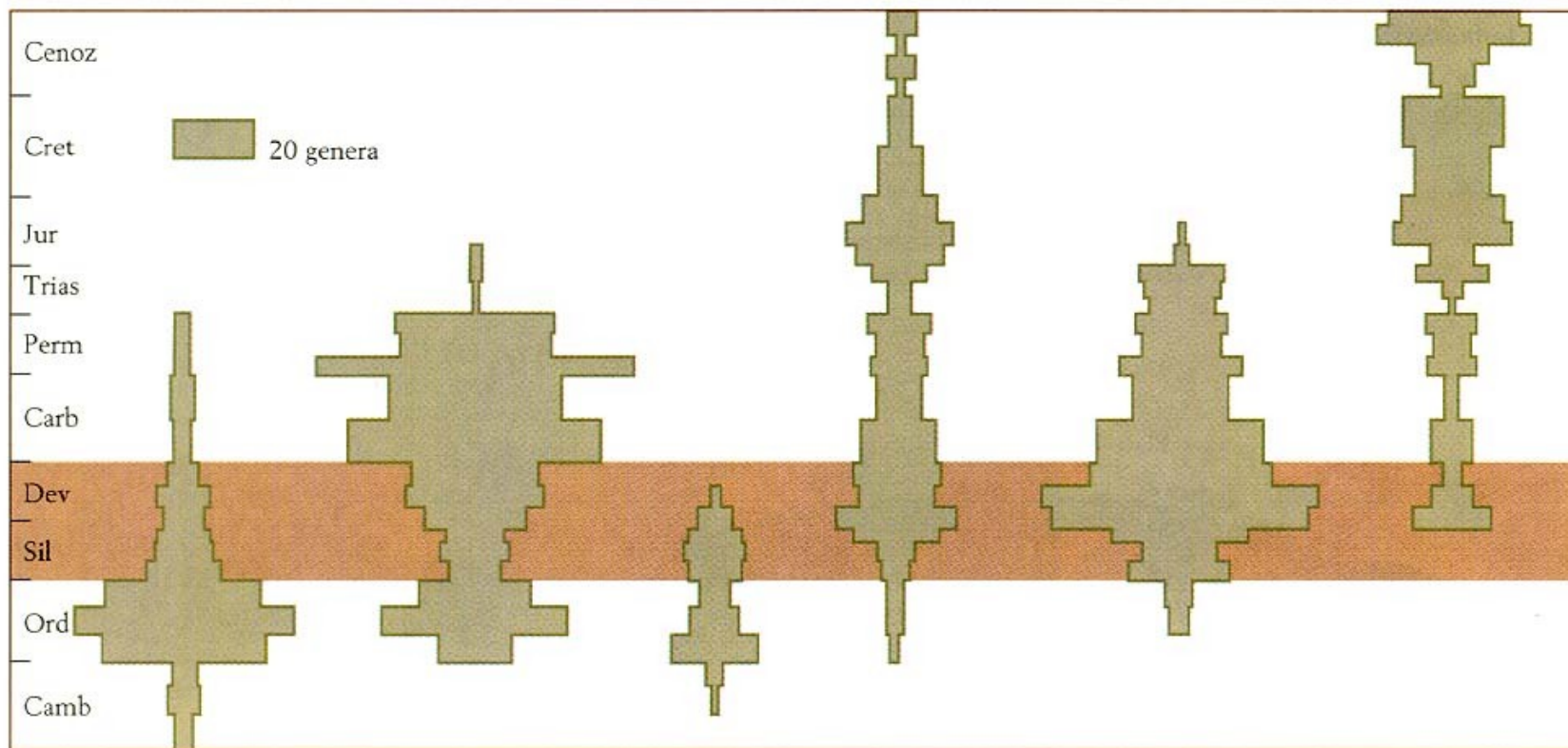
Brachiopoda

- převládají opornatí s vápnitou schránkou,



Ordovik, silur a devon – období enormní radiace ramenonožců

Diverzita jednotlivých řádů artikulátních brachiopodů v historii Země



Orthida

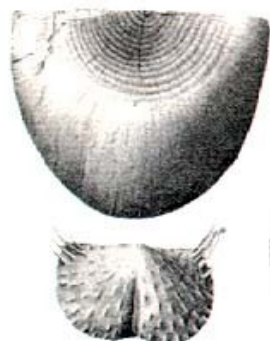
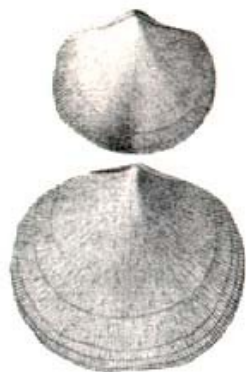
Strophomenida

Pentamerida

Rhychonellida

Spiriferida

Terebratulida





Strophomena, ordovik

Trilobita

- v ordoviku stále ještě hojná a stratigraficky významní,
- od svrchního devonu ustupují,
- v nejvyšším permu vymírají,
- během ordoviku ovládají svínování => predace (loděnky)



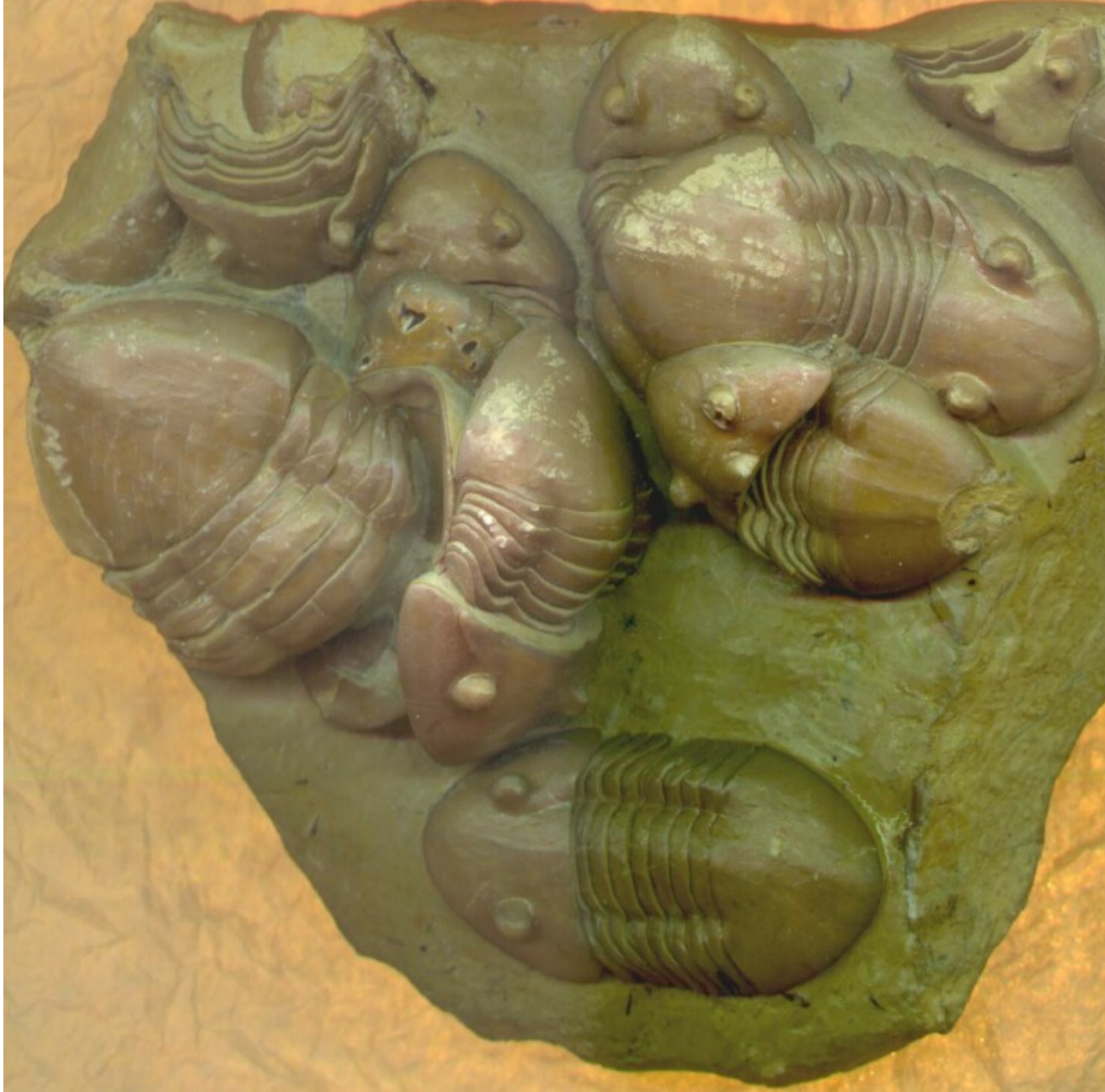
Asaphus sp., ordovik, barrandien



Selenopeltis sp., ordovik, barrandien, plavec



Flexicalymene (svínutý), ordovik, USA



Homotelus bromodensis, Ordovik, Oklahoma, (Carter, 2010)

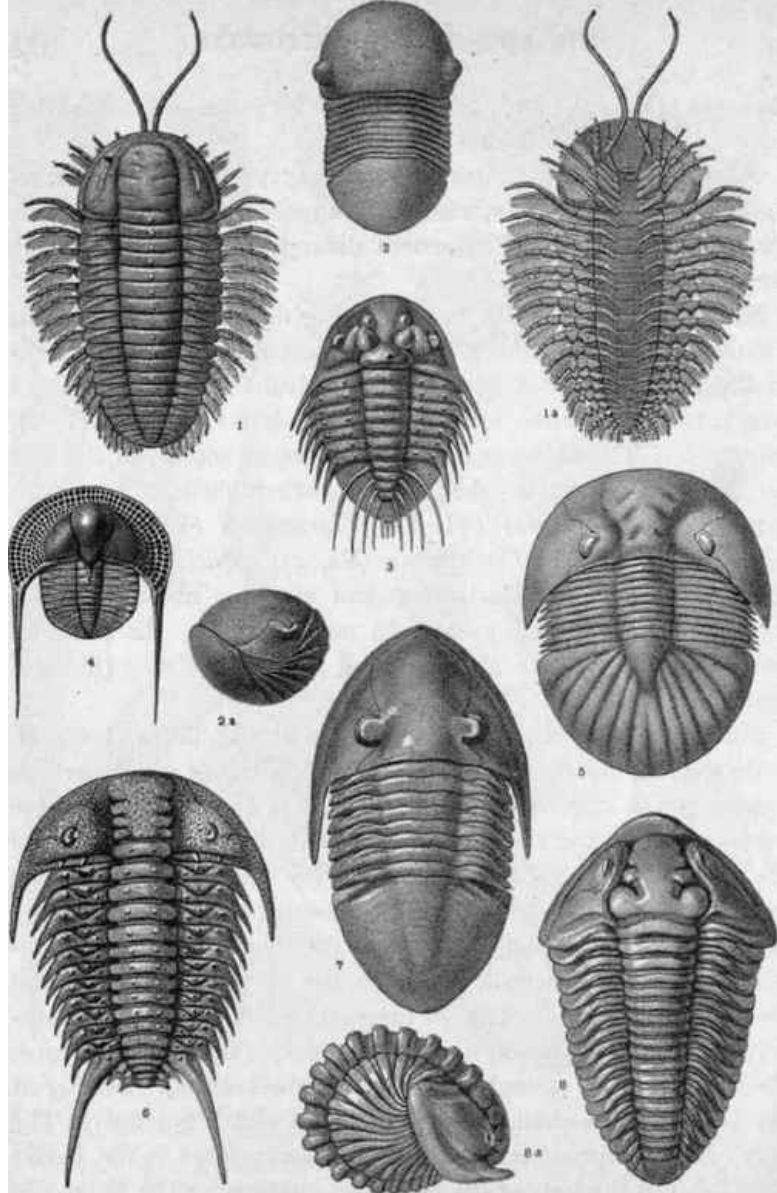


Fig. i, 1a, *Triarthrus becki* Green, x 3/2, Utica. Restoration by Beecher of dorsal and ventral sides.

2, *Bumastus trentonevsi* Emmons, x 1/2, Trenton. 2a, The same, from the side, rolled up.

3, *Acidaspis crosotus* Locke, x 4, Richmond.

4, *Tri'nucleits concentricus* Eaton, x 1, Trenton.

5, *Bronteus lunatus* Bill., x 1, Trenton.

6, *Ceraurus pleu-rexanthmus* Green, x 1, Trenton.

7, *Isotelus maximus* Locke, x 1, Trenton.

8, *Calynitoene callicephala* Green, x 1, Richmond. 8a, The same, rolled up, from the side.

