

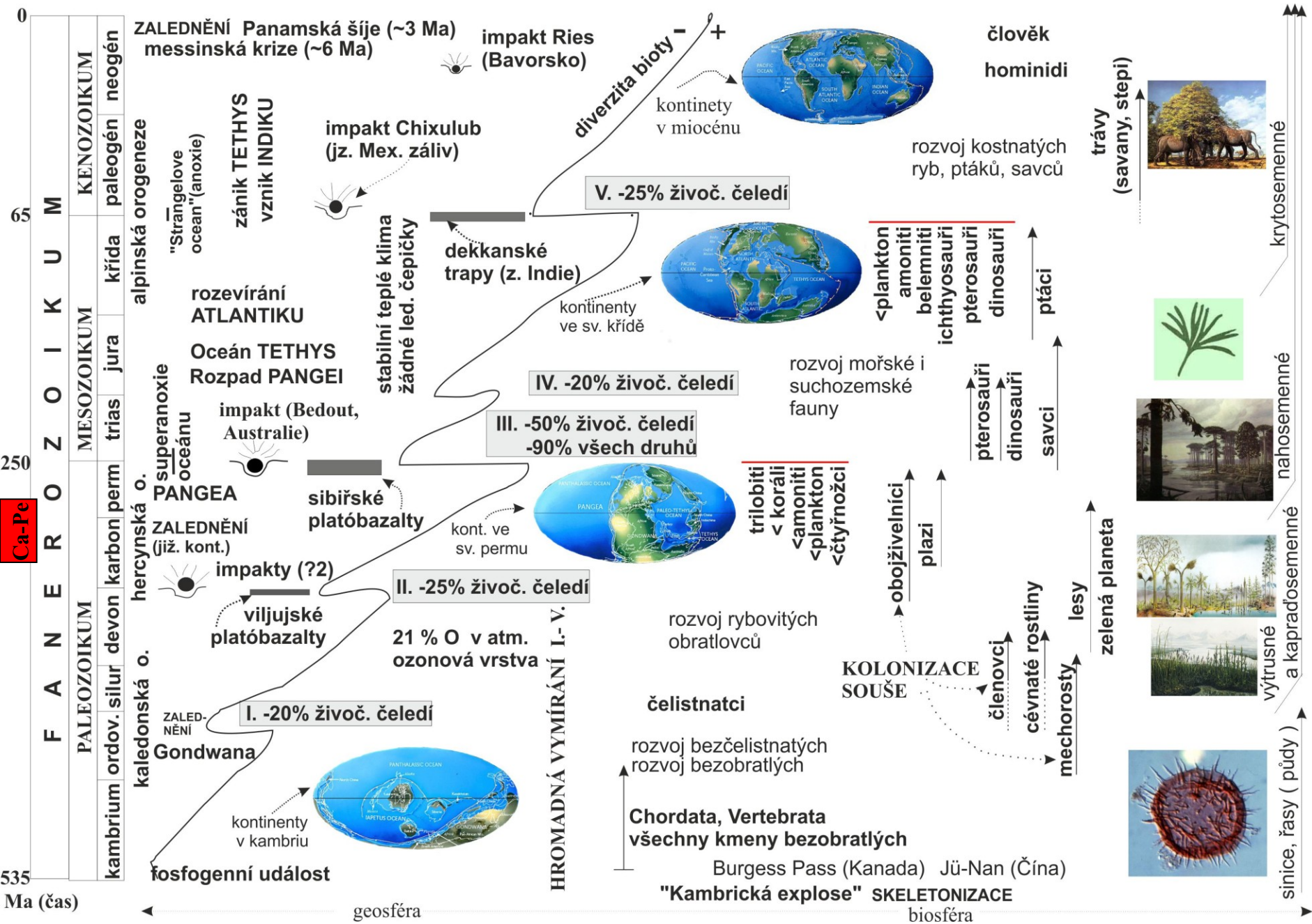
Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část VI.

Karbon-perm

Rostislav Brzobohatý

výběrovka 15

KARBON (358 - 296 Ma) – PERM (296 - 251 Ma)





Pennsylvanian (310 - 300 Ma)

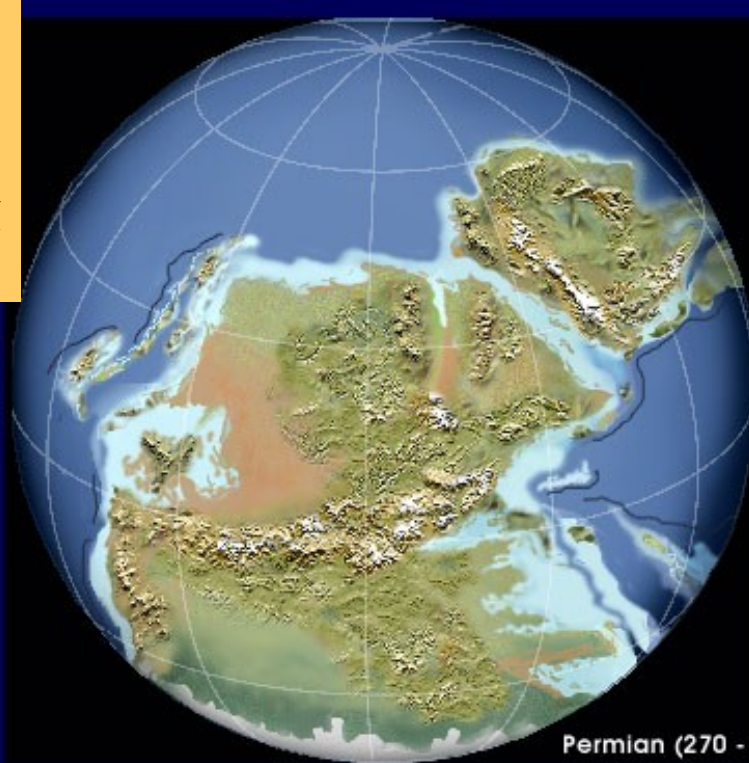
KARBON
-kolise kontinentů
-hercynská orogeneze
-variská horstva
-Evropa a S. Amerika
na rovníku
-j. polokoule = zalednění



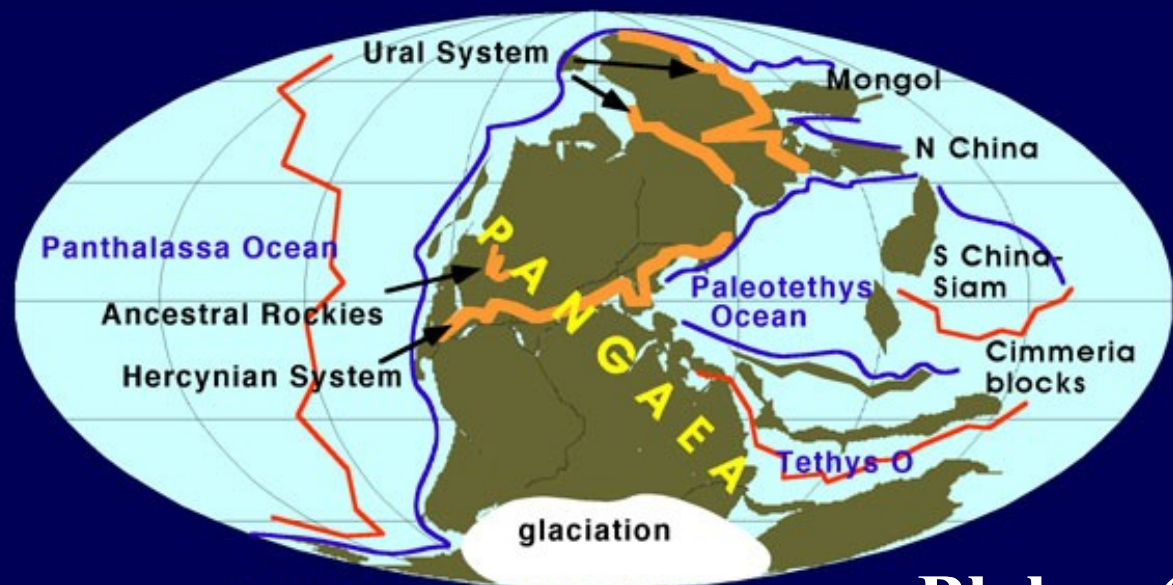
Late Pennsylvanian 300 Ma

PERM

- Pangaea
- vyvrásnění Uralu
- geokratické období
- aridní klima



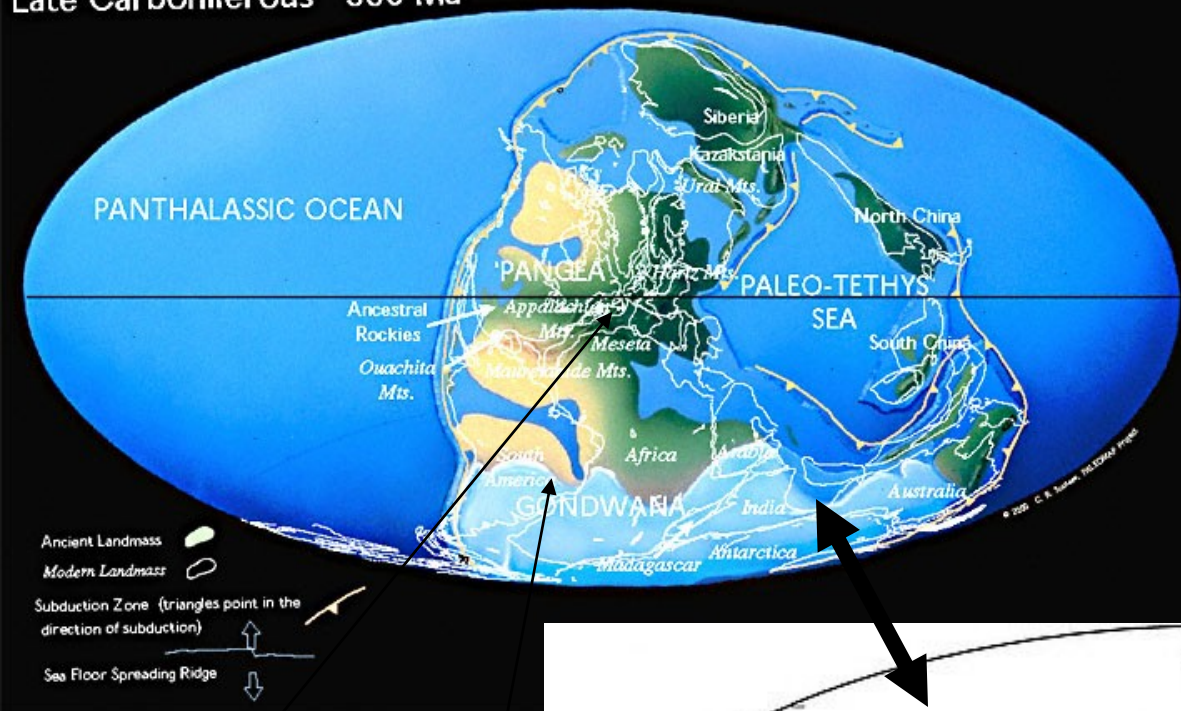
Permian (270 - 260 Ma)



Early Permian 270 Ma

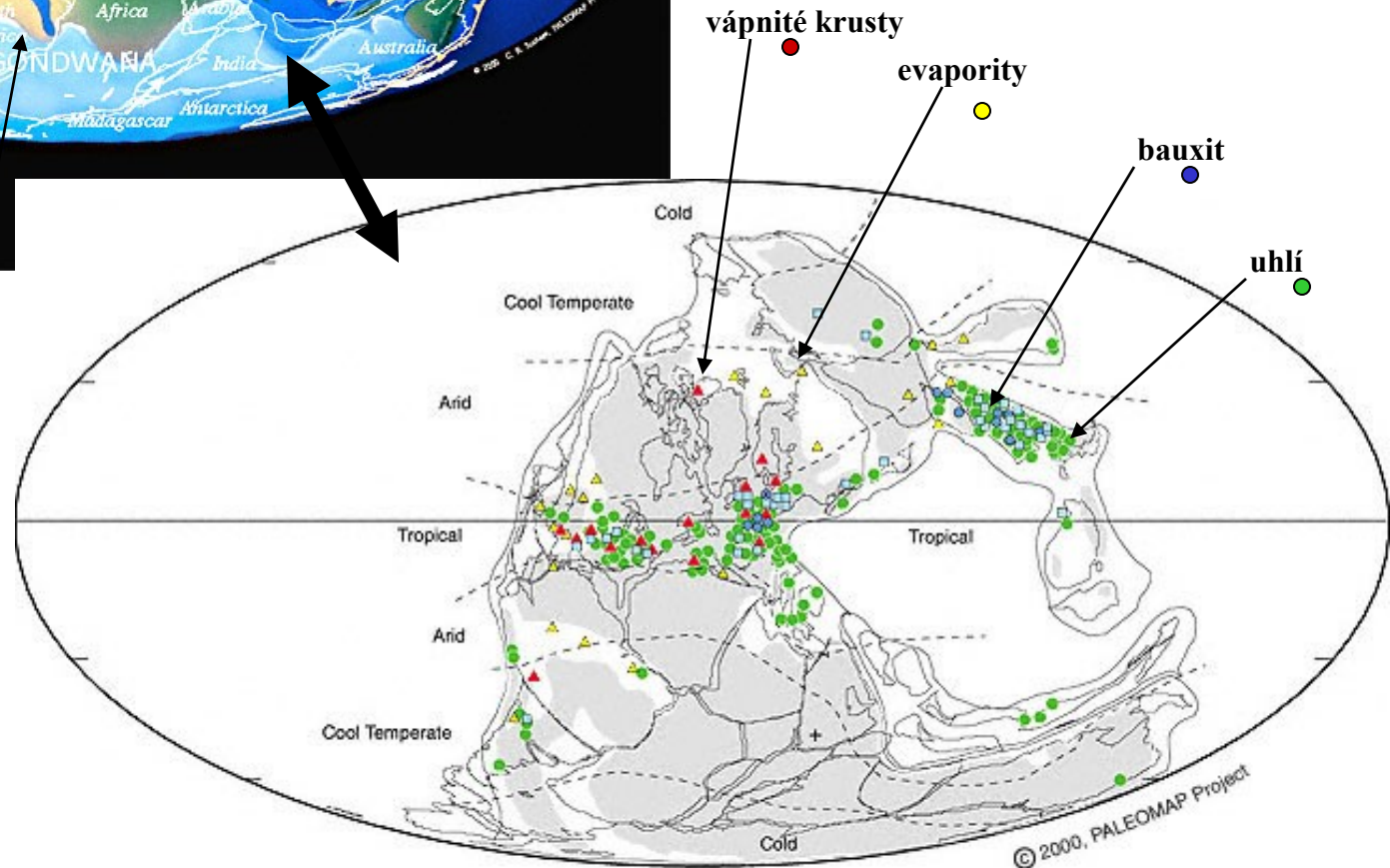
Blakey (1999)

Late Carboniferous 306 Ma



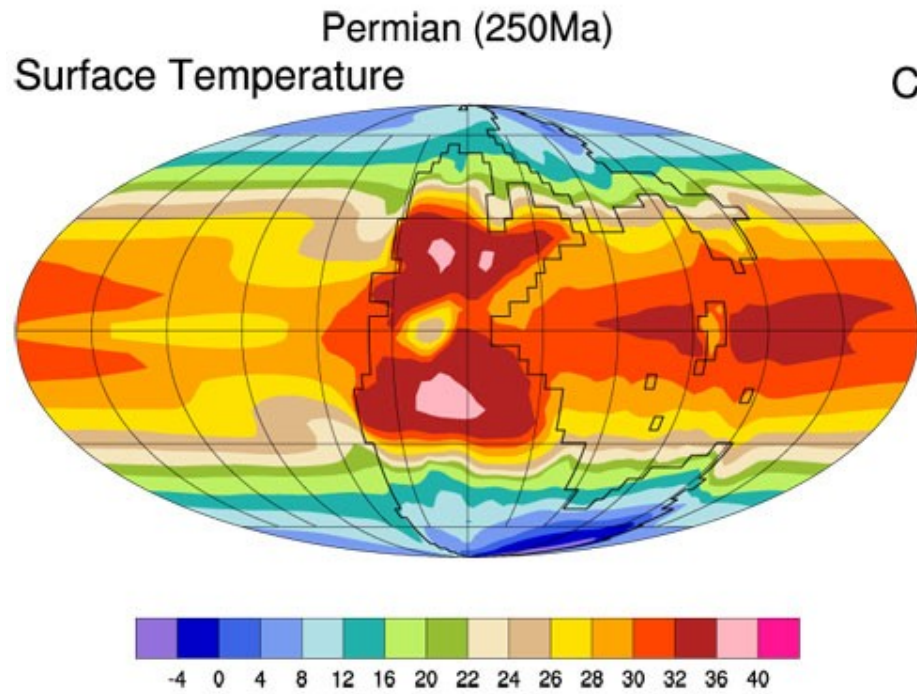
Svrchní karbon
-tektonika
-klíma (viz i další obr.)

Tropické dešťové pralesy
ve střední Pangei, uhelné
bažiny na rovníku,
pouště s evapority,
ledovce na Gondwaně



Upper Carboniferous (Gzelian)

Povrchové teploty v permu



Kiehl (2005)

Permokarbonské zalednění

- ❖ **Největší zalednění v historii fanerozoika**
- ❖ **Poslední zalednění před pleistocénním**
- ❖ **Gondwanský ledovec se rozkládal na Antarktidě a J. Africe**
- ❖ **Maximum - 2X tak rozlehlý než dnešní Antarktický ledovec**
- ❖ **Dwyka souvrství v Africe:**
 - 600 metrů mocné tility
 - podložní horniny nesou znaky - grooves, rýhy a ohlazy
 - indikují směry pohybu ledovců

- ❖ **žádná evidence o zalednění na severní polokouli**

Doklady o permokarbonském zalednění

+ 600m mocné tillity



Hluboké rýhy po sunutí gondwanského ledovce, Oorlogskloof, South Africa

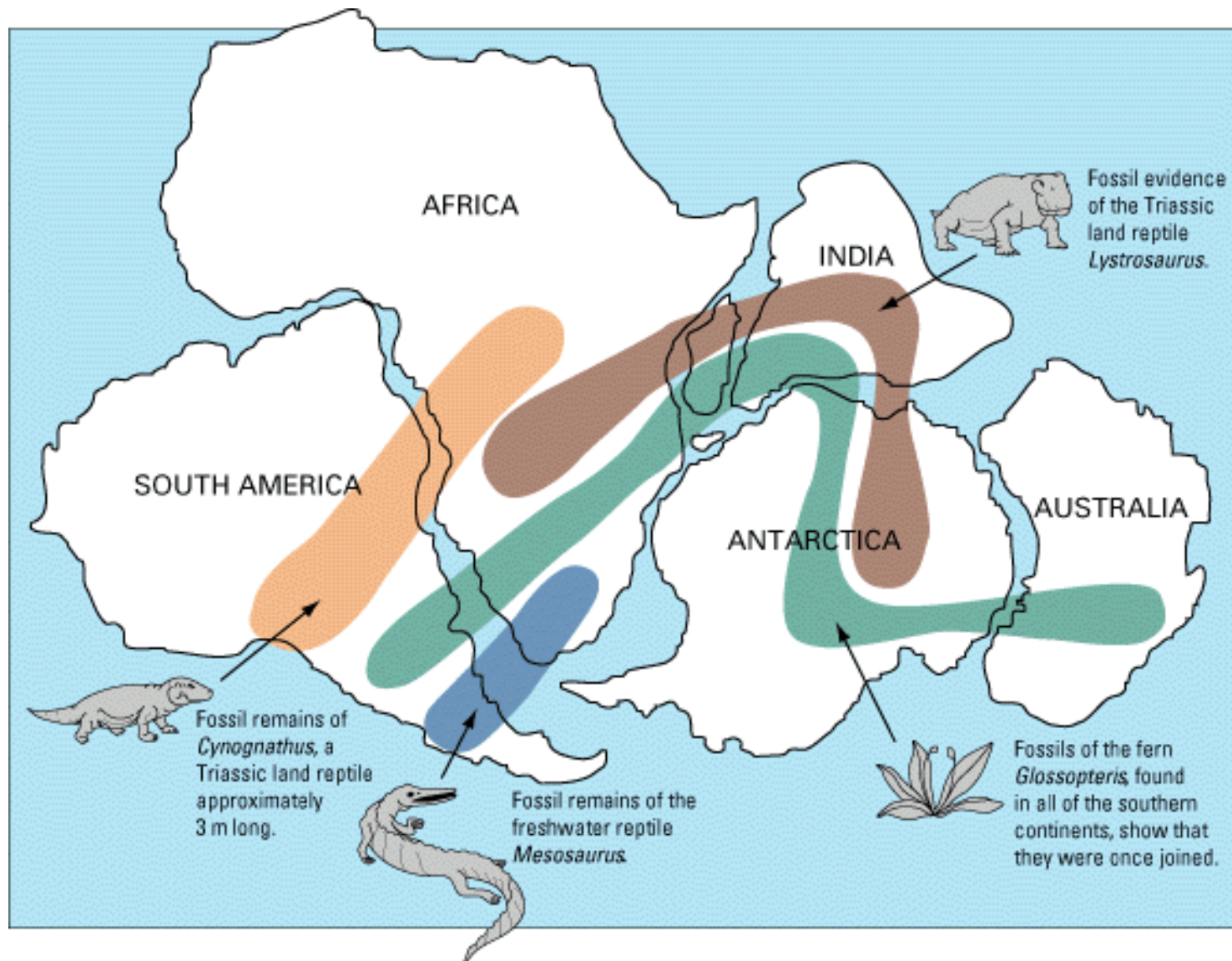
Typické facie hornin v karbonu

- 1) Uhelný vápenec (Kohlenkalk) – vápnité řasy, krinoidi, foraminifery, brachipodi, bryozoa a koráli
- 2) Kulmská facie – karbonský flyš, střídání drob, slepenců a břidlic (viz Dražanská vrchovina)
- 3) Uhelné facie – uhelné pánve limnické (sladkovodní, rosicko-oslavanská pánev) a paralické (střídání mořského a sladkovodního režimu), cyklotémy (ostravsko-karvinská pánev).

