

# Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část V.

## Silur-devon

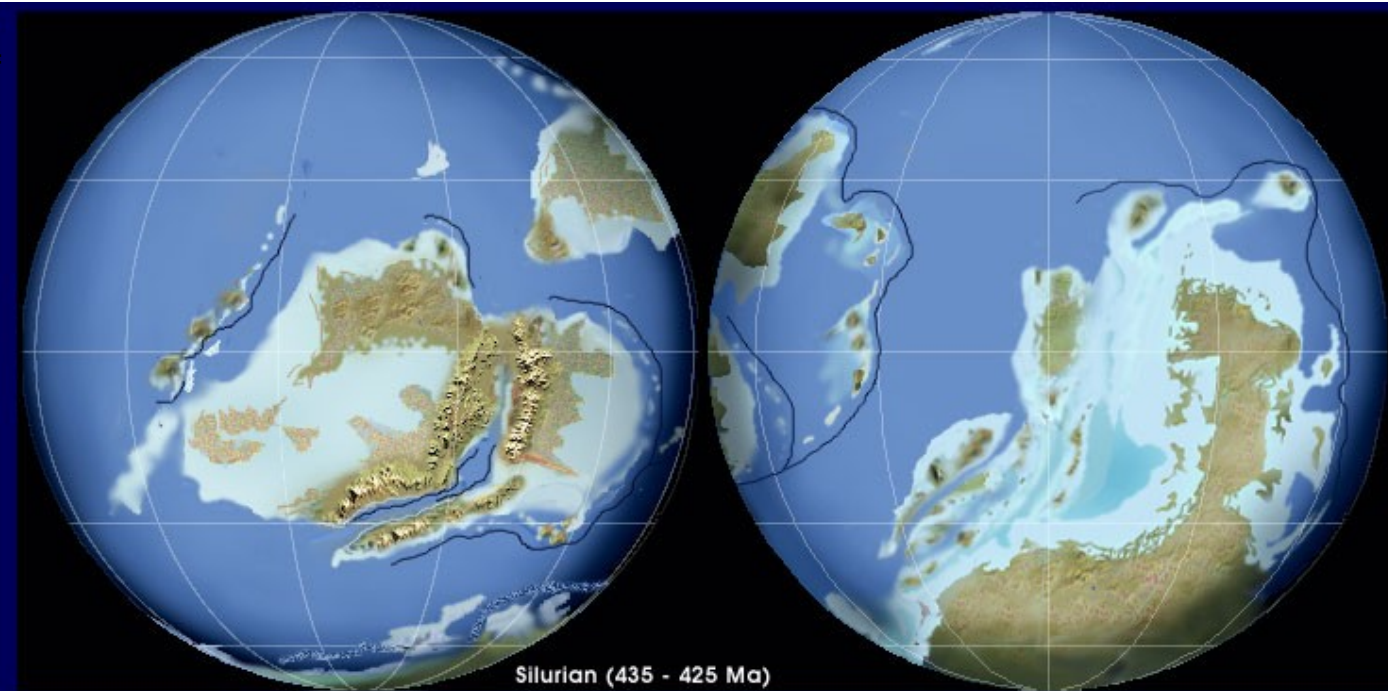
Rostislav Brzobohatý

Hen-výběrovka 07

**SILUR (444-416 Ma) - DEVON (416-360 Ma)**

# SILUR - paleogeografie

- kolize Baltiky, Laurentie = vrcholí kaledonské vrásnění
- vzniká Laurusie, Paleotethys
- Gondwana se suně k S
- fany – kosmopolitní ráz



Middle Silurian 430 Ma



**Virtuální pohled do silurského moře (Burian), z hlavonožců dominují kuželovité „loděnyky“ (*Orthoceras*) – viz ortocerové vápence**



Trs tabulátních korálů rodu *Halysites*, silur USA

**Drsnatí koráli (Rugosa) prožívají v siluru počátek svého vrcholu**

*Tryplasma* sp.,  
solitérní korál, silur,  
Wenlock, Anglie



*Entelophyllum* sp., trs (valoun)



*Entelophyllum* sp., koloniový korál, silur,  
Kentucky

**Porifera – živočišné houby**  
-hrají významnou roli při stavbě  
silurských a devonských útesů

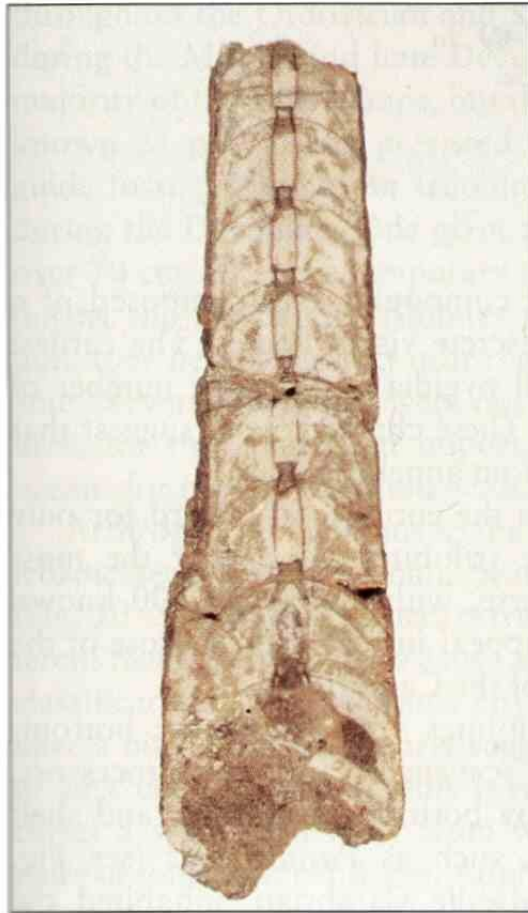


*Astylospongia*, silur

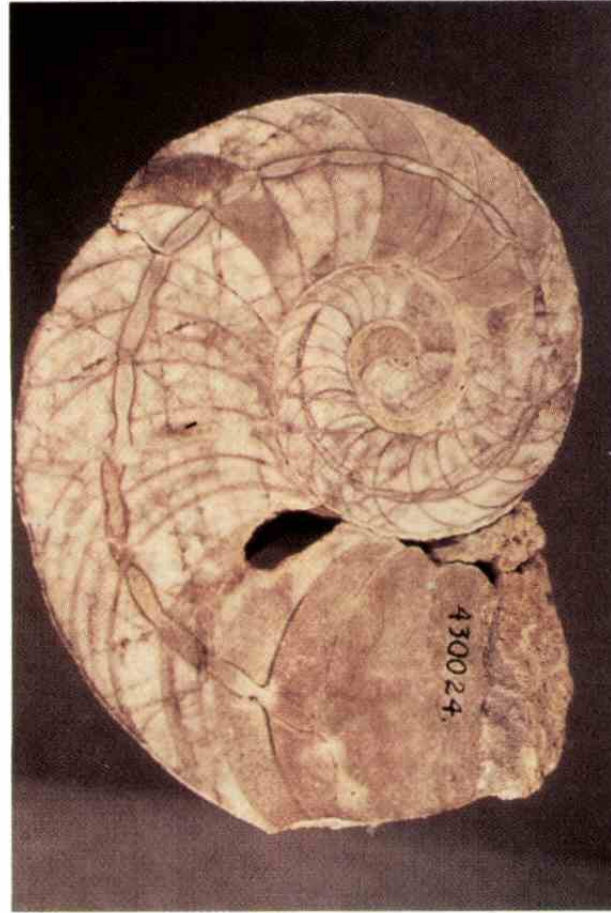


*Caryospongia*, silur

## Loděnký – významná součást nektonu, predátoři



A



B

**FIGURE 10–46** Variation in conch shape among early Paleozoic nautiloid cephalopods. Both of these specimens are from the Silurian of Bohemia. (A) A sawed and polished section of the straight conch of *Orthoceras potens* showing septa and siphuncle. (B) Sawed and polished section of *Barrandeoceras*, exhibiting a coiled form. Specimen A is 22.5 cm in length; B has a diameter of 18 cm.

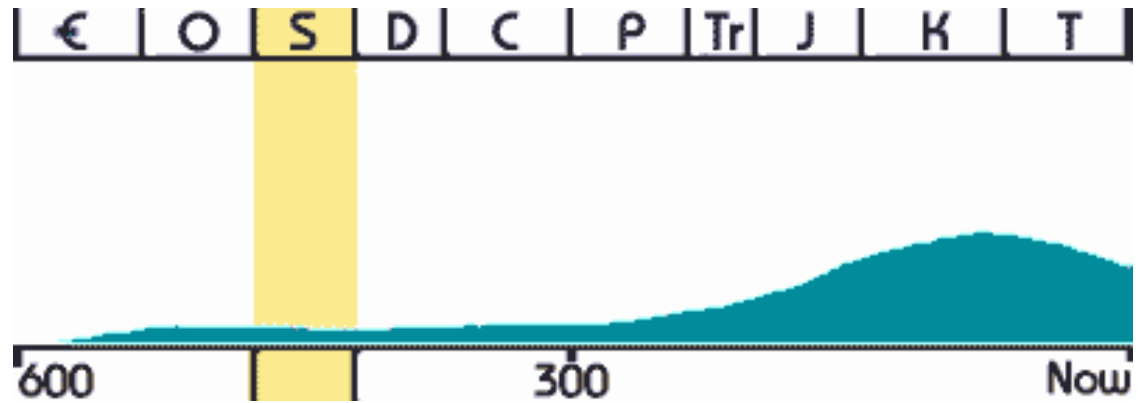
*Orthoceras potens*, silur, barrandien

*Barrandeoceras* sp., silur, barrandien



# BIVALVIA (mlži)

Od ordoviku výrazněji zastoupeni než v kambriu, na svůj výrazný rozvoj však čekají až po ústupu brachiopodů v mesozoiku



*Panenka* sp., silur, barrandien



*Cardiola cornucopiae*, silur, barrandien

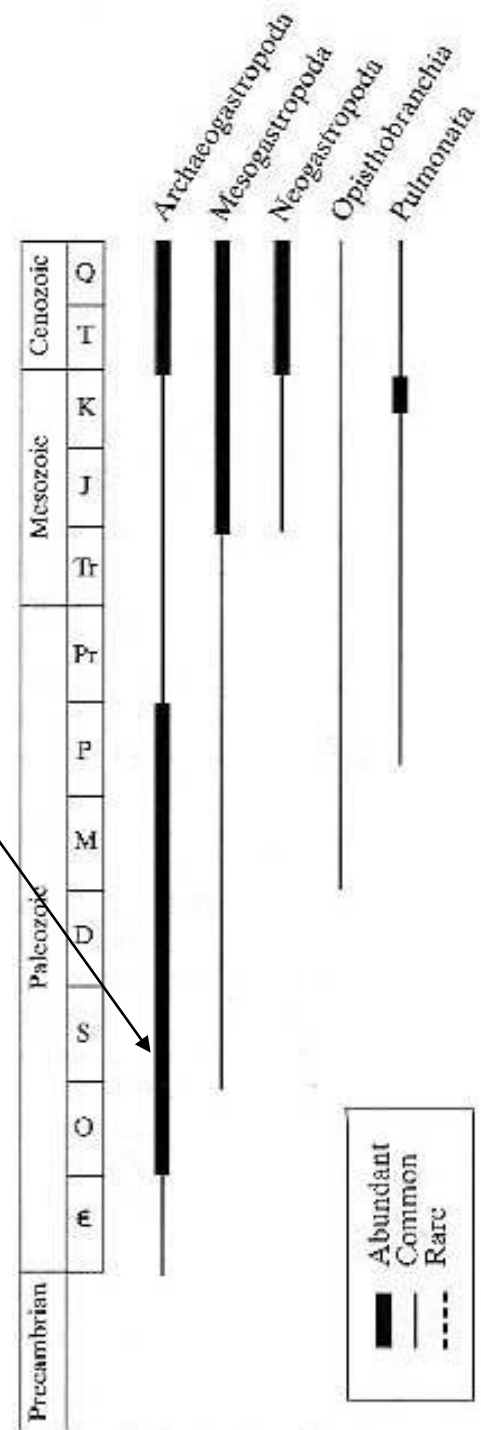
Gastropoda – nastupují již v kambriu, nehrají však výraznou roli před svrchním paleozoikem, v siluru dominují v této skupině starobylí plži

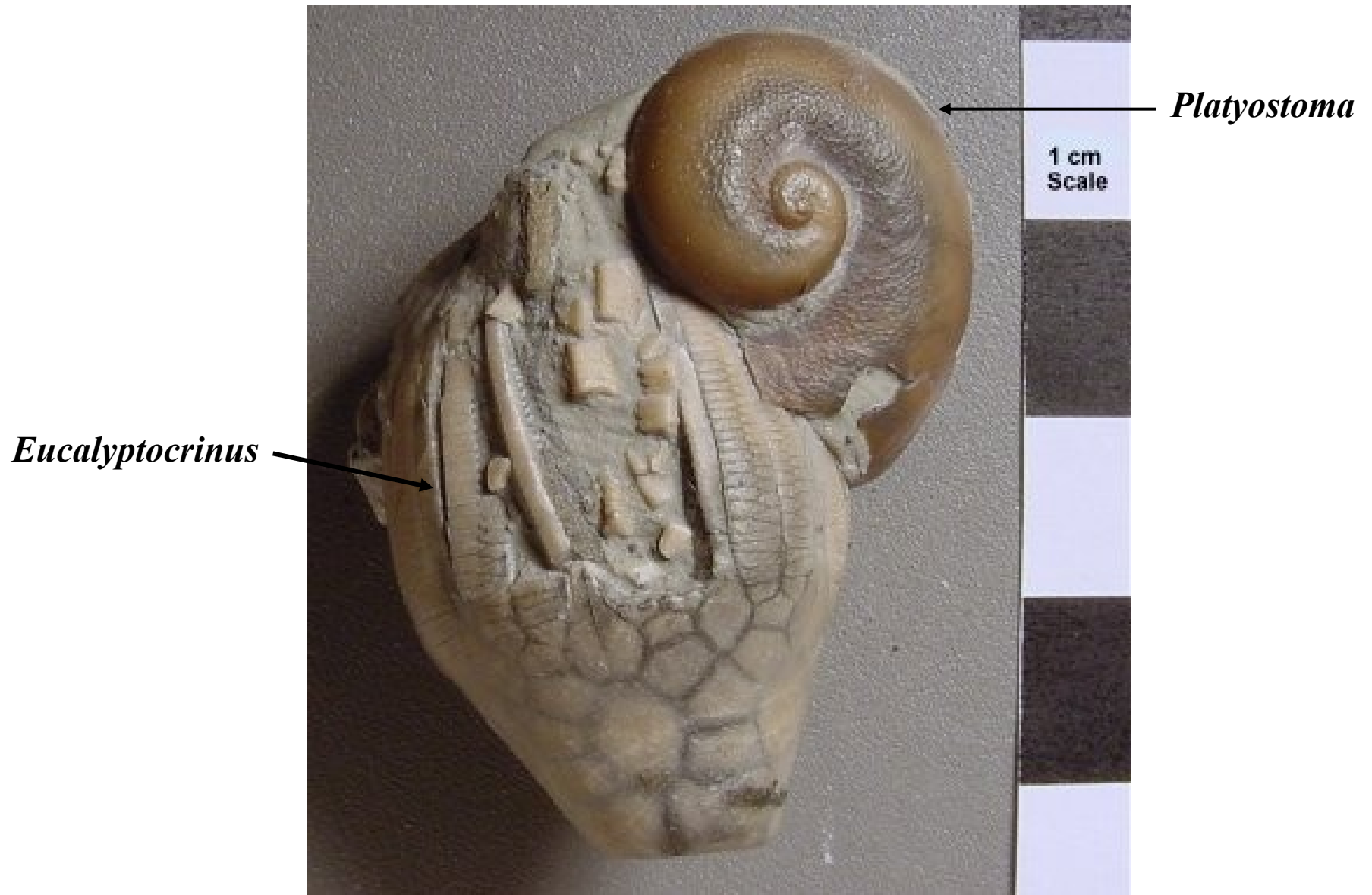


*Platyceras*, silur, barrandien



*Oriostoma dives*, silur, Praha





*Platyostoma* (gastropod) sedící na lilijci *Eucalyptocrinus*  
(častý případ symbiosy) v silurském moři , USA



***Rhynchonella*, Brachiopoda, silur**

„Cystoidea“ – jablovci, ostnokožci bez radiální souměrnosti, mořský bentos, nástup v ordoviku, vymírají v devonu



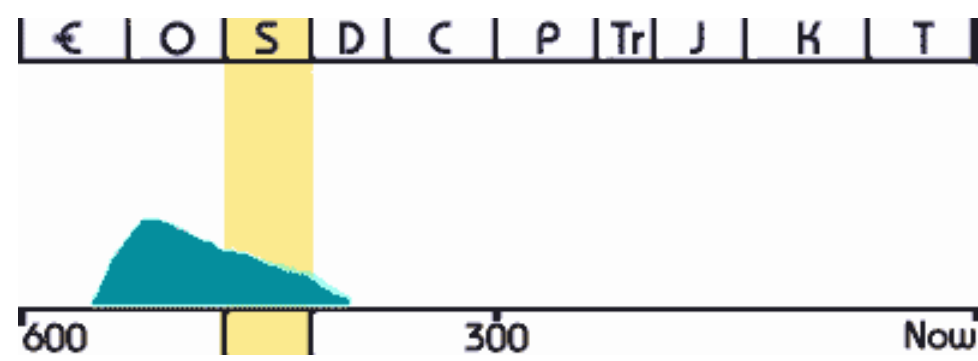
*Holocystites scutellatus*, silur, USA

**Trilobiti v siluru ustupují, mají však stále ještě stratigrafický význam**



*Aulacopleura konincki*,  
silur, Loděnice, barrandien

**Graptoloidea - graptoloidi, v siluru největší rozvoj planktonních forem, tvorba černých graptolitových břidlic, anoxie, nedostatek detritofágního bentosu**