Vedle trilobitů jsou členovci od ordoviku zastoupeni též skupinou **Eurypterida**:

- plavci
- predátoři
- až 3 m délka
- od ordoviku do permu
- největší rozvoj v siluru a devonu



rekonstrukce

Pterygotus, zástupce mořských klepítkců

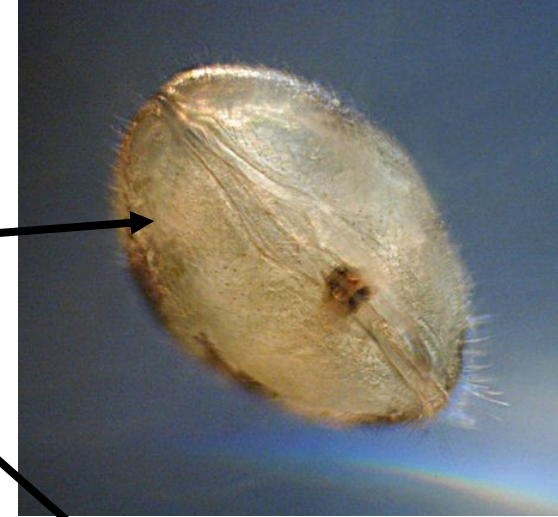


fosílie

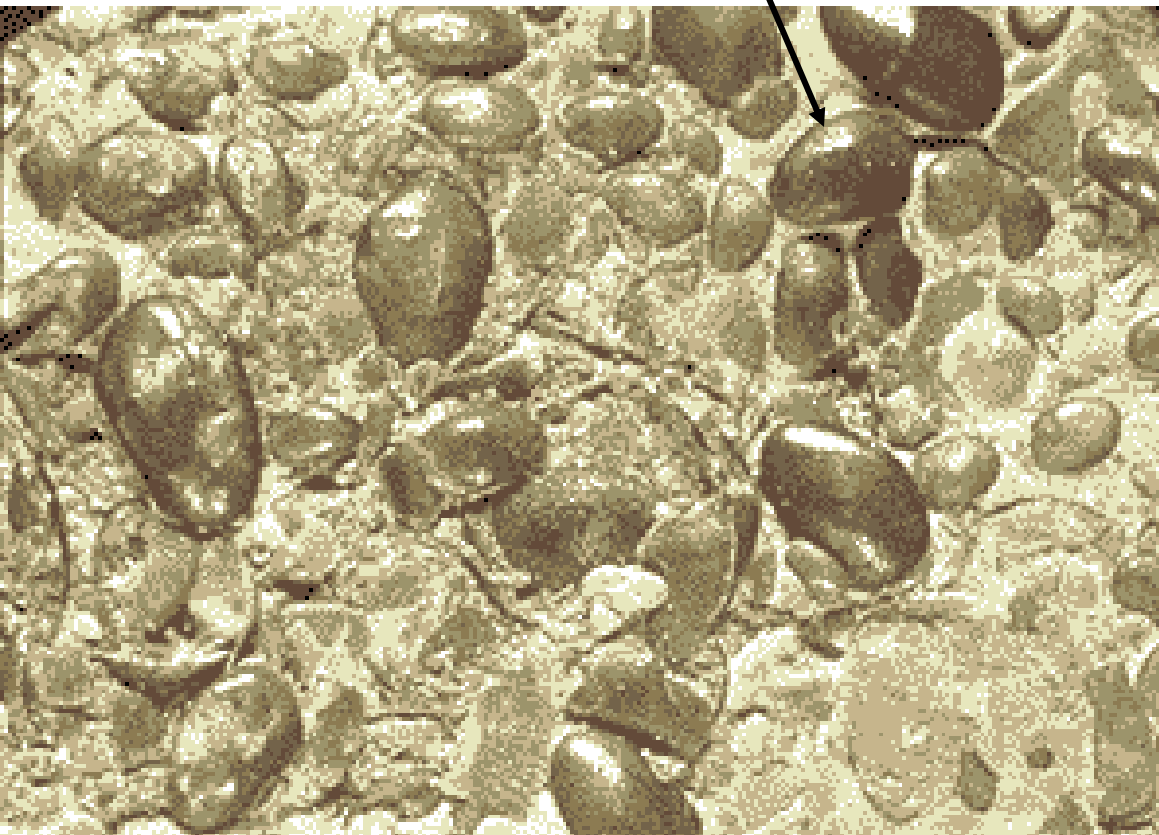
Eurypterus, zástupce sladkovodních klepítkců

Další významná skupina členovců nabývající na významu od ordoviku jsou Ostracoda (skořepatci):

- tělo kryto v dvouchlopňovém krunýři (CaCO₃ + chitin)
- mořští i sladkovodní
- od sp. kambria do recentu



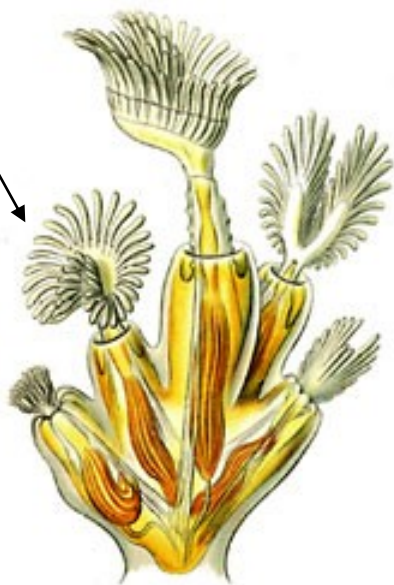
recentní zástupci



***Eoleperditia fabulites*, ordovik, Tennessee, cca 5 mm**

Od ordoviku nastupují **BRYOZOA** (mechovky):

- koloniální, pevné části z CaCO_3 , <mořské,
- povlékavé, bochníkovité, keříčkovité trsy (=> podíl na stavbě útesů)



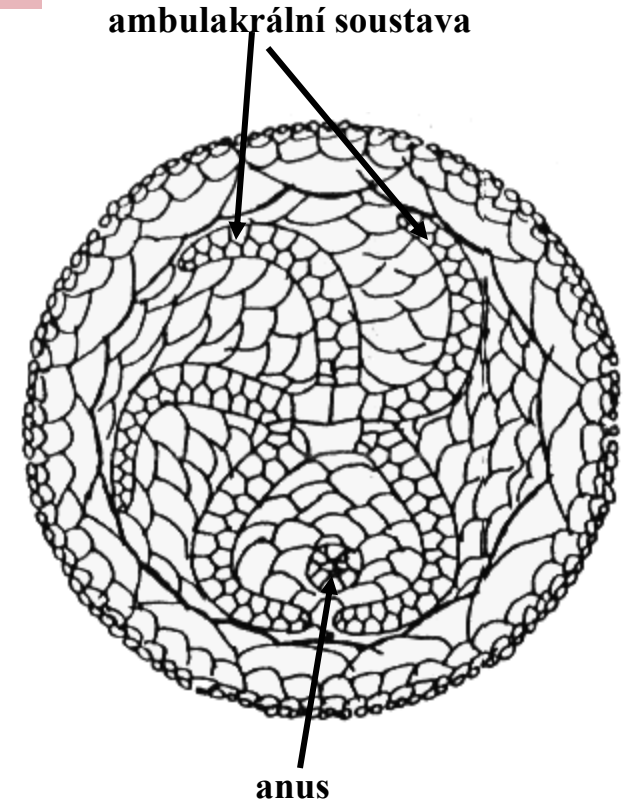


Monotrypa sp., Cryptostomata, ordovik

Echinodermata v ordoviku zastupují starobylé skupiny (např. Edrioasteroidea – terčovci), rozvíjejí se však lilijice, nově nastupují hvězdice a ježovky (viz dále)

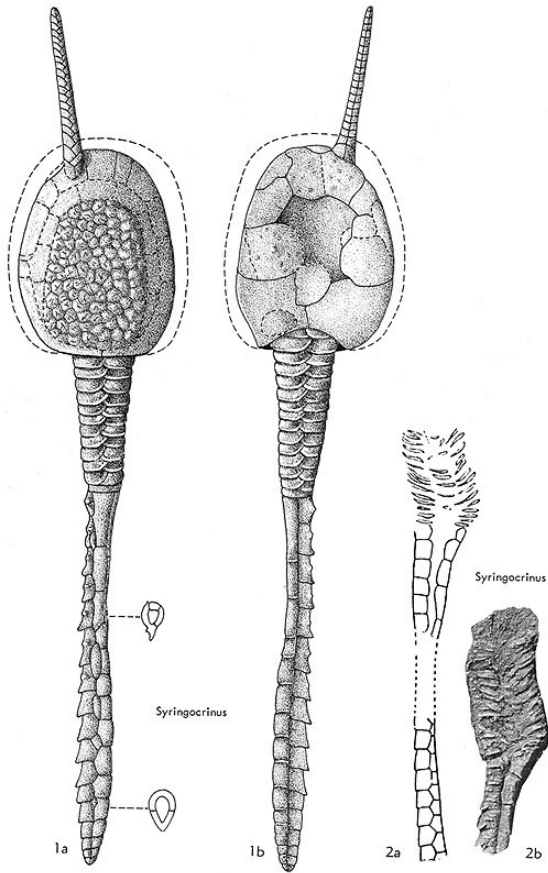


Carneyella (Edrioasteroidea), ordovik, Mayville, USA

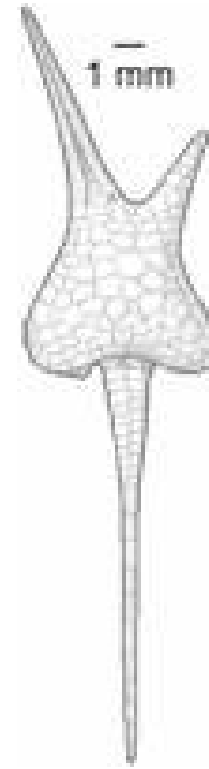


Idealizovaná kresba terčovců rodu *Lebetodiscus* (devon)

Jinou starobyloou skupinou ostnokožců jsou plošáci Carpoidea



Syringocrinus paradoxicus, ordovik

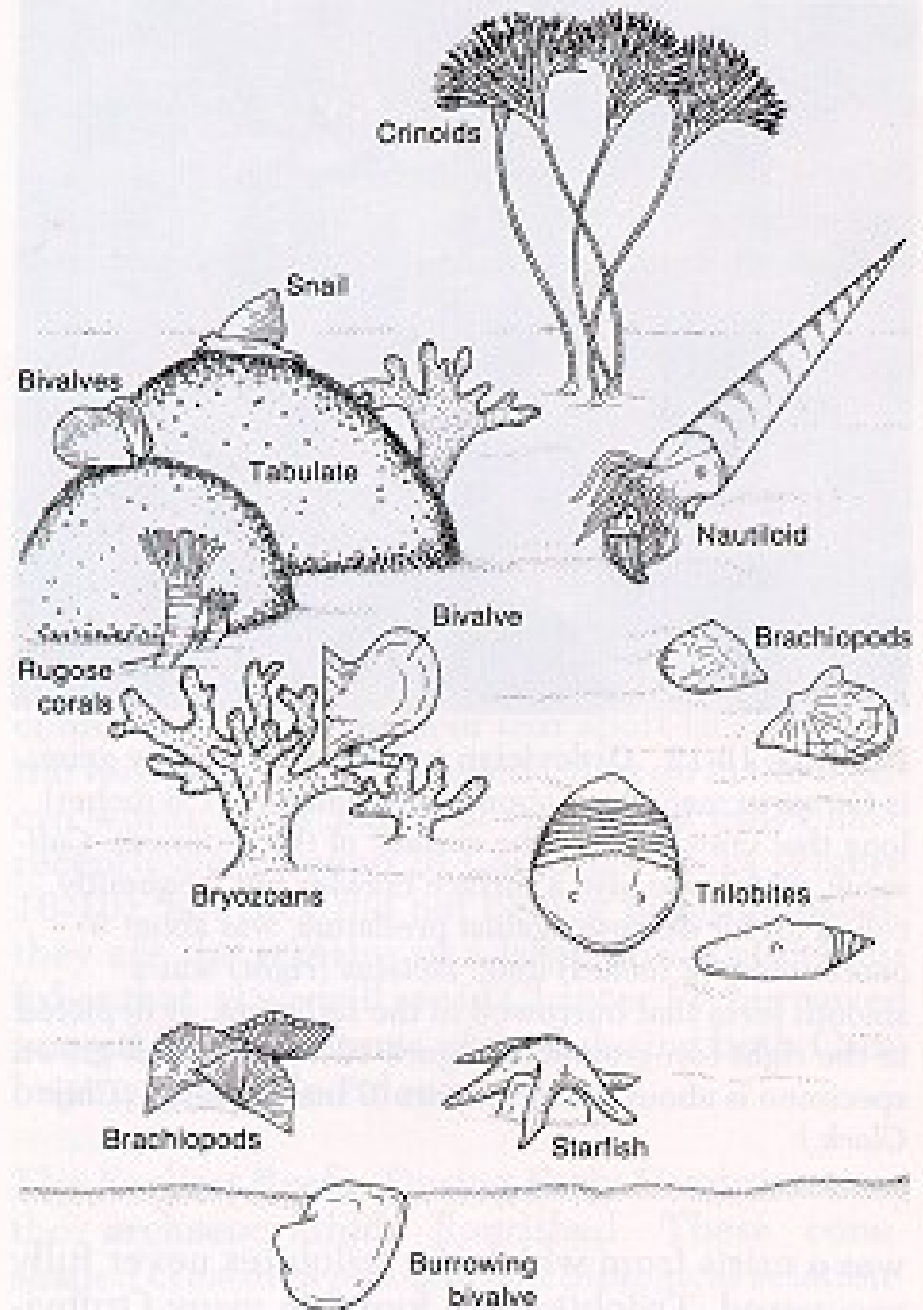


Dendrocystites sedgwicki, ordovik



Iocrinus sp., lilijice, ordovik, USA

**Ordovické útesy byly ještě relativně chudé:
složení – Rugosa, Tabulata,
Bryozoa, Porifera**

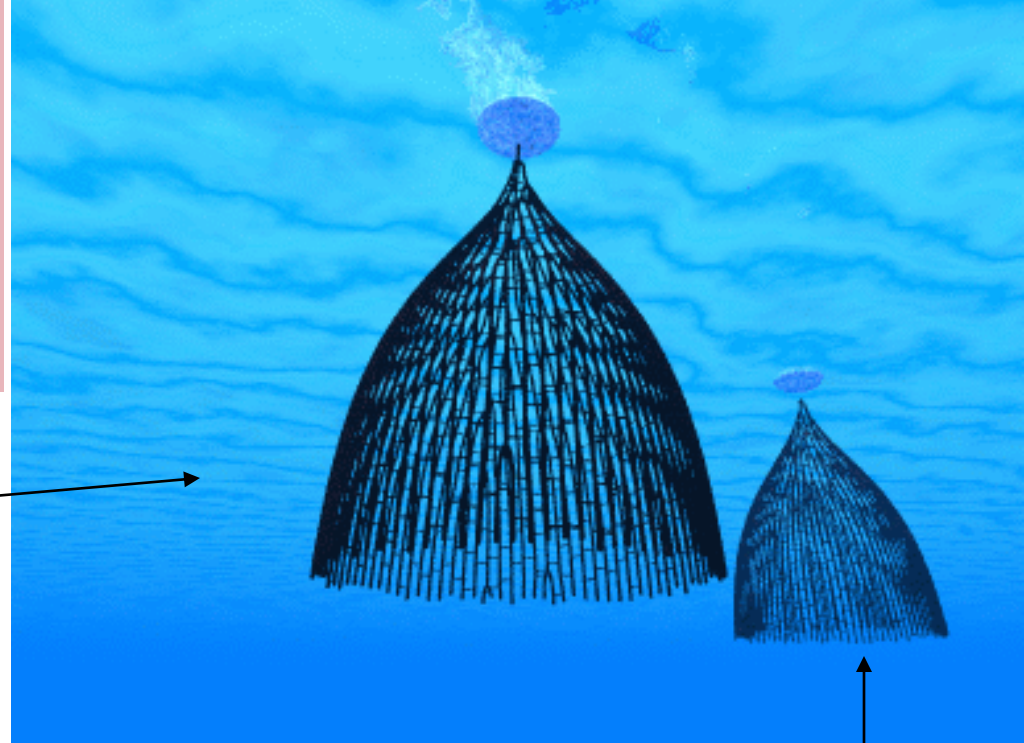


HEMICHORDATA (polostrunatci):