Moderní analog představují
bažiny na Floridě a v Louisianě



Rozšíření kontinentálních plazů rodů *Cynognathus*, *Mesosaurus*, *Lystrosaurus* a tzv. glossopteridové flóry na Gondwaně – jasný doklad původní souvislosti gondwanských subkontinentů – částí samostatných kontinentů v recentní konfiguraci



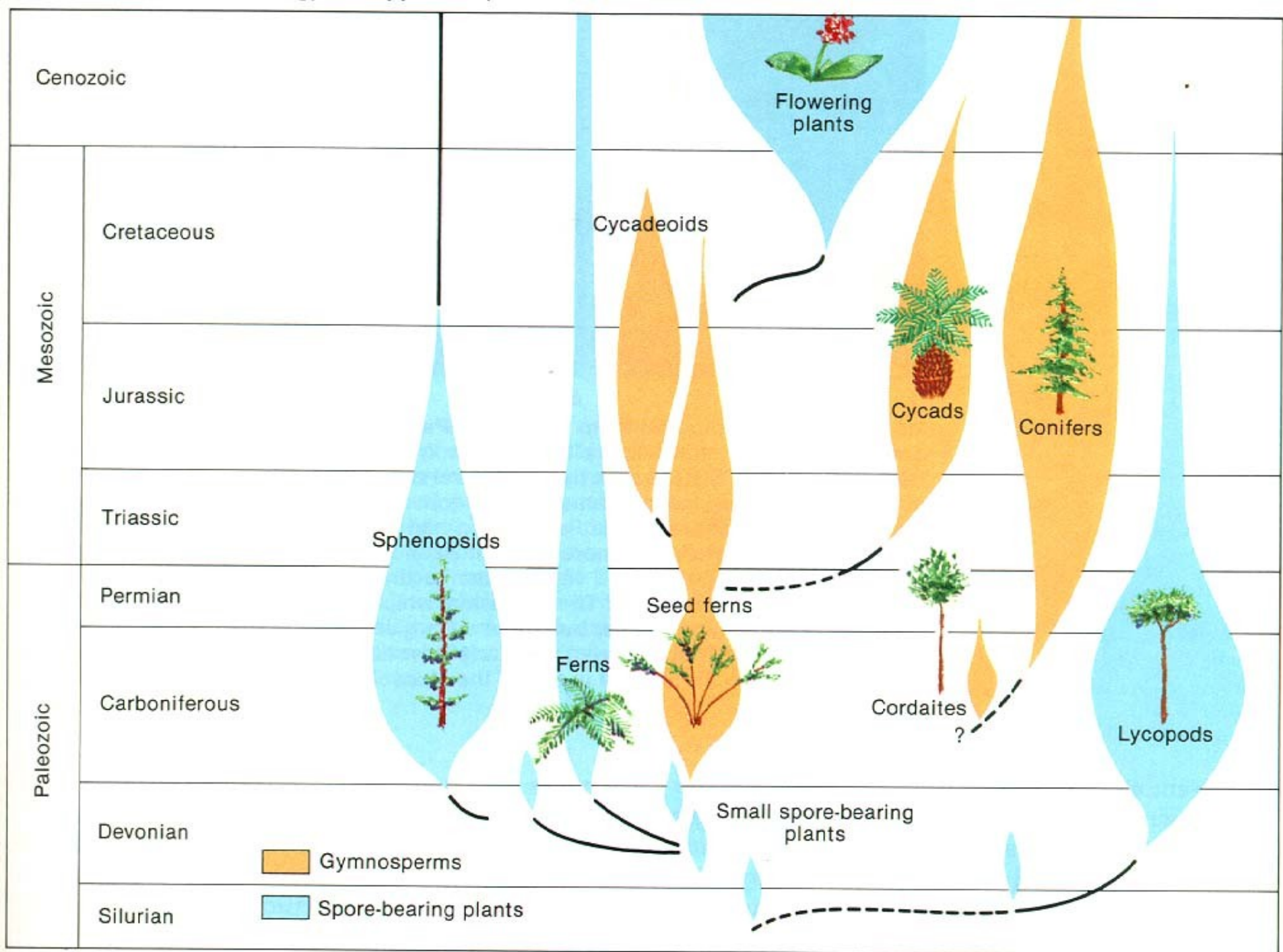
Obraz permokarbonské flóry ukazuje:

Nejprve rozvoj sporátních rostlin ve vlhkých a nížinných podmínkách - přesličky, plavuně a kapradiny (bažiny – uhelné sloje) - **paleofytikum.**

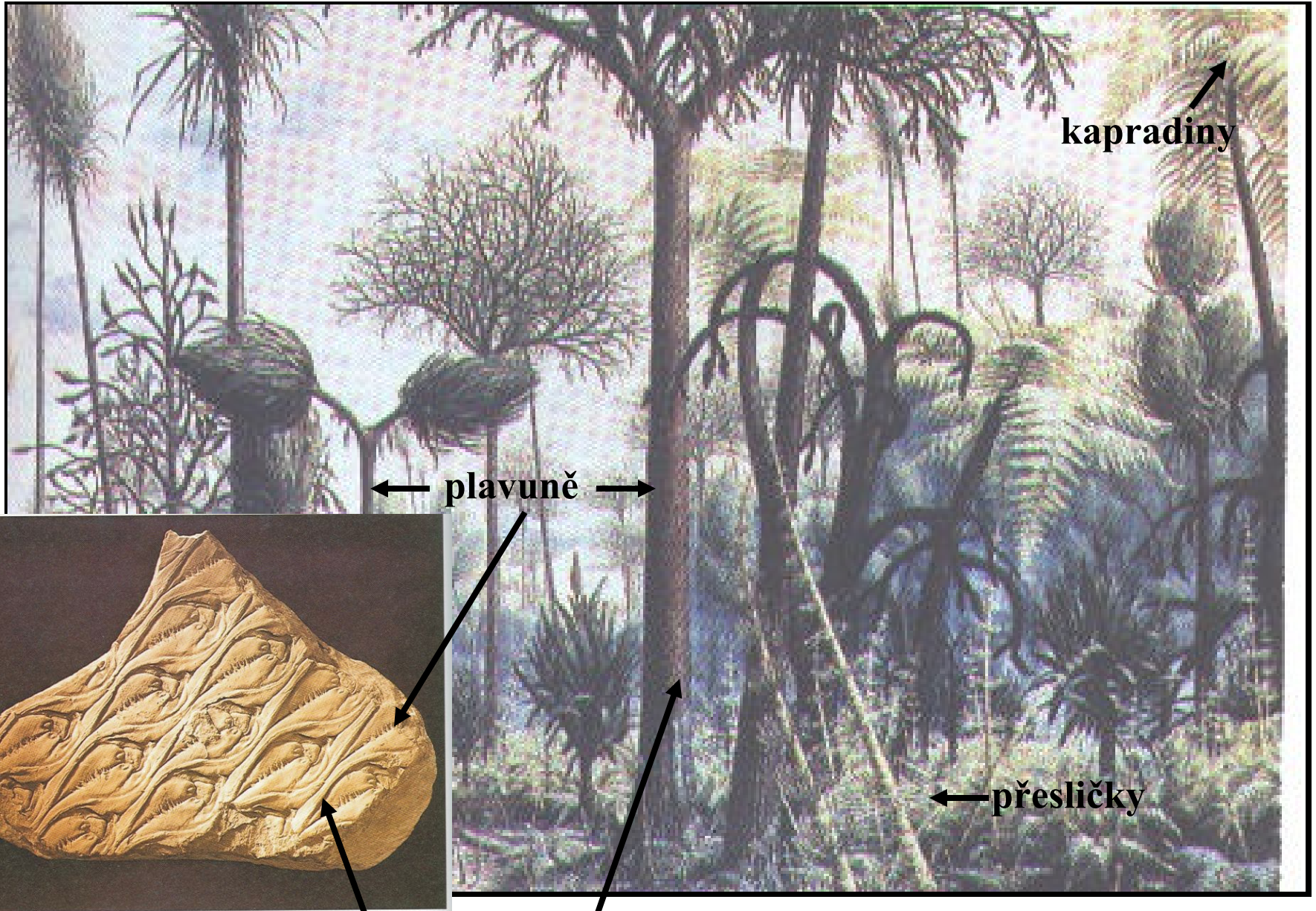
Tyto facie ustupují během aridizace permu do pozadí, stromovití zástupci mizí a ve vyšším permu už převažují jejich nížce stromovité až bylinné typy – tento trend pokračuje až do současnosti.

Současně během karbonu nastupují semenné rostliny – kaprad'osemenné, kordaity, konifery, okupují sušší a výše položená místa, dosahují stromovitých rozměrů a ve svrchním permu začínají dominovat až do spodní křídy – **mezofytikum. Kordaity však mizí ještě během vyššího permu. Během permu mizí souhrnně více jak ½ v té době rostoucích druhů rostlin, jejich vymírání je na rozdíl od živočišného pozvolné, postupné v různých rytmech a předchází živočišné P/T krizi.**

(viz následující graf)



Pohled do permokarbonského pralesa (dominance kaprad'orostů)



kapradiny

plavuně

přesličky

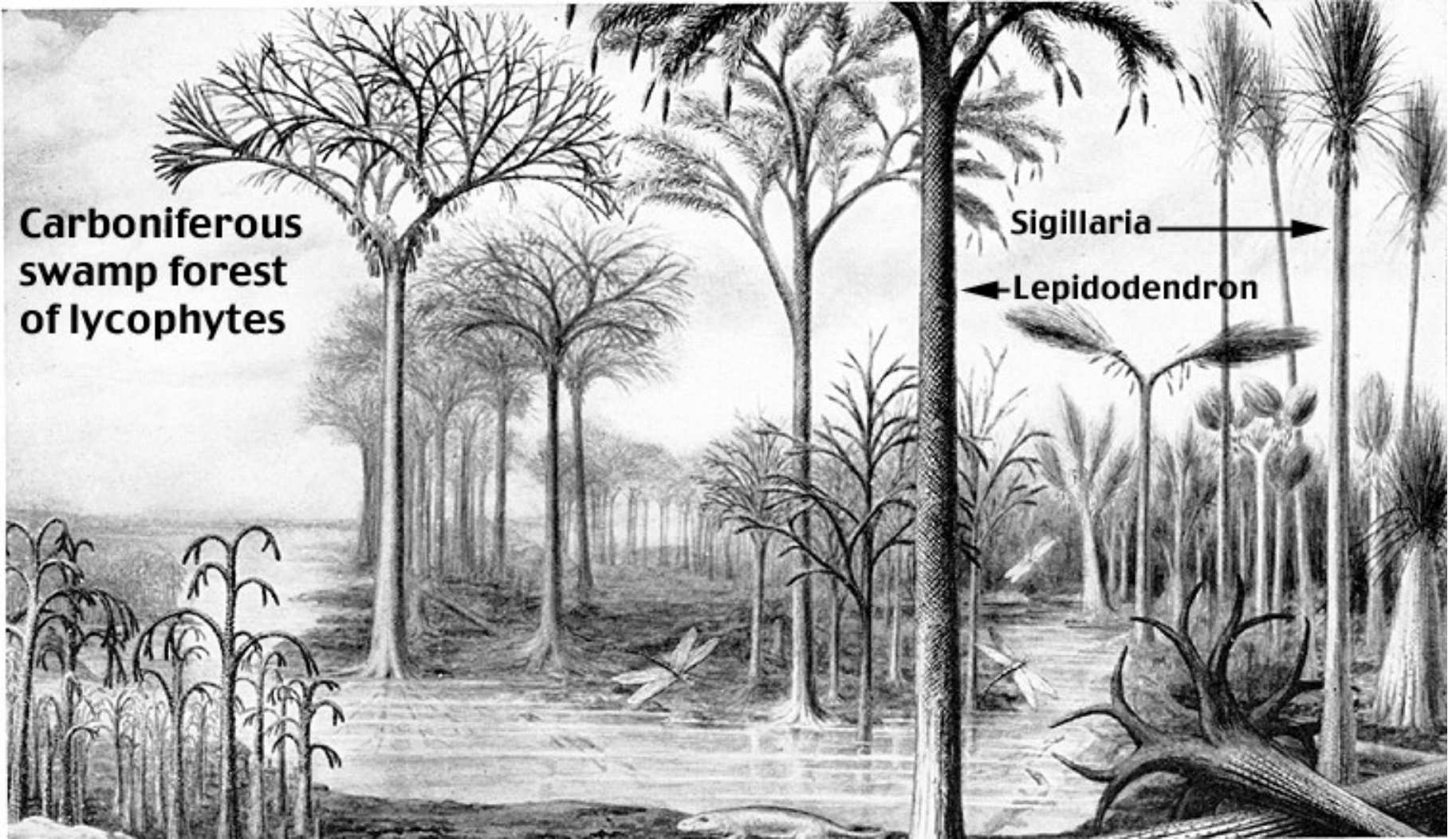
fosilní kůra *Lepidodendron* rekonstrukce rostliny

Další možné rekonstrukce

Carboniferous
swamp forest
of lycophytes

Sigillaria

Lepidodendron



kapradiny



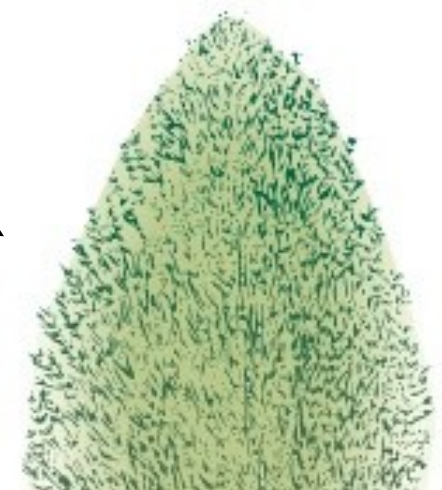
Sigillaria -spolu s rodem *Lepidodendron*
dominantní zástupci plavuní

A

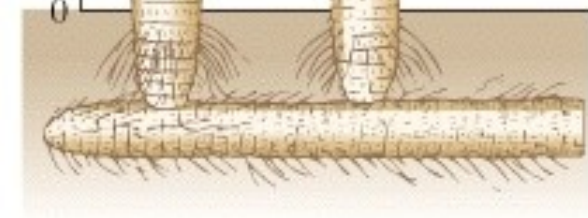


fosilní listy (otisk)

Calamites
 (karbonská
 stromovitá
 přeslička)

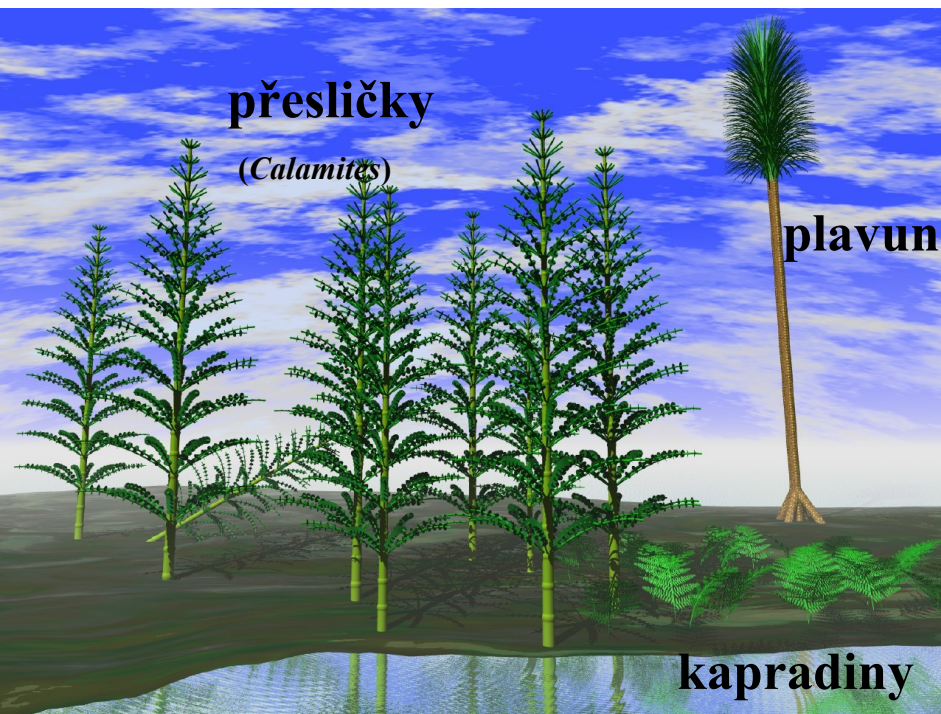


Meters



B

rekonstrukce stromu



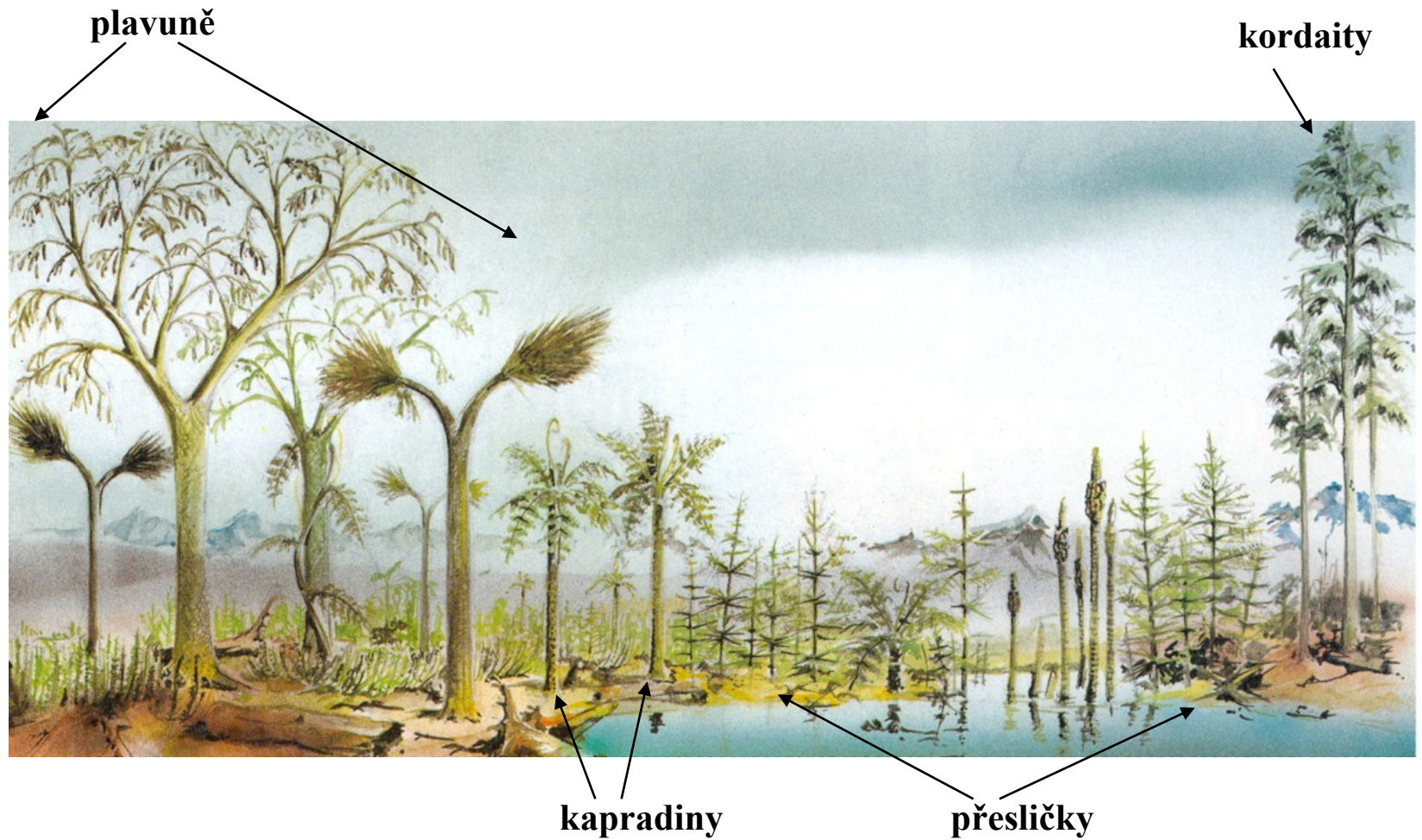
přesličky
 (*Calamites*)