*Monograptus* sp., silur



**Silur- graptolitové břidlice, barrandien**



*Demirastrites* sp., silur, Sevilla



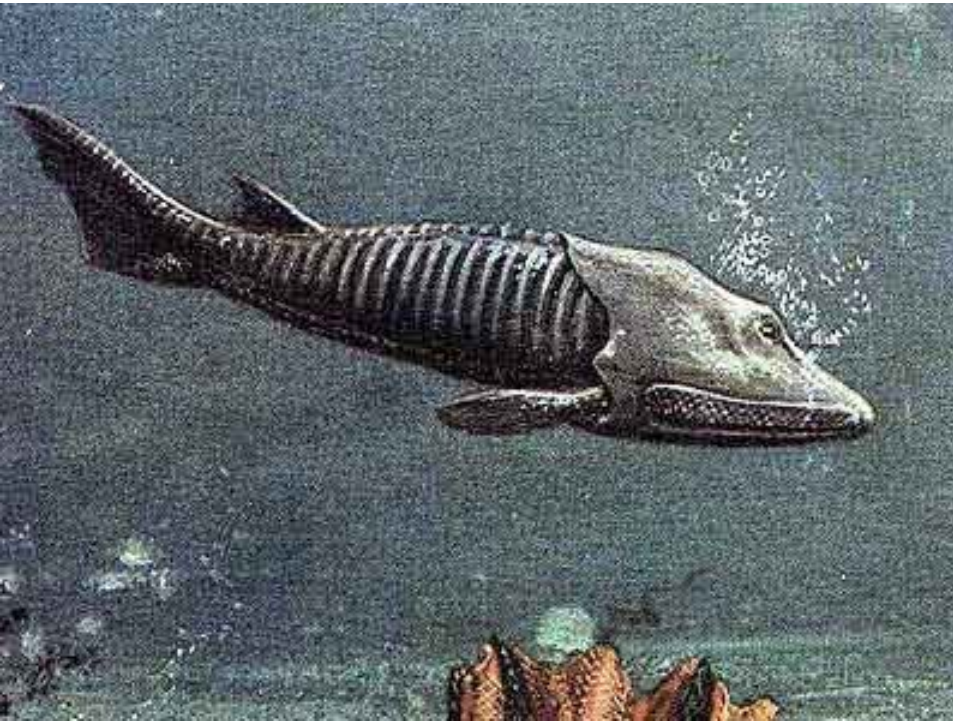
*Monograptus planus*, silur, Sevilla

## AGNATHA (bezčelistní):

- rybovité formy, často pancéřnaté kožní kosti,
- pohyb po dně i dobří plavci
- kambrium-recent (v současnosti jen kruhoústí)
- velký rozvoj v ordoviku a siluru



**mihule mořská - recent**



**rekonstrukce**

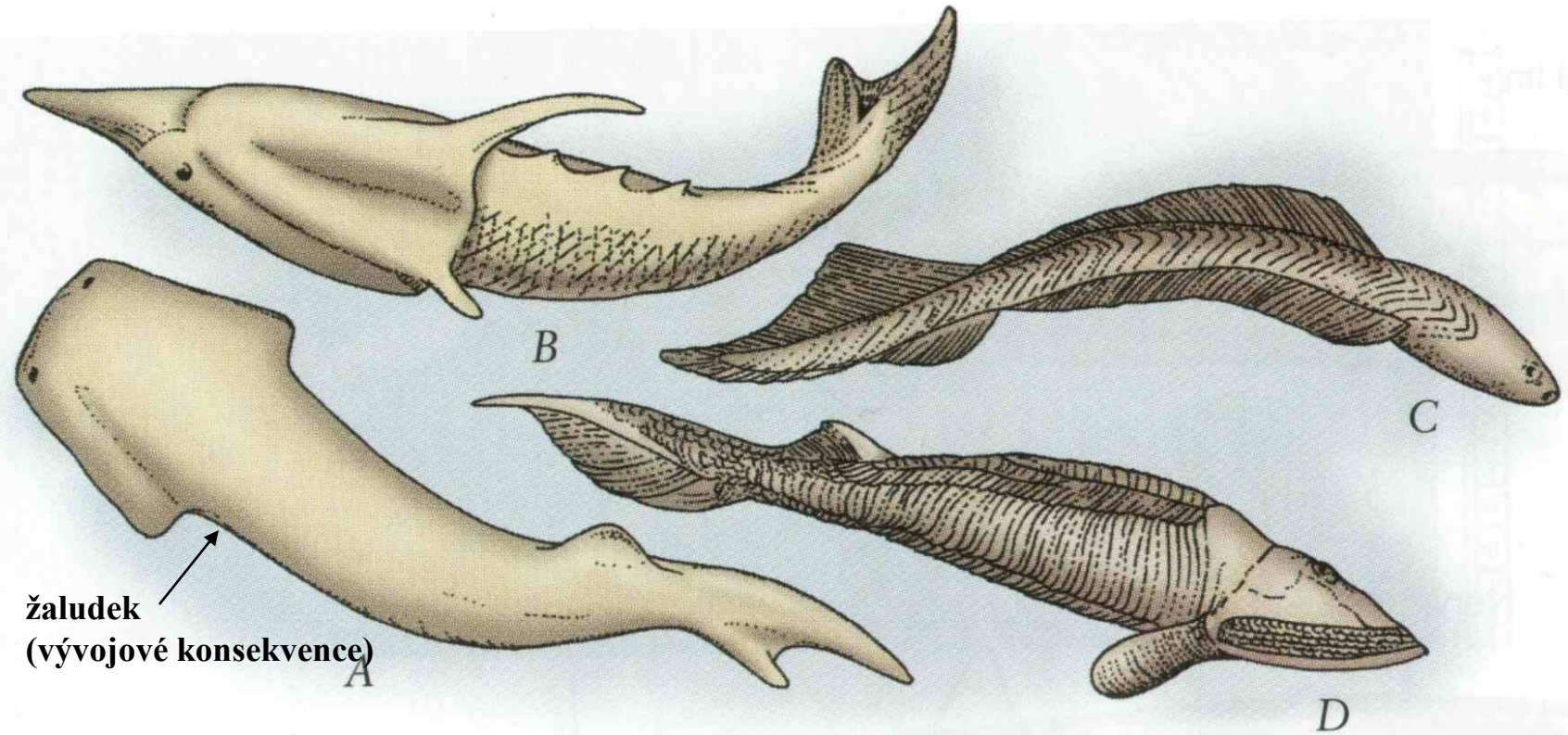


**fosílie**

***Cephalaspis*, silur**

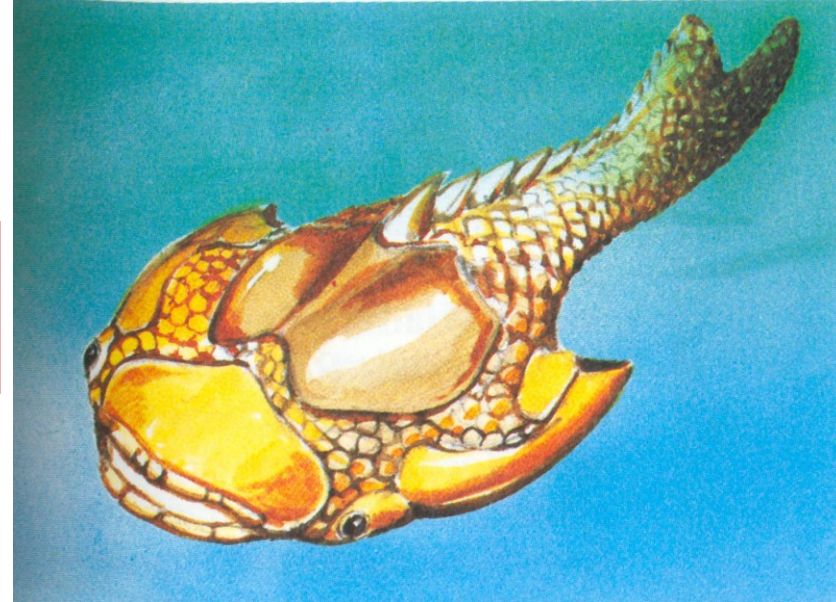


Během siluru se bezčelistní (Agnatha) rozrůžňují a dosahují maximum své diversity, z chrupavčitých žaberních podpor vznikají čelisti – nástup čelistnatců (Gnathostomata)

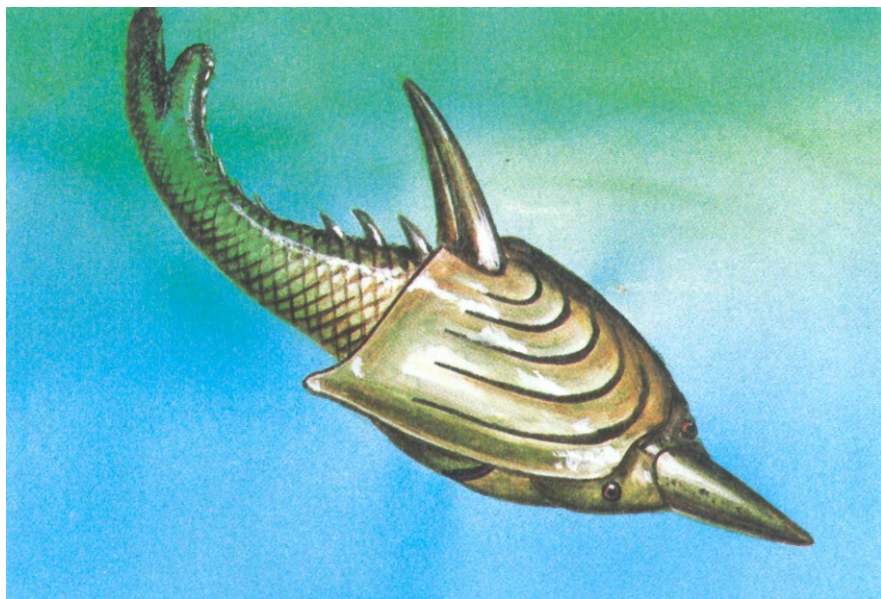


**FIGURE 10-66** The early Paleozoic ostracoderms. (A) *Thelodus*, (B) *Pteraspis*, (C) *Jamoytius*, and (D) *Hemicyclaspis* drawn to the same scale.

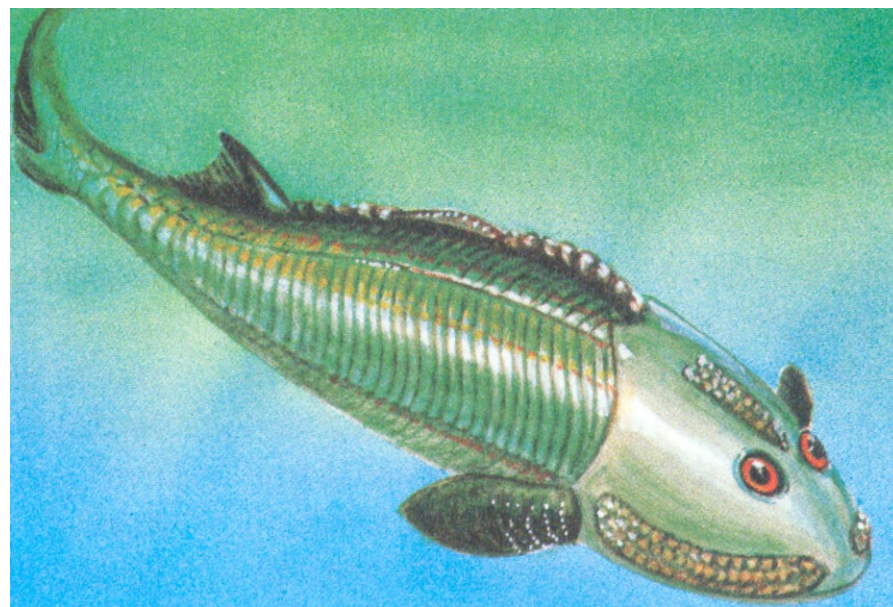
**Barevné interpretace některých  
bezčelistných ze spodního devonu**



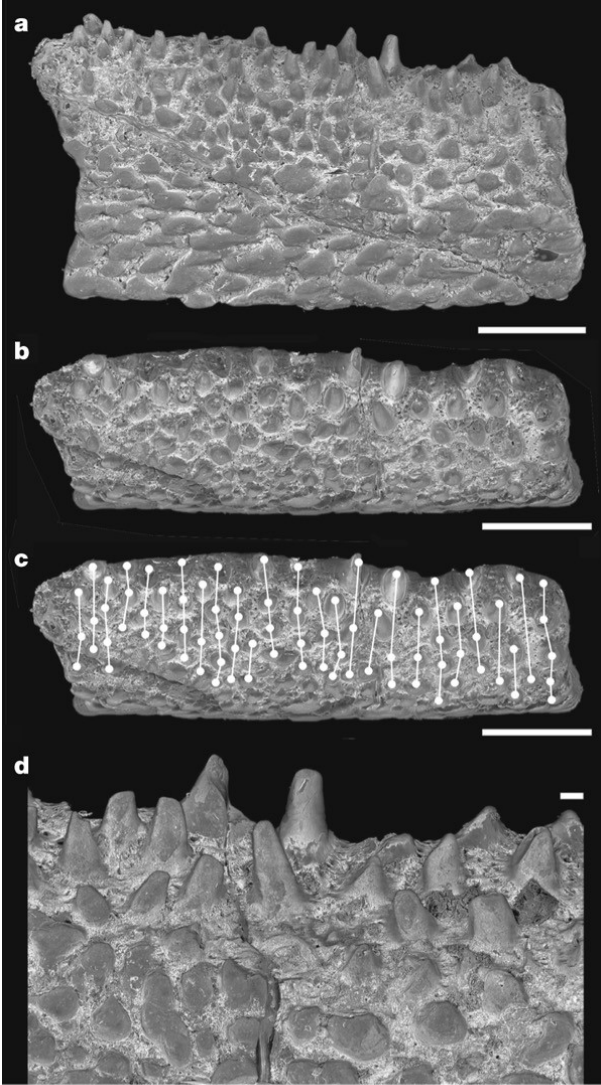
*Drepanaspis*



*Pteraspis*

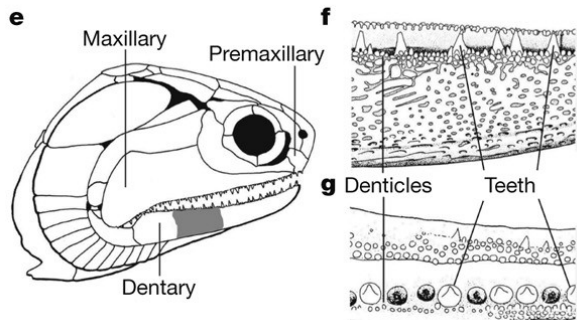


*Hemicyclaspis*



*Andreolepis hedei*, svrchní silur, Pobaltí

- nejstarší doložená kostnatá ryba (Osteichthyes)



# Výtrusné rostliny opouštějí vodu (Psilophyta)



*Zosterophyllum rhenanum*

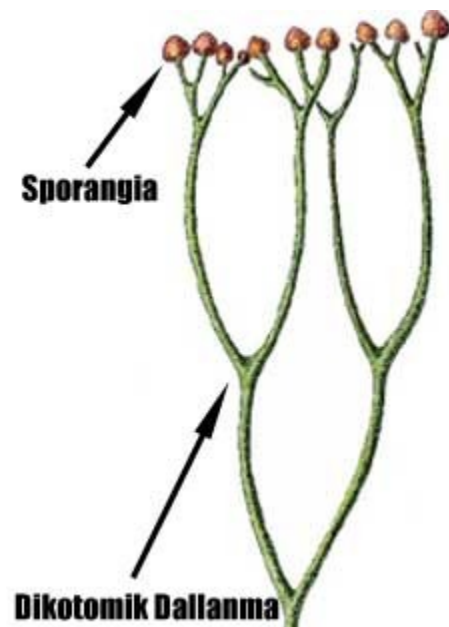
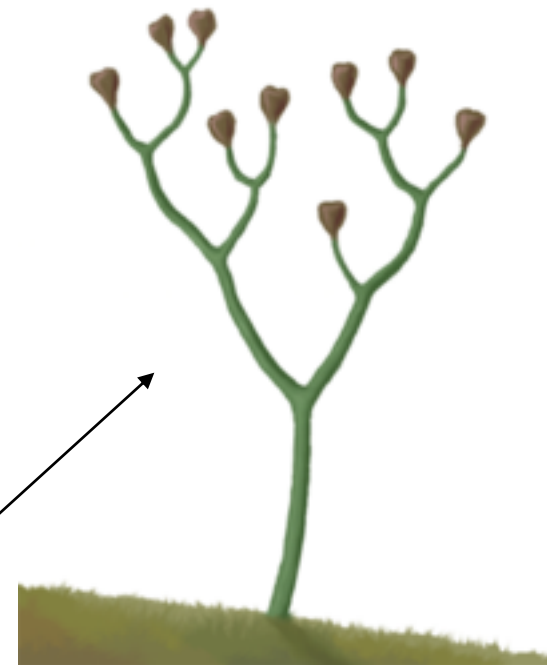
*Rhynia major*

*Coocksonia* sp.