Vymřelá skupina Graptolithina:

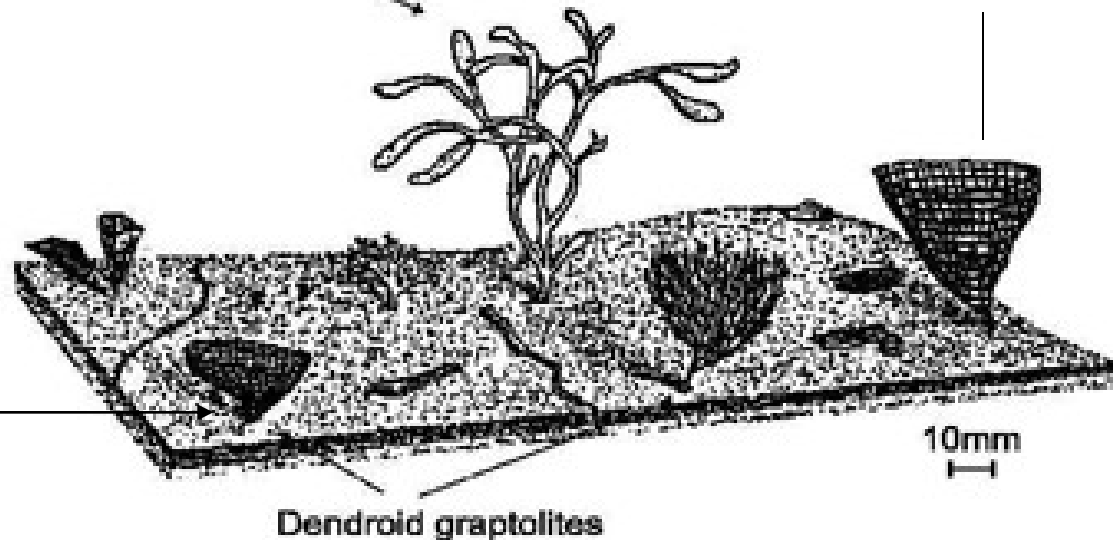
- koloniální, trsy z pevné organické hmoty
- čistě mořští, sesilní bentos, plankton
- kambrium-spodní karbon
- od kambria Dendroidea
- skupina Graptoloidea jen ordovik-sp. devon

planktonní



Dendroid *Rhabdinopora*, sp. Or, vznášel se buď upevněný k řasám nebo bublinám plynů (?), taková kolonie dosahovala až 30 cm.

Green alga

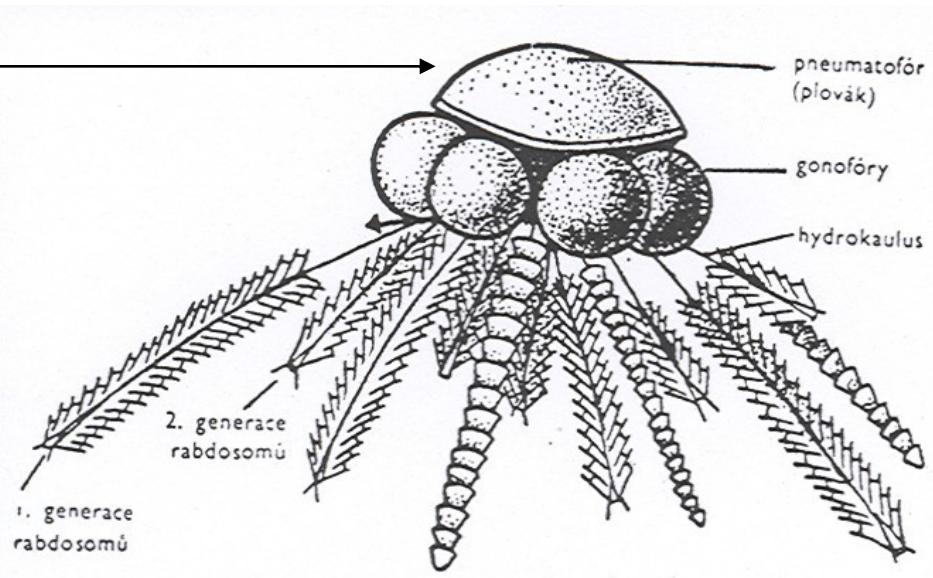


sesilní

Graptoloidea:

- někdy tvorba trsů opatřených plováky
- pouze plankton

Význam: planktonní způsob života, rychlý vývoj, velká množství kolonií => **nejvýznamnější skupina pro stratigrafii Or, Si a sp. De.** Často se hromadili na anoxických dnech ordovických a především silurských moří a tvoří převládající fosílie „graptolitových“ břidlic.



Obr. XII — 30. *Hemichordata — Graptolithina.* — Rekonstrukce synrabdosomu (pohled z boku) druhu *Orthograptus quadrimucronatus* mut. *approximatus* Ruedemann. Upraveno podle R. Ruedemanna.



FIGURE 8-21 Branches (stipes) of the graptolite *Diplograptus*. *Diplograptus* is also common in dark shales of Ordovician age in both Europe and North America.

***Didymograptus* (Graptoloidea), sp. Or, Austrálie, v barrandienu častý v šareckých vrstvách ordoviku**



VERTEBRATA - AGNATHA

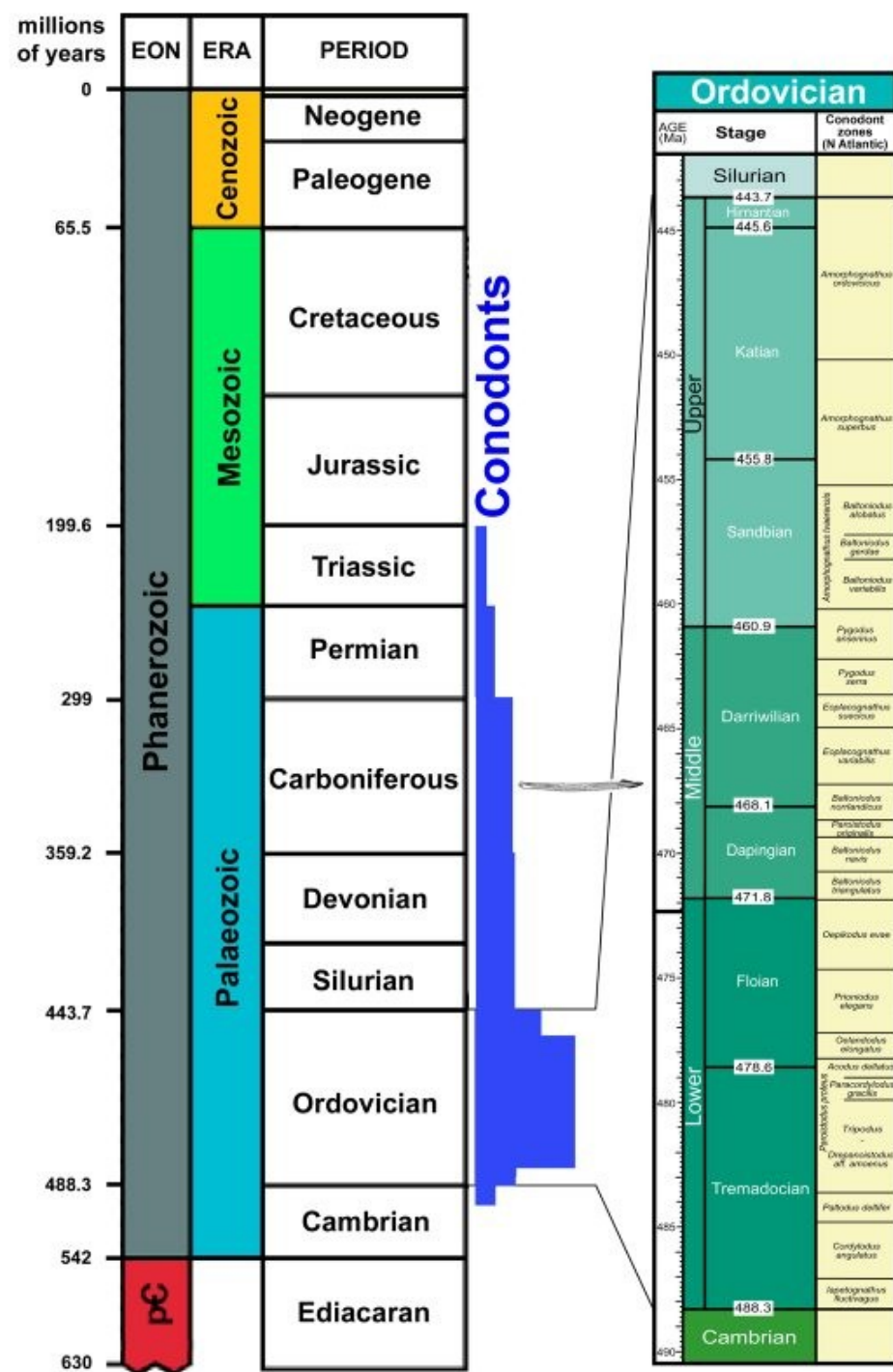
CONODONTA

- drobné rybičkovité formy, nekton, (?dravci)
- ploténkovité, hřebínkovité elementy („zoubky“)
z fosforečnanu vápenatého, histologie obratlovců,
- řazení k bezčelistným (Agnatha)
- od kambria až do triasu
- **obrovský význam pro stratigrafii**

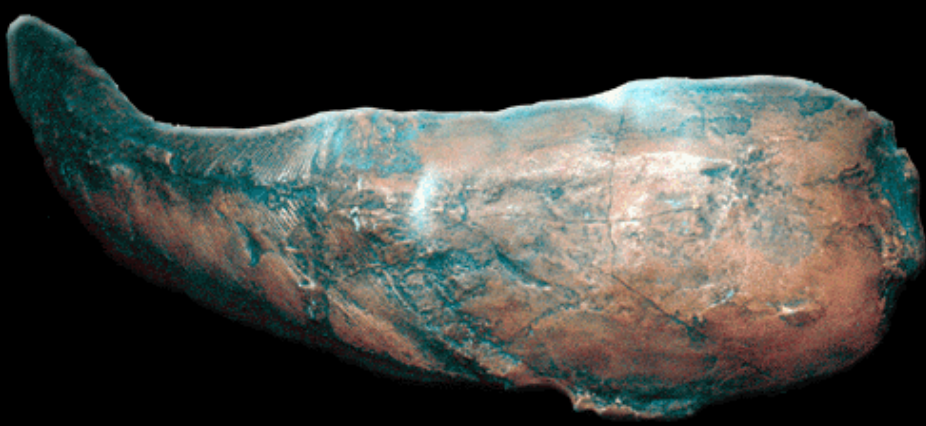


Manticoleptis subrecta – model rozmístění jednotlivých elementů v přirozené poloze v hlavě celého jedince