plavuně

kapradiny

Idealizovaný pohled

Středoevropská karbonská krajina





dtto





dtto



dtto



dtto





Callipteris conferta, kapradiny, perm

Obraz permokarbonské flóry doplňovaly tzv. kaprad'osemenné rostliny



"Tree Fern"
- pteropsids
3-5m



Primitive
insect
Stenodictya



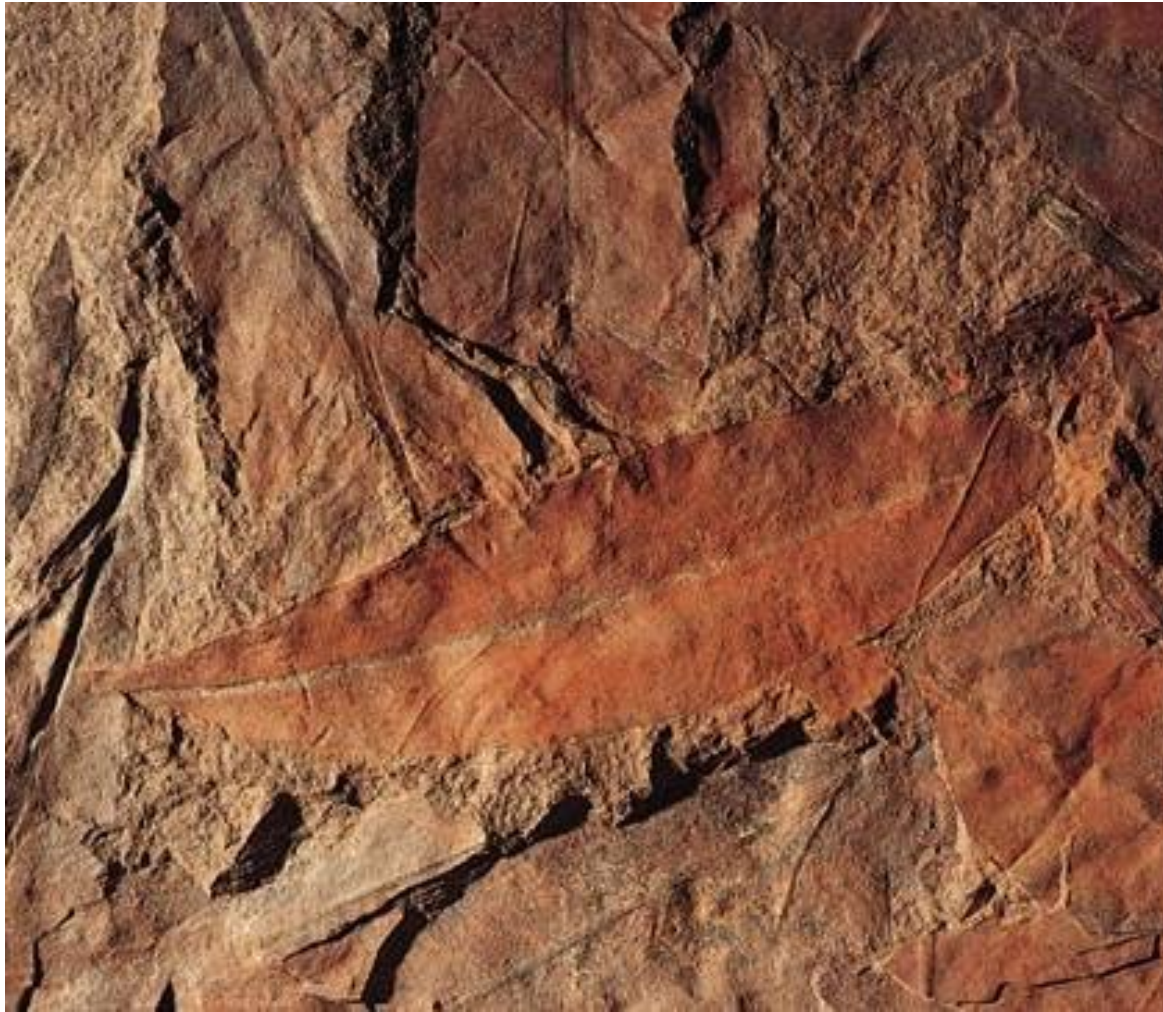
Seed ferns (Pteridosperms) are primitive seed bearing gymnosperms.

Carboniferous (carbon-bearing period) coal swamp plants included tree ferns, seed ferns and true ferns.



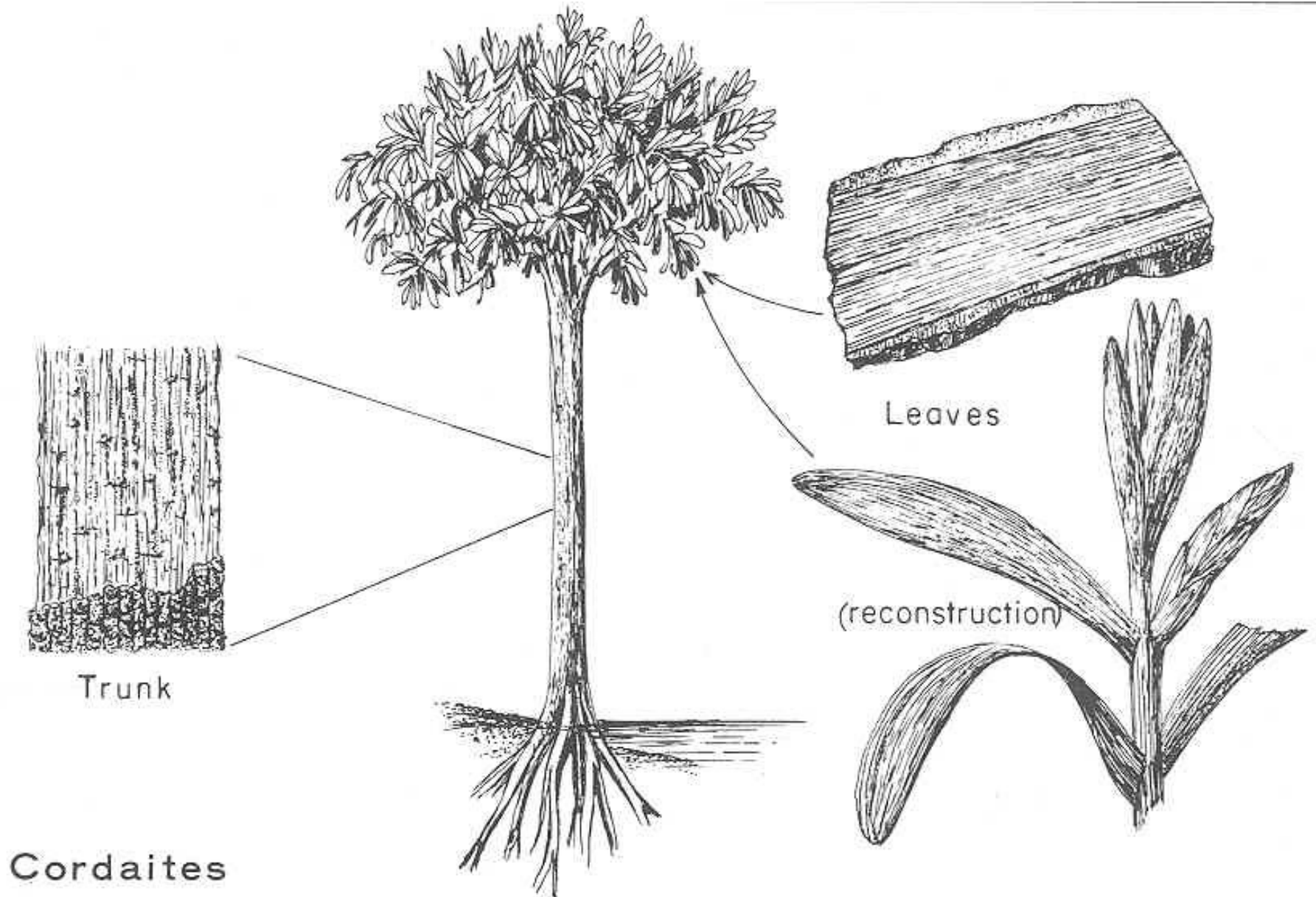
Pennsylvanian
seeds of seed
fern *Neuropteris*

Některé kaprad'osemenné snášely i sušší podmínky. Rozšířily se více než ostatní, především rod *Glossopteris* na Gondwaně, slavný po jejím rozštěpení (citace v souvislost s deskovou tektonikou a konfigurací kontinentů)



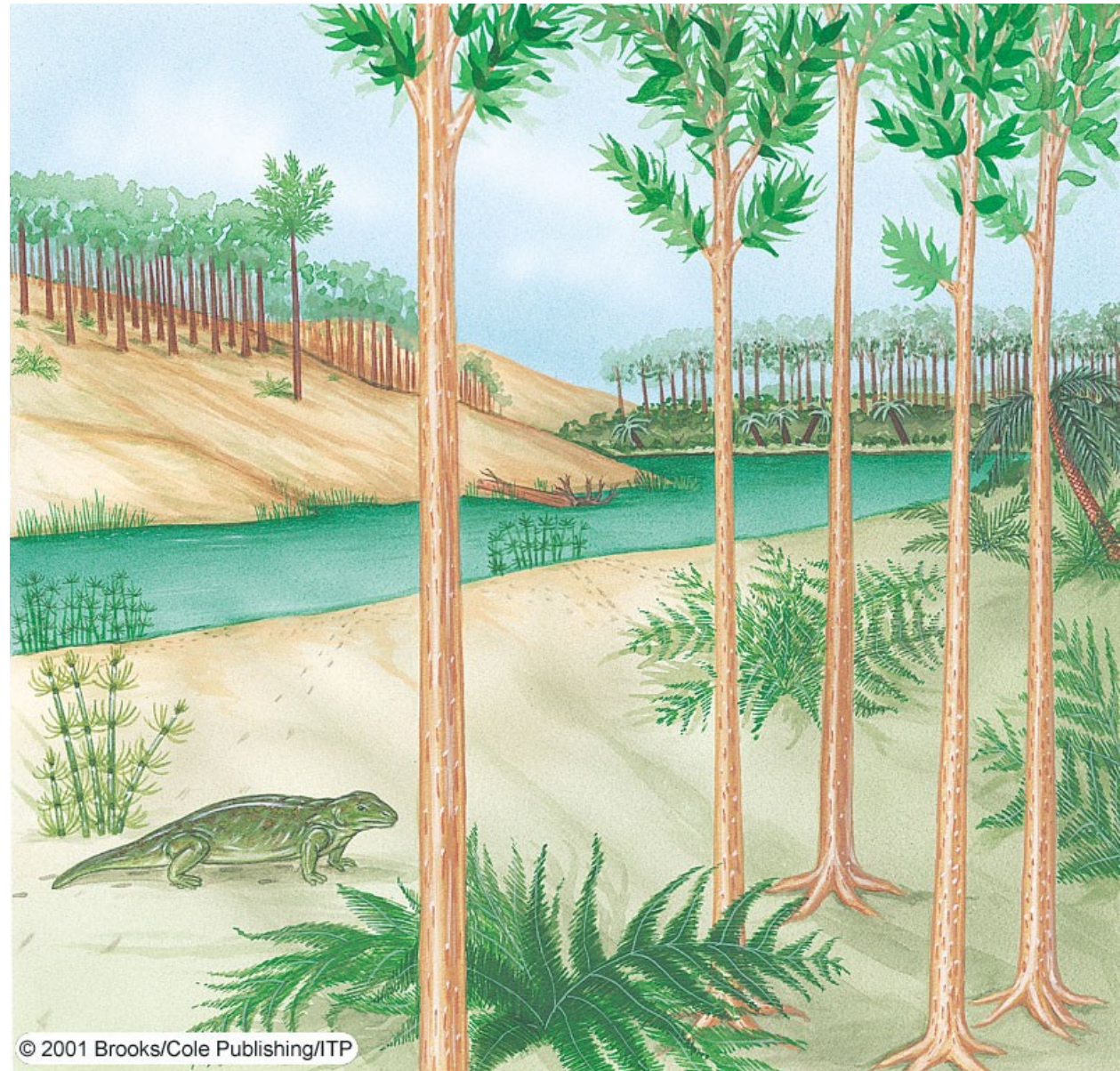
Glossopteris sp., listy,
Perm, Afrika

Během karbonu nastupují rostliny cestu k nahosemenným. V jejich úsvitu stojí též **kordaity**, které vbrzku dosáhly stromovitých výšek (~ 30 m), řazené některými autory již k jehličnatým, zjednodušování listů, listy nasedají ve šroubovnici



Kordaitový les

- Tyto lesy jsou časté už od svrchního karbonu
- Kordaity – nahosemenné - výhodou nahosemenných bylo, že už nebyly vázány na vlhké prostředí a migrovaly do volných suchých a také geograficky vyšších míst



Jehličnany – první zástupci



Walchia hyonoides,
Pinopsida, perm



Walchia piniformis
Pinopsida, perm

Obraz fauny v permokarbonu:

Moře: - rozvoj bentózních vápnitých foraminifer (Fusulinida)

- v bentosu vedle brachiopodů (útesotvorní) dominují lilijice (horninotvorný význam), diverzifikují ježovky
- útesy tvoří především mechovky
- mezi mlži hrají roli epiplanktonní skupiny, mlži migrují intenzivně do sladkých vod, dtto plži, včetně vlhkých prostředí = Pulmonata (karbon)
- hlavonožci - amoniti – goniatitový šev
- trilobiti ustupují (pouze stratigrafický význam), na hranici Pe/Tr vymírají
- obratlovci v mořích – dominance akantodů – spolu se žraloky migrují do sladkých vod, ve skupině Actinopterygii dominují Chondrostei (řídkokostní, Paleoniscida)
- v mořích nastupují ve svrchním permu i plazi (notosauři, euryapsidní), biologicky = dnešní tuleni a lachtani (tj. rozhraní prostředí)

Souše:

- obrovská radiace členovců, prakticky všechna tracheata (mnohonožky, stonožky, hmyz), spolu s nimi predátorské skupiny (pavoukovci, škorpioni)
- především radiace hmyzu bezkřídlého (chvostoskoci, šupinušky, rybenky),
- během karbonu migruje hmyz jako první skupina i do vzduchu. Starokřídlý hmyz – biologicky podobný vážkám (neskládají křídla), koncem karbonu – novokřídlý hmyz (skládání křídel, tvorba krovek – fosilizace). **Hmyz získává svoji dominantní pozici v rozmanitosti** a drží ji dodnes,
- rozvoj bezobratlých na souši připravil půdu pro rozrůznění a diversitu životních strategií u suchozemských tetrapodů. V karbonu především Amhibia, z nich pak krytolepci (< predátoři), v závěru karbonu – Antracosauria s řadou plazích znaků – cesta k plazům (vajíčko a amniovém vaku, allantois, eliminace larválního stadia, ? neotenie?, evoluční výhoda = expanse do prostředí suché země).