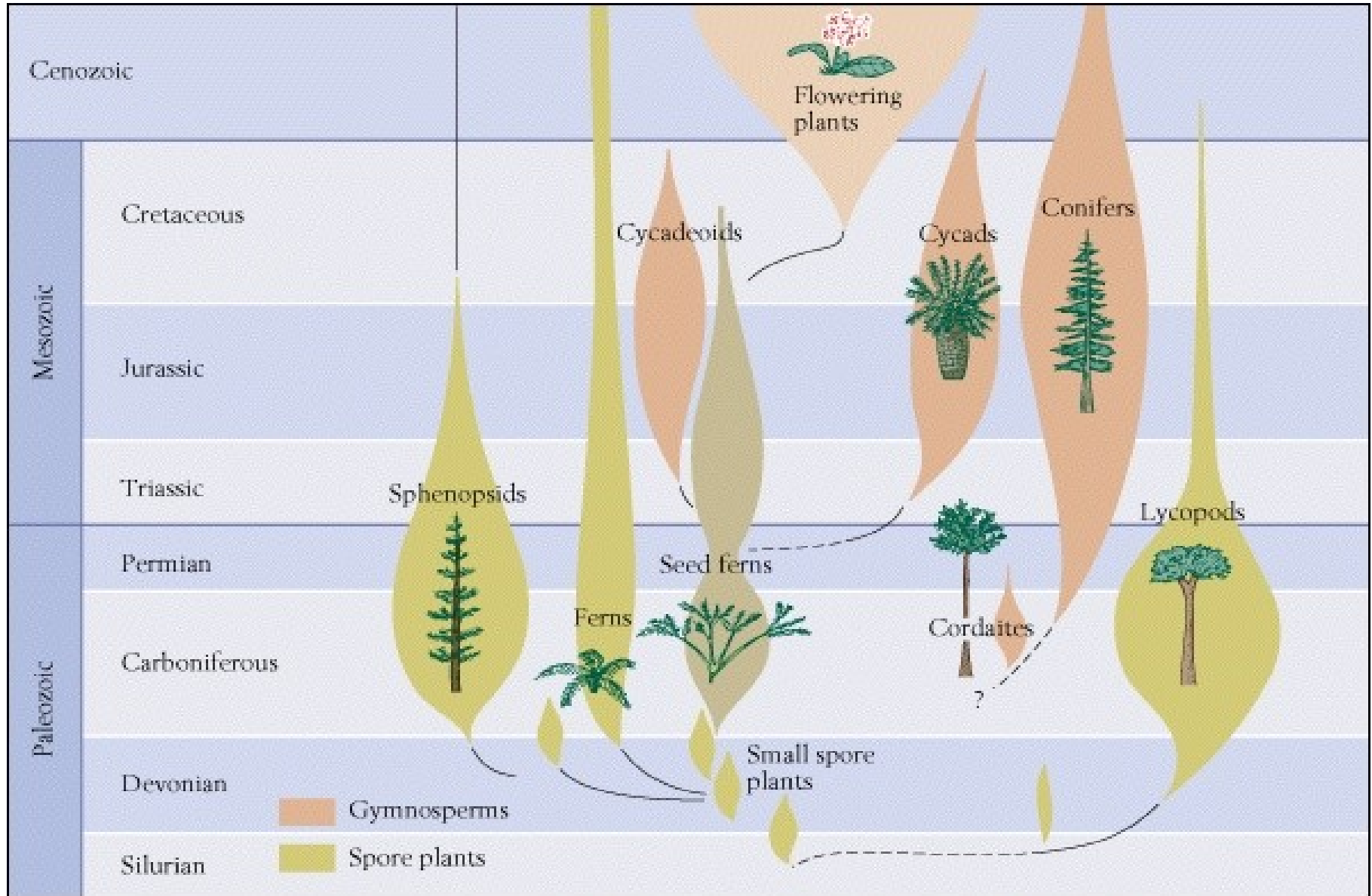
*Cooksonia caledonica*, V. New York,  
silur

rekonstrukce



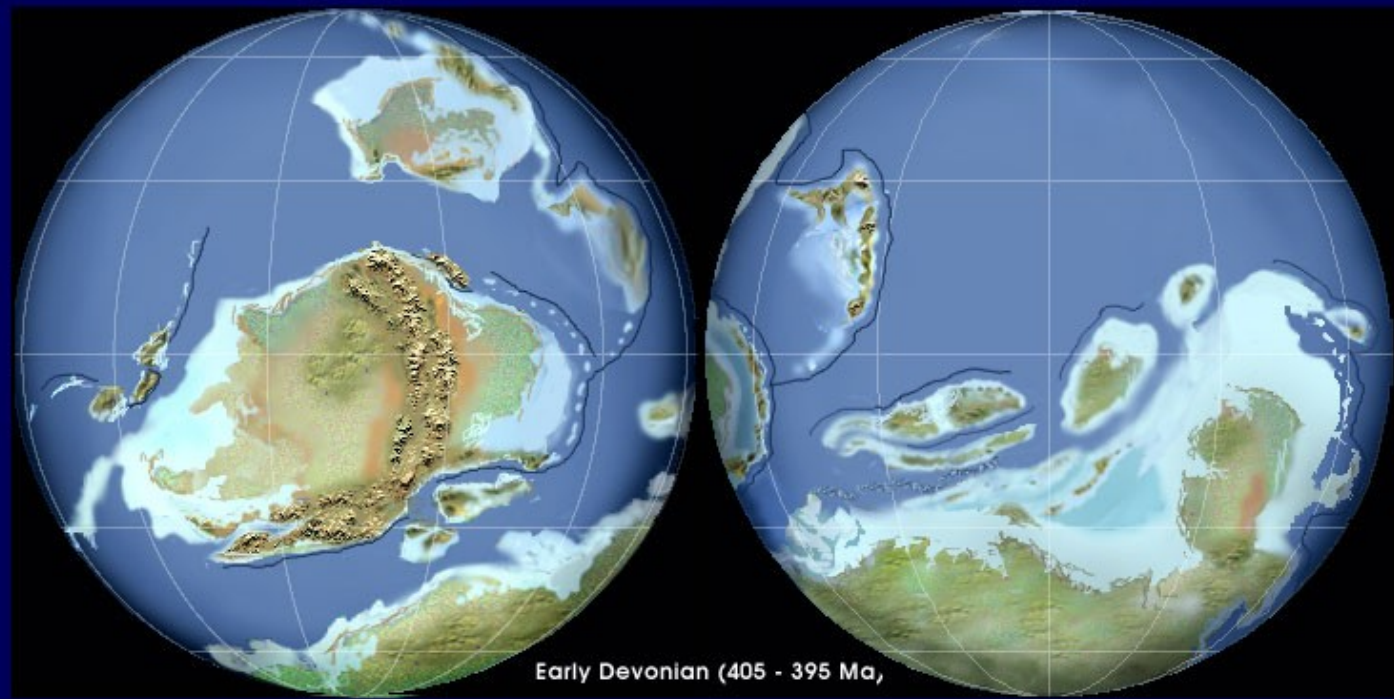
Dikotomik Dallahma

# Vývojové schema cévnatých rostlin



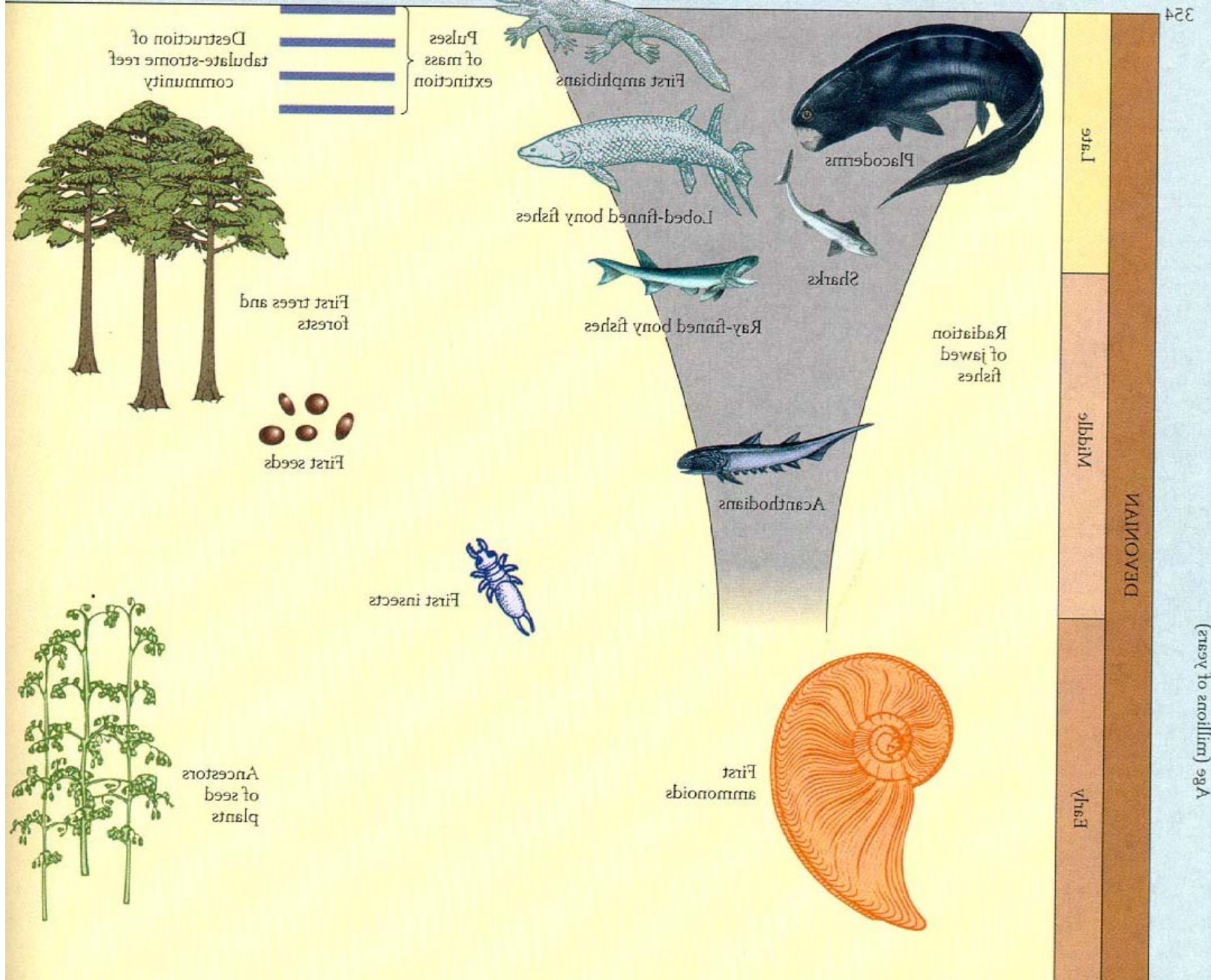
# DEVON - paleogeografie

- kolem rovníku „Old Red“ kontinent
- většinou teplé aridní klima
- útesové vápence
- v závěru ochlazení a opětné oteplení



Early Devonian 400 Ma

# Průběh života v devonu





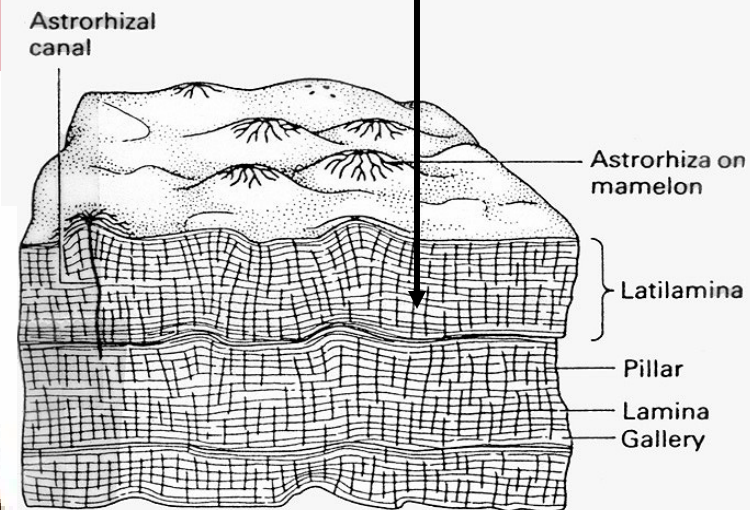
## Stromatoporoidea – koloniální organizmy s vápnitou kostrou dnes řazené k houbám

- jejich bočníkovité, povlékové trsy jsou charakteristické laminovanou stavbou
- v siluru a devonu patří k nejdůležitějším útesotvorným organizmům
- ve svrchním devonu jsou výrazně postiženy vymíráním a tím se mění ráz útesů ve mladším paleozoiku.



irregular shape

*ACTINOSTROMA CLATHRATUM*  
Nicholson; Middle Devonian; UK.



*Actinostroma clathratum* Nich.,  
střední devon,  
Anglie

**Četné devonské vápence s faunou se používají jako okrasné kameny**



**Rekrystalované trsy rugózních korálů, Petoskey, devon**

**Gastropoda – pokračují starobylé skupiny. Rod *Tubina* je charakteristický pro svahy spodnodedevonských útesů**

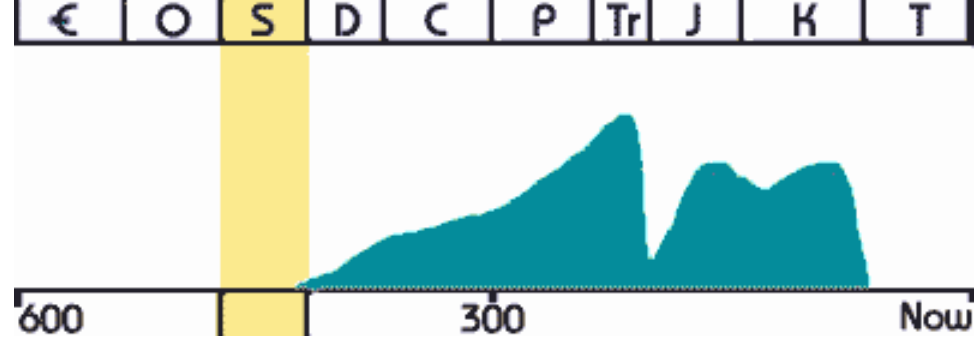
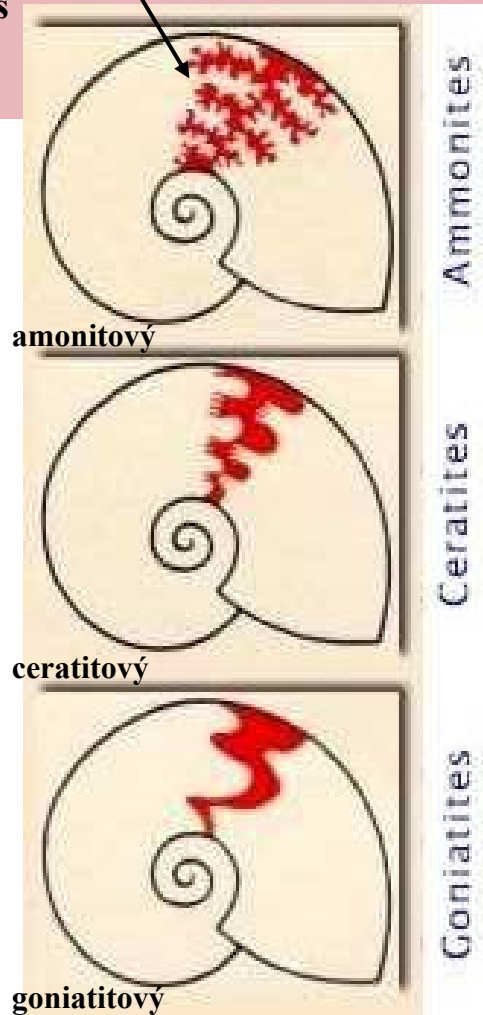


***Tubina armata*, sp. devon, Koněprusy**

# Ammonoidea – amoniti

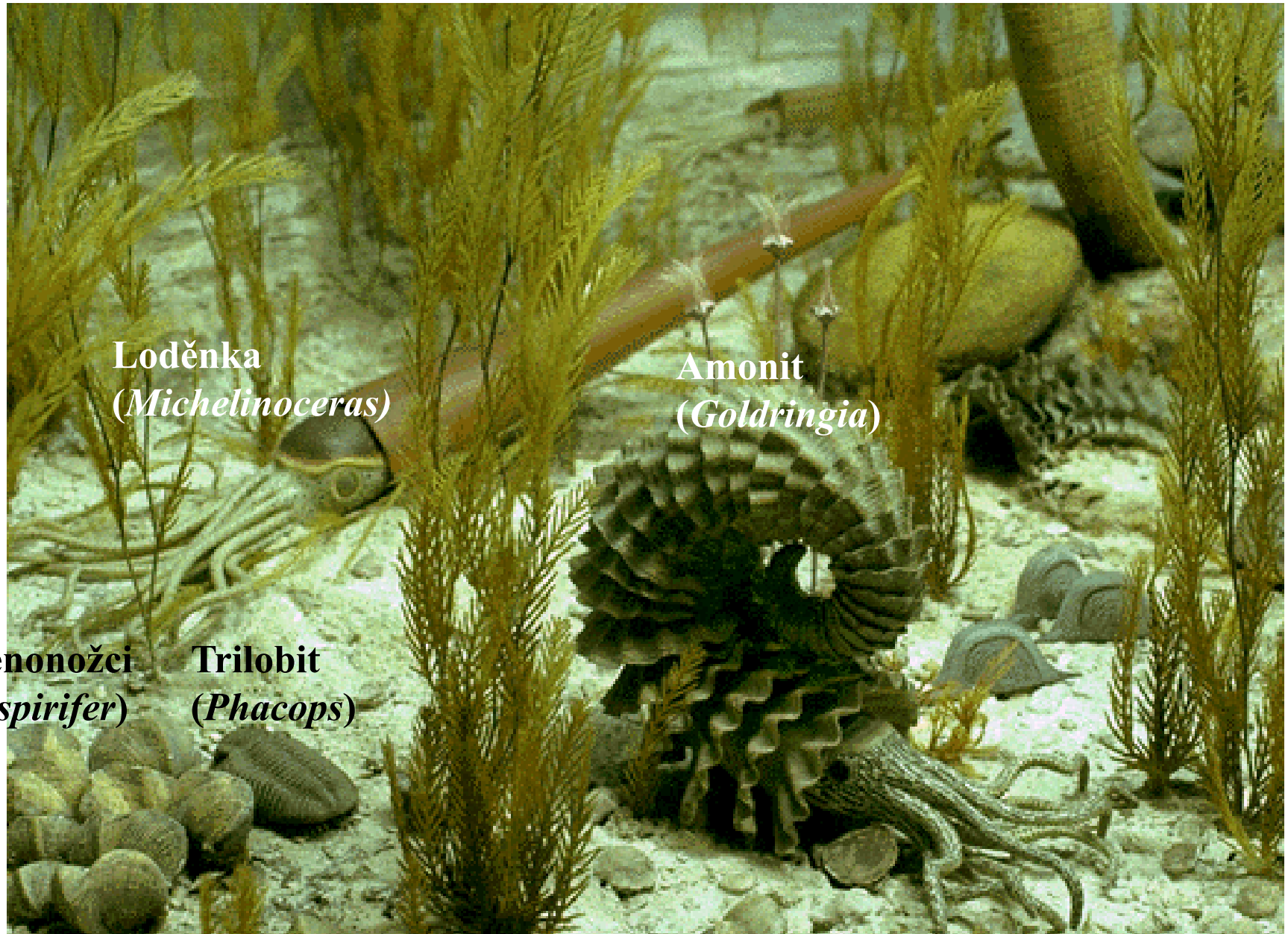
- nastupují ve **sp. devonu**,
- v nektonu postupně přebírají roli loďčkovitých
- septální švy se v čase stávají složitějšími (stratigrafie)

čas



*Clymenia* – rod typický pro svrchní devon

# Pohled do devonského moře na život bezobratlých



Loděnka  
(*Michelinoceras*)

Amonit  
(*Goldringia*)

Ramenonožci  
(*Paraspirifer*)

Trilobit  
(*Phacops*)

# Brachiopoda

-v devonu prožívají nový rozkvět,  
dosahují maxima své diverzity



10 mm



*Stringocephalus*, devon  
(rod hojně zastoupený ve středním  
devonu např. Moravského krasu)

# Trilobita

- Na počátku devonu  
prožívají poslední rozvoj

- Typické rody:



*Phacops*



# *Odontochile*



*Reedops*

Rody podtřídy Phyllocarida jsou v devonu typickým zástupcem rakovců (dnes přežívá jediná čeleď fylokaridů)