Rozpětí konodontů v historii Země s maximem diverzity v ordoviku



V ordoviku diverzifikují pancéřnatí bezčelistní (Agnatha) – rozvoj silur-devon

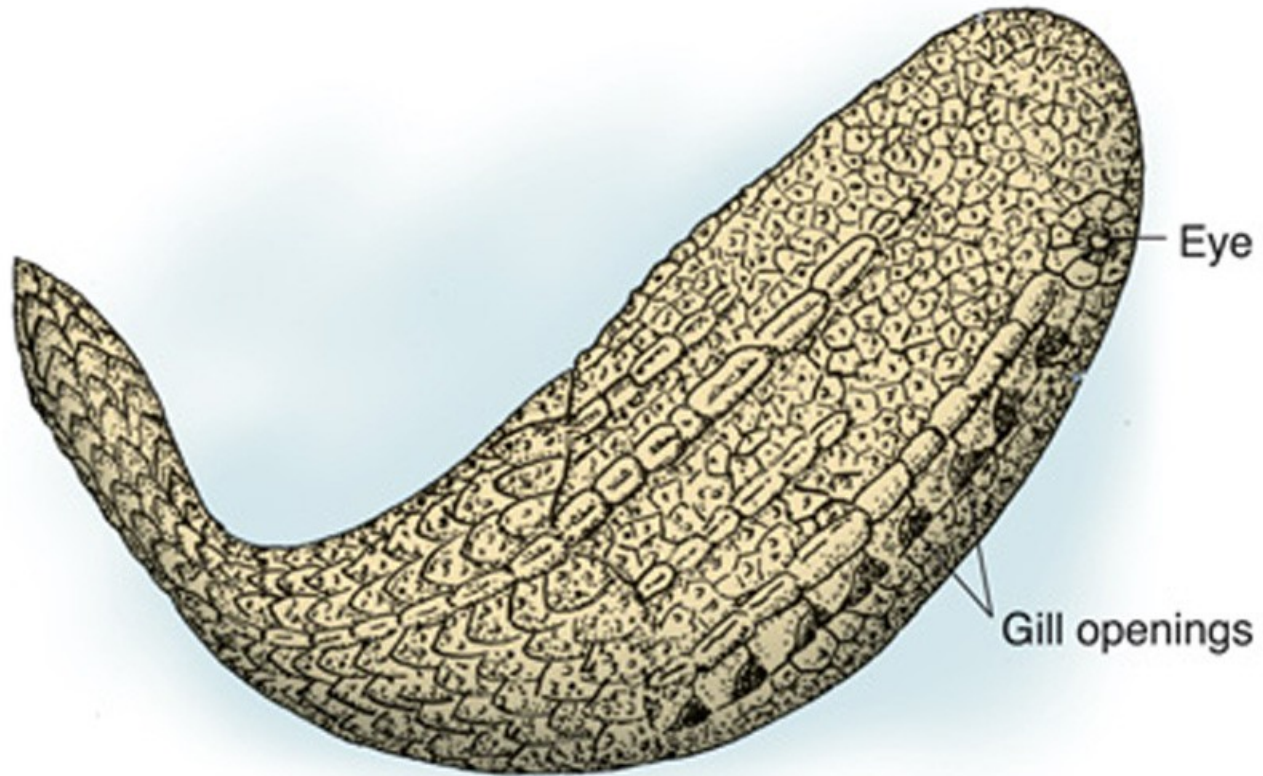


Sacabambaspis janvieri, ordovik, Bolivie

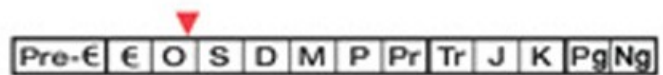


rekonstrukce

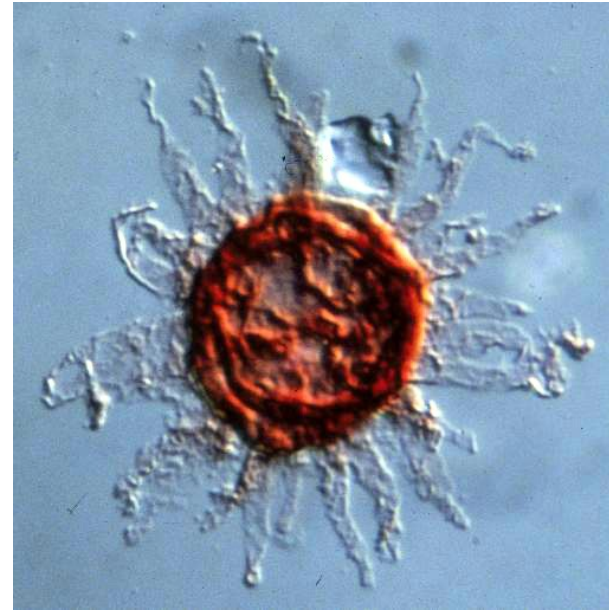
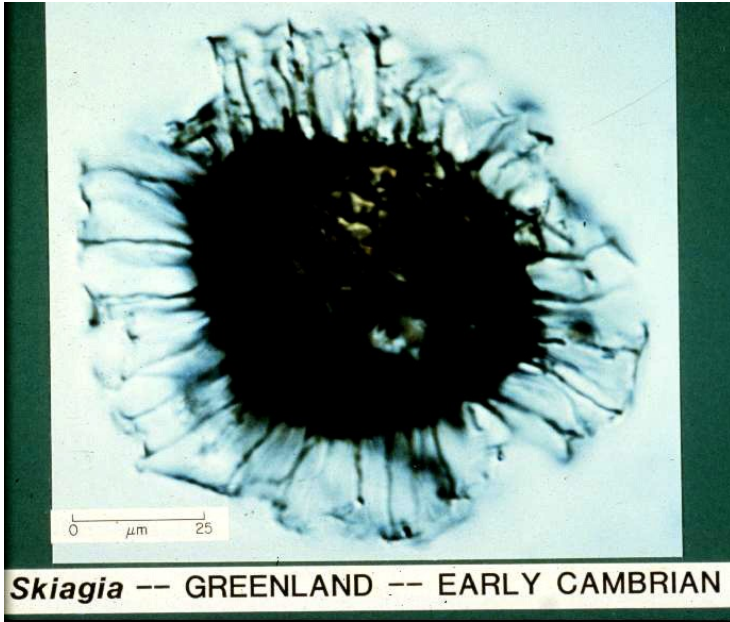




Astraspis sp. – reko, Or



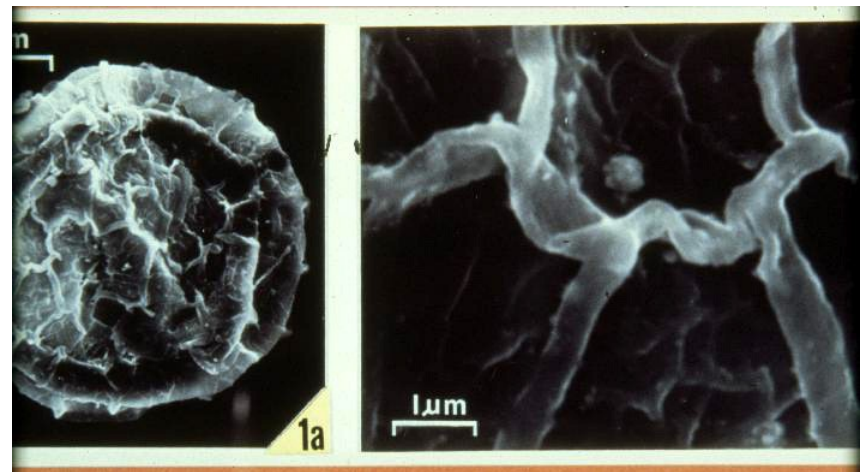
Akritarcha – stále ještě hojná



sv. ordovik



sv. ordovik



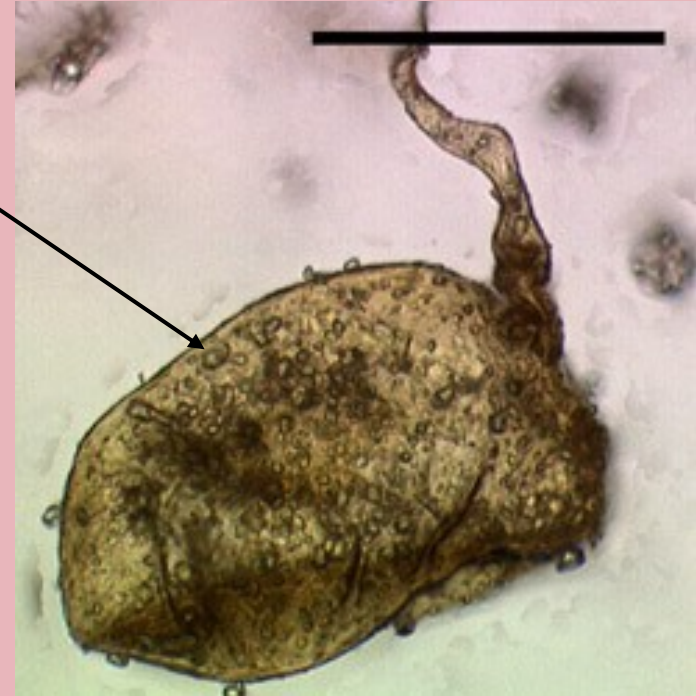
sv. ordovik- SEM foto

Souše v ordoviku:

- jsou od Prz kolonizovány pionýrskými skupinami prokaryot – sinicemi

- v ordovických horninách nacházíme spóry skupiny **Glomerales** = mykorhizní houby, naznačující nástup přechodných typů k suchozemským skupinám (ancestor podobný na rec. Chytridiomycota + ztráta bičíku = roznášení spór pomocí větru)

- ještě během ordoviku zelené řasy (Chlorophyta) pronikají do sladkých vod (cesta k mechům a cévnatým rostlinám)



Glomerales, spóra, Or, Wisconsin

Rostlinstvo muselo vyřešit problém:

slaná versus sladká voda = zpevnění buněk + obrana proti vysoušení + ÚV záření, schopnost přečkávat i sušší období = obal, stomata, odolné spory, vodivé pletivo



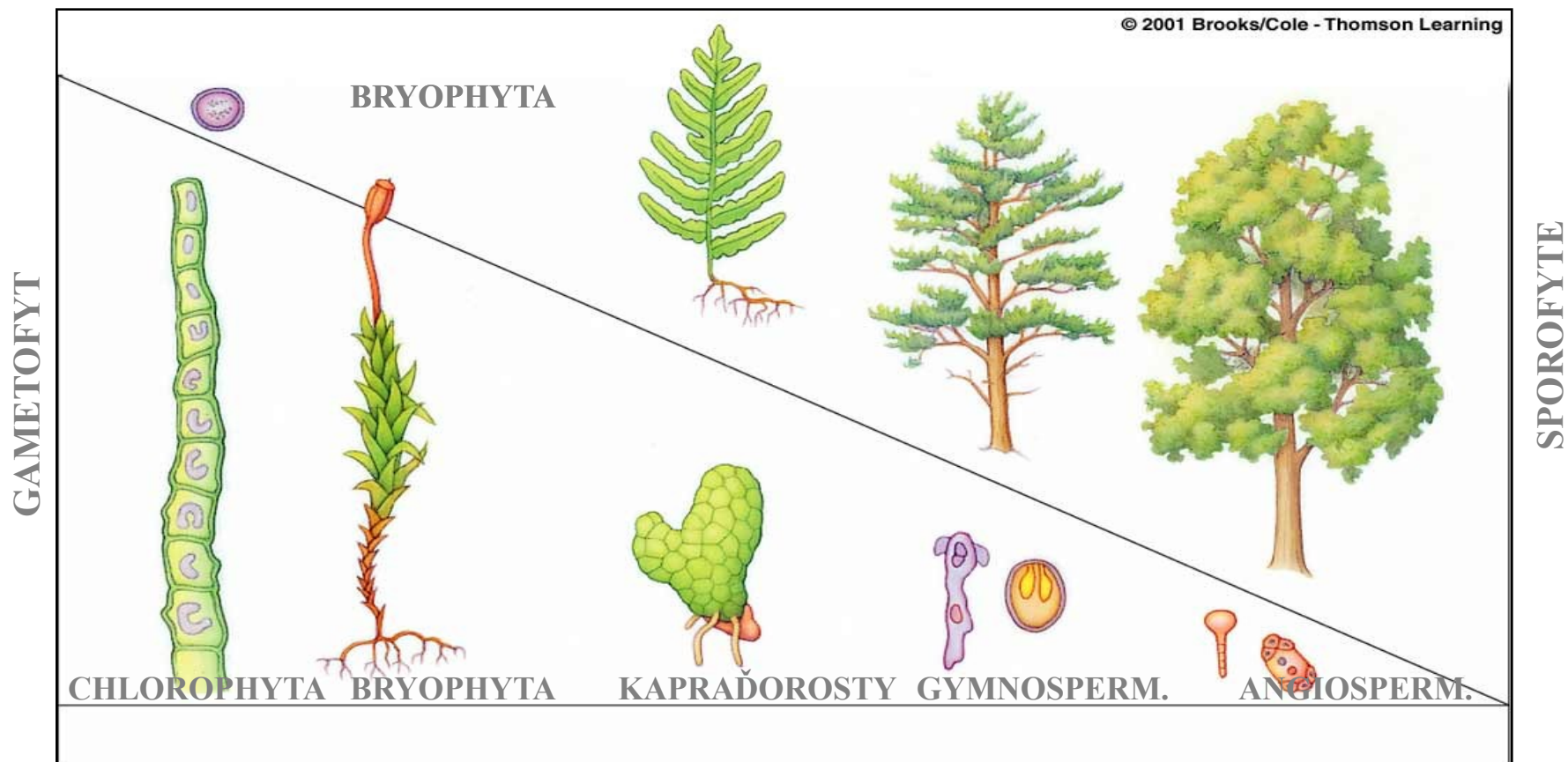
- rostlinstvo nastupuje nesmírně složitou cestu od řas k výstupu na suchou zemi, výstup se odehrával během siluru a završil ve spodním devonu