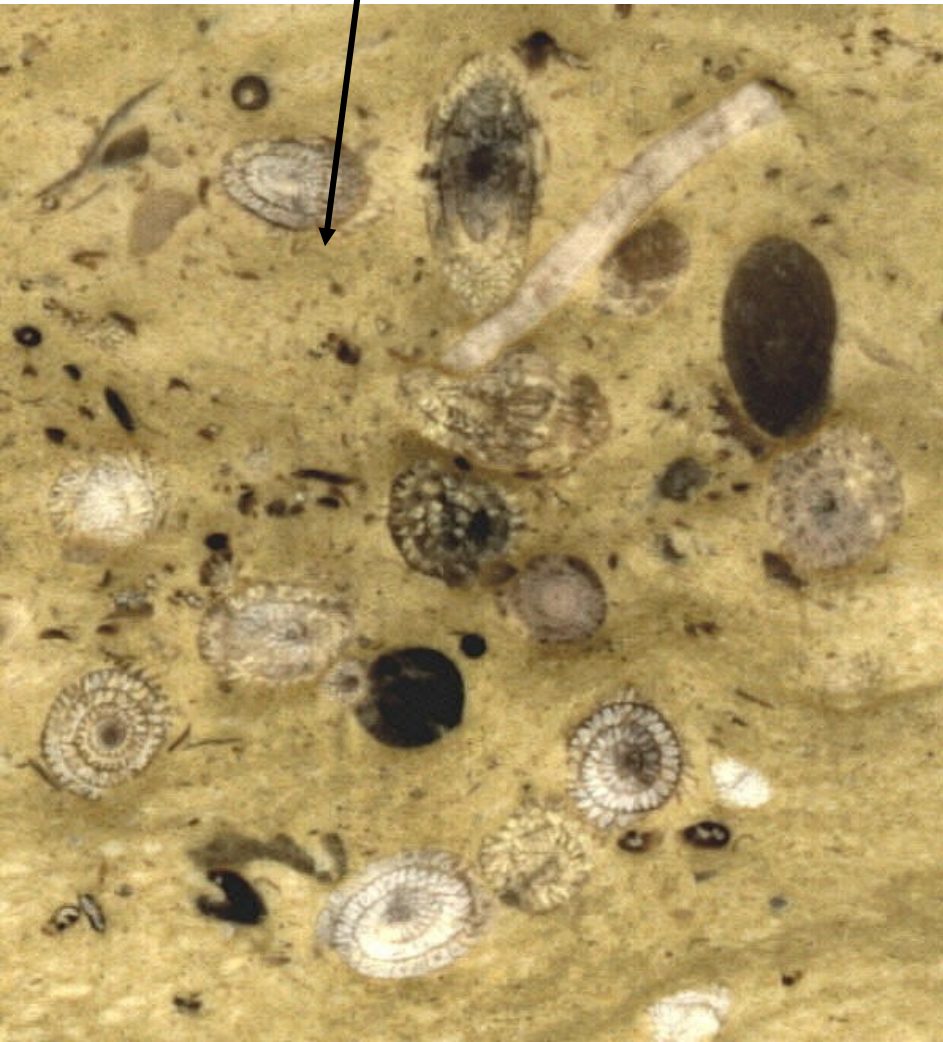
Plazi:

- **úprava těla: zamezení vysychání, vnitřní oplození, dokonalejší krevní oběh,**
- **stavba končetin, větší mozek, zesílení čelistního aparátu etc. vede k možnostem využití dalších strategií a nových nik.**
- **K nejstarším patří *Westlothiana* (sp. karbon) a *Hylonomus* (sv. karbon).**
- **Ve svrchním karbonu nastupuje skupina plazů již se savčími znaky (tzv. savcovití plazi – Pelycosauria, synapsidní, někteří ?? teplokrevní).**
- **Z nich během permu vznikají therapsidi (synapsidní) s výraznější koncentrací savčích znaků (včetně osrstění a teplokrevnosti – odpověď na aridizaci klimatu).**
- **Zakládají již konkrétní cestu k triasovým savcům.**

Moře:

V dírkovcovém betosu hrála velkou roli skupina Fusulinida – velké vřetenovité formy (CaCO_3) – časté jsou fusulinové vápence

Parafusulina sp.
bar = 1 cm,
sp. perm



Stewartina sp., řez fusulinidní foraminiferou, Californie
sp. perm,

Bivalvia – v karbonu velmi rozšířené epiplanktonní skupiny



Posidonia becheri, spodní karbon,
Nížký Jeseník,
častá v tzv. „posidoniových“ břidlicích

Carbonicola acuta
svrchní karbon, délka 2.5 cm,
kolonizace sladkých vod



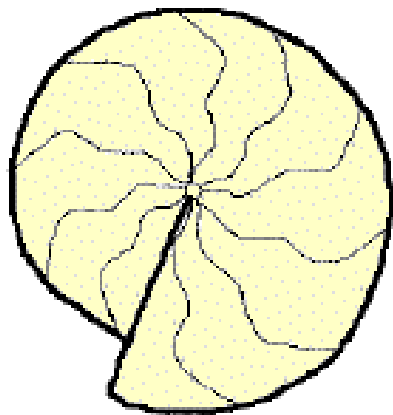
Gastropoda



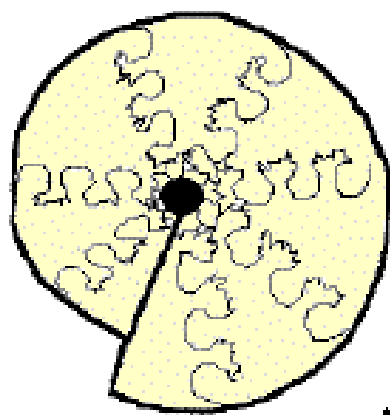
Euomphalus pentagulatus, spodní karbon, St. Douglas, Irsko

Mollusca

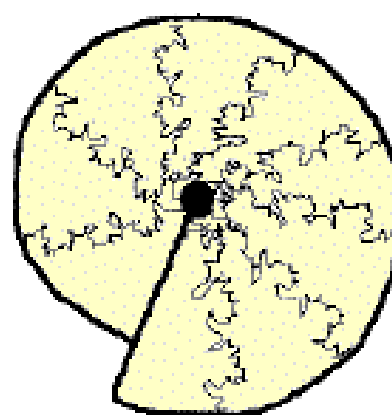
Ammoniti s goniaticovým a ve svrchním permu již ceraticovým typem švu



Goniatic



Ceratic



Ammonitic

of aperture



Goniatites sp.





fenestrátní mechovka z řádu Stenolaemata,
Sonoita, USA, perm



← **lilijice** →

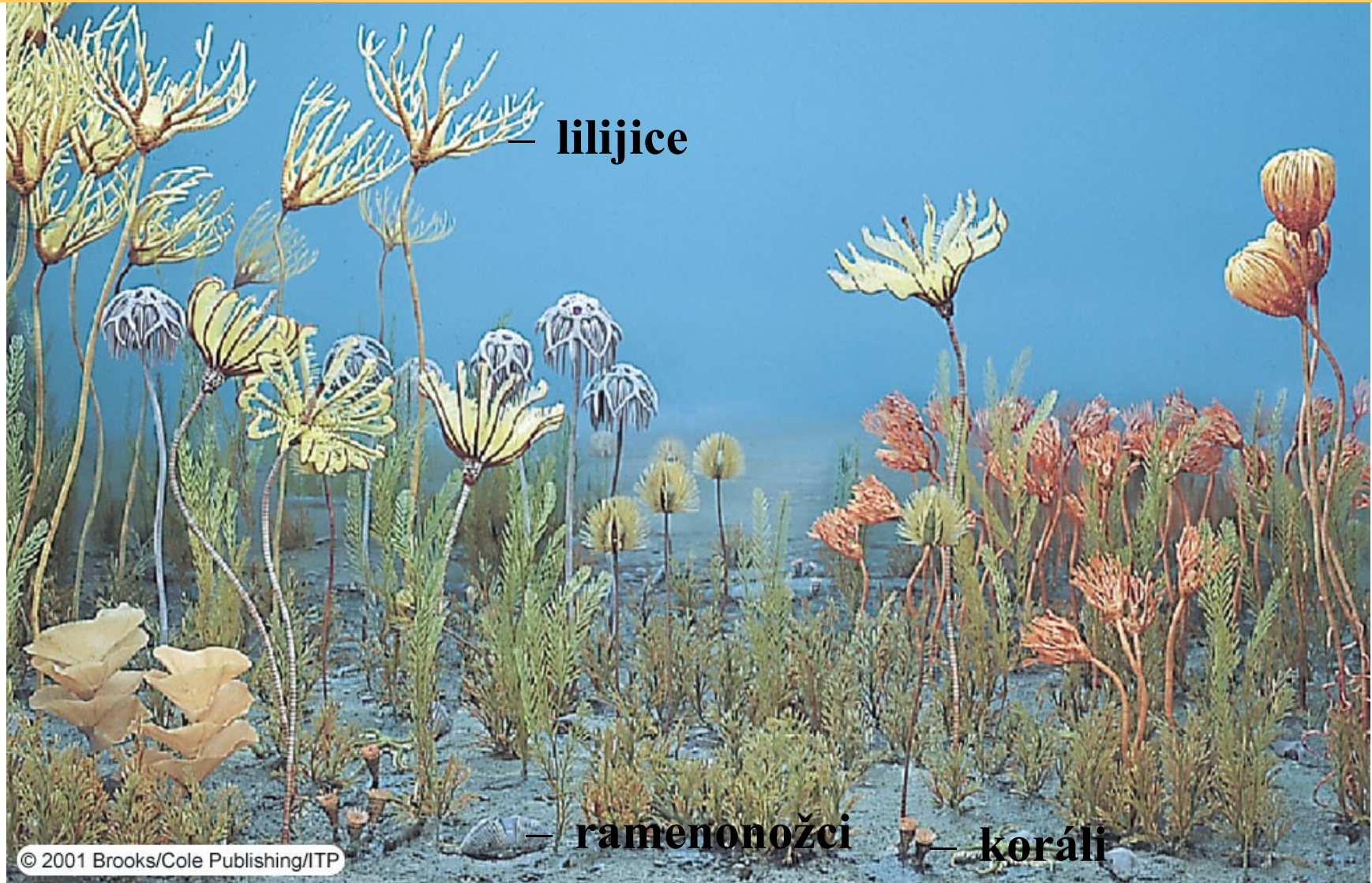
↑ *Pachylocrinus aequalis* (Hall), sp. karbon,
Montgomery, Indiana

Cyathocrinites multibrachiatus (L. et Craw.)
sp. karbon, Montgomery, Indiana



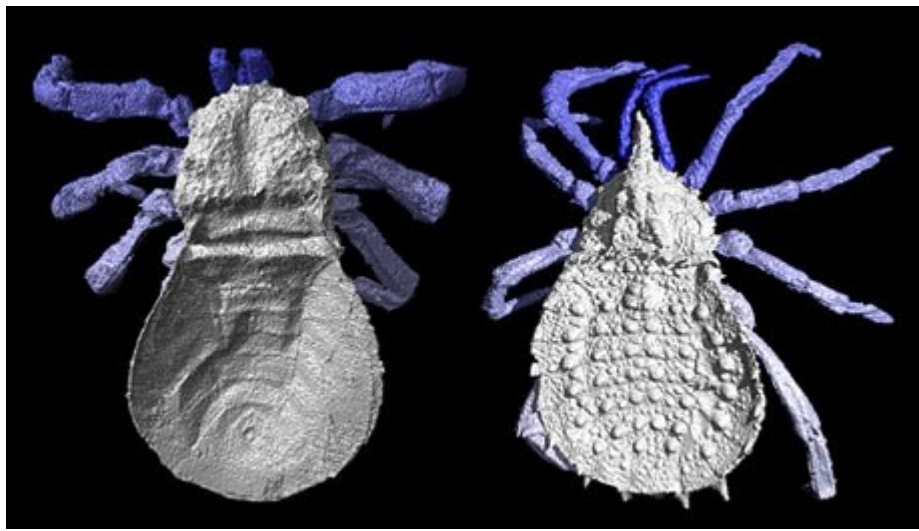
Pentremites, Blastoidea, karbon, USA

Ukázka života ve spodnokarbonském mělkovodním moři (lokalita Crawford, Indiana)





**Francie, Monceau – les – Mines, sideritové
nodule, stefan, trigonotarbidní arachnida a další
insekta
(Gaarwood, 2010) - modely**



Anthracomartus hindi (vlevo), *Eophrynus prestvicii* (vpravo),
Francie, sideritové nodule, stefan, trigonotarbidní arachnida, netkali, dravci,
(Gaarwood, 2010) - modely

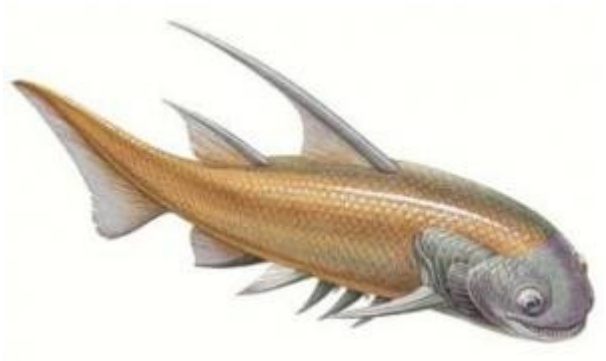


Eophrynus prestvicii, fosílie



Akanthodi – trnoploutví
< sladké vody, nekton, dravci,
nástup v siluru, vymírají v permu,
ČR: Podkrkonoší, plzeňská pánev,
Boskovická brázda

Acanthodes gracilis, perm, Německo



Model akantoda

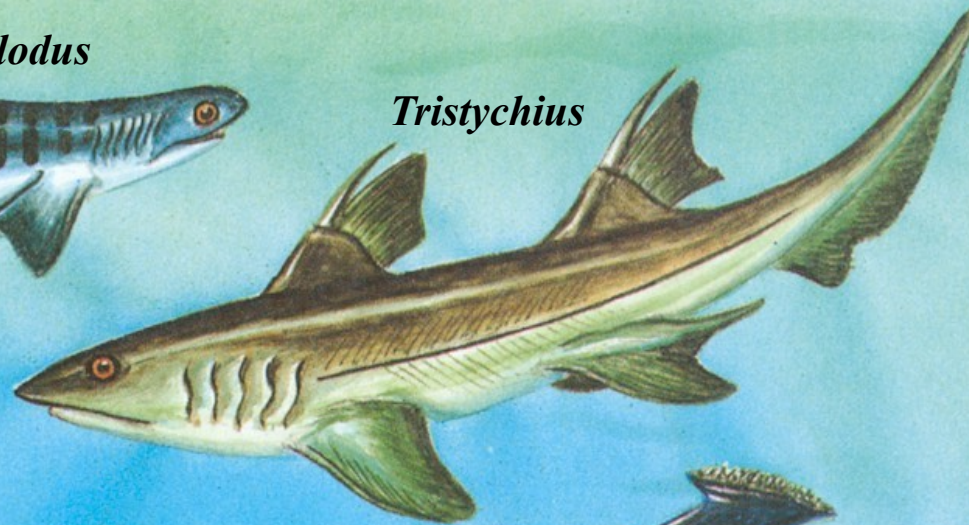


***Acanthodes browni* - model**

**Karbonští zástupci žraloků
přecházejí i do sladkých vod**



Cobelodus



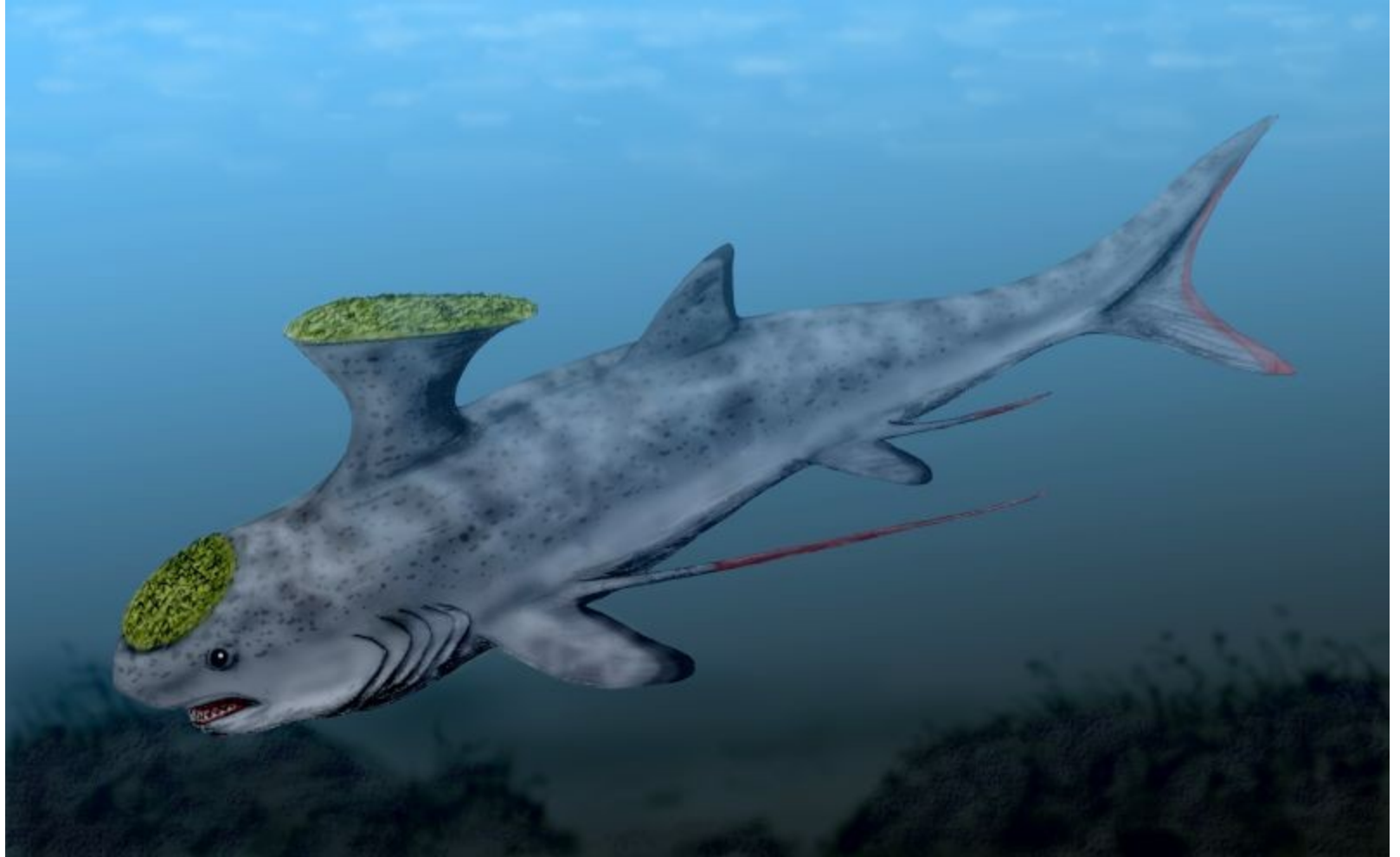
Tristychius



Deltoptychius



Stethacanthus



Stethacanthus – viz též MK

**Elasmobranchii
zuby, sp. karbon**



Akmonistion sp.

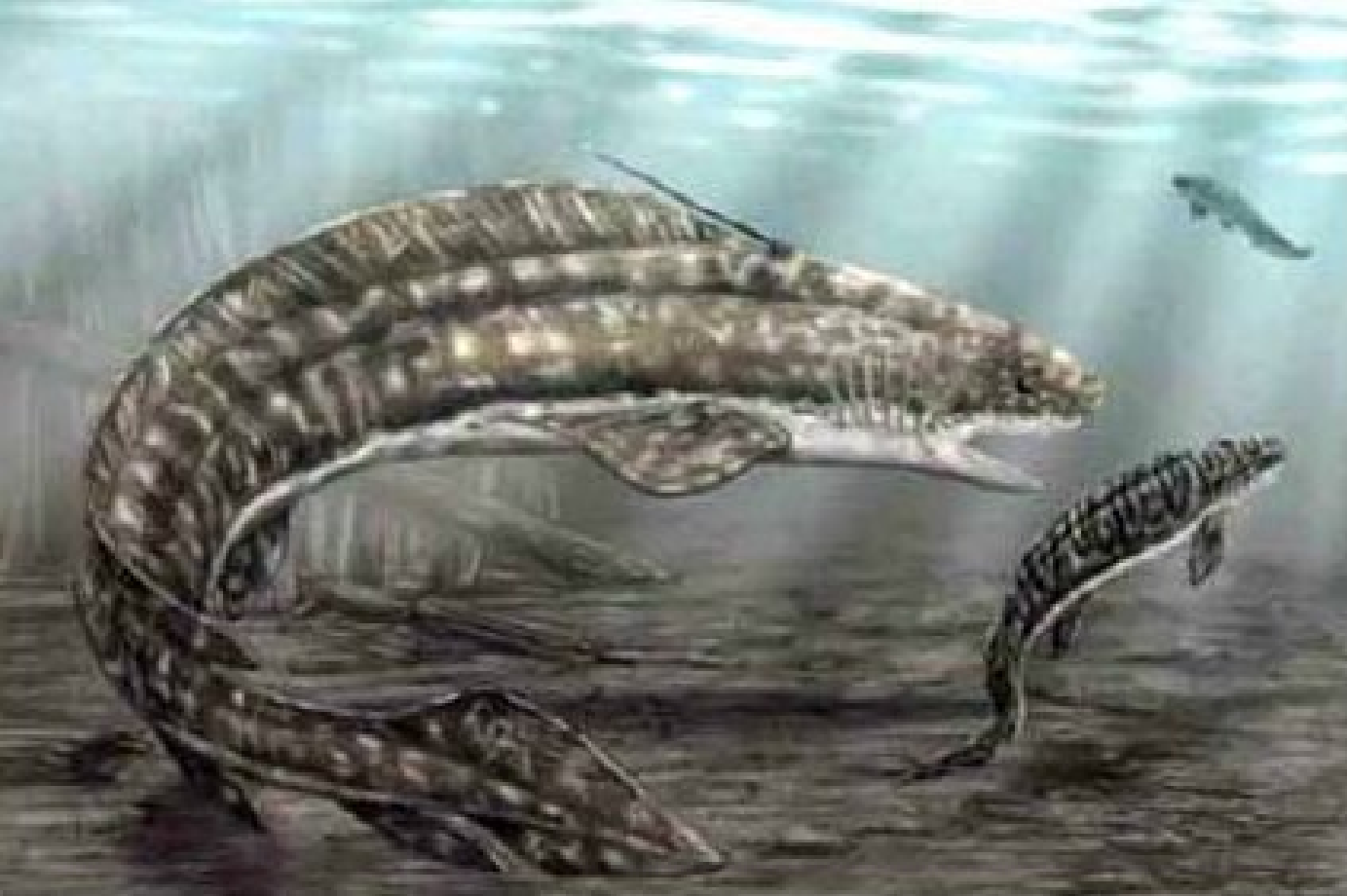


Denaea sp.