*Nahecaris steurtzi*, Malacostraca, Phyllocarida, Budenbach, devon  
(Německo, Hunsrück)



# Insecta - hmyz

Nejnovější nálezy ukazují, že původ hmyzu musíme hledat již během siluru (438-408 Ma)

Dokládá to spodnodevonská *Rhyniognatha hirsti*, která zastupuje již relativně vyvinutého zástupce hmyzu (snad ? okřídleného)

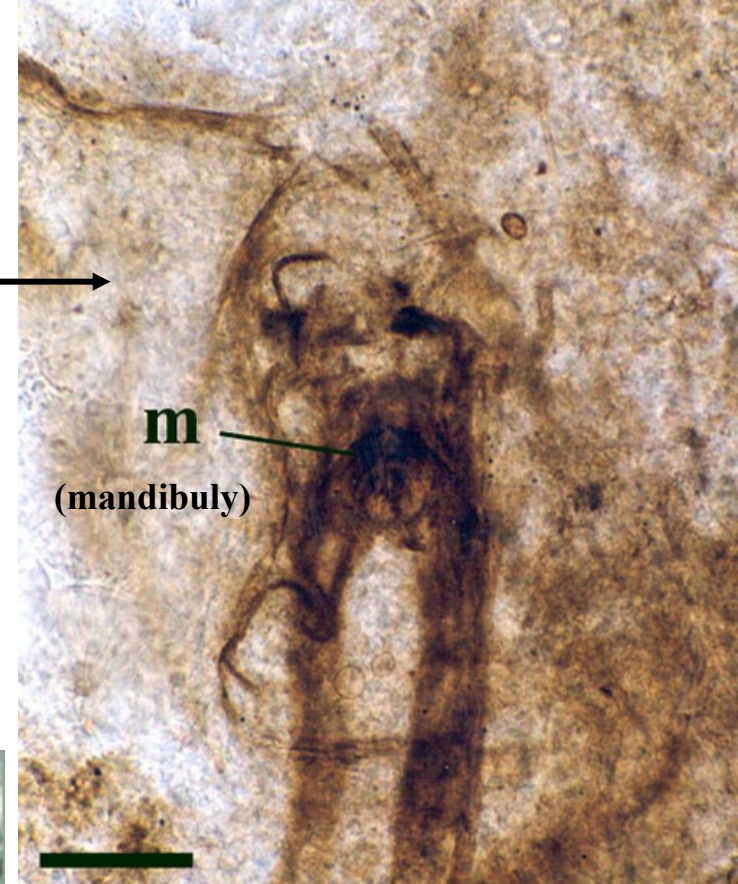
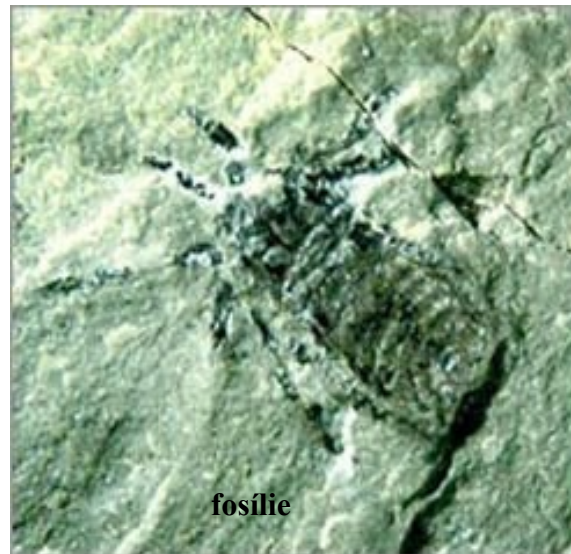
Mimo to jsou v devonu doloženy četné zbytky bezkřídleho hmyzu (chvostokoci) a také

# Arachnida - pavoukovci

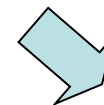
(devonští zástupci patří dnes do vymřelého řádu Uraraneida [devon-perm] netkali ještě pavučiny, vlastní pavouci, Araneida, nastupují až od karbonu – *Palaeothele montceauensis* - Francie)



*Gigantocharinus*, svrchní devon



*Rhyniognatha hirsti*  
Rhynie, Skotsko,  
sp. devon



Členovci osidlují souši

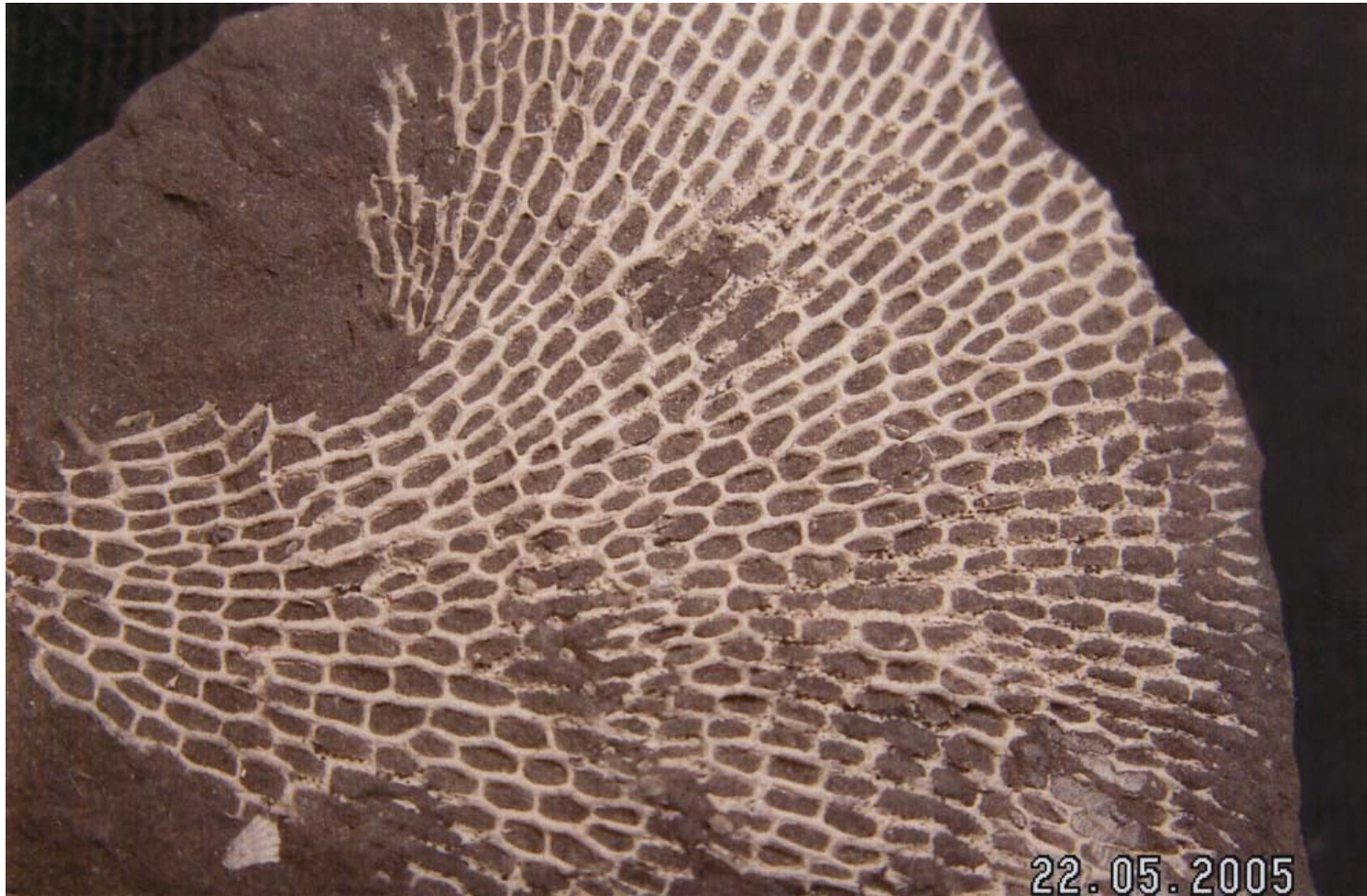
# Bryozoa

- i v devonu mají významný podíl na stavbě útesů



*Fenestella althaea*

**plochá kolonie fene-  
stelidních mechovek,  
sp. devon,  
New York**

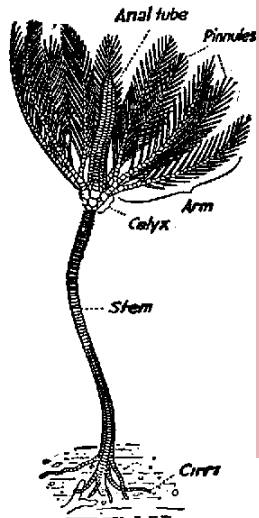


*Fenestella* sp., devon

# Echinodermata (ostnokožci)

## Crinoidea (lilijice)

- kambrium-recent
- velký rozvoj v siluru až do konce paleozoika
- oproti recentu obývaly hlubší vody
- planktonní rod *Scyphocrinites* (horninotvorný, sv. silur)



často horninotvorná skupina – ukázka nahloučení celých lilijic v krinoidovém vápenci

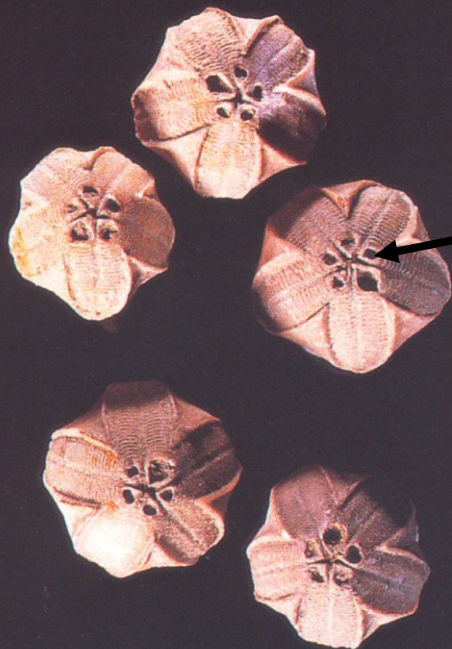


recentní lilijice v moři

**Echinodermata (ostnokožci),  
vymřelá skupina Blastoidea  
(poupěnci)  
sp. kambrium - perm**



fosilie



kalichy



rekonstrukce

*Penremites godoni*  
sp. karbon, Illinois

**Z ostnokožců vedle lilijic hrají výraznou roli v devonu  
i hvězdice – Asterozoa (predátoři na rozvinutých útesech)**



*Devonaster eucharie*

New York,  
střední devon

# Devon = rozdílení různých skupin rybovitých obratlovců



**Bezčelistní neboli Agnatha**  
Prvními obratlovci jsou rybám podobní bezčelistní. Patří k nim různé podtřídy, jako např. Heterostraci, Thelodonti, Osteostraci, Anaspida a Petromyzonida. Do podtřídy Osteostraci náleží zde rekonstruovaný rod *Darmuthia*, který je rozšířen ve svrchním siluru Evropy (Estonsko). Jedinou fosilně zachovanou a tím známou částí těla je široký hlavový štít. Dnes jsou bezčelistní zastoupeni mihulemi a sliznatkami.

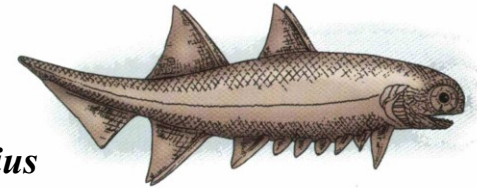
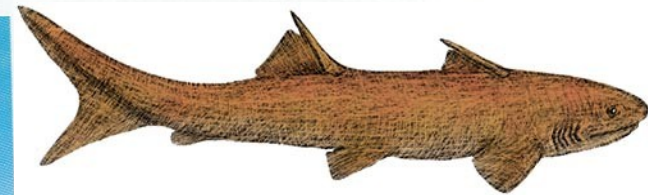
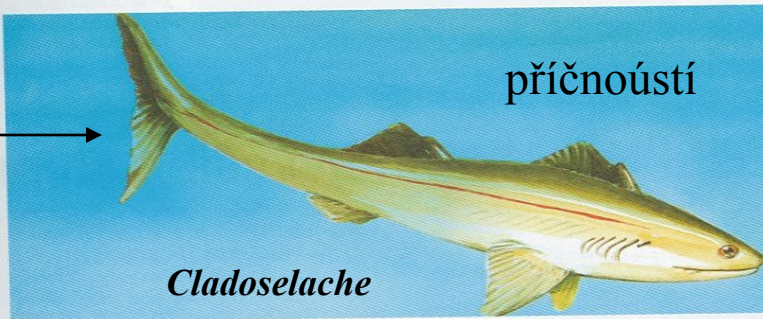


FIGURE 10-67 The Early Devonian acanthodian fish *Climatius*. (After Romer, A. S. 1945. Vertebrate Paleontology. Chicago University of Chicago Press.)



devonu Severní Ameriky (Onto), ale ojet... již ve svrchním siluru. Zástupci mají zuby s více špicemi.

**Ctenacanthus**

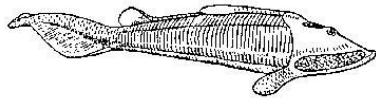
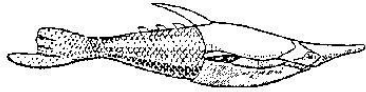
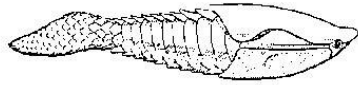


**Úspěšné kostnaté ryby**  
Nejvíce životaschopnými ranými obratlovci jsou ryby kostnaté neboli Osteichthyes. Od nich pochází většina dnes žijících sladkovodních a mořských ryb. Na obrázku je ryba rodu *Myothomasia* ze středního devonu. Tento druh se vyvinul jako sladkovodní ryba pravděpodobně z předchůdců, kteří žili na hranici siluru a devonu, a náleží k paprskoploutvým (Actinopterygii), kteří se liší od lalokoploutvých (Crossopterygii) ganoidními šupinami.

čelistnatí

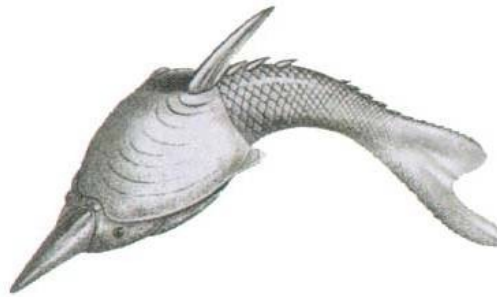


## Ostracodermi



*Pteraspis*

*Cephalaspis*

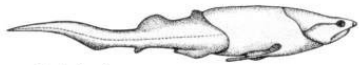


Další ukázky devonských  
bezčelistných

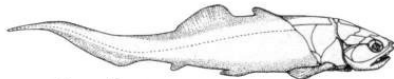
~20  
cm

## Placodermi (Elasmobranchiomorphi)

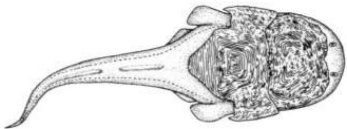
aus Romer & Parsons - Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere



*Arctolepis*



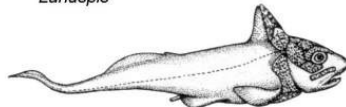
*Coccosteus*



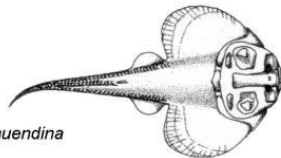
*Phyllolepis*



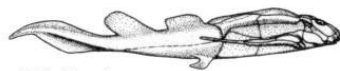
*Lunaspis*



*Ramphodopsis*



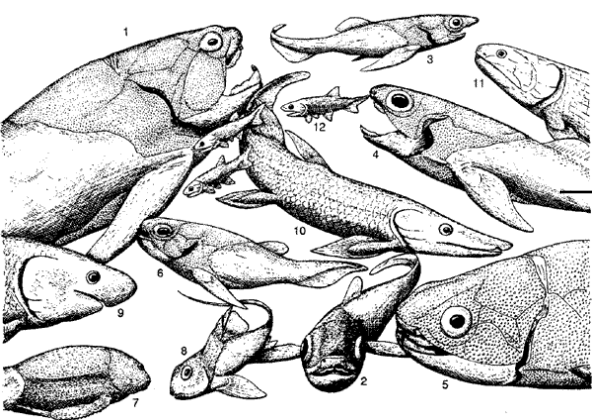
*Gemuendina*



*Bothriolepis*

Další ukázky devonských  
čelistnatců – Placodermi  
(pancířnatí)





Placodermi – velká diverzita

*Incisoscutum ritchiei*  
 devon (~365Ma)  
 Gogo Fm. (Z.Austrálie)



model



nejstarší prokázaná živorodost u vertebrat

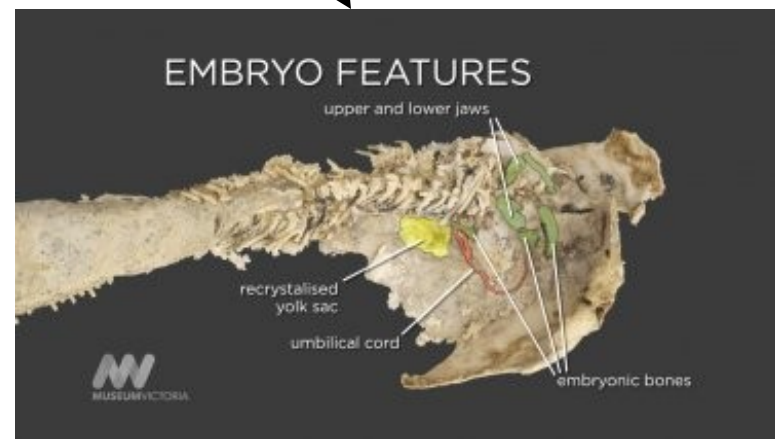
*Materpiscis attenboroughi*  
 Gogo Fm. Austrálie, sv. devon



zachovaná embrya v těle matek



5 cm



(podle Johanson, NHM London, 2009)

# Placodermi - *Dunkleosteus* (pancířnatí)

boční pohled

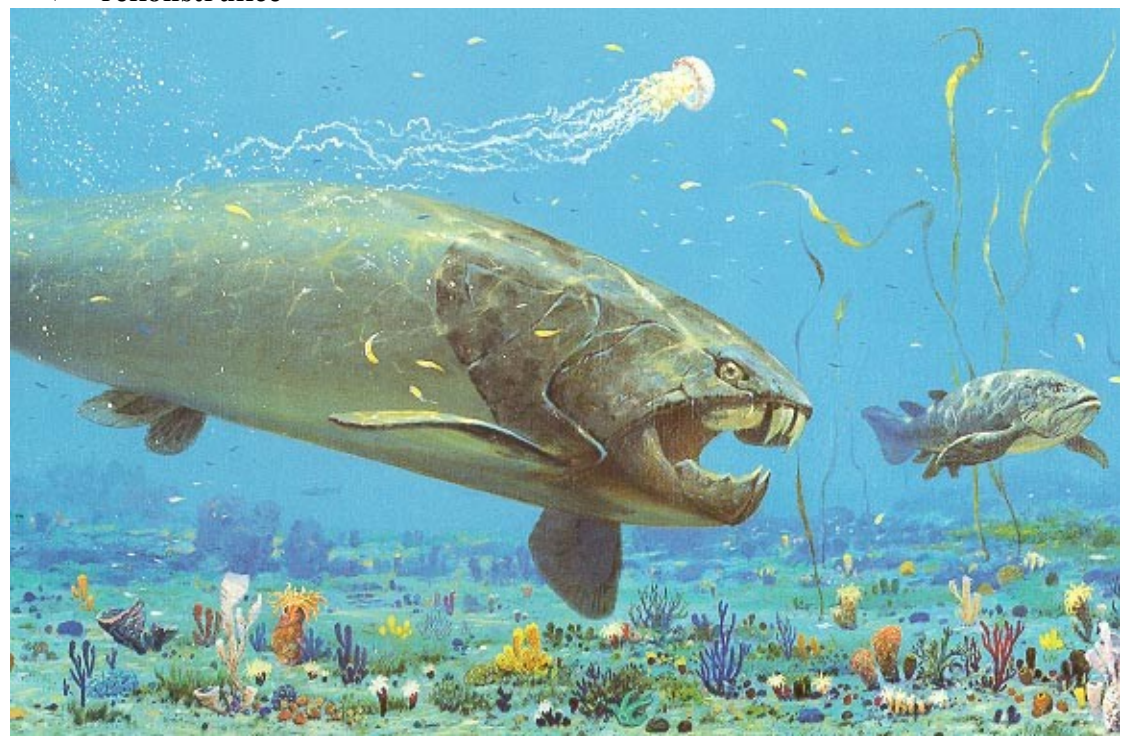


**FIGURE 10-68** The gigantic armored skull and thoracic shield of the formidable late Devonian placoderm fish known as *Dunkleosteus*. *Dunkleosteus* was over 10 meters (about 30 feet) long. The skull shown here is about 1 meter tall. It is equipped with large bony cutting plates that functioned as teeth. Each eye socket was protected by a ring of four plates, and a special joint at the rear of the skull permitted the head to be raised and thereby provided for an extra large bite. *Dunkleosteus* ruled the seas 350 million years ago. (Courtesy of the U.S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; photograph by Chip Clark.)