Úsvit rostlin

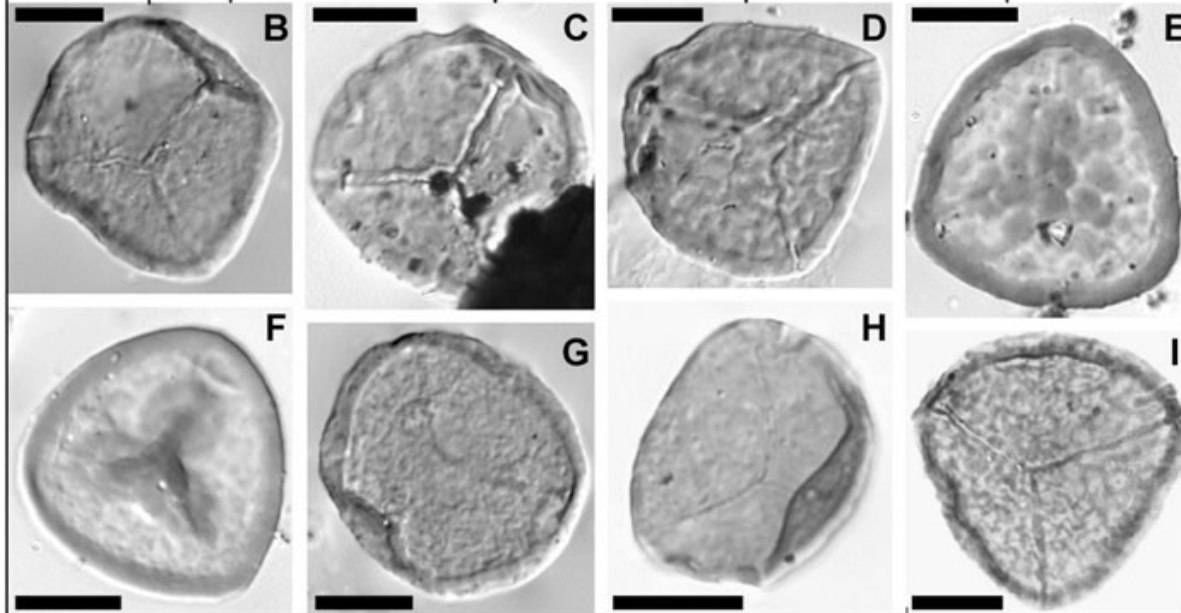
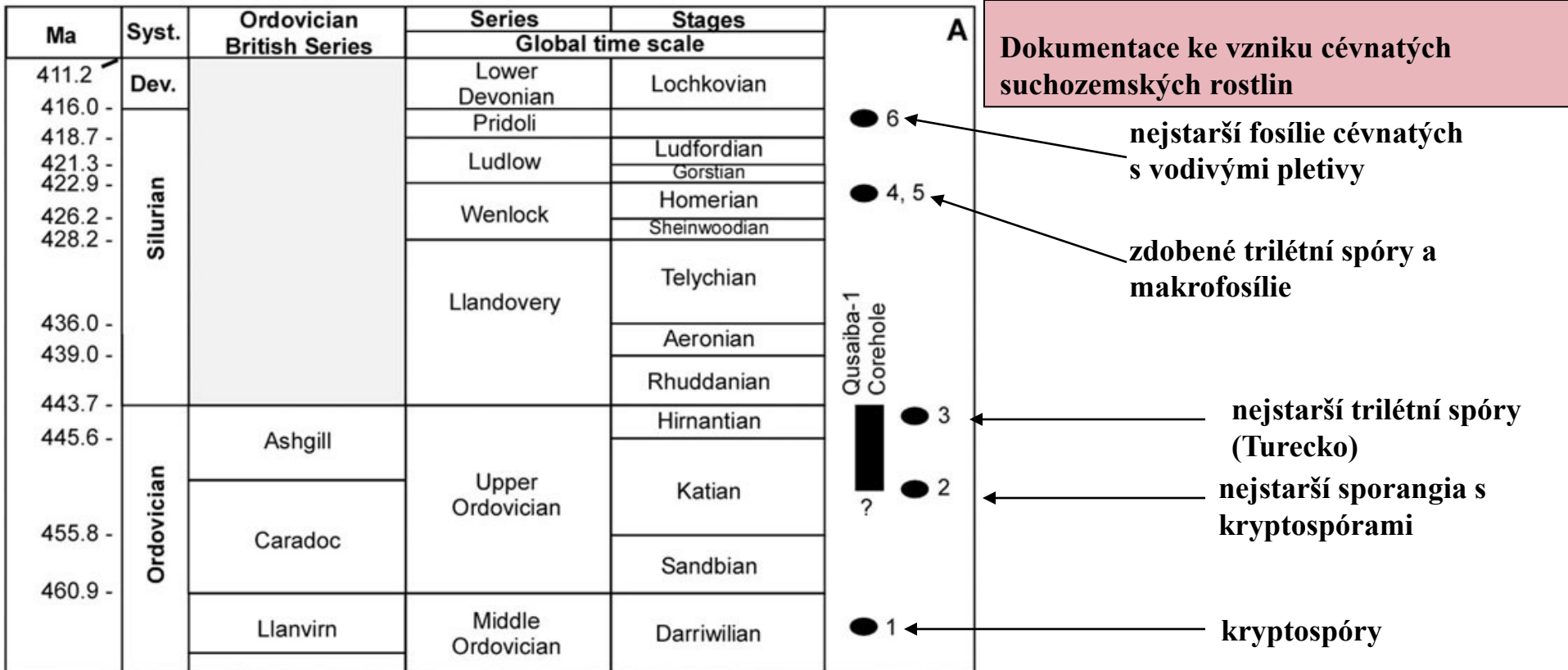
- **Rostliny představují monofyletickou skupinu**
 - Vývoj ze společného předka
 - Kdo jím byl ?
- **Mnohočetné doklady svědčí pro skupinu zelených řas CHAROPHYTA**
- **Řasy jako první ovládly pohlavní rozmnožování a střídání generací gametofyt/sporofyt**

2 základní strategie z pohledu rozmnožování

- mechorosty
- cévnaté rostliny

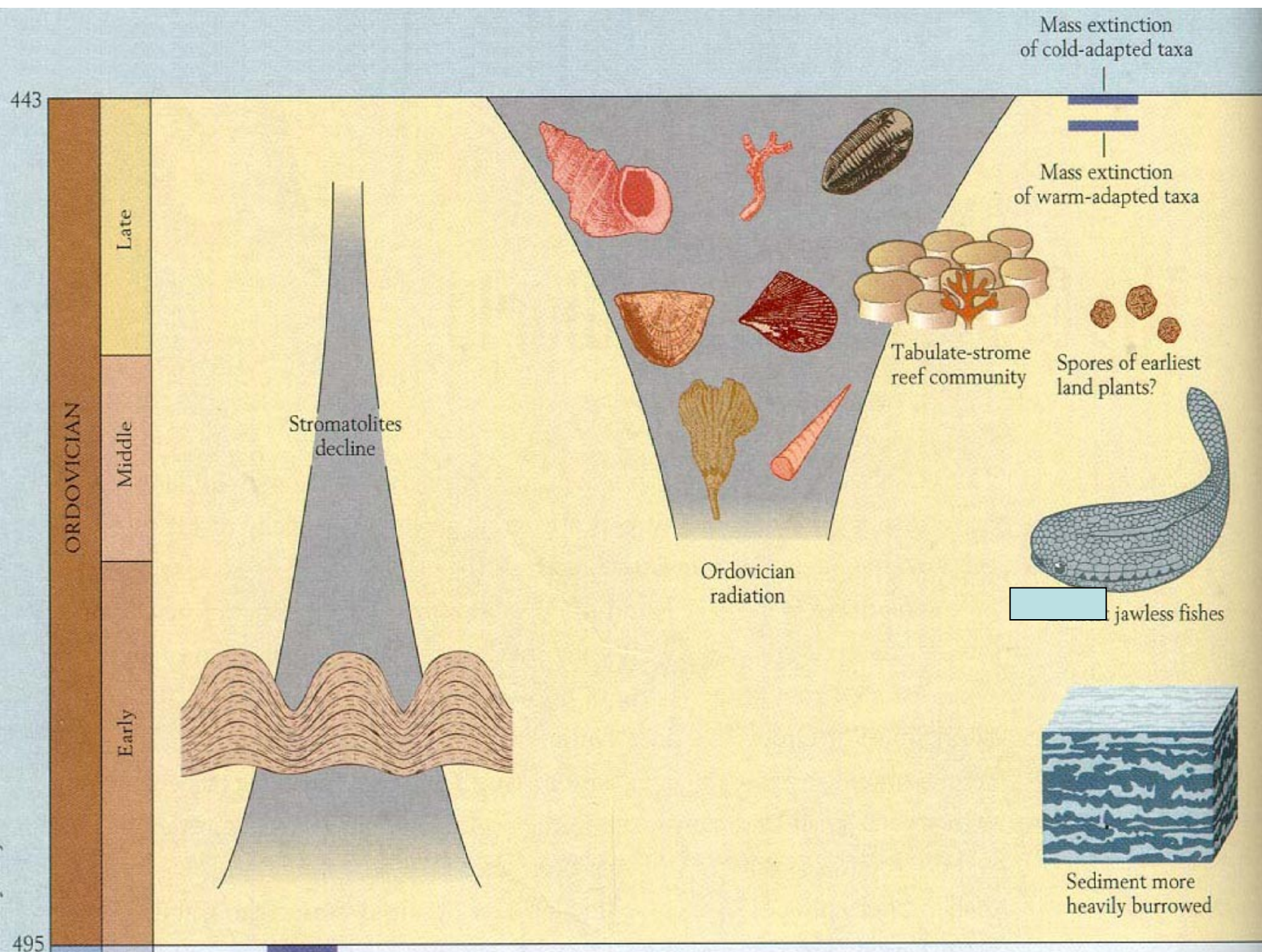


- Gametofytní generace - dominantní (dlouhodobá) v životním cyklu mechorostů, sporofyt = pouzdro s výtrusy
- **Mechorosty** se objevují v **ordoviku**, život v blízkosti vodní hladiny (reprodukce – gamety ve vodě či vlhku)
- Sporofytní generace - dlouhodobá u rostlin cévnatých (xylém, oběh vody, kořeny), gametofyt – drobný, uchycený na sporofytu, reprodukce bez účasti vody
- **Cévnaté rostliny** nastupují v **siluru** (*Cooksonia*), postupné oproštění od vodního prostředí → **devon**



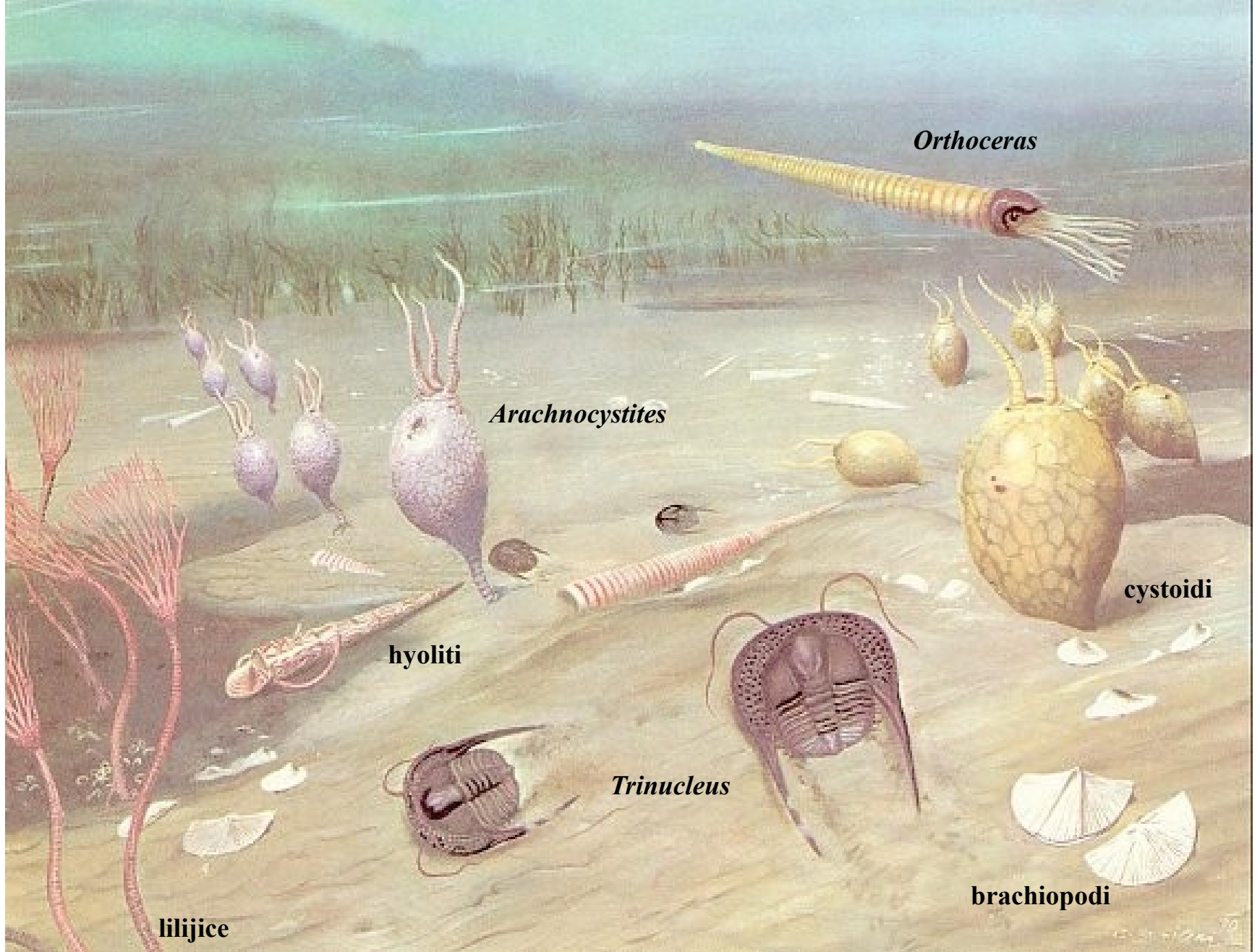
B-I: trilétní spóry z vrtu Qusaiba-1 (Saudská Arábie, svrchní ordovik)