Symmorium sp.

**Zuby těchto rodů též v líšeňském souvrství při hranici De/Ca
v Moravském krasu (Kumpan, 2013)**



Orthacanthus, typický permský sladkovodní žralok
např. České permokarbonské pánve



Orthacanthus - zub



Orthacanthus sp., perm, stř. Čechy

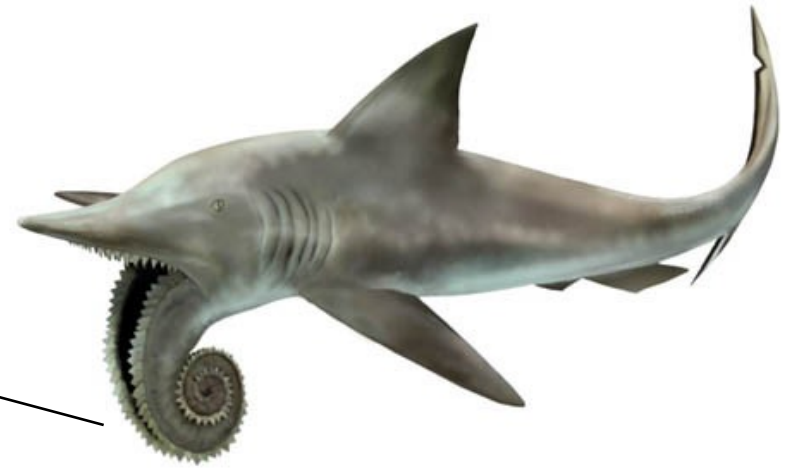


Wodnika striatula Munst., sv. perm, Polsko

Zuby sladkovodních žraloků



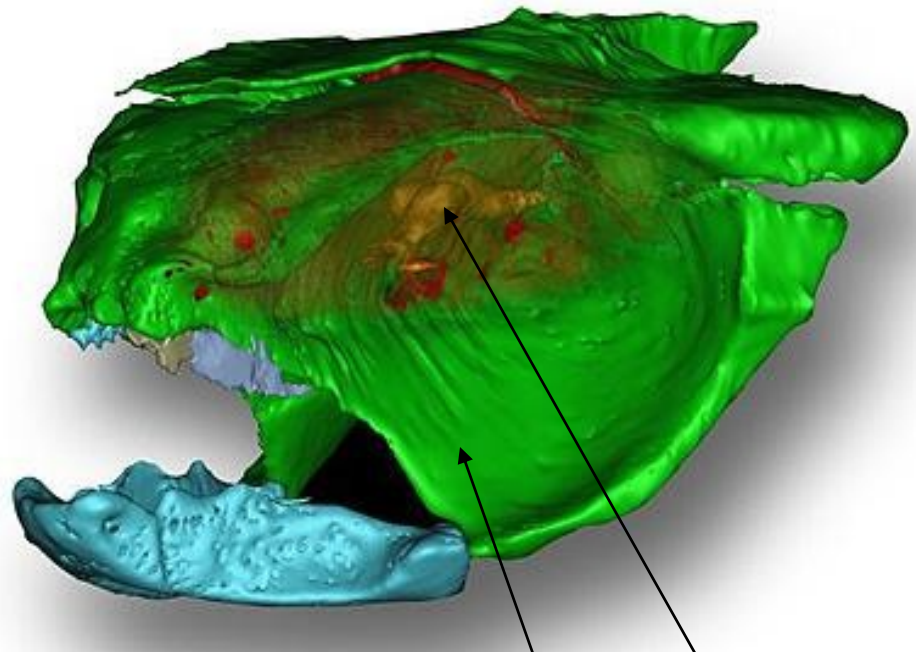
©Bone Clones® 2010



Helicoprion, sp. perm, Ural



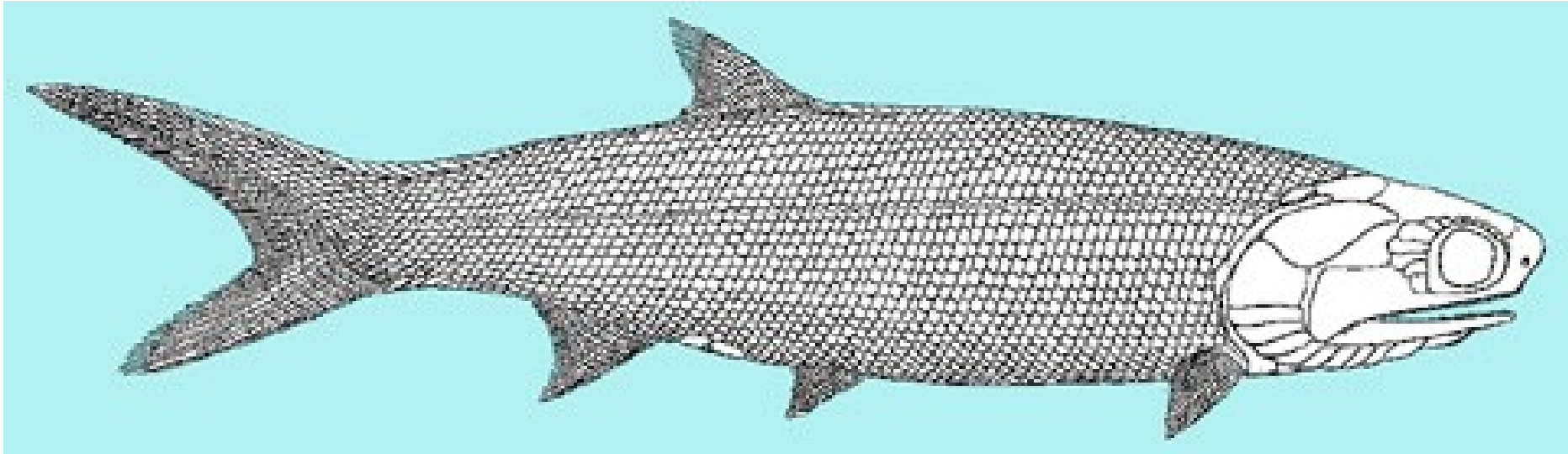
fosilní lebka (přední pohled)



**tomografický obraz lebky a mozku
ze synchrotronu v Grenoblu (boční pohled)**

Zástupce fosilní skupiny Iniopterygii (příbuzná recentním chimérám) z nejvyššího karbonu Kansasu a Oklahomy (~300 Ma), dosud nejstarší doklad mozku, tvar zvukovodu ukazuje na neschopnost vertikální orientace => horizontální pohyb u dna (špatný plavec)

Paprskoploutví (Actinopterygii) – převážně Chondrostei (Paleoniscida)



Palaeoniscus, karbon,
Čechy, rekonstrukce



Paramblypterus sp., perm, Bačov u Boskovic

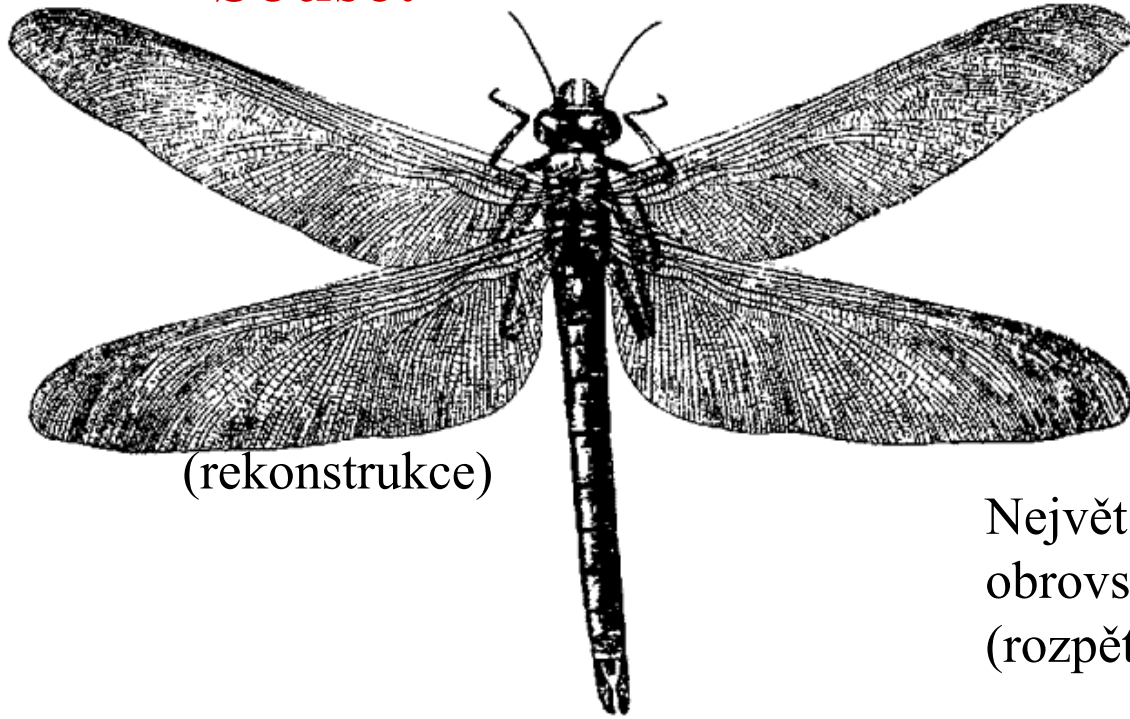


Paramblypterus – model



***Radinichthys alberti*, Palaeonisciformes,
tournai, Albert Shale, Canada**

Souše:

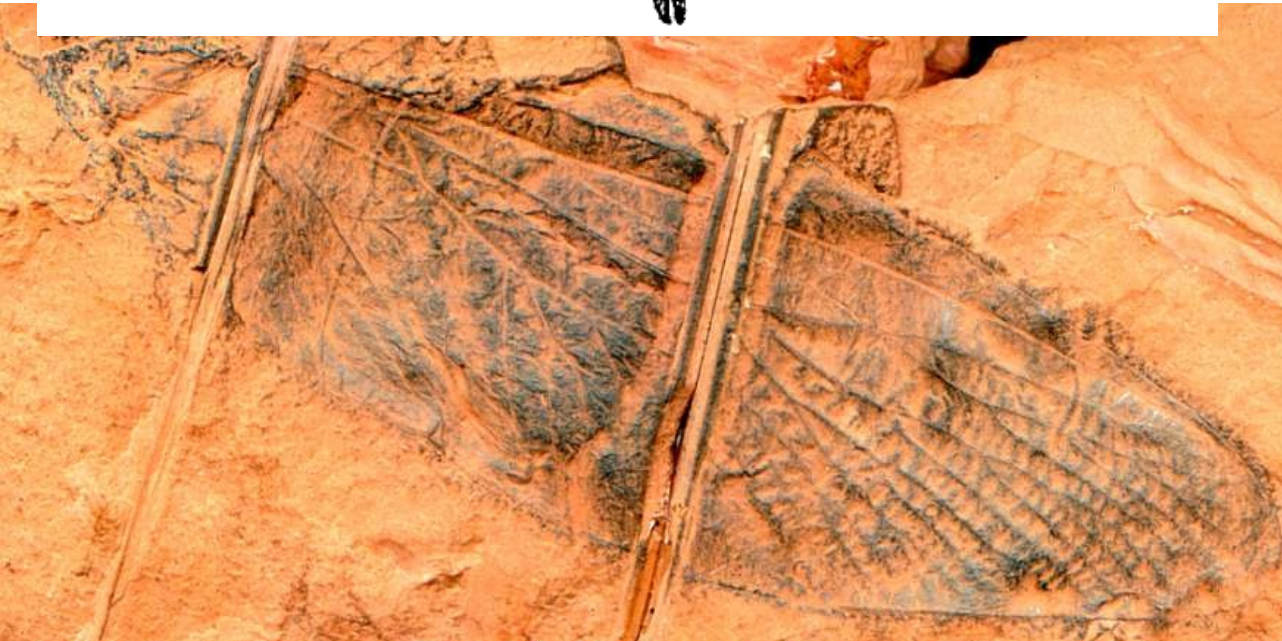


(rekonstrukce)

Hmyz

(křídla – z žaberních přívěsků při
terrestrializaci,
Palaeodictyoptera neskládají,
Neoptera – perm – skládají)

Největší karbonický **hmyz** představovala
obrovská vážka *Meganeura monyi*
(rozpětí křídel až 75 cm)

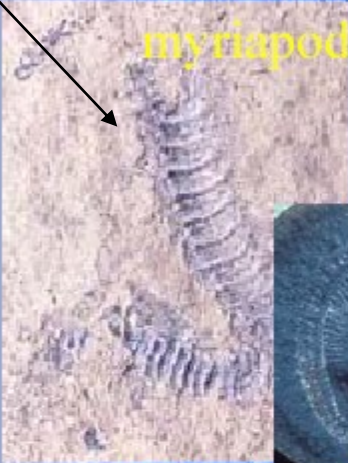


(fossilní otisk křídla)

Další ukázky (otisky) svrchnokarbonských tracheat:

mnohonožky

Late Pennsylvanian
myriapod (millipede)



stonožky



Late Pennsylvanian centipede from Mazon Creek

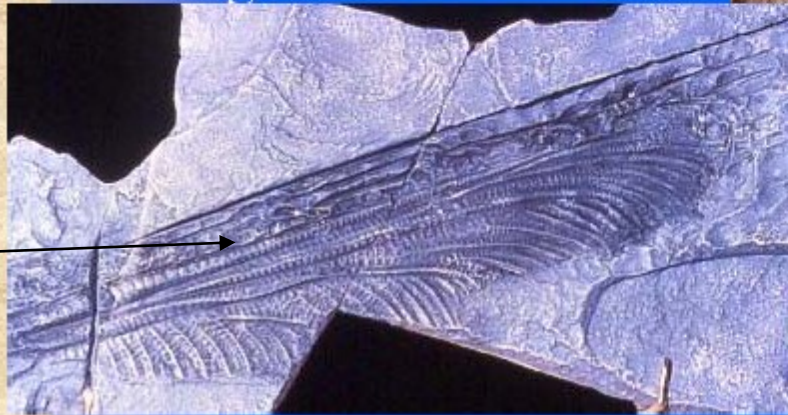


Age of Cockroaches (15 cm)
and dragonflies with .5 m

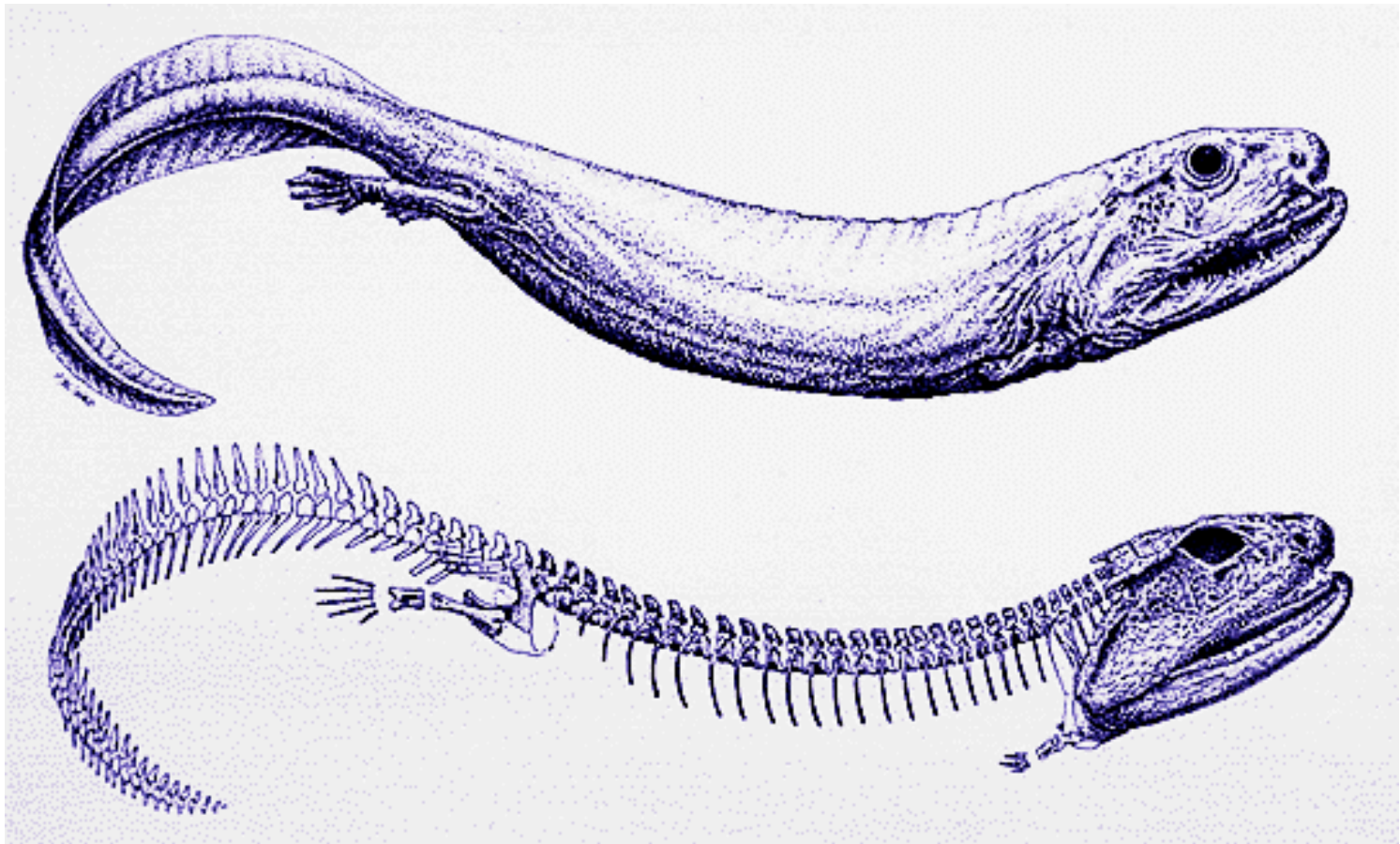
Insect similar
to katydid



vážky



Rozvoj moderních obojživelníků



Crassigyrinus scoticus, spodní karbon, Skotsko,
nejstarší známý moderní obojživelník, ? vztah k
vráskozubým

Amphibia, Labyrinthodontia. Karbon – věk obojživelníků, převážně dravci.