čelní pohled



rekonstrukce



# Pohled do devonského moře (obratlovci)



(c)  
acanthodian  
(*Parexus*)

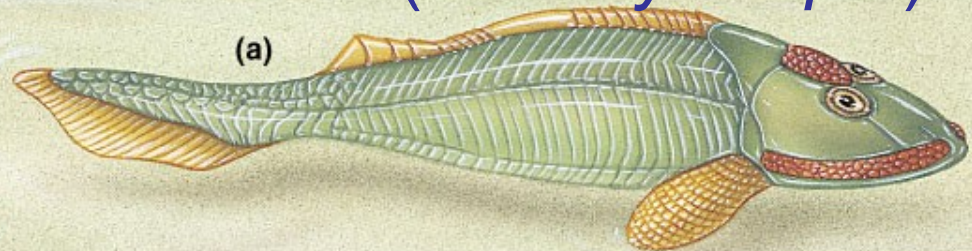


(d)  
ray-finned fish  
(*Cheirolepis*)



(b)  
placoderm (*Bothriolepis*)

ostracoderm (*Hemicyclaspis*)



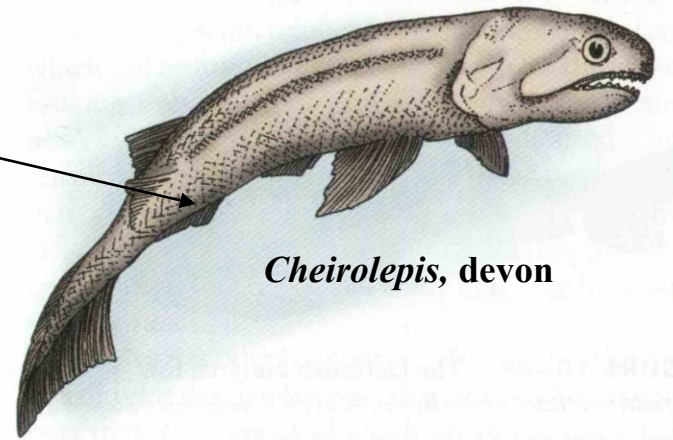
(a)

# Kostnaté ryby (Osteichthyes)

- během devonu především ve sladkých vodách
- rozrůznění do tří skupin

Actinopterygii – především Chondrostei

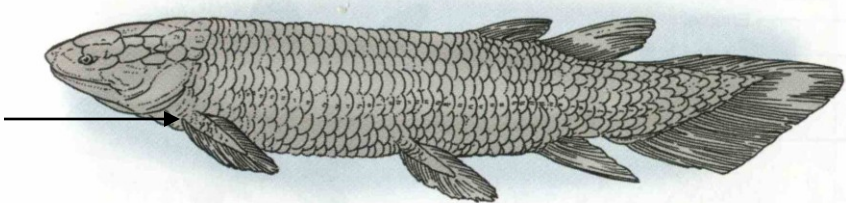
bony fishes during the Mesozoic and Cenozoic. The second category of bony fishes, the Sarcopterygii, is characterized by fishes with sturdy, fleshy lobe-fins and a pair of openings in the roof of the mouth that led to clearly visible external nostrils.



Crossopterygii-lalokoploutví



Dipnoi – dvojdyšní – viz bahníci



*Dipterus*, devon

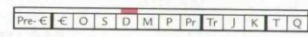
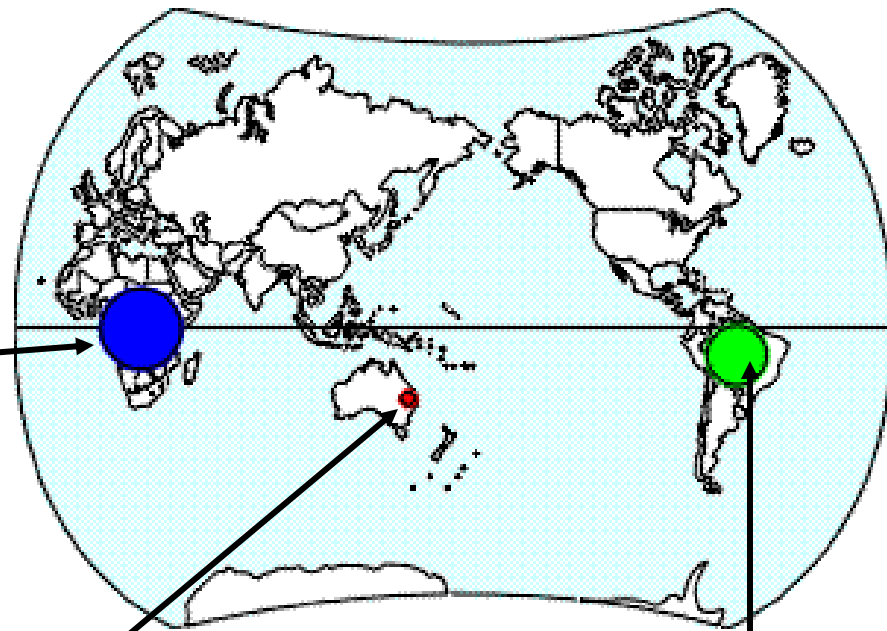


FIGURE 10-72 *Dipterus*, a Devonian lungfish.



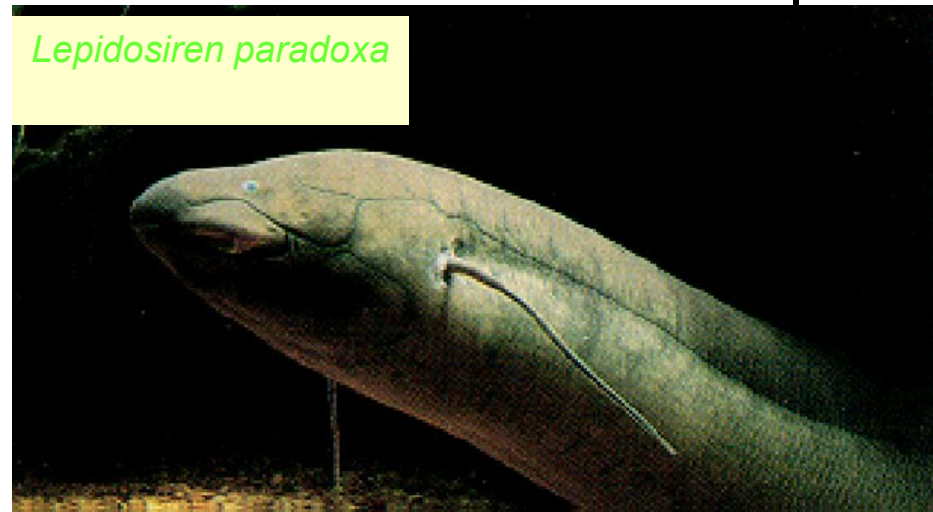
*Protopterus* sp.



Rozšíření dnešních dvojdyšných bahníků dokládá původní souvislost Gondwany a pohyb litosférických desek



*Neoceratodus forsteri*



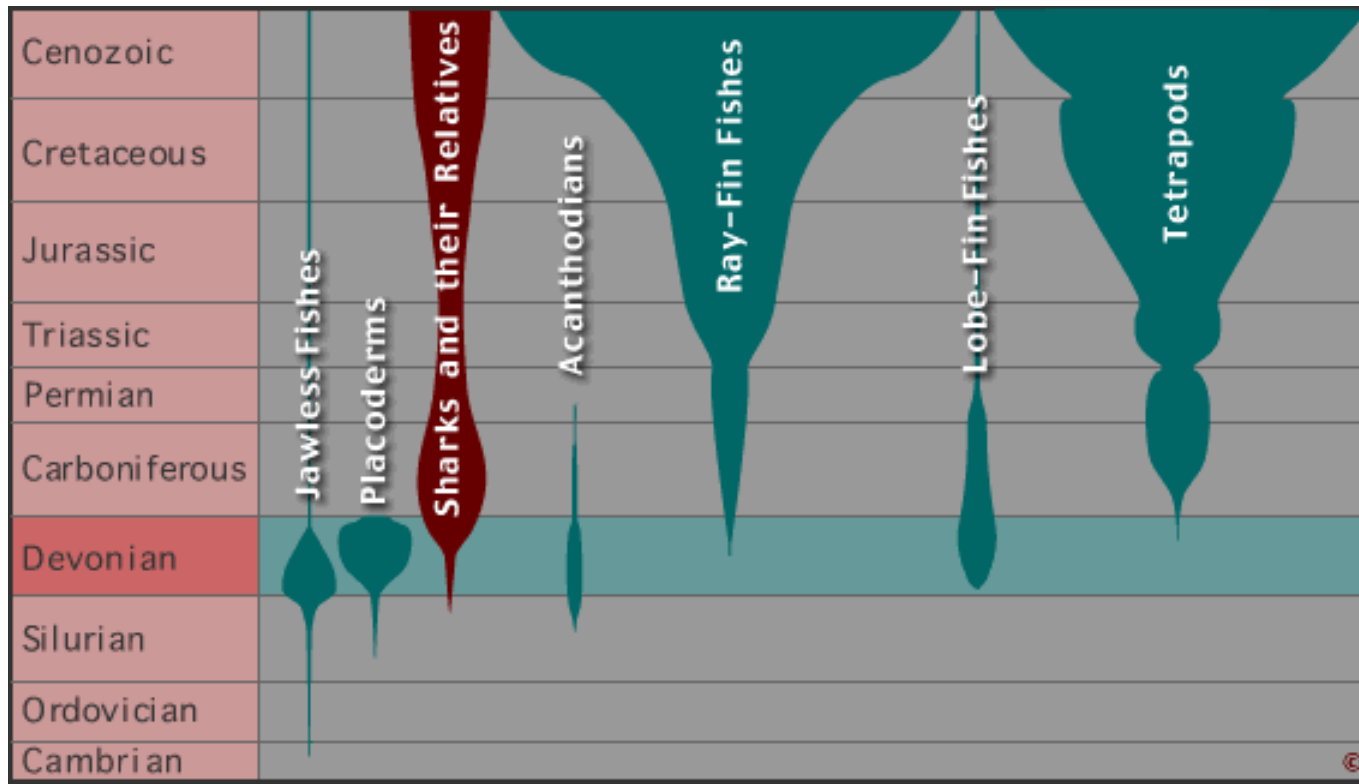
*Lepidosiren paradoxa*



Jeden z posledních 2 druhů žijících  
lalokoploutvých

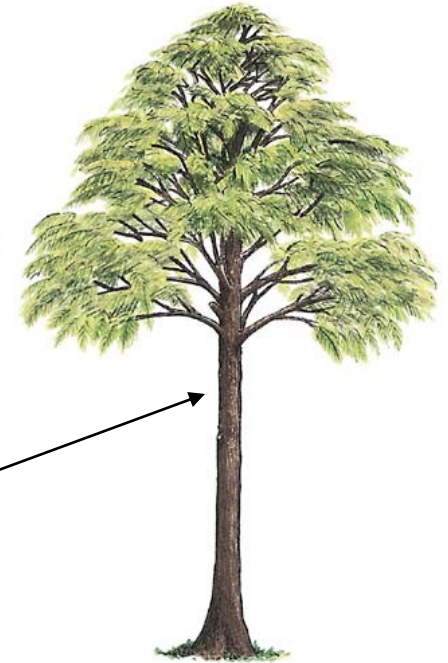
*Latimeria chalumnae*, recent  
Komory

### Sournné schema obratlovců a jejich rozpětí v historii Země



## Kolonizace souše rostlinami:

- z ruduch → houby žijící saprofyticky (ne fotosyntéza) na organické hmotě pobřeží
- houby = rozklad org. hmoty, živiny pro kořeny, snížení vysušování (pomoc při osidlování)  
=> potrava pro mikrobiotu + vývoj půd (viz další obr.)
- osvobozování rostlin od vodního prostředí, zefektivnění fotosyntézy (složitější morfologie těla) vedle vodivých systémů sekundární xylém – pevnost těla, kořenové systémy – kotvení + živiny, rozvoj cévnatých rostlin (podzemní kořeny, kmen, listy, vodivá pletiva, podpůrná pletiva), nejprve Psilophyta
- ještě během devonu přesličky, plavuně, kapradiny



- nástup heterosporie (diferenciace spor na sporofytové generaci)
- samčí se časem podrží na sporofytu a oplodní přímo na něm samičími spory (vítr, hmyz) = nástup semen (předsemenné, Progymnospermophyta, měly druhotná pletiva, xylem i floem a stavbu již podobnou jehličnanům)
- ve vyšším devonu už souvislé porosty – lesy = zelená planeta,
- nejstarší doložená semena ve stř. devonu - *Archaeosperma*

*Archaeopteris*, sv. devon,  
~ 30 m

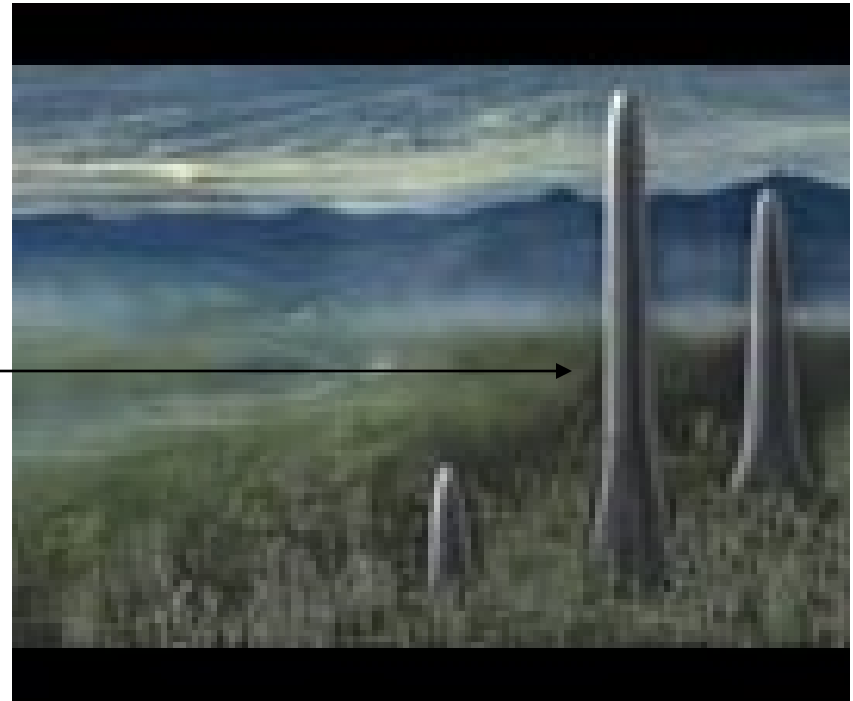


Značná diverzita hub byla provázena i značnými rozměry některých skupin. Zástupci rodu *Prototaxites* dosahovaly až 6m výšky. Dříve byly řazeny k rostlinám. Teprve analýza izotopů C ukázala, že se jedná o houby (K. Boyce et al., *Geology* 2007). Výška pomohla k rychlému šíření výtrusů.