Život v ordoviku - souhrn





Možný pohled na dno ordovického moře



Orthoceras

Arachnocystites

cystoidi

hyoliti

Trinucleus

brachiopodi

lilijice

Ordovik

(Burian, 1970)



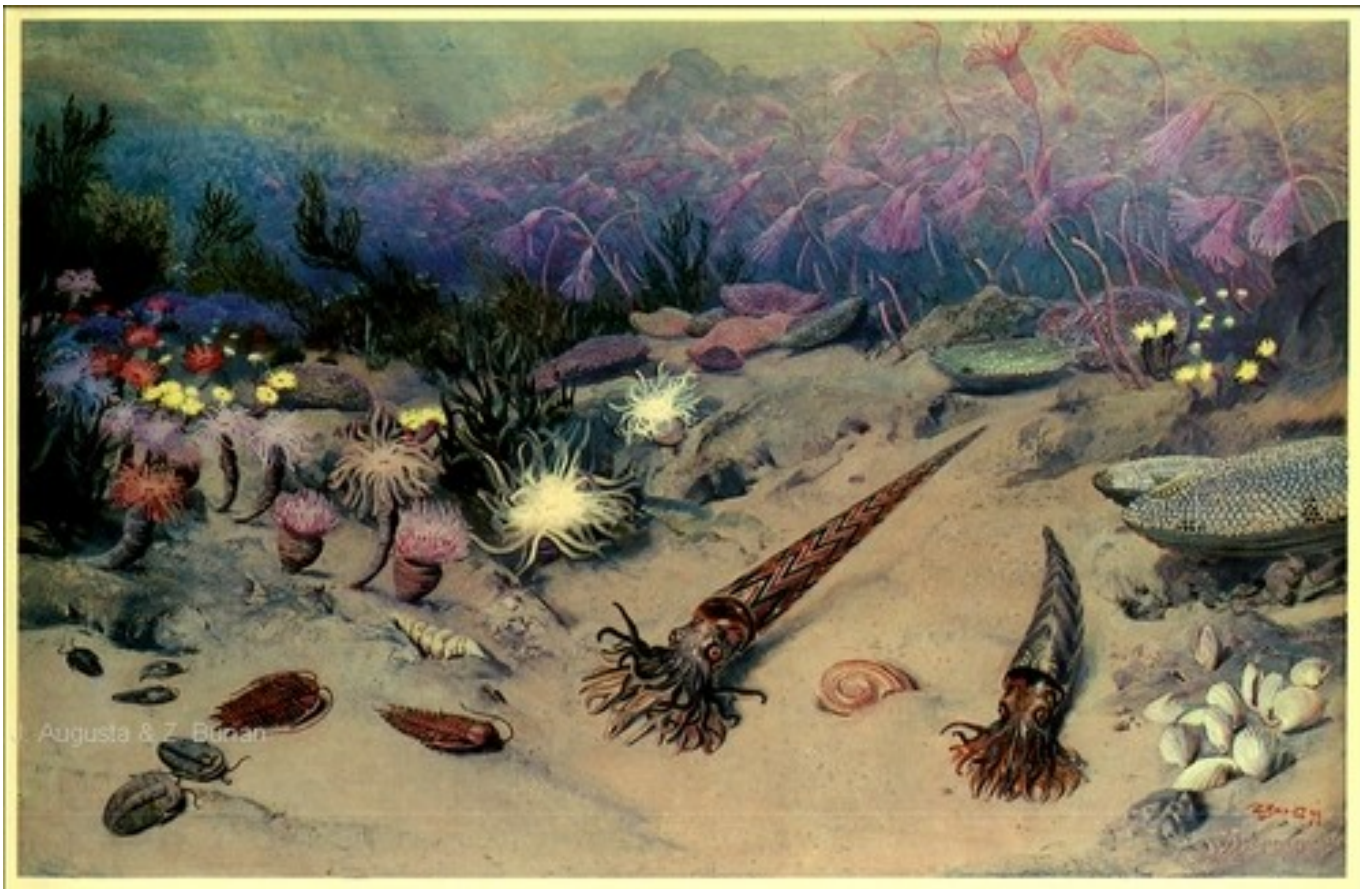
Ordovik

(Exhibit Museum, Uni Michigan, 2010)



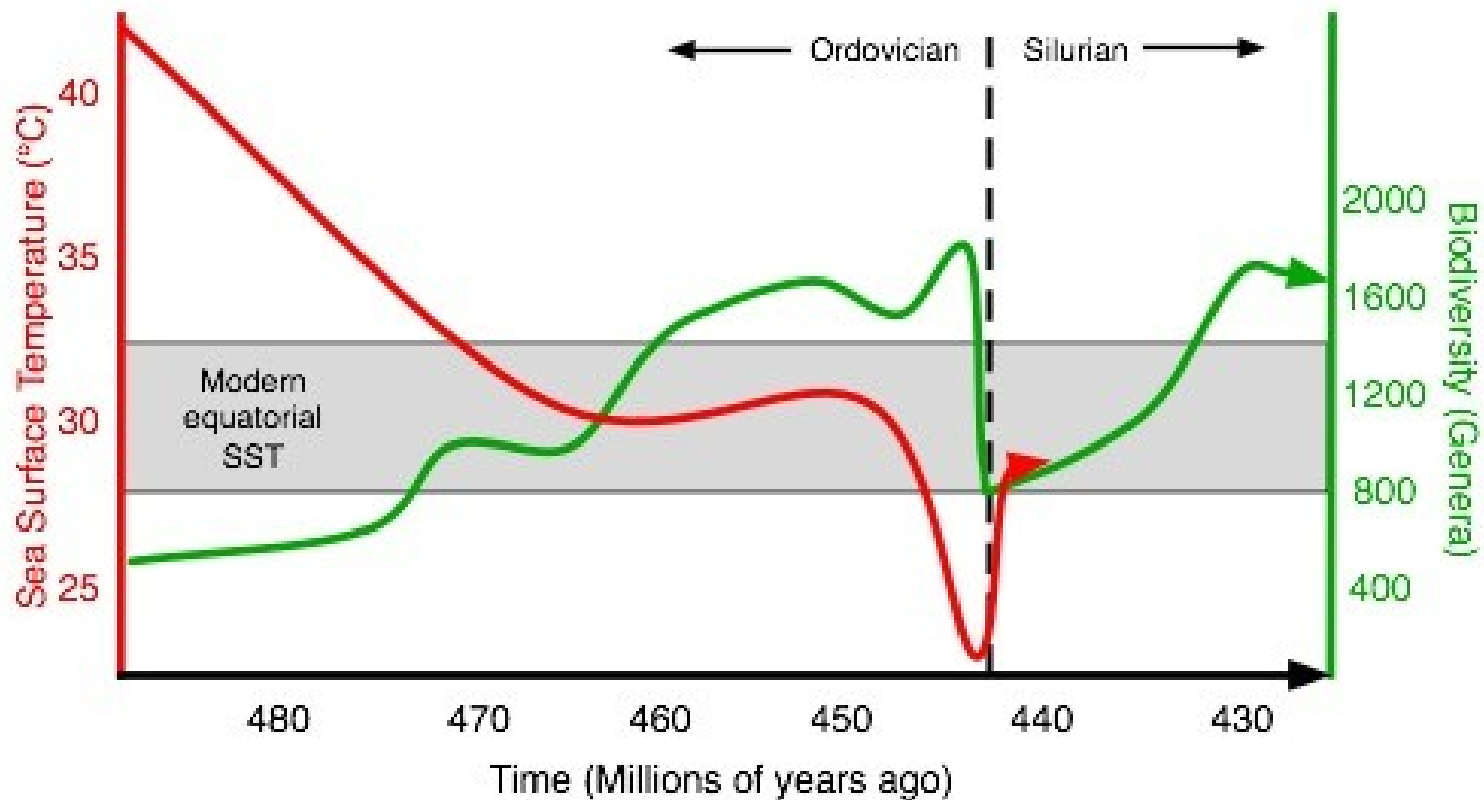
Ordovik

(Universum review, 2010)



Ordovik (Augusta-Burian)

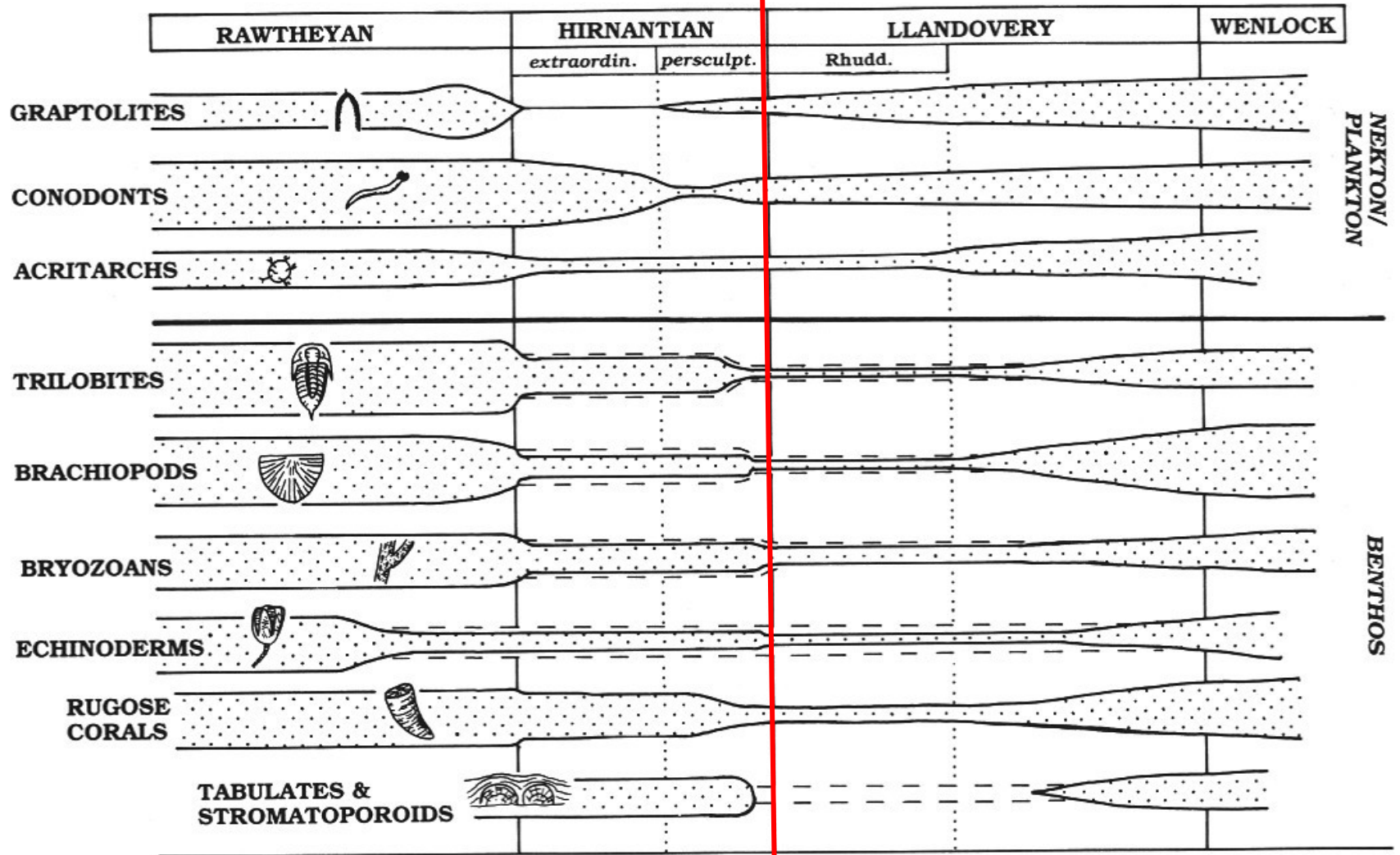
V závěru ordoviku dokládáme:

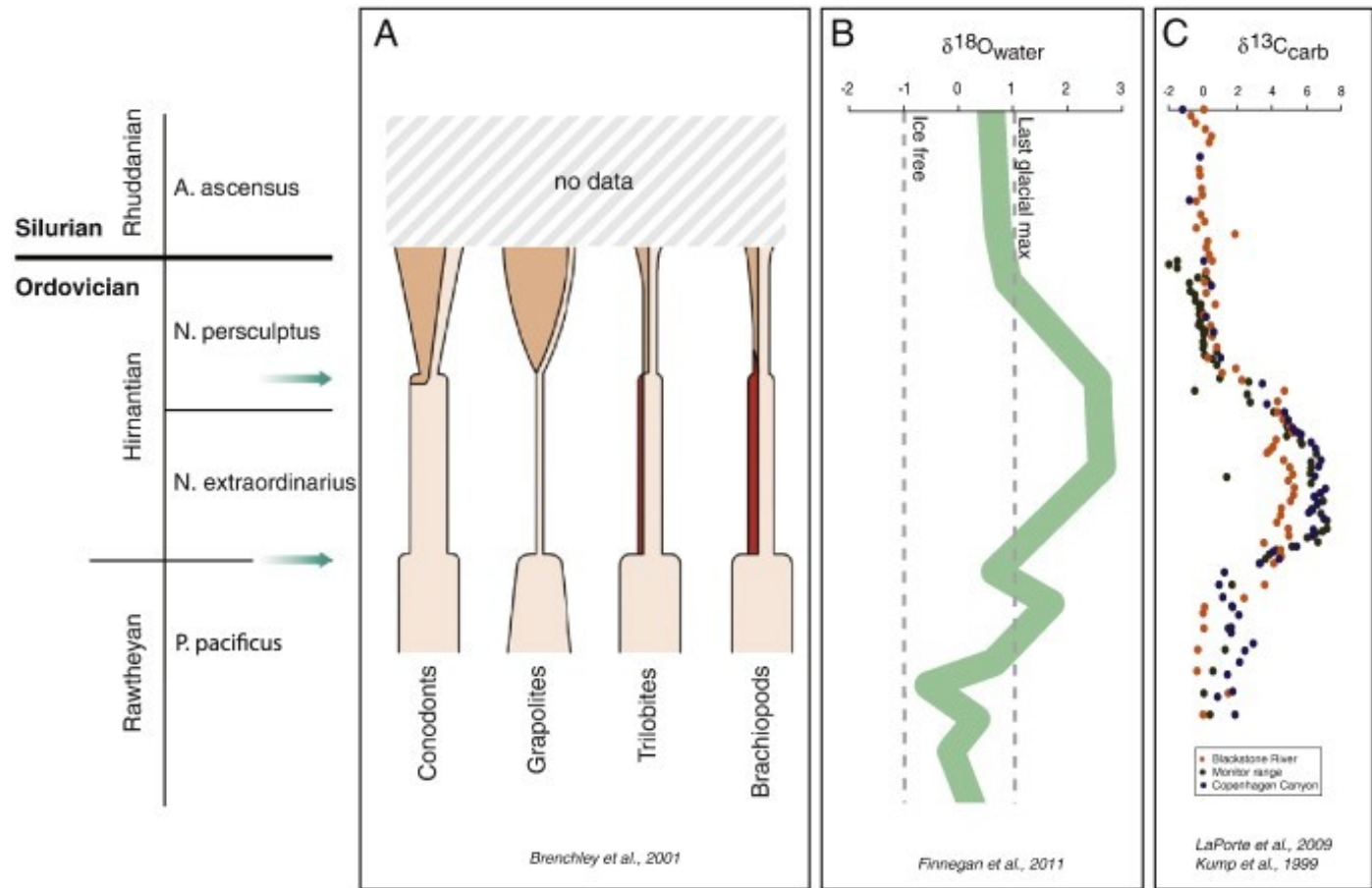


**Křivky povrchové teploty oceánských vod (Or-Si)
a diverzity živočišných rodů (Gutmann, 2008)**

Grafické vyjádření změn diverzity ve sv. ordoviku (viz – snížení i revitalizace u různých skupin různé)

ordovik silur

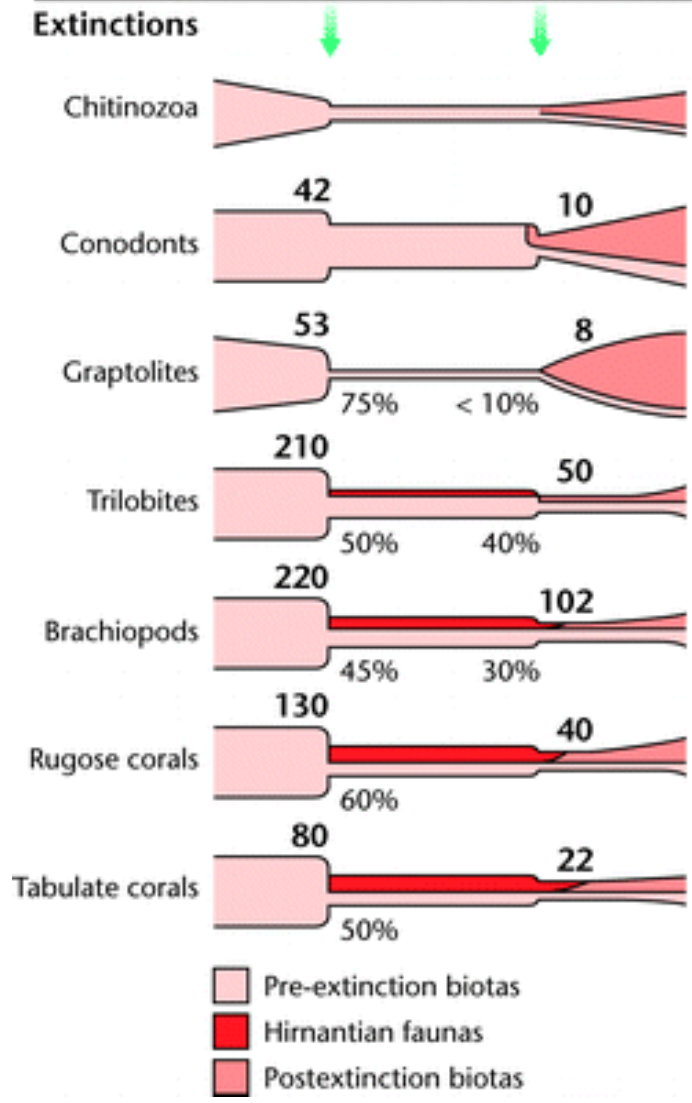




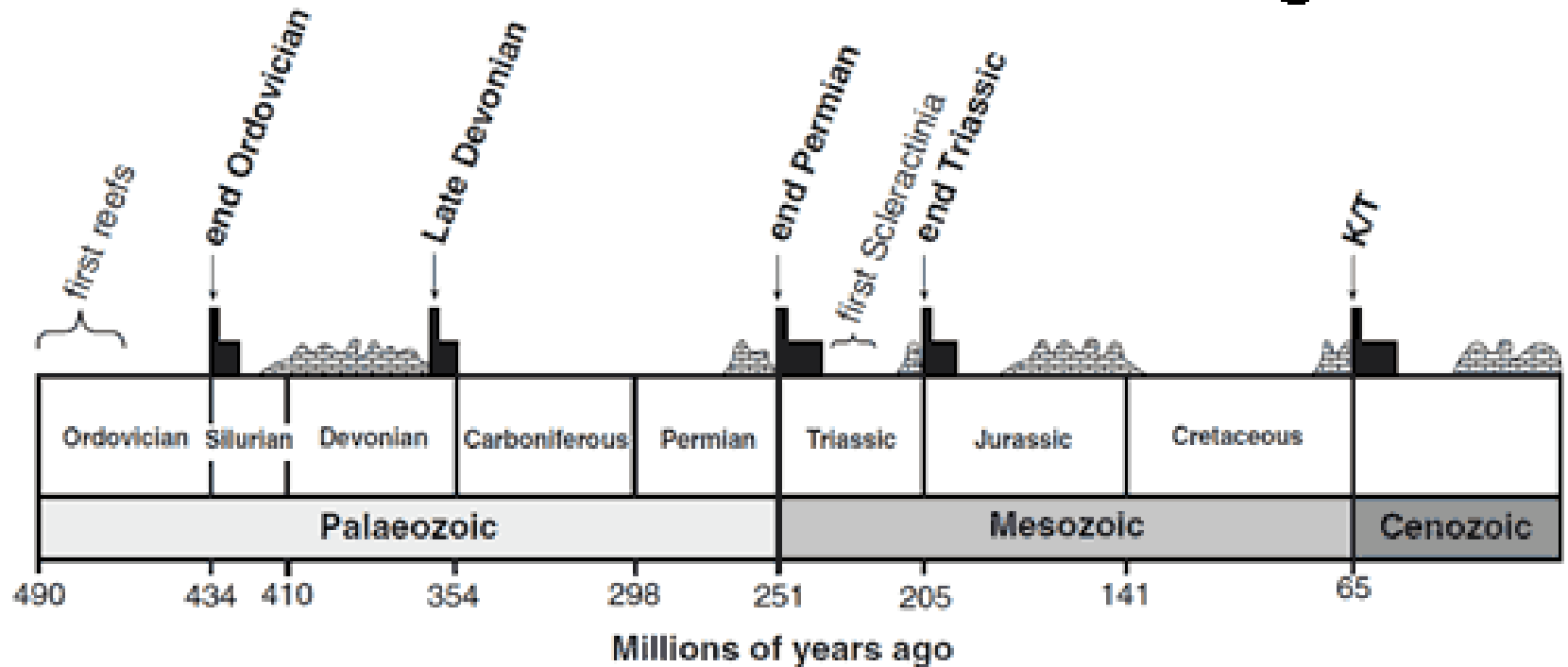
Pokles diverzity (Conodota, Graptolita, Trilobita, Brachiopoda) a křivky izotopů O18 a C13 (Hammarland et al. 2012)

Kvantifikace redukci některých skupin ve sv. Or (Veron, 2008)

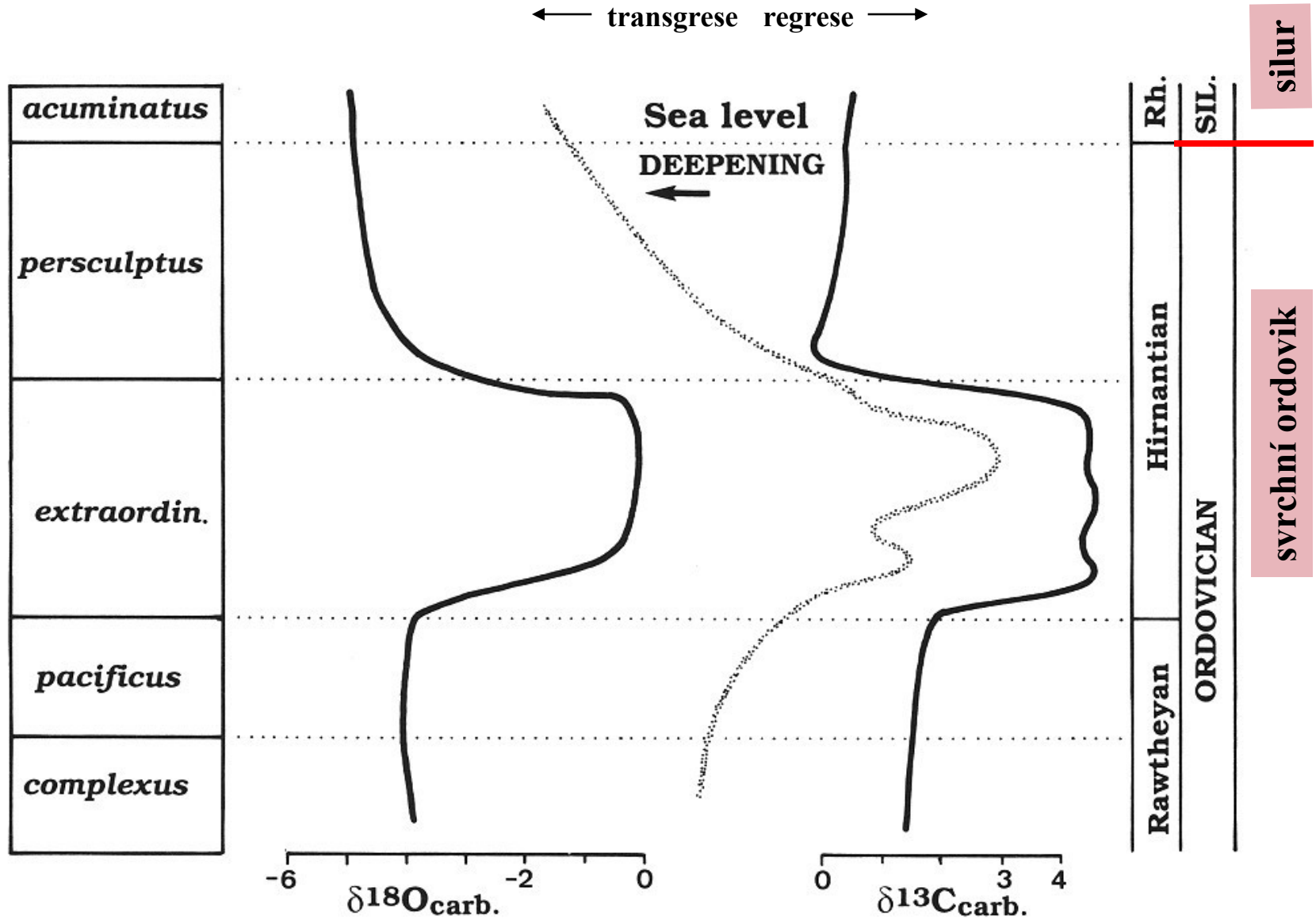
Systems	Ordovician		Silurian	
Stages	Rawtheyan	Hirnantian		Rhuddanian
Biozones	pacificus	extraordinarius	persculptus	acuminatus