***Eryops*, labyrinthodontní obojživelník (vráskozubí), svrchní karbon S. Ameriky, labyrinthodonti směřovali k savcovitým plazům**



***Discosauriscus (Letoverpeton) pulcherrimus* (Fritsch, 1879), Labyrinthodontia,
boskovická brázda, perm**



kostra



model



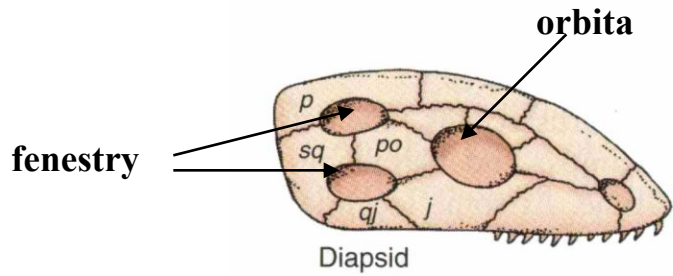
Discosauriscus austriacus,
sp. perm, DrvÁlovice

Discosauriscus, perm, (např. Boskovická brázda)

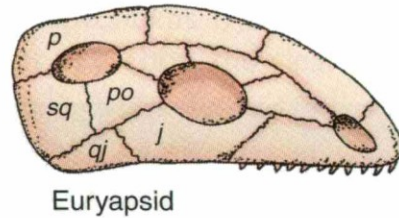


Discosauriscus sp., rekonstrukce – krytolebci, obojživelníci, perm
(např. Boskovická brázda, Bačov)

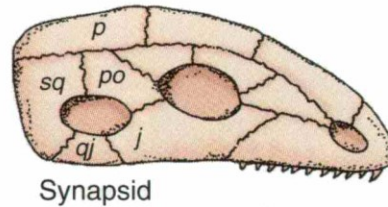
Stavba plazí lebky, vztah spánkových jam (fenestrae, upínání čelistních svalů) a orbity = cesta potravních strategií



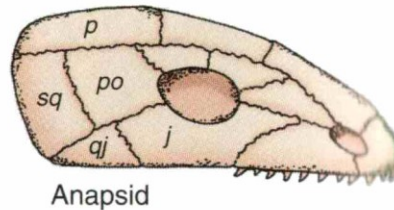
↑ hranice karbon/perm



perm



↑ nejvyšší karbon

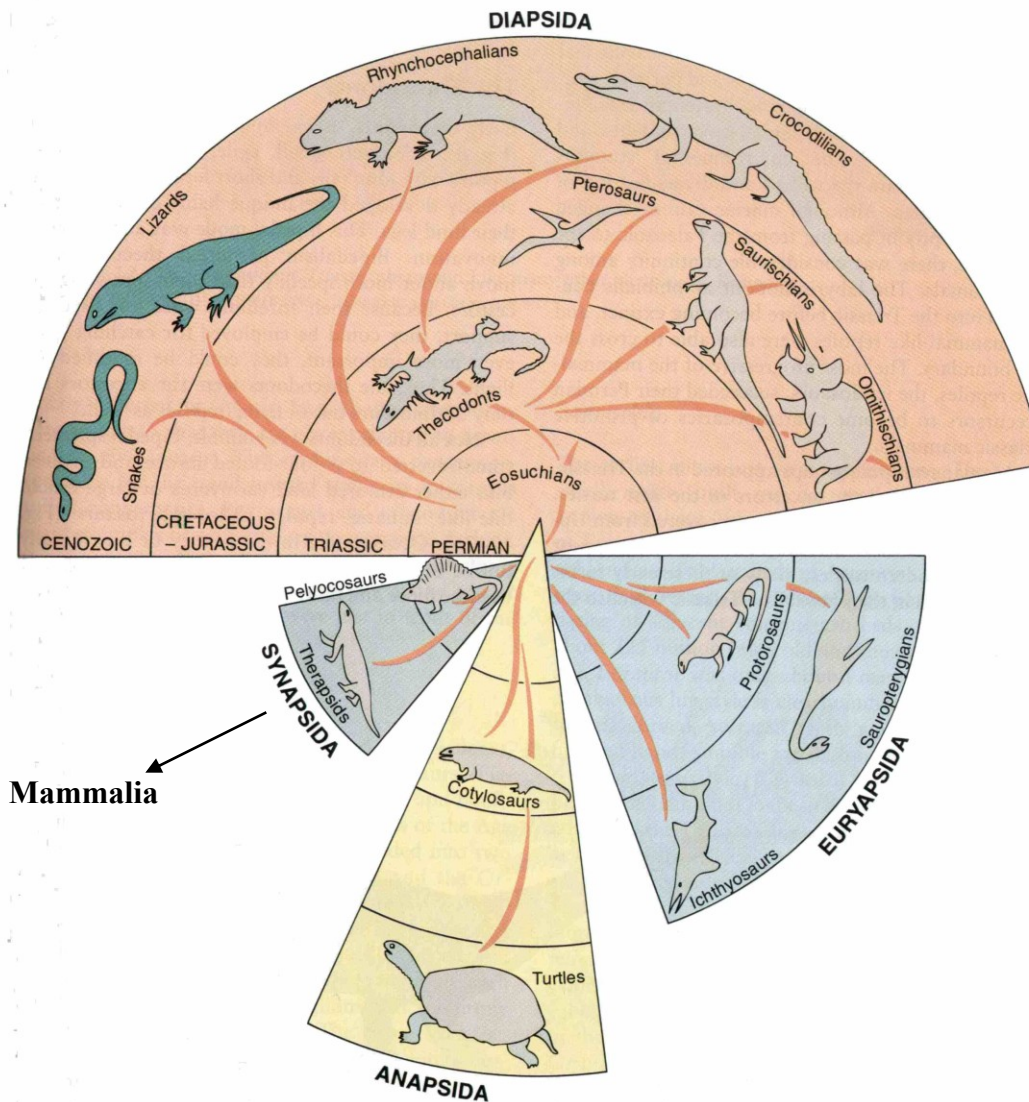


↑ sv. karbon

FIGURE 12–23 Reptile skull types. (*p*, parietal; *sq*, squamosal; *po*, postorbital; *j*, jugal; *qj*, quadratojugal.)

🗒 In which of the above groups are dinosaurs placed?

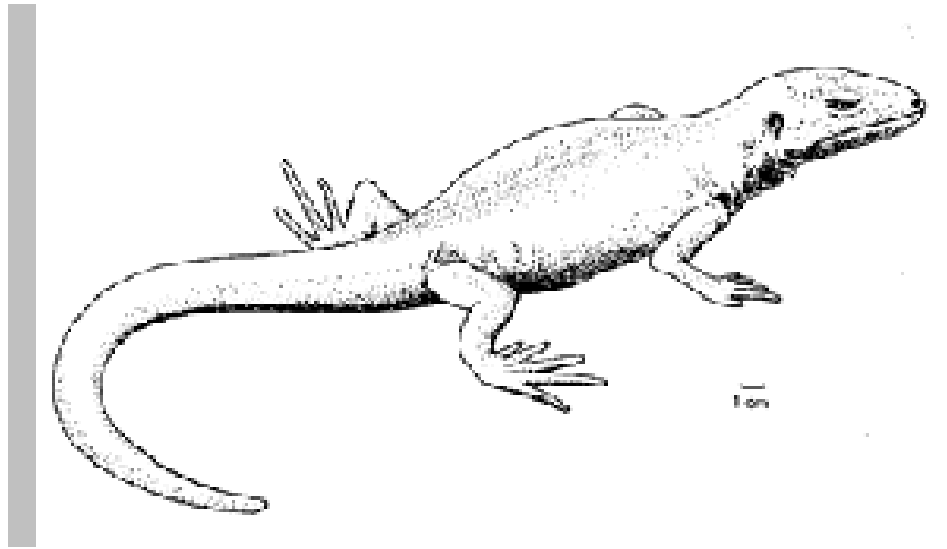
Evolve a velké skupiny plazů



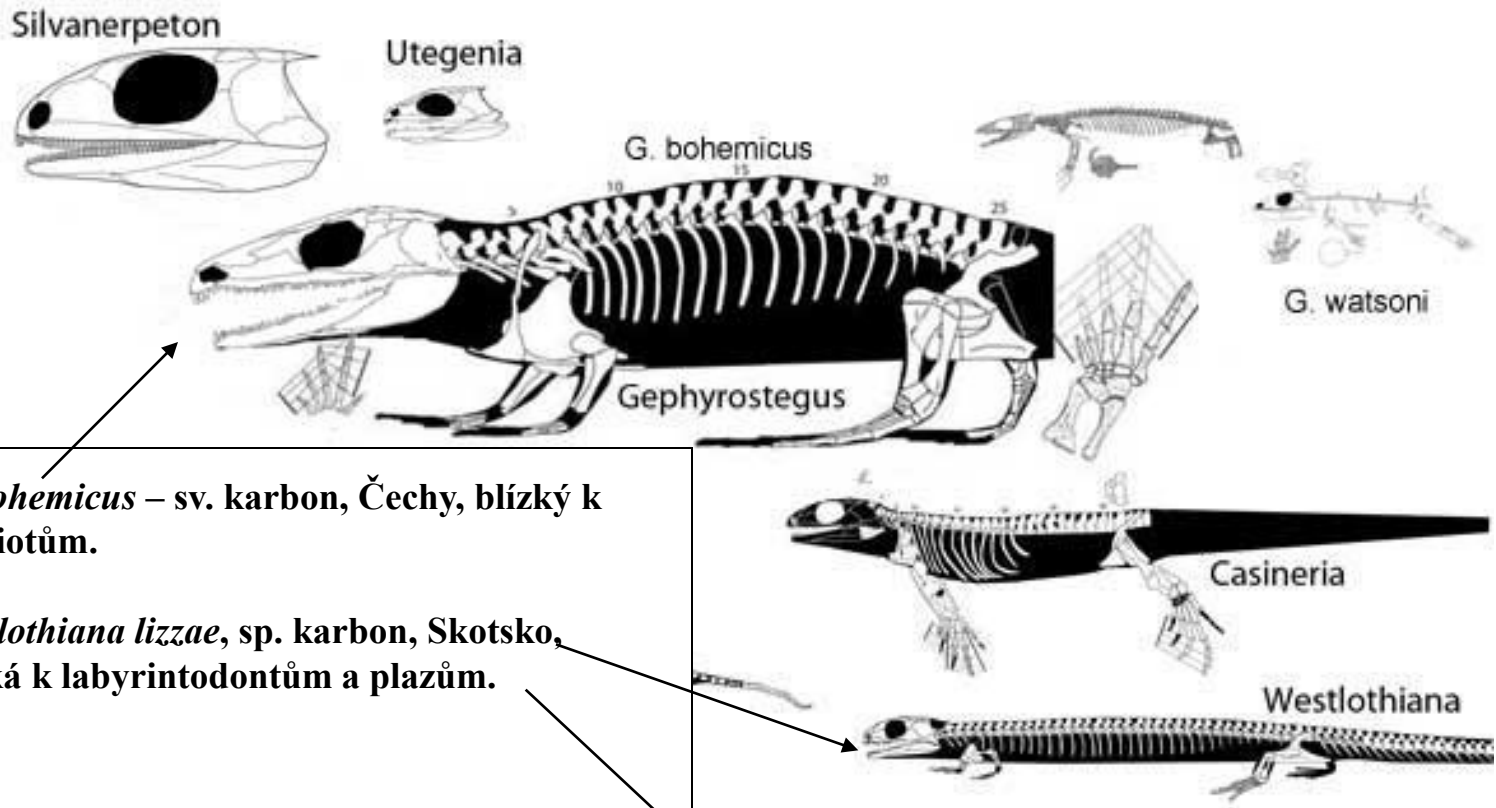
Mammalia

FIGURE 12-24 Evolution and general classification of reptiles. In this classification, reptiles are grouped according to the position and number of temporal openings in the skull (see Fig 12-23). Anapsida have no openings. Diapsida have two, Synapsida have one located low on the skull, and Euryapsida have one located higher on the skull. Rhynchocephalians, crocodillians, pterosaurs, saurischians, ornithischians, and thecodonts are diapsids of the superorder Archosauria. (From Colbert, E. H. 1969. *Evolution of the Vertebrates*. New York: John Wiley & Sons.)

V karbonu zesilují plazi znaky



Gephyrostegus, Amphibia, Reptiliomorpha, karbon



G. bohemicus – sv. karbon, Čechy, blízký k amniotům.

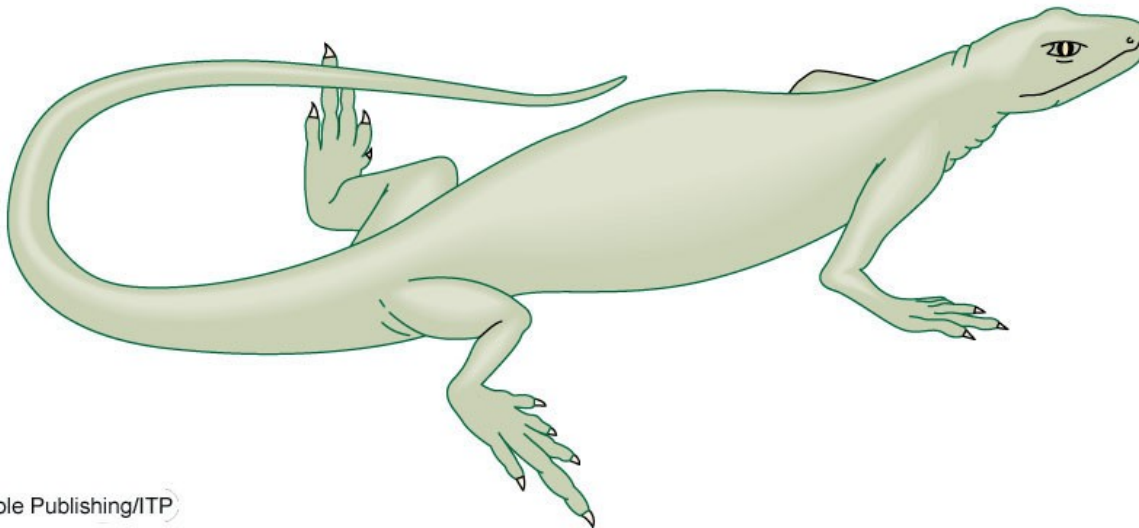
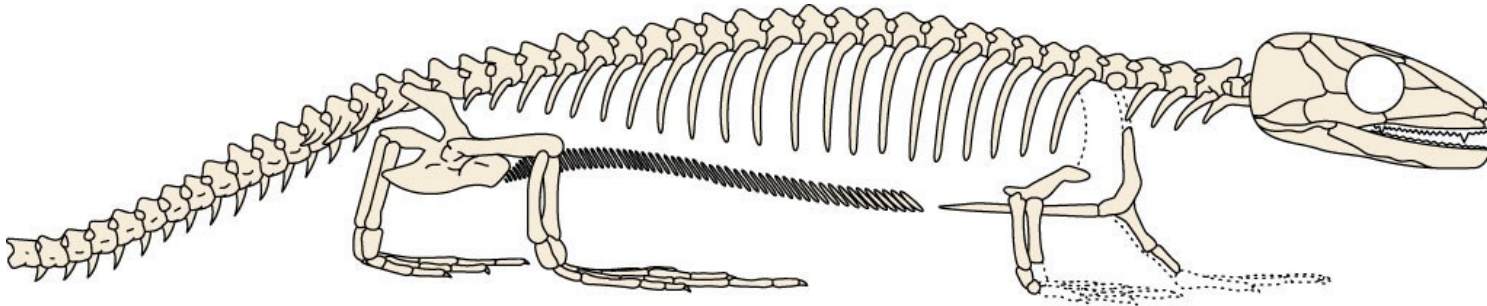
Westlothiana lizae, sp. karbon, Skotsko, blízká k labyrinthodontům a plazům.

(skupiny dokumentující mozaikovou evoluci od obojživelníků k plazům – Reptiliomorpha)



Úsvit plazů

- Rekonstrukce a kostra druhu *Hylonomus lyelli* ze svrchního karbonu – cca 30 cm (Captorhinomorpha)





Hylonomus lyelli

(horní čelist, Nova Scotia, Ca,
Nat. Hist. Mus., 2012)



(část trupu, UUA, 2009)

Hylonomus – jeden z prvních známých amniotů
(rozmnožování
mimo vodní
prostředí)



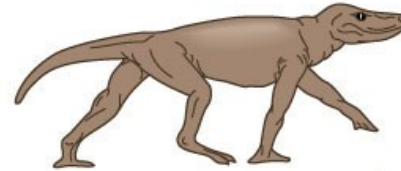
k dinosaurům, pterosaurům a krokodýlům

k savcům

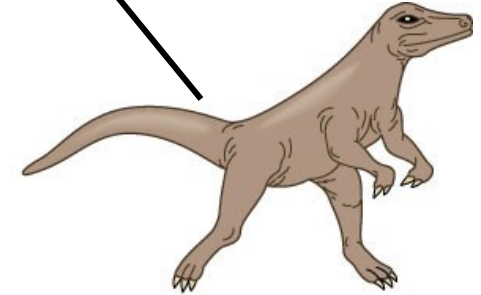
diapsidní

synapsidní

TRIAS

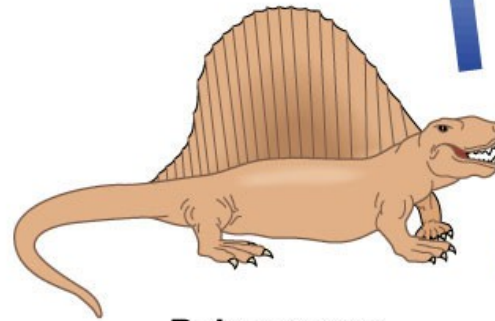


Therapsids
(Permian–Triassic)



Thecodontians
(Permian–Triassic)

PERM

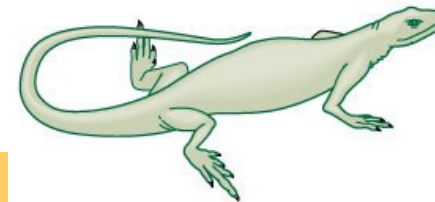


Pelycosaur
(Pennsylvanian–Permian)

synapsidní

anapsidní

KARBON

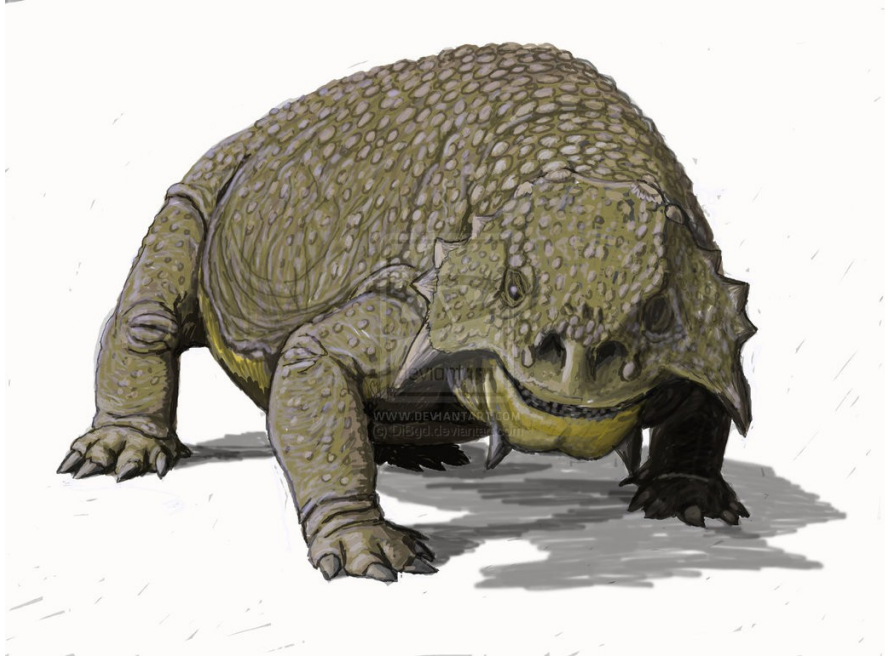


Protorothyrids Captorhinids
(Pennsylvanian–Permian)

Během karbonu vznikají z obojživelníků plazi, z nichž se v triasu odštěpují savci



***Labidosaurus hamatus*, Captorhina, Anapsida, sp. perm, Oklahoma, Arroyo Fm.**



***Scutosaurus* (Anapsida, Pareiasauroidea), perm,
~ velikost slona, herbivorní (viz zuby)**

Cestu k savcům dokládají:

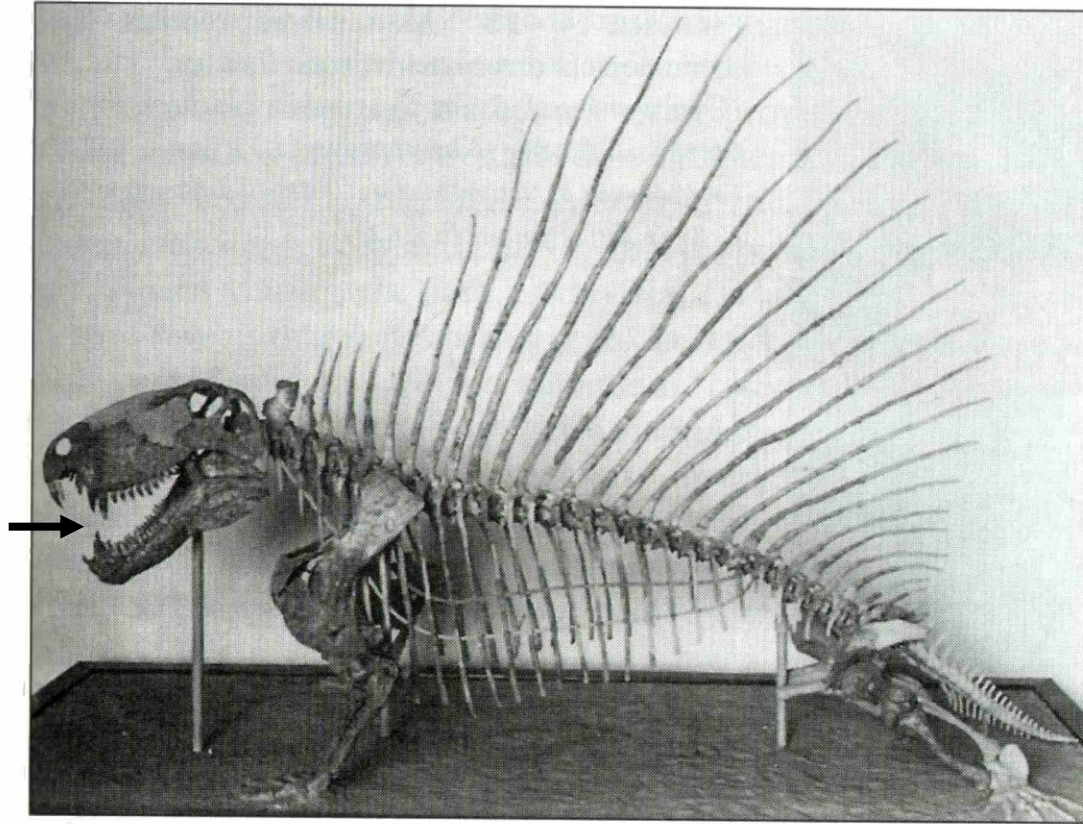


FIGURE 10–82 Mounted skeleton of the Permian “sail-reptile” *Dimetrodon gigas*. The tail was actually somewhat longer. (Courtesy of the U. S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.)