↑  
fosílie

*Prototaxites* sp.  
(podle E. Soutworth 2007)

rekonstrukce





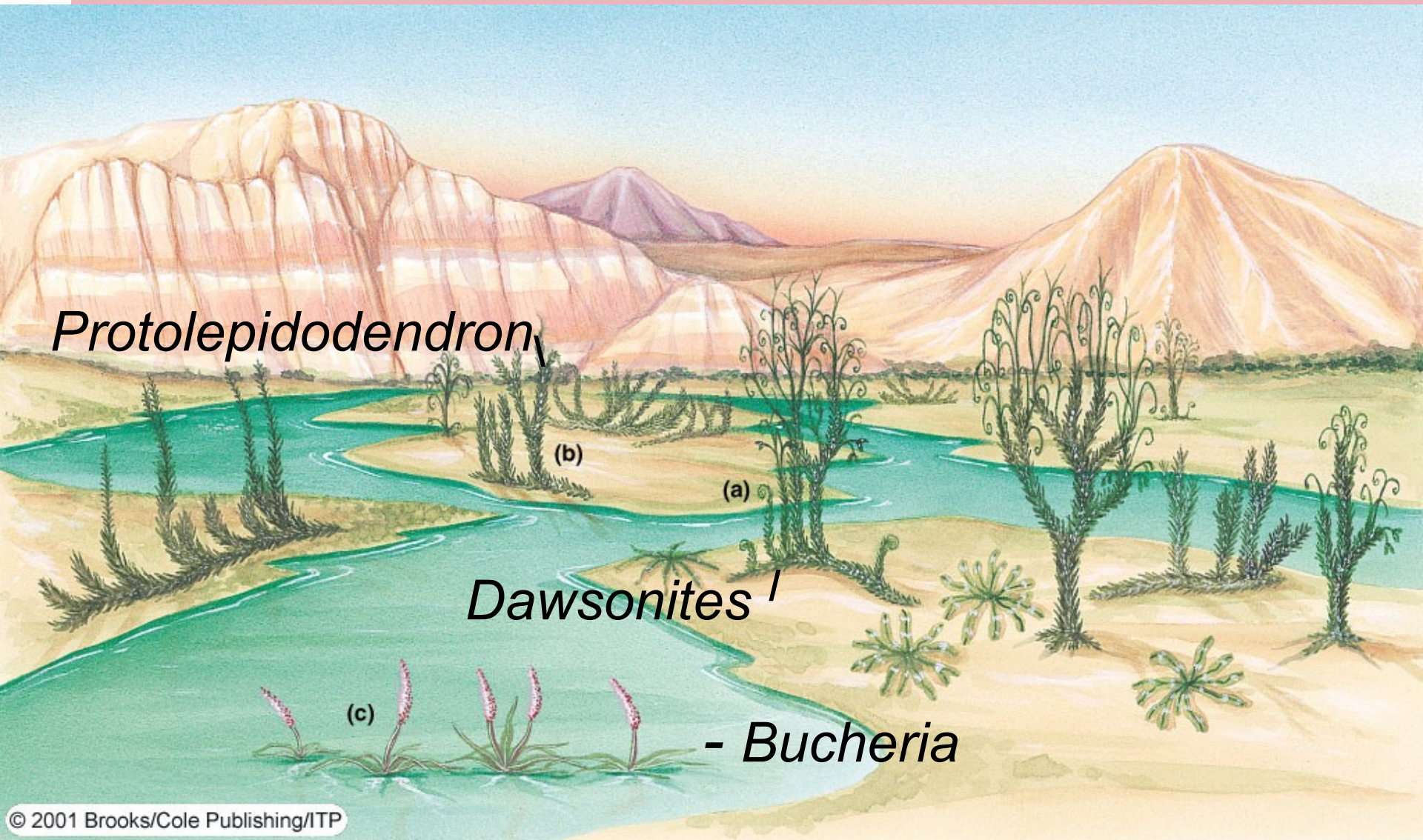
## Lower Devonian landscape

## PSILOPSIDA

- první suchozemské rostliny,
- nemají kořeny ani listy
- jednoduché dichotomní větvení
- fotosyntéza-stonky,
- apikální reprodukční systém, spory ve sporangiu
- *Rhynia*

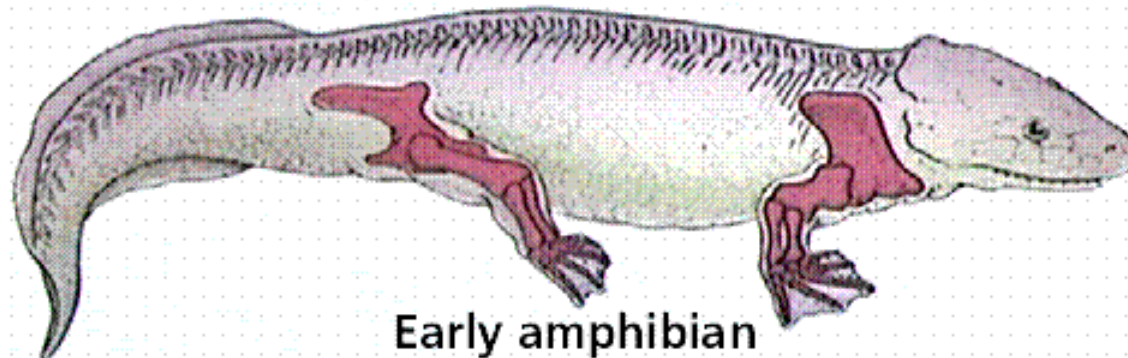
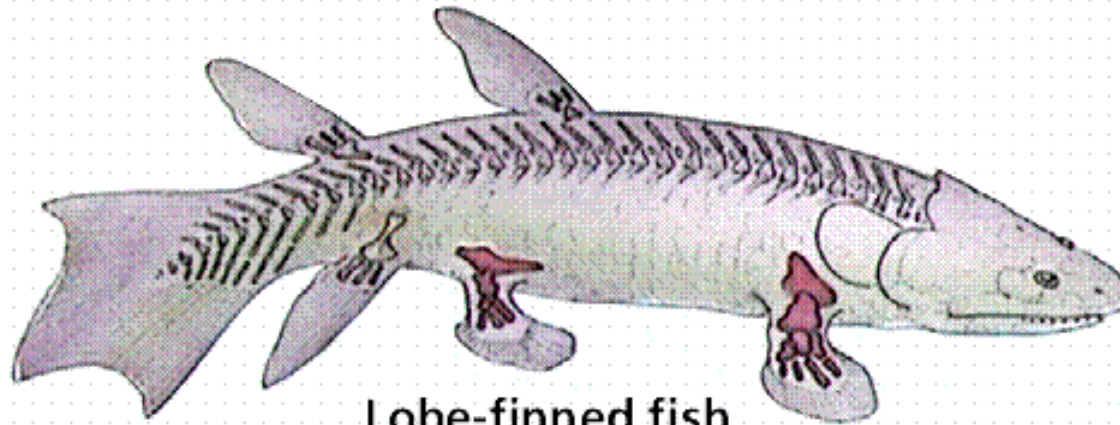


- Rekonstrukce spodnodevonské souše



Spolu s předchozím procesem – diverzifikace bezobratlých na suché zemi (stonožky, mnohonožky, roztoči, štíři, pavouci, hmyz, plži etc.) => volné niky s bohatou potravou i pro výstup obratlovců

**Vztah párových končetin lalokoploutvých a dvojdyšných ryb ke končetinám tetrapodů**





dýchací  
otvory

**lebka**  
(Saleh, 2006)

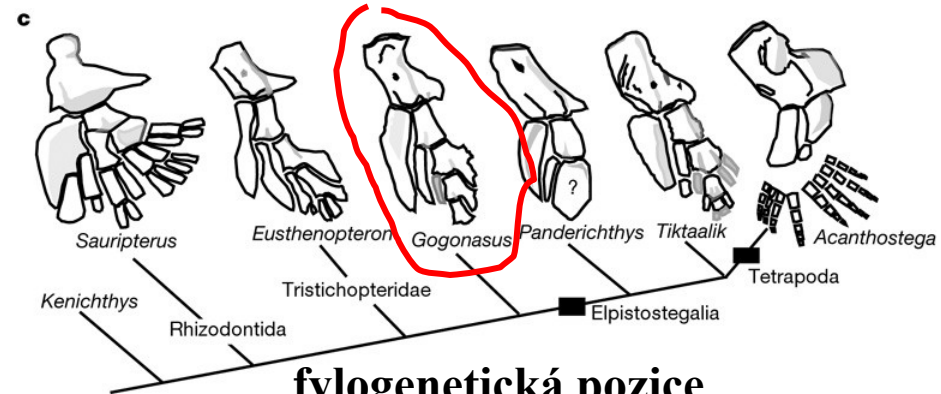
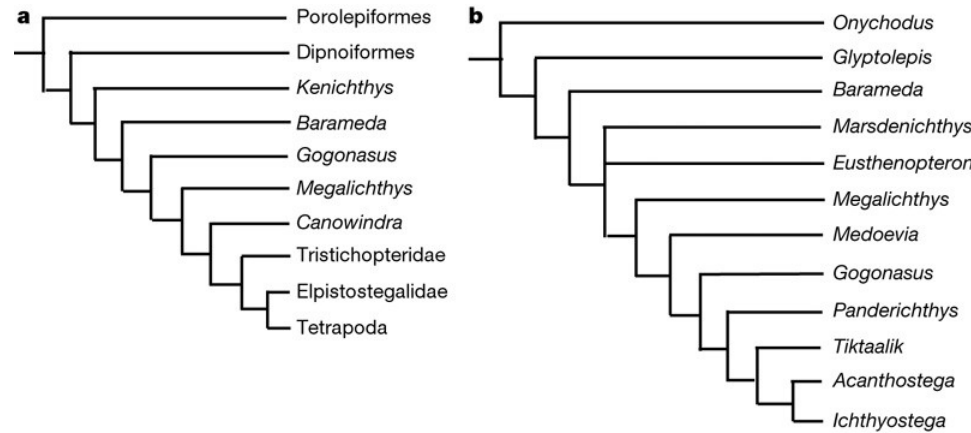
### *Gogonasmus andrewsae*

- 380 Ma, Austrálie, 30 cm
- ryba s řadou znaků such. tetrapodů:
  - dýchání,
  - ploutve se svaly a ramenní a loketní kostí
  - ušní oblast blízka ichthyostegáliím



© Brian Choo 2004

**rekonstrukce**



**fylogenetická pozice**

(Long et al. 2006)

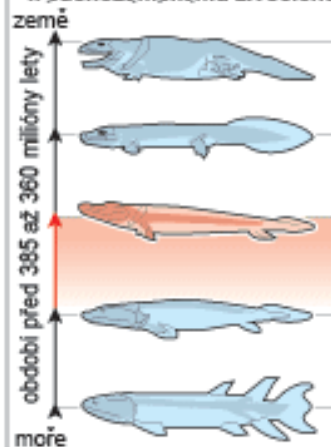
# Objev Tiktaalik roseae

Fosílie starou 375 miliónů let našli vědci na ostrově Ellesmere poblíž Severního pólu. Jde o živočicha, který má být „evoluční spojnici“ mezi vodními a suchozemskými tvory.



\*vzdálený 980 kilometrů od pólu

**Vývoj od vodního k suchozemskému živočichu**



Hlava s očima podle časopisu Nature připomíná krokodýla

Zdroj: Reuters, Nature

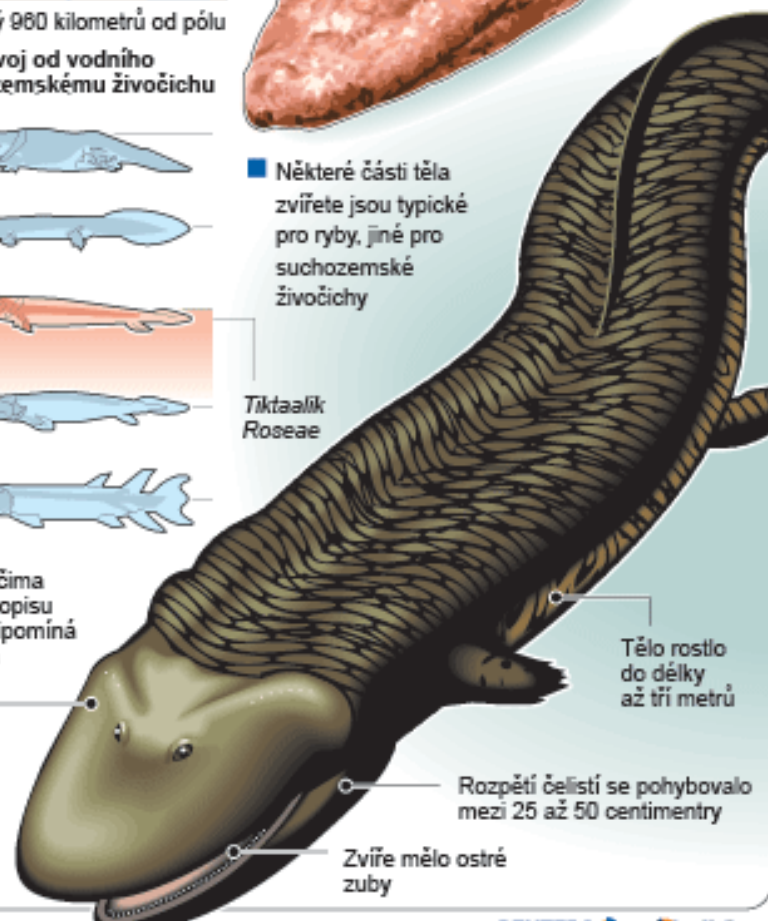


Fosílie Tiktaalik roseae

Pozůstatky zvířete byly nalezeny zmražené v ledu

Některé části těla zvířete jsou typické pro ryby, jiné pro suchozemské živočichy

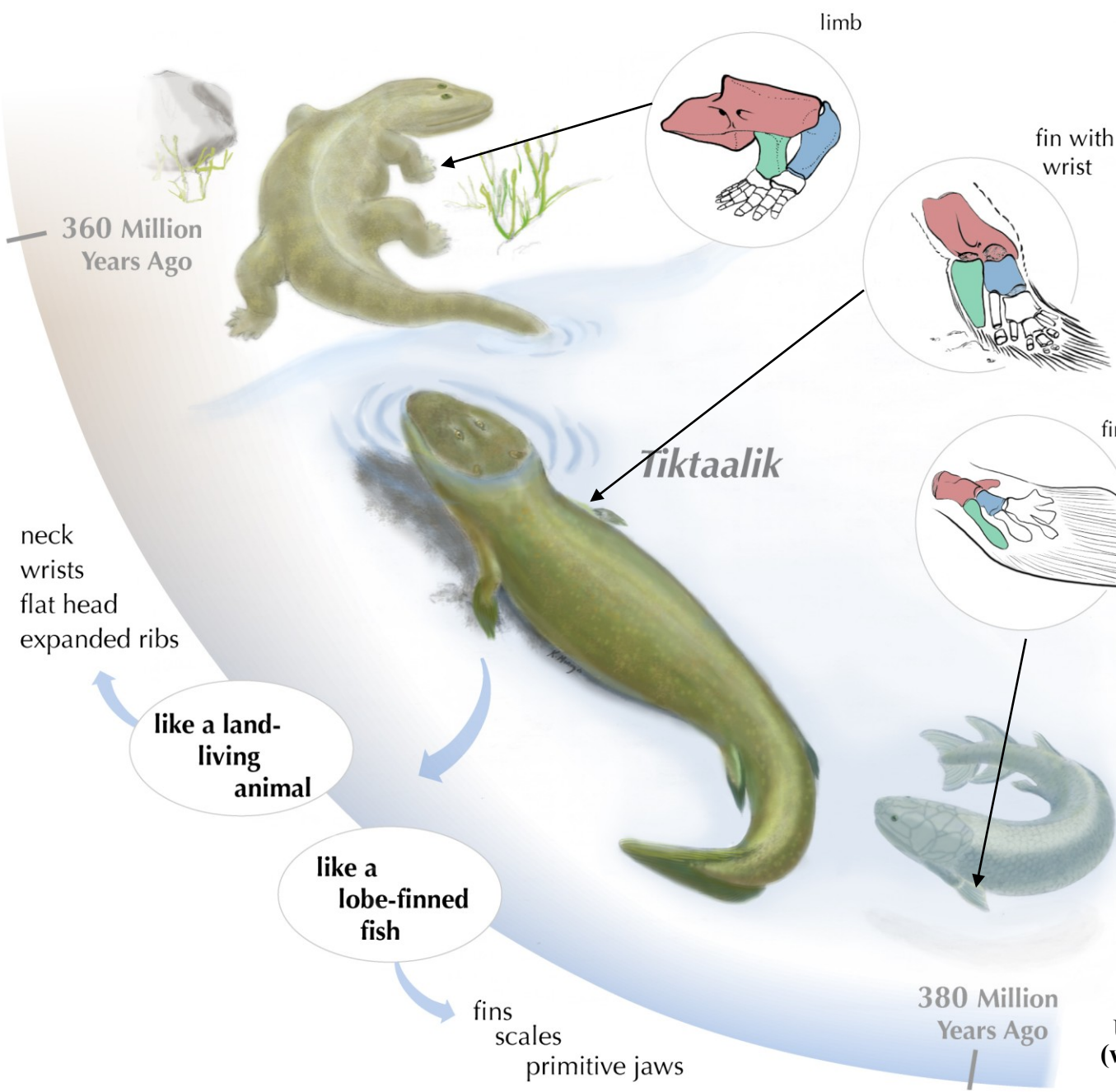
Tiktaalik Roseae



Tělo rostlo do délky až tří metrů

Rozpětí čelistí se pohybovalo mezi 25 až 50 centimetry

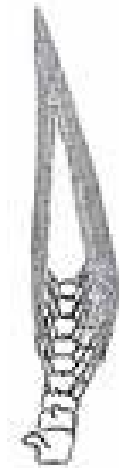
Zvíře mělo ostré zuby



**Ploutev s loketním a zápěstím kloubem a náznakem prstů**  
 ⇒ pohyb po mělčině trčením předních končetin („klikáním“)

Upraveno podle (www-news.uchicago.edu, 2007)