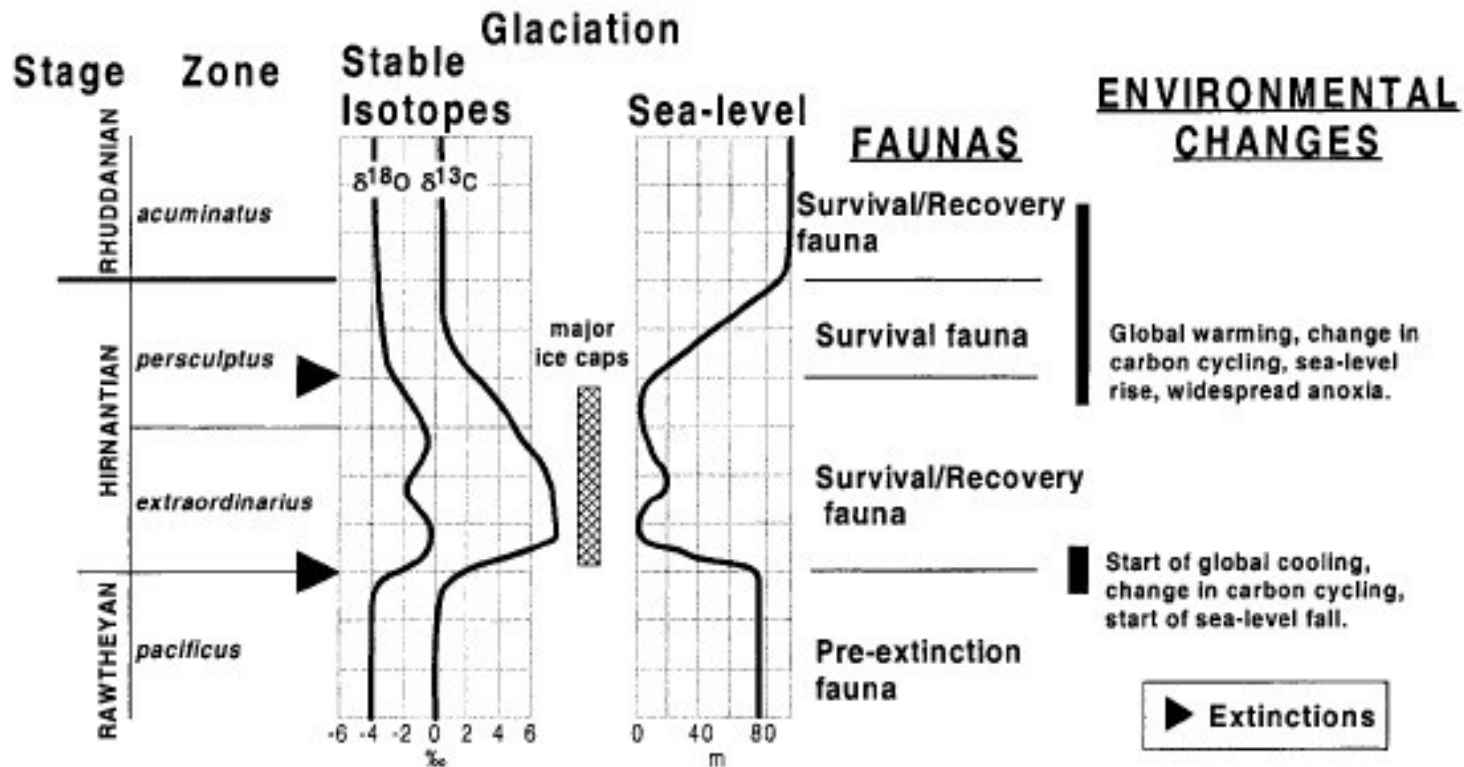


Mass Extinction Events and coral reef growth

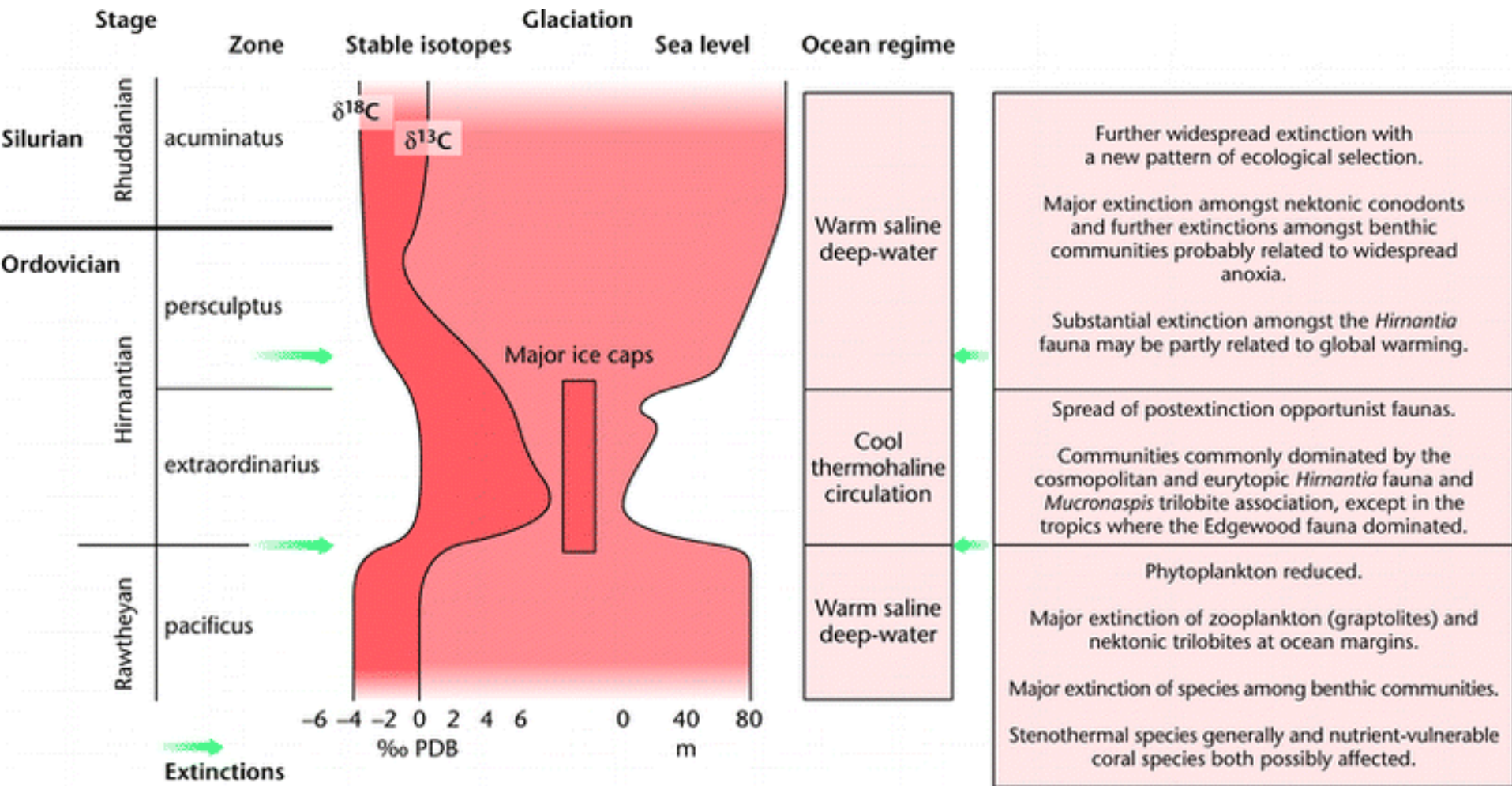


Změny křivky izotopů O a C a eustatické křivky mořské hladiny ve sv. ordoviku

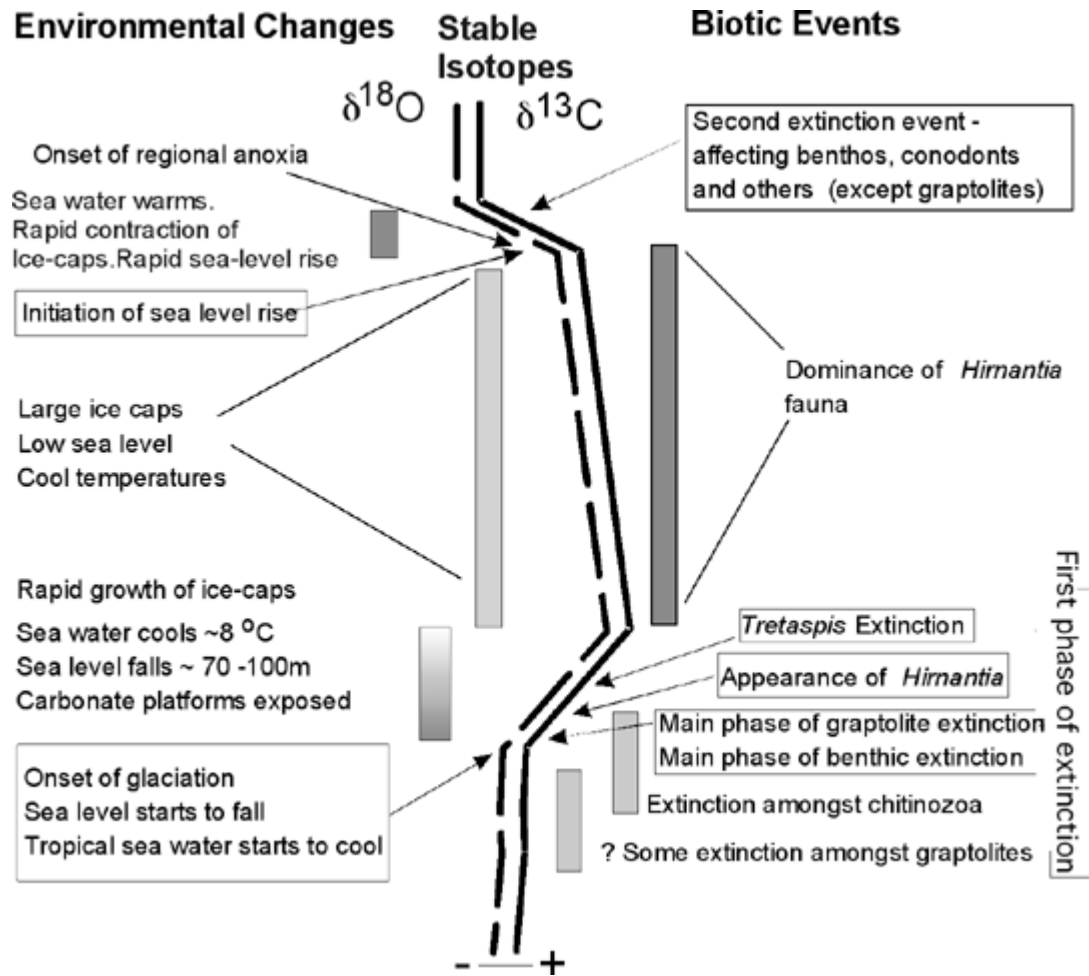




Globální křivky kolísání stabilních izotopů O18 a C13, mořské hladiny a jejich vztah k vymírání (fauny) a změnám prostředí



(Brenchley, 2001)



Souhrn změn v nejvyšším ordoviku (Marshall, 2004)

Vymírání ve svrchním ordoviku

Datace: ~ 444 Ma, ve 2 vlnách spojených s regresí a transgresí oddělených od sebe cca 1 milionem let (druhá vlna ~ 443.4 Ma = Or/Si hranice)

Současná čísla o ztrátách: - 28 % čeledí

- celkem 100 čeledí mořských bezobratlých (60 % všech invertebrat včetně 2/3 brachiopodů a bryzoií)
- 49 % živočišných rodů
- 85 % živočišných druhů

Postižené skupiny: Graptoloidea redukována na pouhé 4 druhy

Trilobita – největší redukce v jejich historii

Conodonta – silně postižena

Brachiopoda - „ „ (~ 1/3 čeledí)

Anthozoa - „ „

Bryozoa „ „ (~1/3 čeledí)

Echinodermata, Nautiloidea, Bivalvia – postižena významně

plankton, bentos

i nekton postiženy

výrazně

- Příčiny:** - snížení obsahu atmosferického CO₂,
- zalednění (Gondwana, pohyb k J pólu, ochlazení, 5 pulsů glaciálů, → posun chladnomilné fauny k rovníku, zánik tropické fauny, anoxie (černé břidlice)
- regrese (voda vázaná v ledu, vyschnutí vnitrokontinentálních pánví) → decimace mělkov. společenstev
- transgrese - opačný postup

V Jordánsku (Batra Formation) pozorována anoxie způsobená odtokem vod ze saharských oblastí po skončení zalednění => fotická zóna (šelf) měla euxinické podmínky pro život (Abbot et al. 2007)

Výkladové hypotézy:

- 1) Silná takonská fáze vrásnění – výzdvih Apalačí, vulkanismus, ten během **hirnantu** mizí – silné zvětrávání a prudké snížení CO₂, to koresponduje s krátkým a rychlým nástupem zalednění
- 2) Výbuch supernovy v blízkosti mléčné dráhy – vzrůst gama záření – zvýšená radiace – decimace ozonové vrstvy



Toto vymírání – čistě terestrické (klimatické) příčiny, žádný impakt, žádný (?) zvýšený globální vulkanismus, období -+ rozptýlených kontinentů, orogeneze jen v Apalačích, přesto je druhé největší (relativně k tehdejšímu životu) ze všech pěti HV

Revitalizace ve spodním siluru poměrně rychlá, nástup diverzifikace útesových společenstev pokračující ještě v devonu (četné útesové vápence)

Použité prameny:

- Benton, M.J., 1997: Vertebrate Palaeontology. – Chapman & Hall, pp.452. London.
- Courtillot, V. , 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Press, pp.173, Cambridge (UK).
- Gould, J.S. (ed.), 1998: Dějiny planety Země. – Knižní klub, Columbus, pp. 256, Praha.
- Hallam, A., Wignall, P.B., 1997: Mass Exctinctions and their Aftermath. – Oxford Univ. Press, pp. 320. Oxford.
- Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R., 1998: Historická geologie. – UP Olomouc, pp. 199. Olomouc.
- Lovelock, J., 1994: Gaia, živoucí planeta. – MF, MŽP ČR, Kolumbus 129, pp. 221. Praha.
- Margulisová, L., 2004: Symbiotická planeta, nový pohled na evoluci. – Academia, pp. 150. Praha.
- Paturi, F. X., 1995: Kronika Země. - Fortuna Print, pp. 576. Praha.
- Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart. Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.
- Pokorný, V. a kol., 1992: Všeobecná paleontologie. – UK Praha, pp. 296. Praha.
- Raup, D.M., 1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.

Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)