Pre-Є | Є | O | S | D | M | P | Pr | Tr | J | K | T | Q

Kostra permského pelykosaura (diferenciace chrupu), *Dimetrodon gigas*, perm

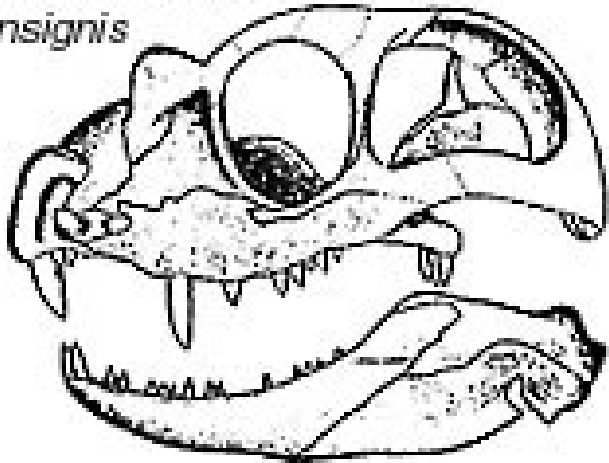
Rekonstrukce pelykosaurů v krajině



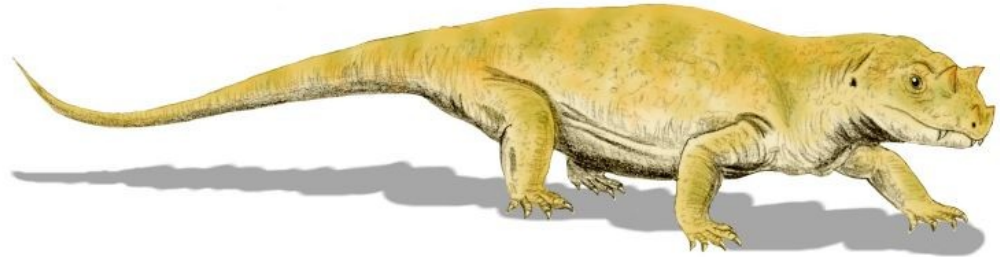
Edaphosaurus - zástupce pelykosaurií
ještě jednou, herbivorní



Tetraceratops
insignis



lebka



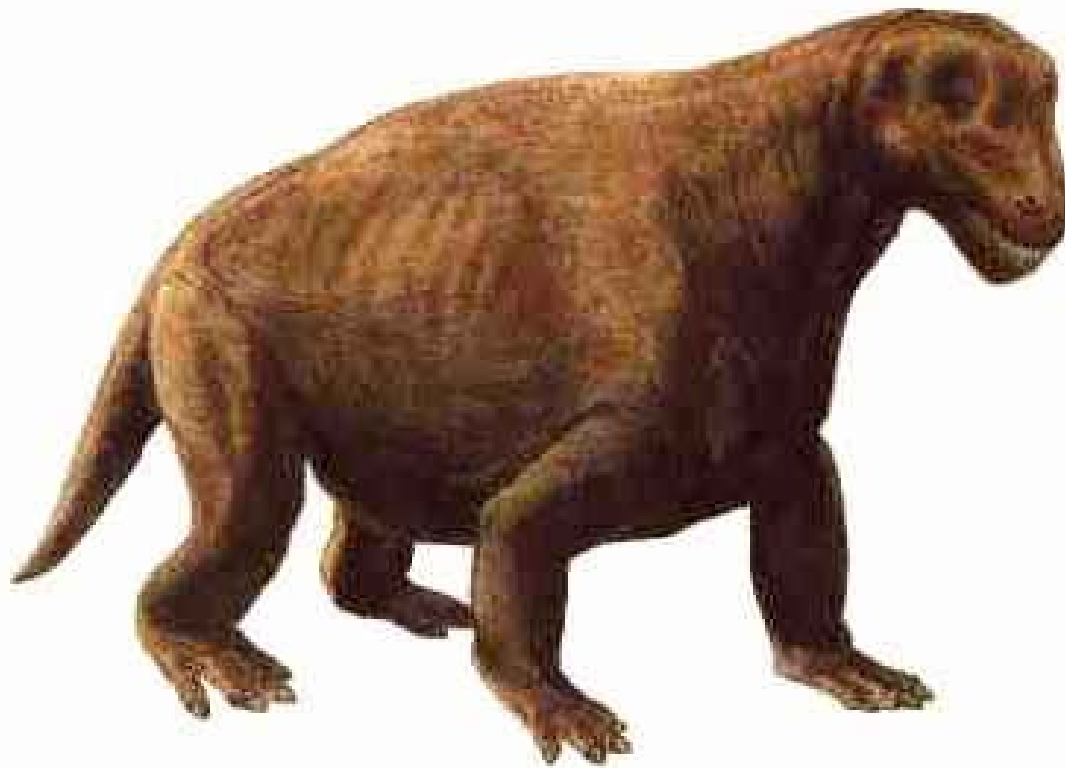
interpretace

***Tetraceratops insignis*, sp. perm, Texas,
Sev. Amerika – nejstarší známý therapsid,
reprezentuje přechod mezi pelikosaury a therapsidy
? ještě herbivorní**

Therapsida – nahradila koncem sp. permu pelykosaury,
byla zřejmě endotermní, silná diferenciacce chrupu



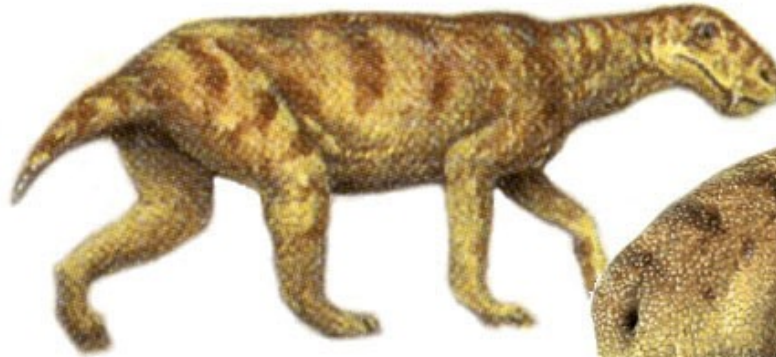
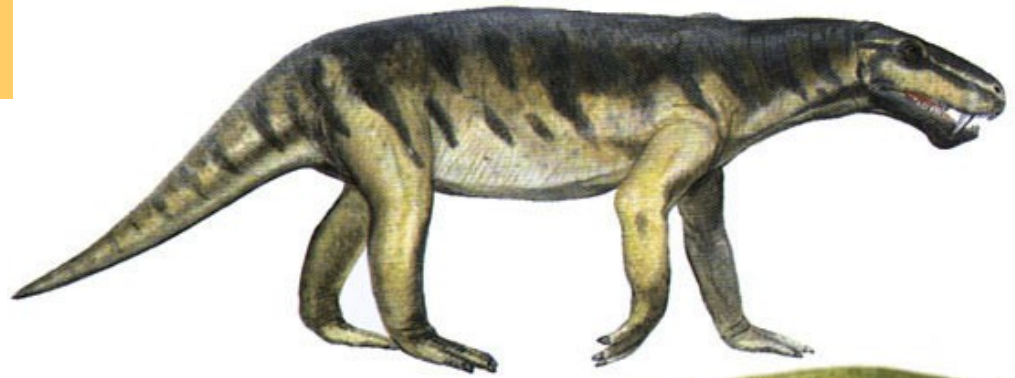
Sauroctonus – synapsidní lebka, silný již diferencovaný chrup – jeden z největších permských dravců (Rekonstrukce J. Augusta - Z. Burian)



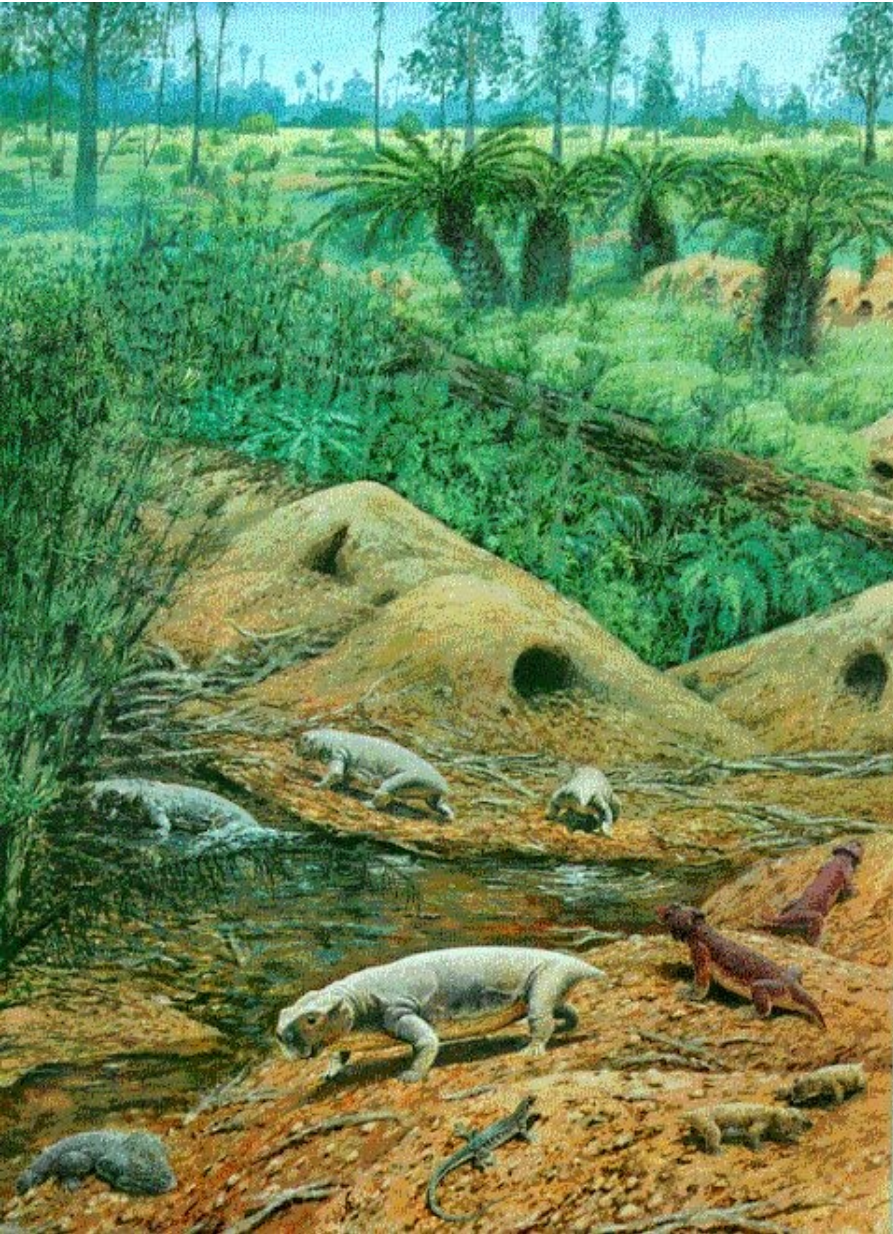
Moschops (Therapsida, býložravec, cca 3 m)

Blízký cynodontům

Lycaenops, *Gorgonopsia*,
Therapsida, perm



Savčí znaky přibývají

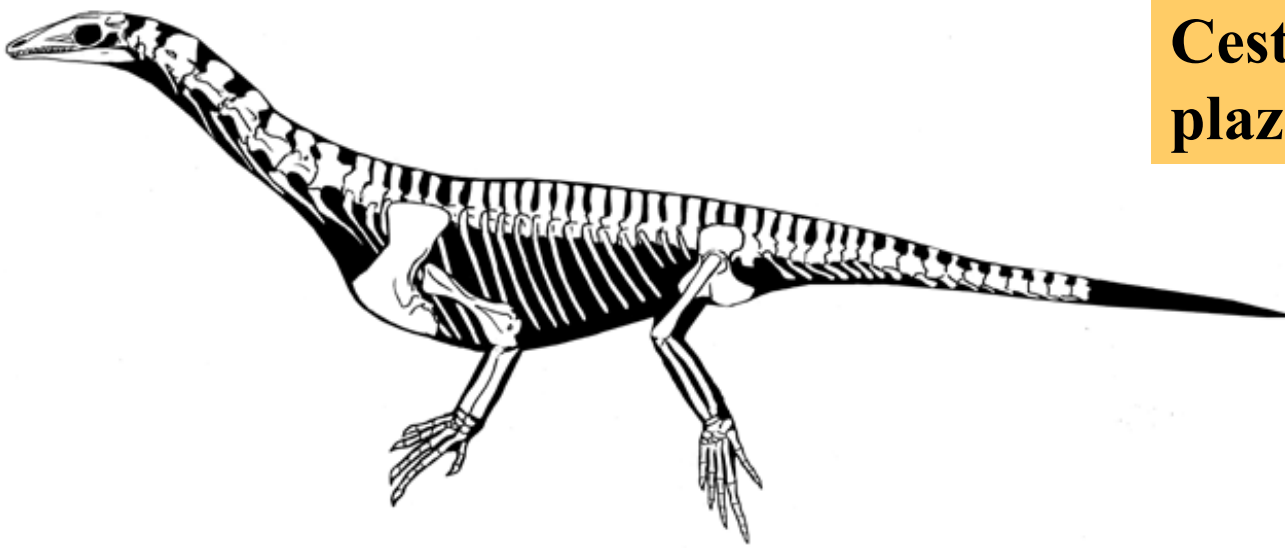


Titanophoneus, Therapsida, perm



Thrinaxodon, Therapsida, Cynodontia, perm

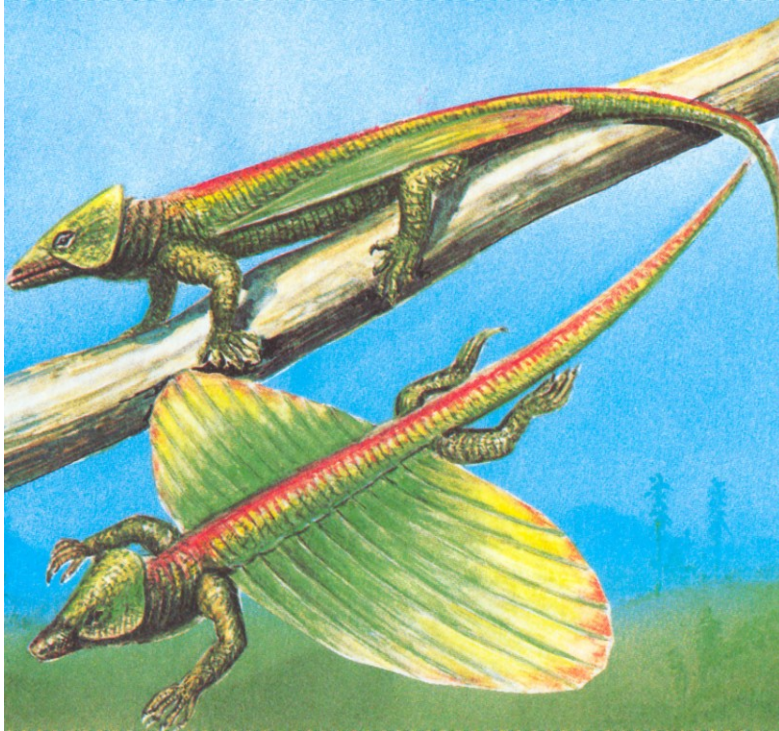
Cesta k dalším plazům



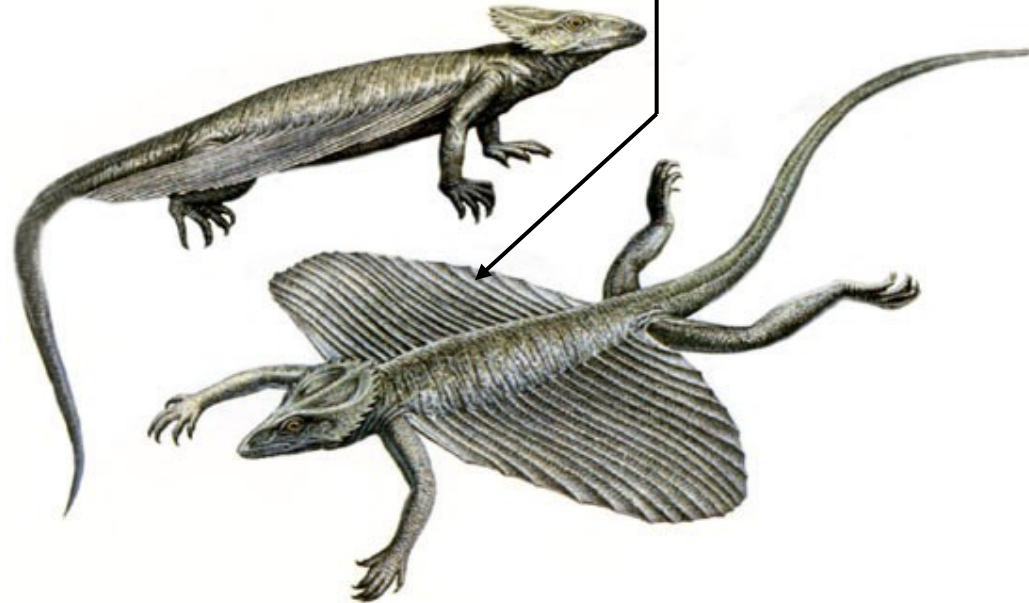
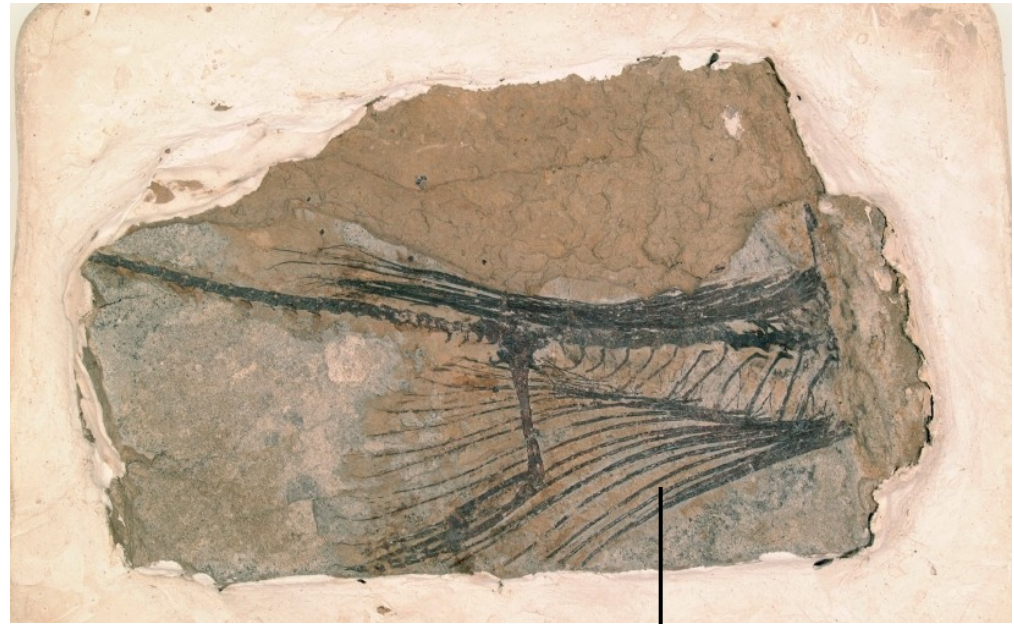
***Protosaurus*, Diapsida, archosauromorfní amniot, svrchní perm, představitel výchozích forem k dinosaurům a krokodýlům**