*Glyptolepis*



Glyptolepis

*Sauripterus*



Sauripterus

*Eusthenopteron*



Eusthenopteron

*Panderichthys*



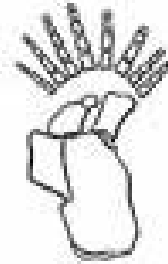
Panderichthys

*Tiktaalik*



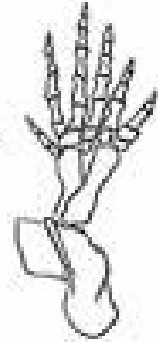
Tiktaalik

*Acanthostega*

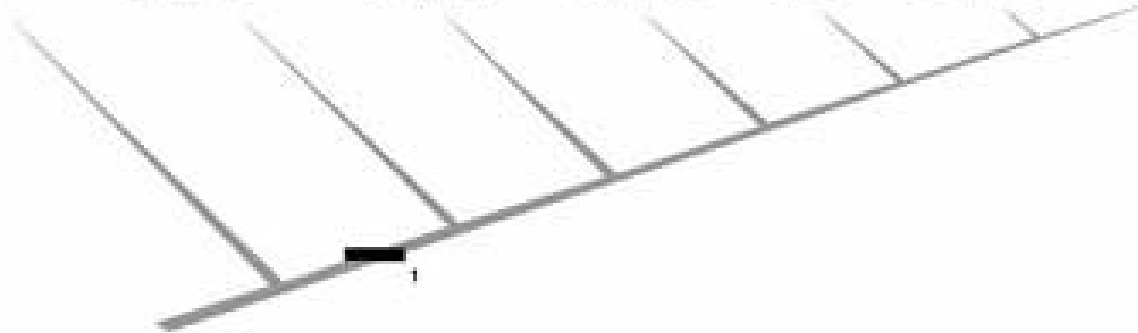


Acanthostega

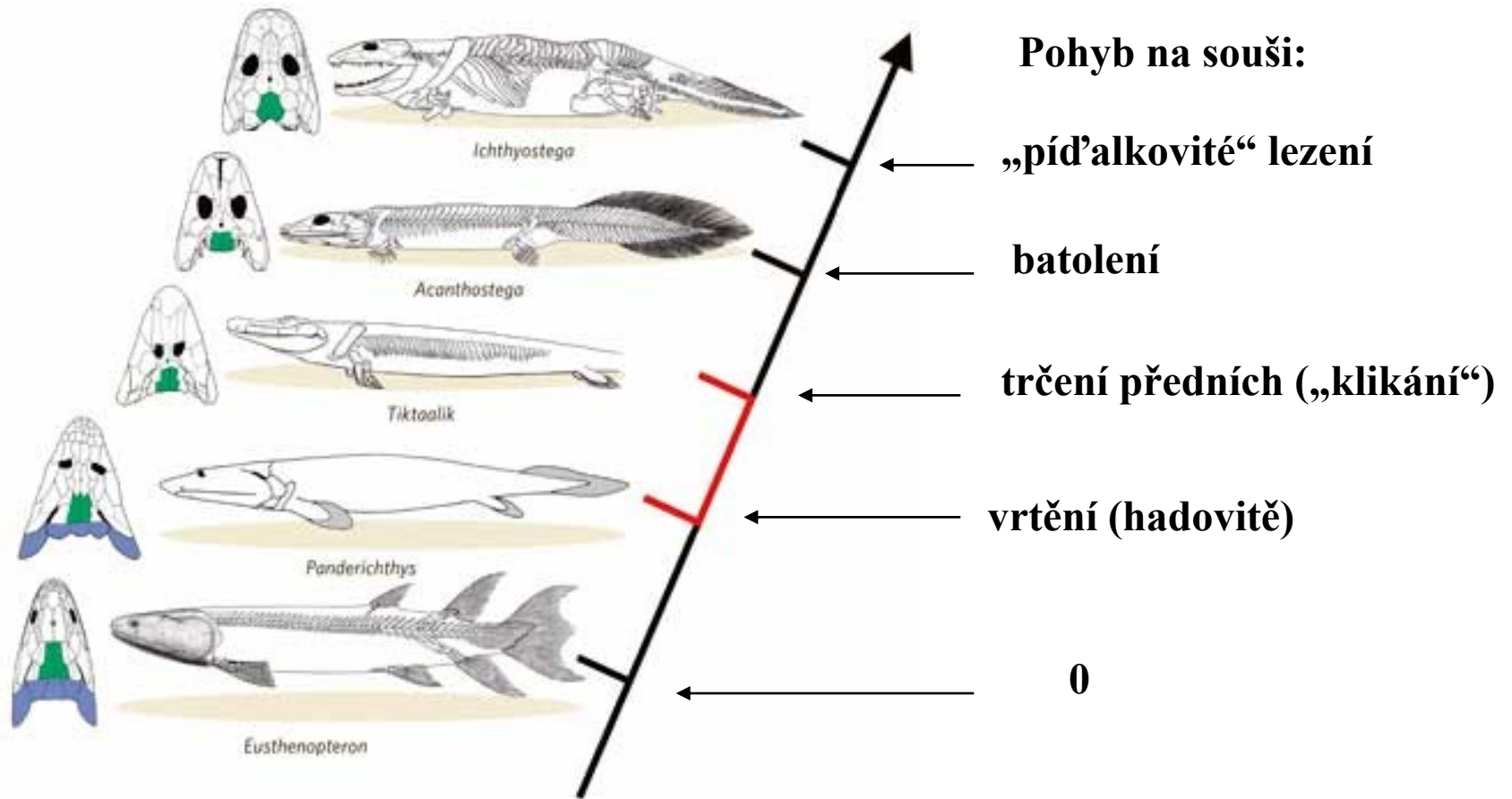
*Tulerpeton*



Tulerpeton



**Kladogram ukazující změny předních končetin od ripidistií k ichtyostegaliím**



**Vývojová sukcese od ripidistií k ichtyostegaliím**



## Co přináší genetika ?

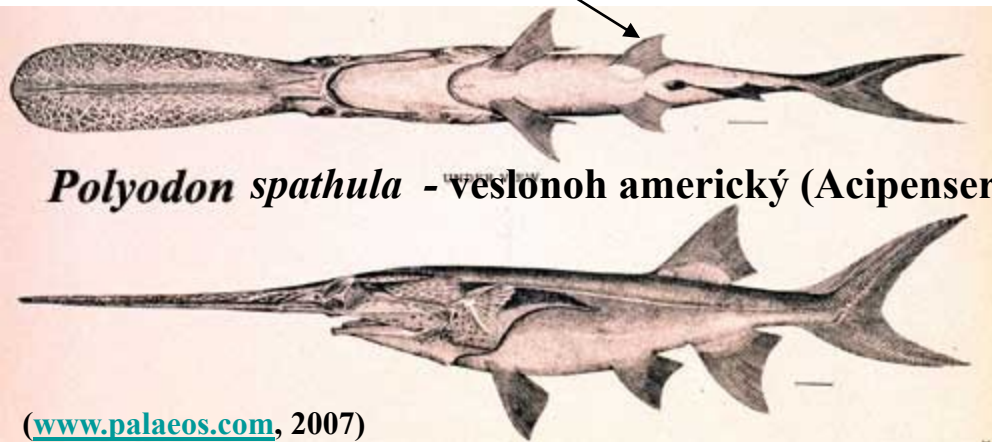
**Hox geny u veslonoha amerického (příbuzný jeseterů, „živoucí fosílie“) řídí vývoj zadních párových ploutví ve dvou etapách. Stejná skupina genů řídí stejným způsobem i tvorbu končetin suchozemských tetrapodů.**



**Některé skupiny ryb měly apriori nástroj („preadaptace“) pro využití párových ploutví k dalšímu vývoji – tento nástroj byl využit a modifikován při přechodu na souši.**

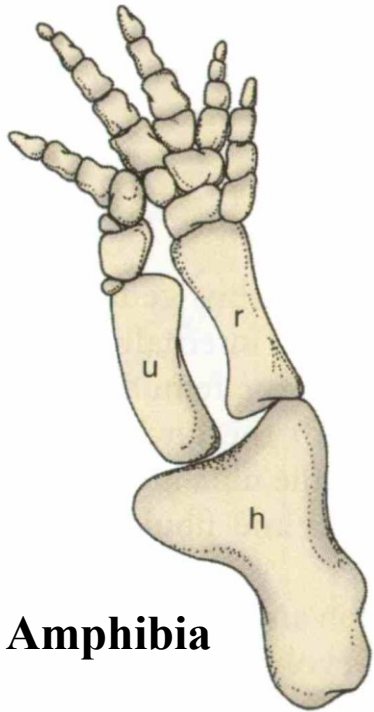


zadní párové ploutve

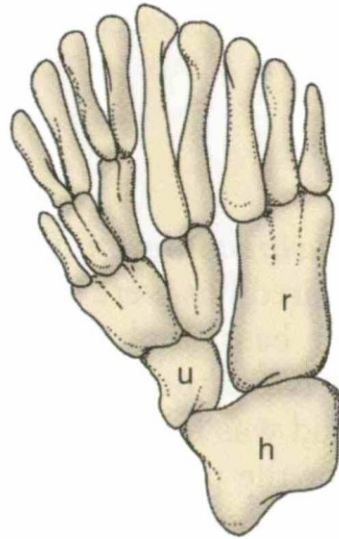


*Polyodon spathula* - veslonoh americký (Acipenseriformes)

párová končetina



**Amphibia**



**Crossopterygia**

u časných svrchnodevonských obojživelníků (Ichthyostegalia)

kolísá velmi počet prstů:

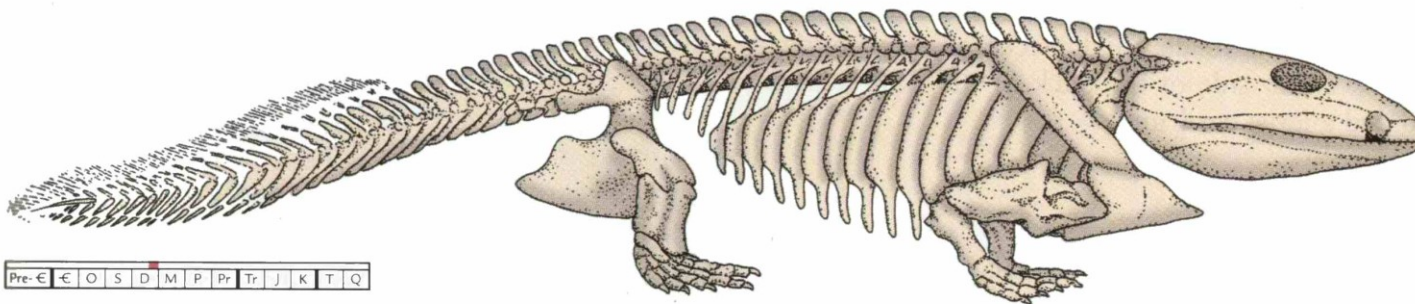
*Hynnerpeton* - 5

*Tulerpeton* - 6

*Ichthyostega* - 7

*Acanthostega* - 8

FIGURE 10-73 Comparison of the limb bones of a crossopterygian fish (upper right) and an early amphibian.



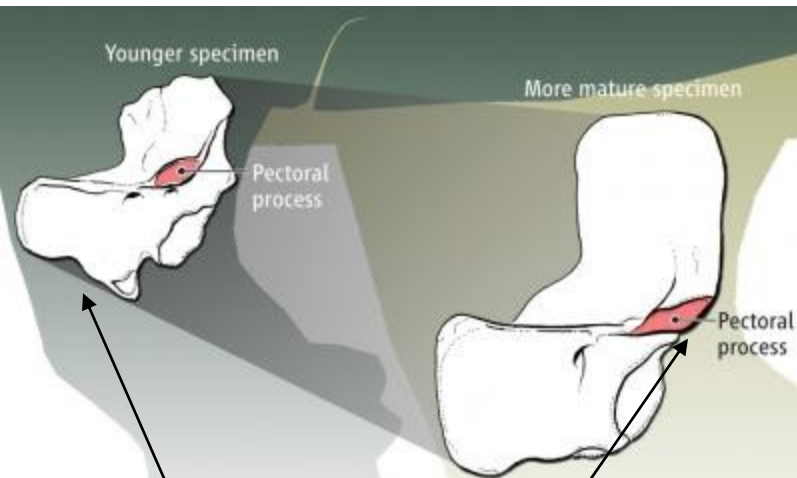
Pre-Є Є O S D M P Tr J K T Q

FIGURE 10-79 The skeleton of *Ichthyostega* still retains the fishlike form of its crossopterygian ancestors. (From Levin, H. L. 1975. Life Through Time. Dubuque, IA: William C. Brown Co.)

*Ichthyostega*, svrchní devon

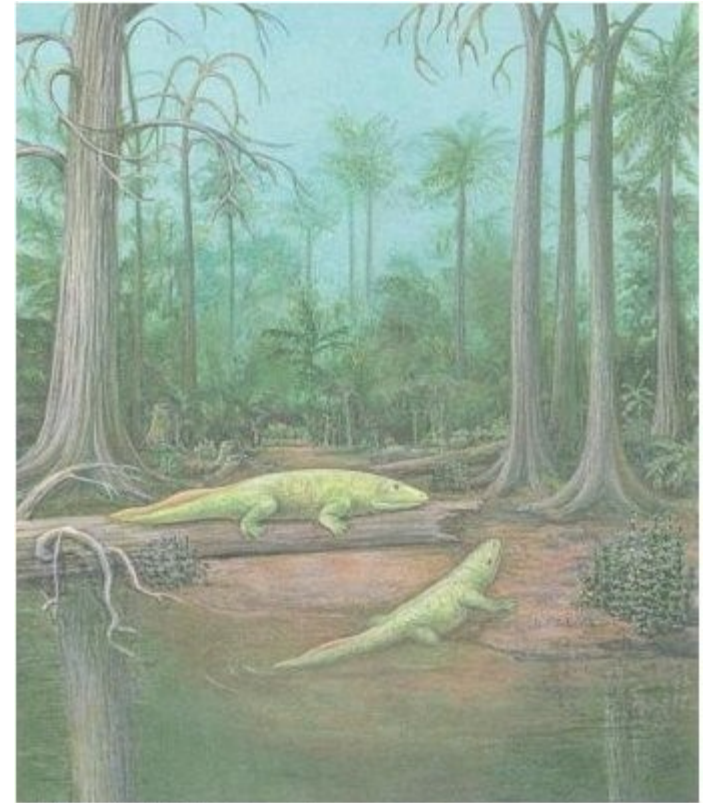


**zadní končetina**

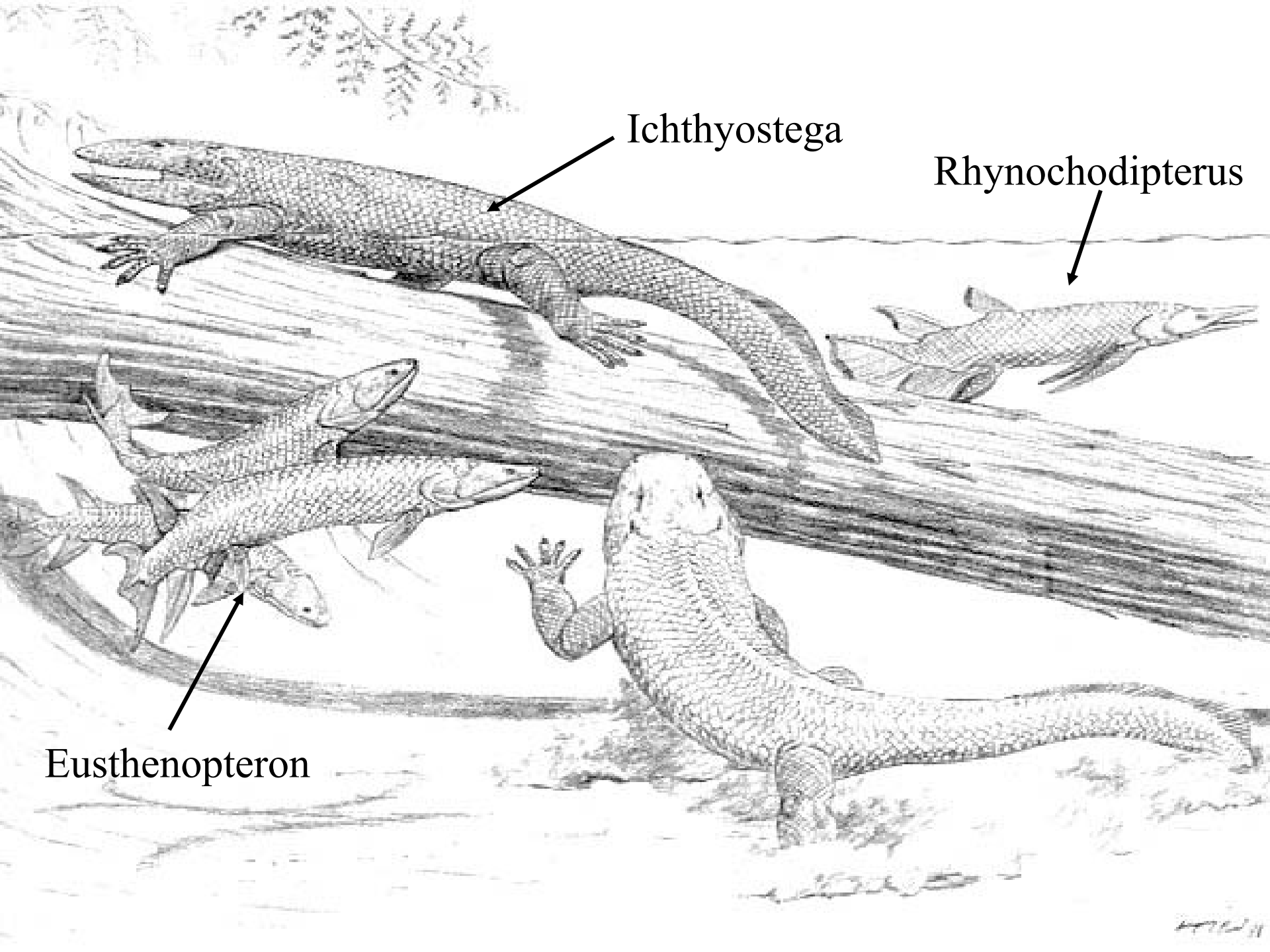


**prsni výrůstek (upínání svalů – lezení) a jeho pozice u juvenilních (voda) a dospělých (+ souše) jedinců**

## Ichthyostega – svrchní devon



**Two Versions of the Ichthyostega**



Ichthyostega

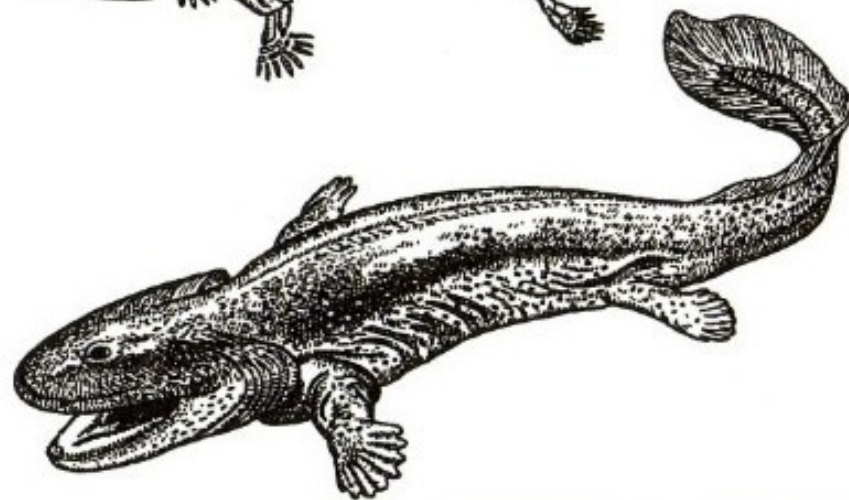
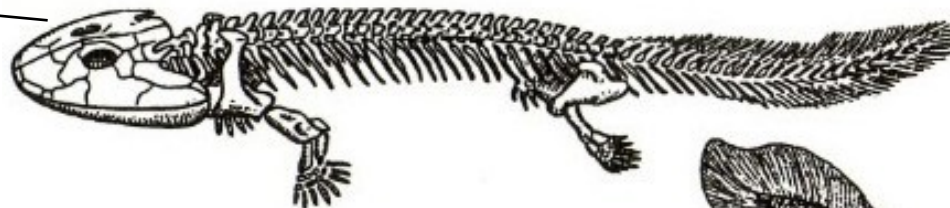
Rhynchochodipterus

Eusthenopteron

477211



lebka



rekonstrukce

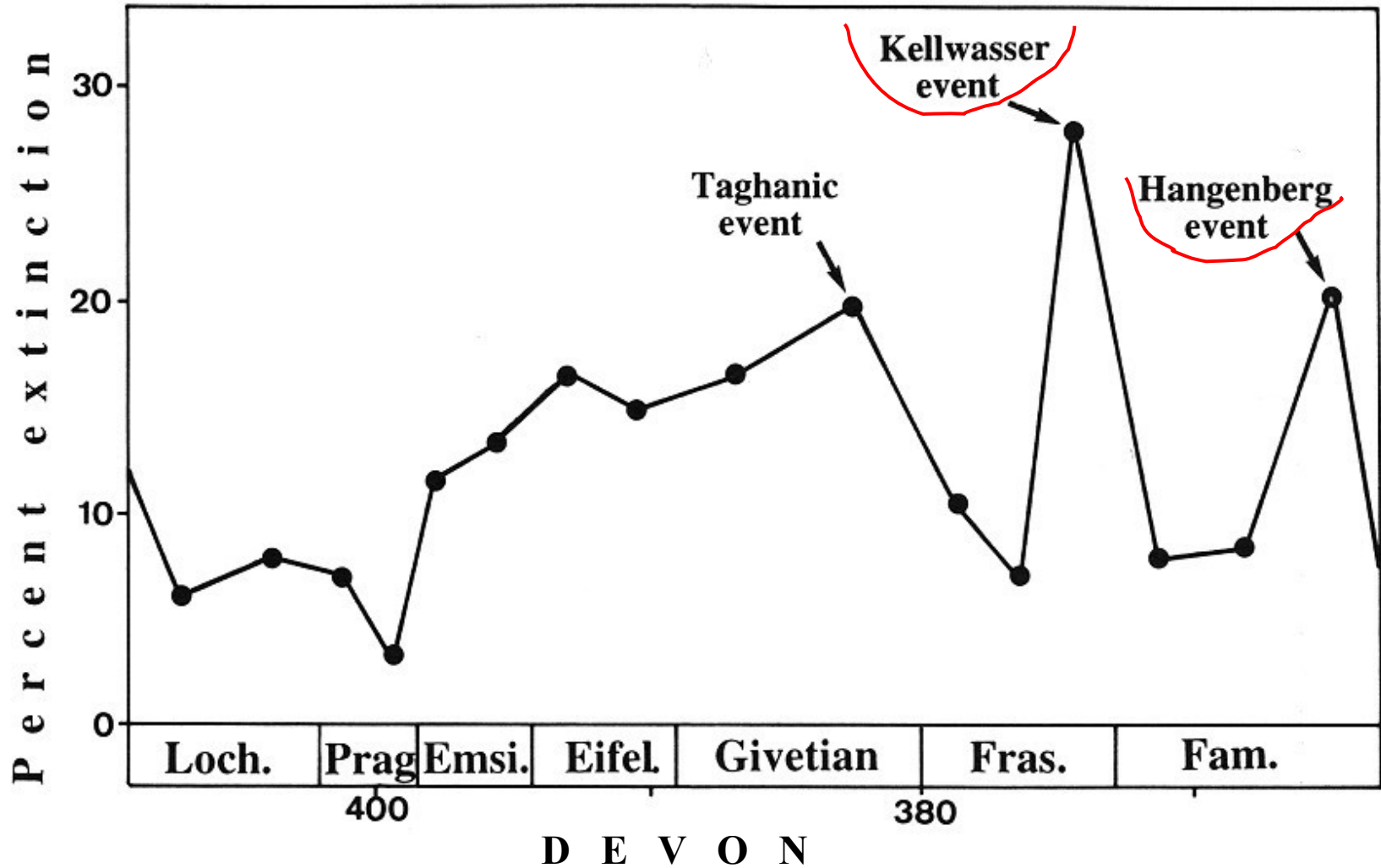
*Acanthostega*, sv. devon,  
Grónsko

**Dvě interpretace příbřežních oblastí  
svrchního devonu**

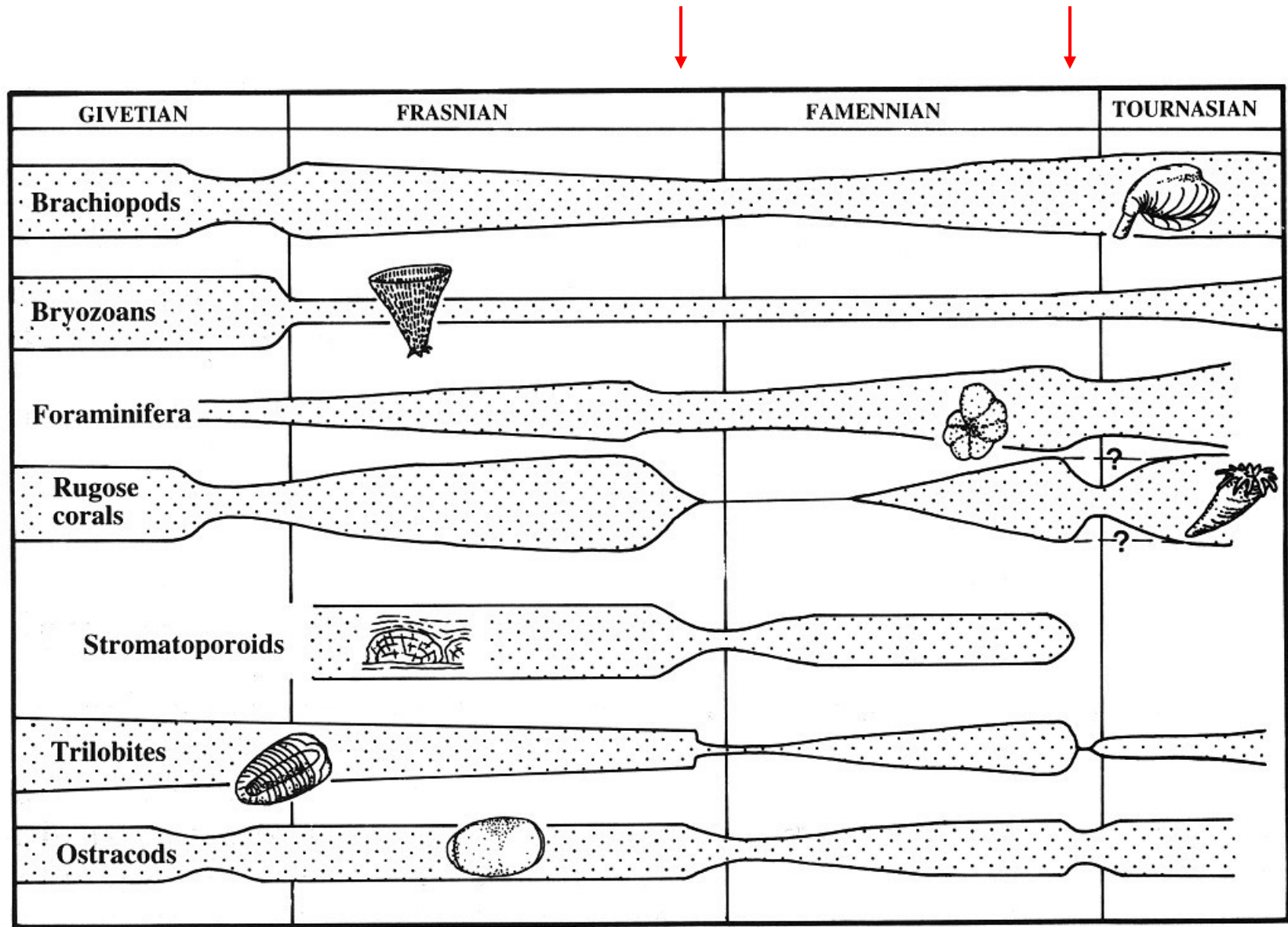


*Ichthyostega*

Vymírání mořských rodů (v %) během jednotlivých stupňů devonu – 2 výrazné piky ve svrchní devonu

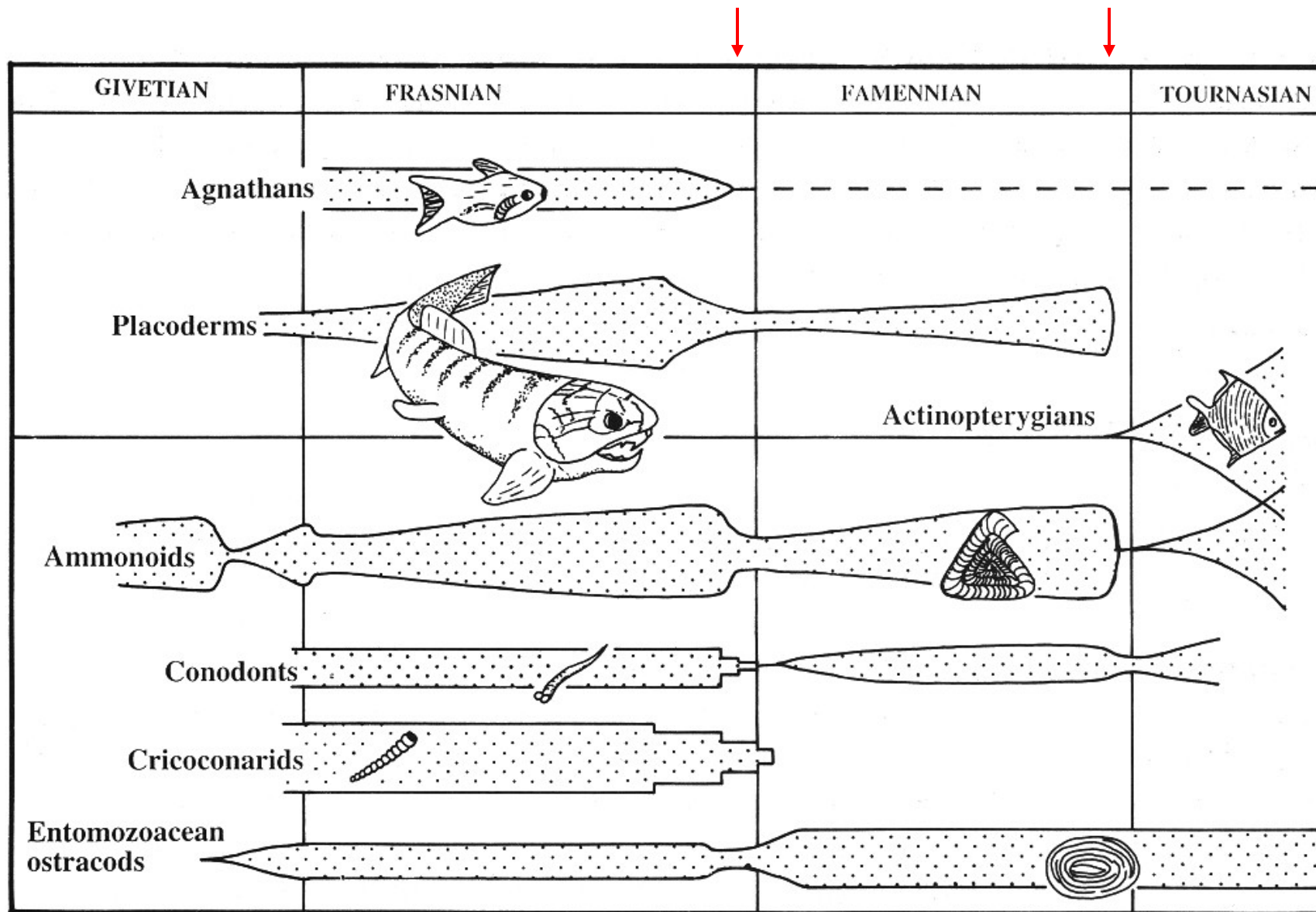


# Souhrnný diagram pro změny diverzity bentických skupin ve svrchní devonu

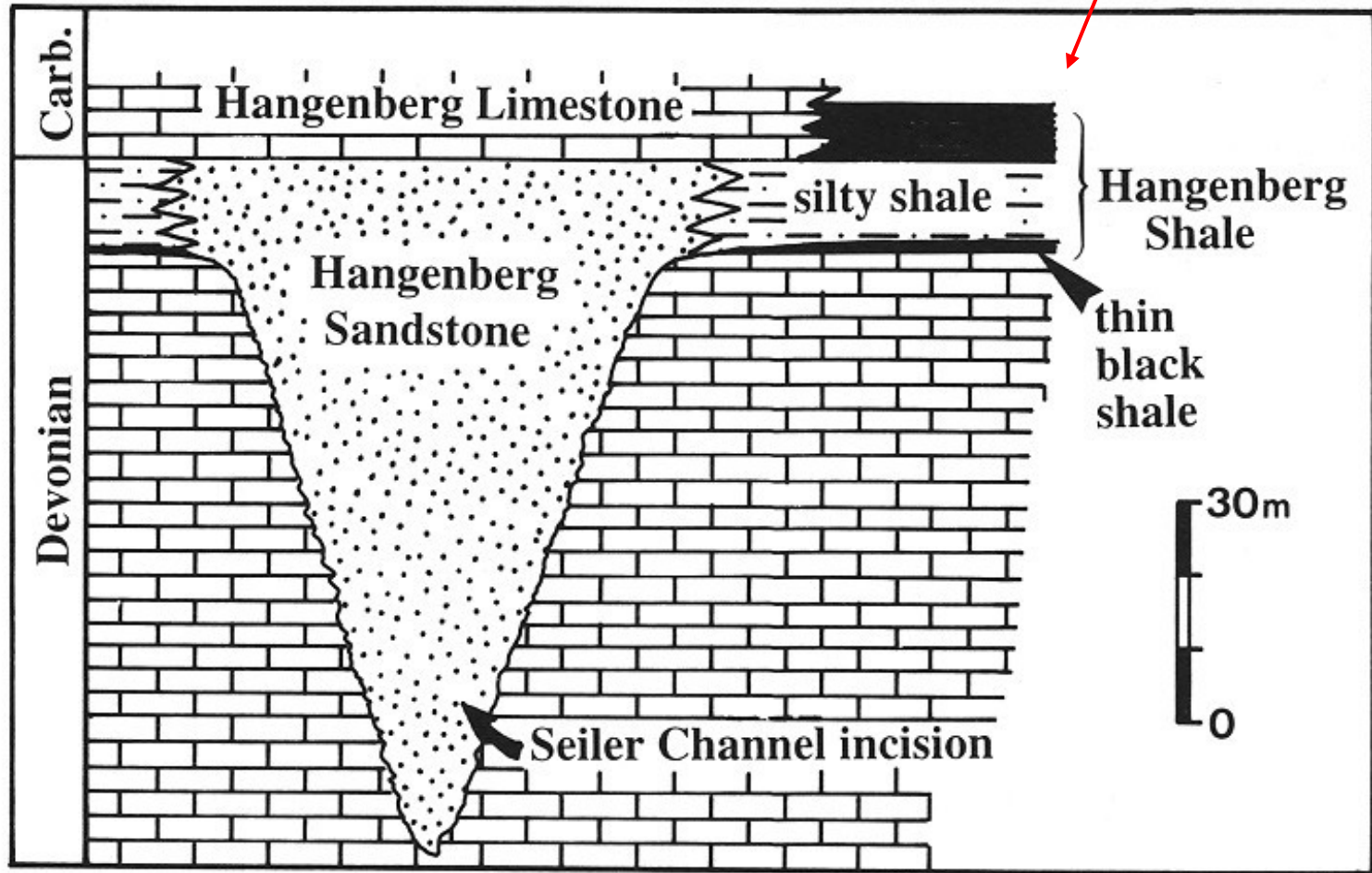




# Souhrnný diagram změn diverzity pelagických skupin ve svrchním devonu



**Černé hangenbergské břidlice (anoxie), v nejvyšším devonu a na bázi karbonu  
Rýnského břidličného pohoří (Německo)**



		Reported Ir anomalies	Possible impact craters	Other impact evidence	
<b>karbon</b>	TOURN.	<i>duplicata</i>		microspherules (China)	
		<i>sulcata</i>			
<b>devon</b>	FAMENNIAN	<i>praesulcata</i>	China	microspherules (China)	
		.....			
		<i>crepida</i>	Australia, China	* Taihu Lake (China)	microspherules (China)
		<i>triangularis</i>	Belgium China?	* Siljan Ring (Sweden)	microspherules? (Belgium)
		<i>linguiformis</i>			
<b>FRASNIAN</b>		<i>gigas</i>			
		<i>asymmetricus</i>			
		<i>punctata</i>	USA		shocked quartz and Alamo breccia (USA)

Stratigrafická pozice různých dokladů bolidů (impakty) okolo hranice devon/karbon (Hallam et Wignall, 1997)

# Vymírání koncem devonu:

**Datace:** ~365 Ma ( mezi stupni frasn a famen),

**Ráz:** dlouhotrvající krize, řada postupných redukcí diverzity četných skupin během několika milionů let. Profily kolem hranice frasn/famen jsou velmi dobře známé a stratifikované (konodontová fauna). Závěr krize ~ 300.000 let.

**Třetí nejsilnější event (za P/T a sv. Or):**- mizí 86 % amonitů, brachiopodů, trilobitů  
- zastavil se růst útesů

**Doklady:** - na hranici Fr/Fa exkurze křivky delta C13, pokles prudký vzrůst delta S34,  
- ukládání černých břidlic => anoxie na dně moří + nízký obsah O2 v prostředí, anoxie je vázána na eustaticky vysokou hladinu oceánu,  
- k hranici Fr/Fa se vztahují i dva krátery (Švédsko, Quebec) = impakty, pro které svědčí i mikrotektity v Belgii, v Číně a Austrálii iridiové anomálie

**Toto vymírání – v podmínkách vysoké teploty (viz vysoká úroveň delta O18) – „green-house“**

**Závěr:** Postupné vymírání vlivem stavu planety (přehřátí + anoxie),  
terestrické příčiny doplněné impaktem 1 – 2 bolidů,  
silný vliv především na mořské bezobratlé (zvláště útesotvorné)



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 Presss, 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)