Ve svrchním permu ovládli plazi klouzavý let:

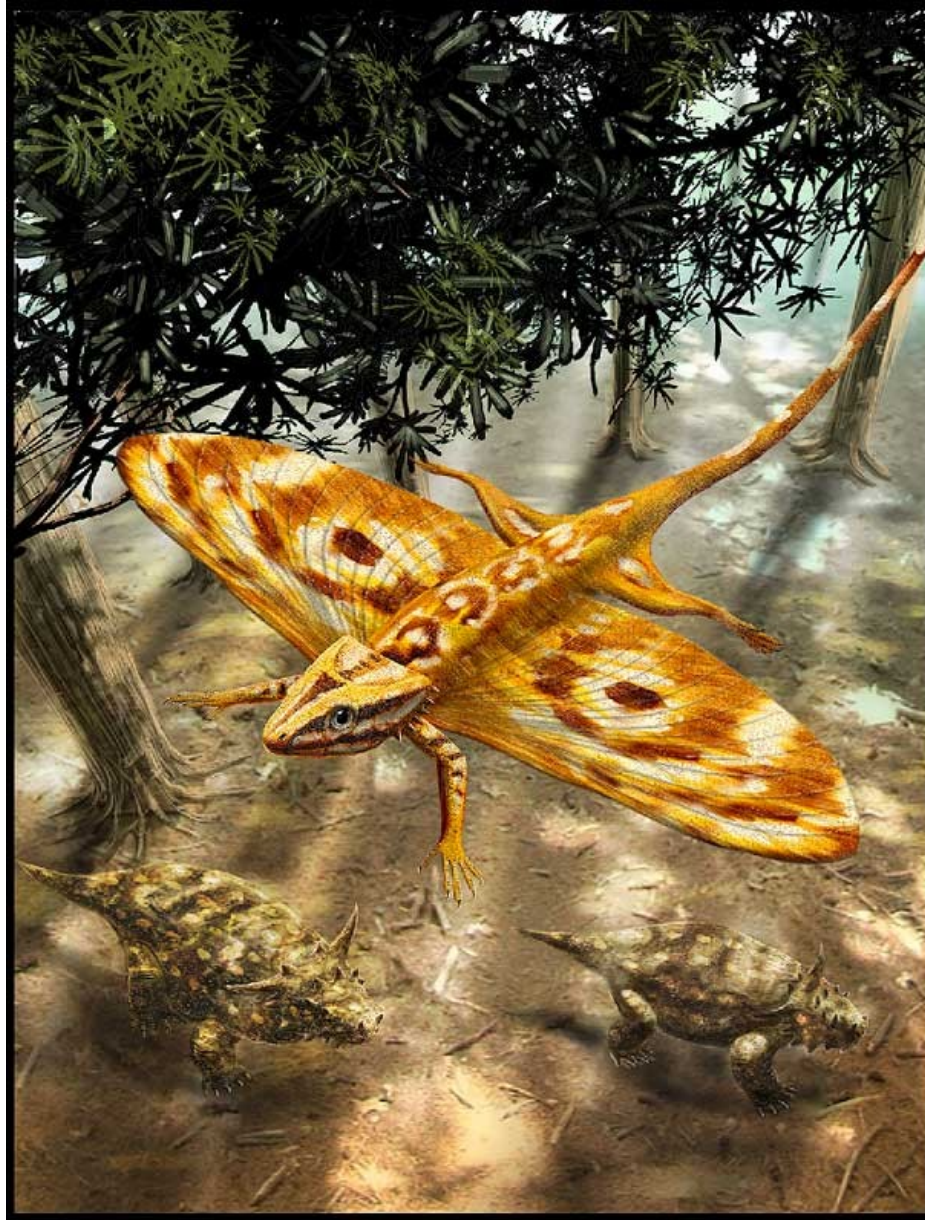
Avicephala – nezař. sk. diapsidních plazů



Weigeltisaurus jaekeli, sv. perm Evropy



Coelurosauravus, sv. perm, Madagaskar

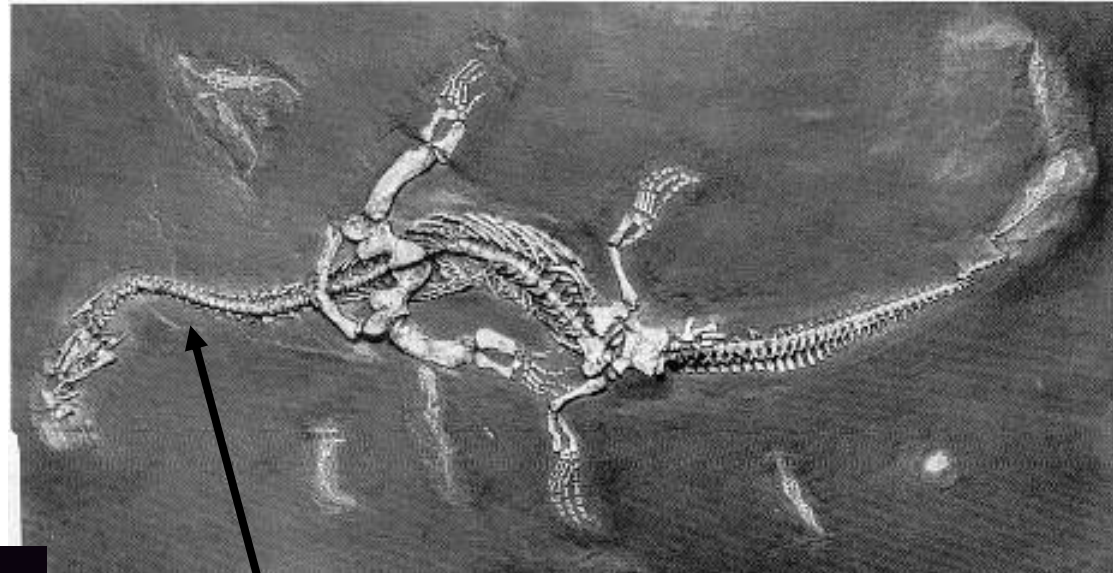


... a barevná představa

Plazi se vracují ještě v permu zpět do vody prostřednictvím obojživelné skupiny vodních euryapsidních plazů („Euryapsida“)

Nothosauria:

rekonstrukce



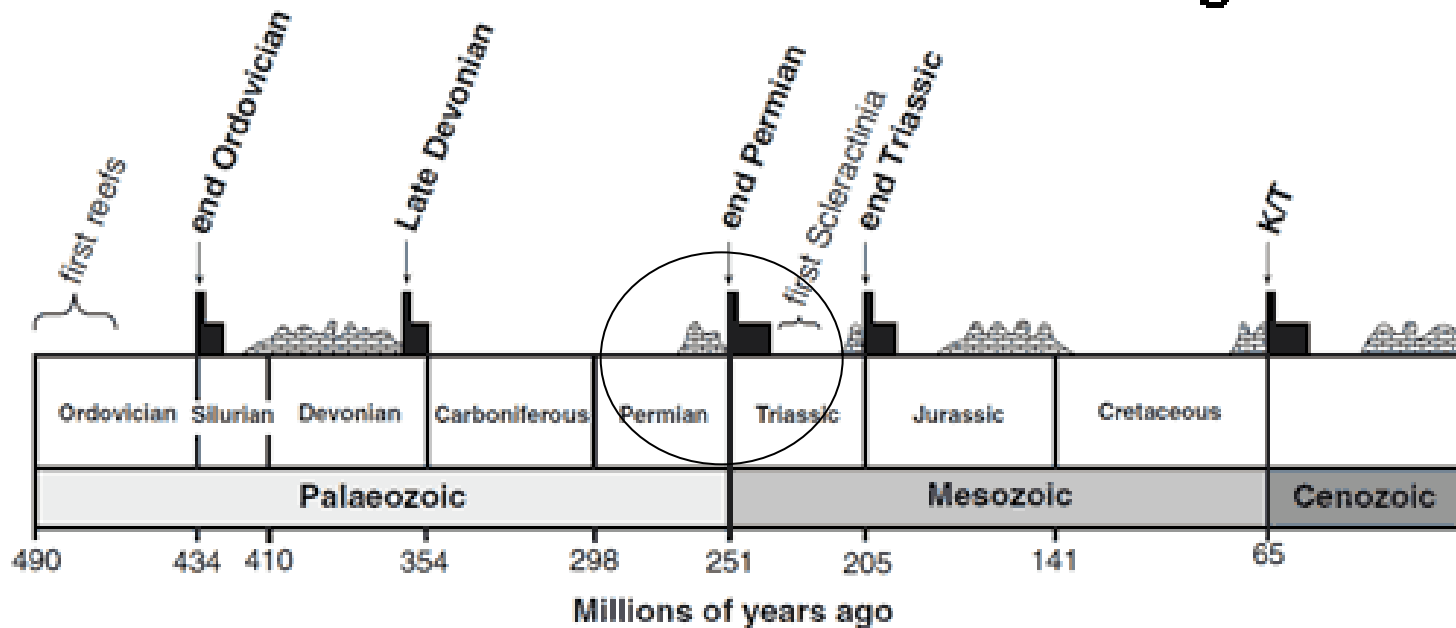
kostra, perm

většinou dlouhý sinusovitý krk

Nothosaurus sp.

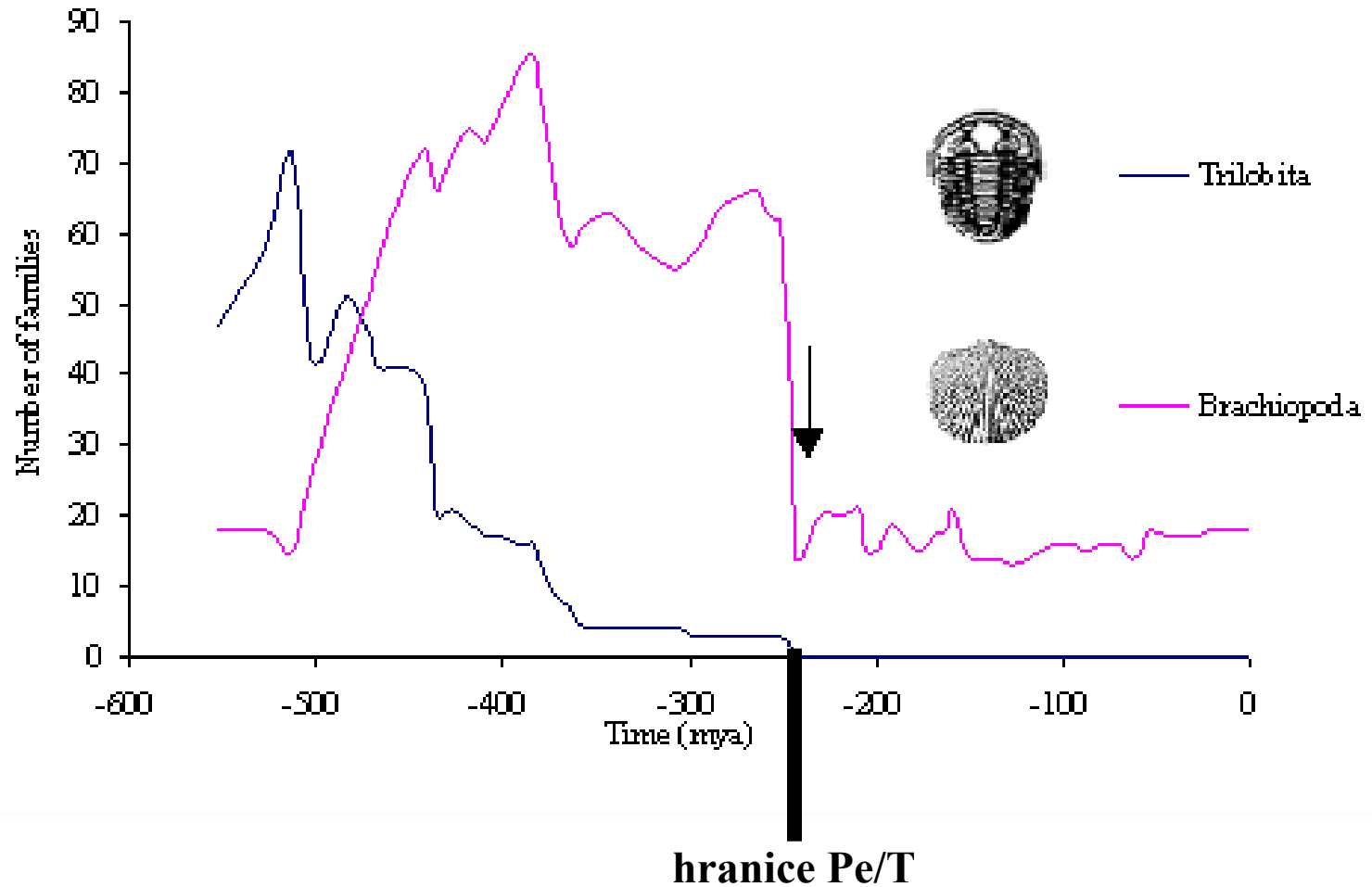
**Pe-Ca = korálové rify až v závěru permu,
poté decimace na hranici Pe/Tr**

Mass Extinction Events and coral reef growth

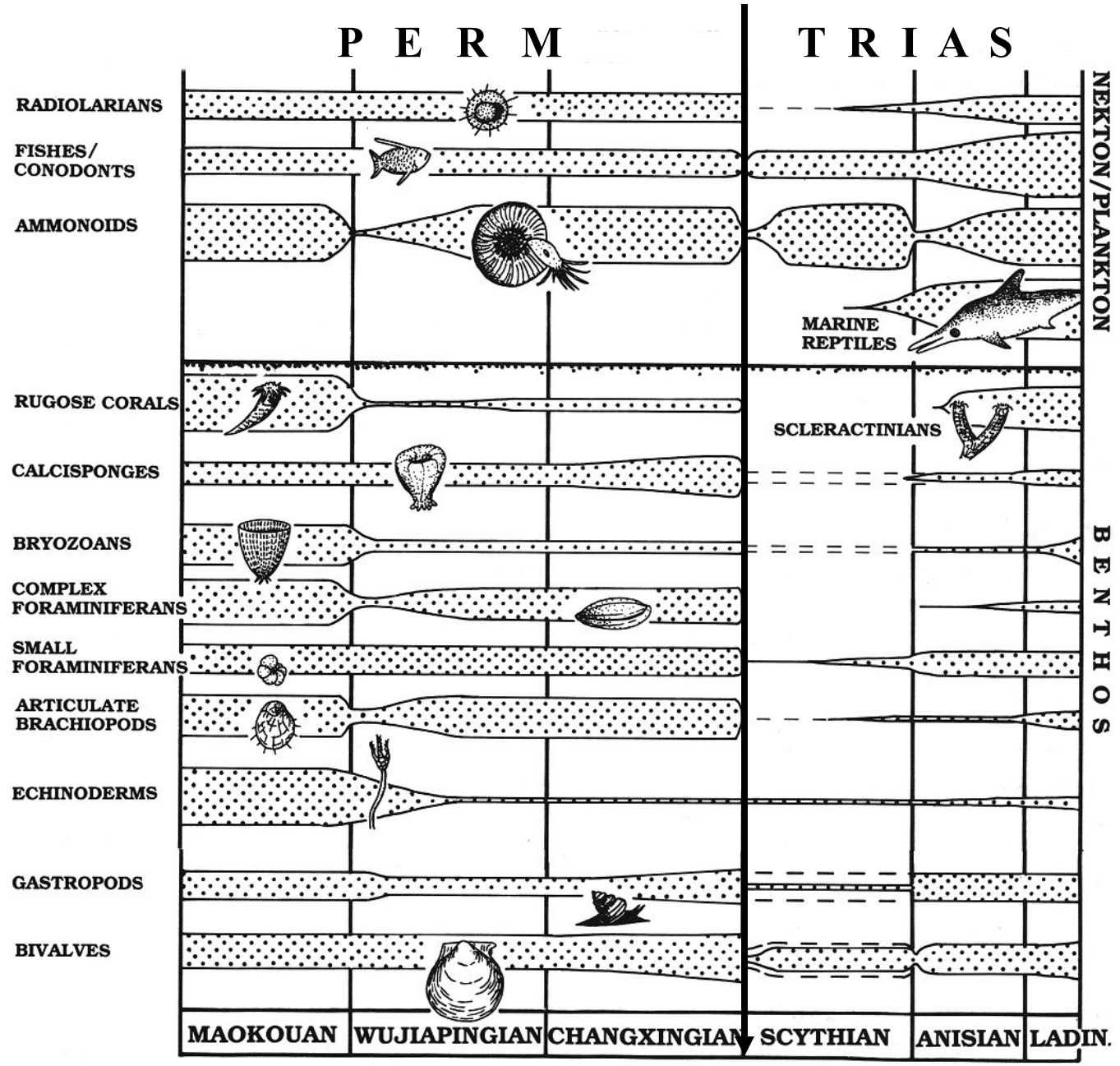


Závěr permu představuje největší devastaci života na Zemi. Graf dvou skupin (Trilobita, Brachiopoda) ukazuje sílu dopadu hromadného vymírání

Figure 4 Showing the effect of the P-T extinction, indicated with an arrow, upon the diversification levels of two organismal groups (Benton, 1993)



Souhrnný diagram diverzity mořské bioty okolo hranice perm/trias



Skupina	% vymřelých	poznámka
Foraminifera	97 %	(+Fusulinida plně)
Radiolaria	99 %	
Anthozoa	96 %	(+ Tabulata, Rugosa, plně)
Bryozoa	79 %	(Fenestrata, Trepostomata, Cyclostomata plně)
Brachiopoda	96 %	(Orthida plně)
Bivalvia	59 %	
Gastropoda	98%	
Ammonitida	97 %	
Crinoidea	98 %	(Inadunata, Camerata plně)
Blastoidea	100 %	(možná poněkud dříve před P/T hranicí)
Trilobita	100 %	(ústup od devonu, jen 2 rody před vymřením)
Eurypterida	100 %	
Ostracoda	59 %	
Acanthodii	100 %	

Procentuální ztráty některých skupin na hranici Perm /Trias

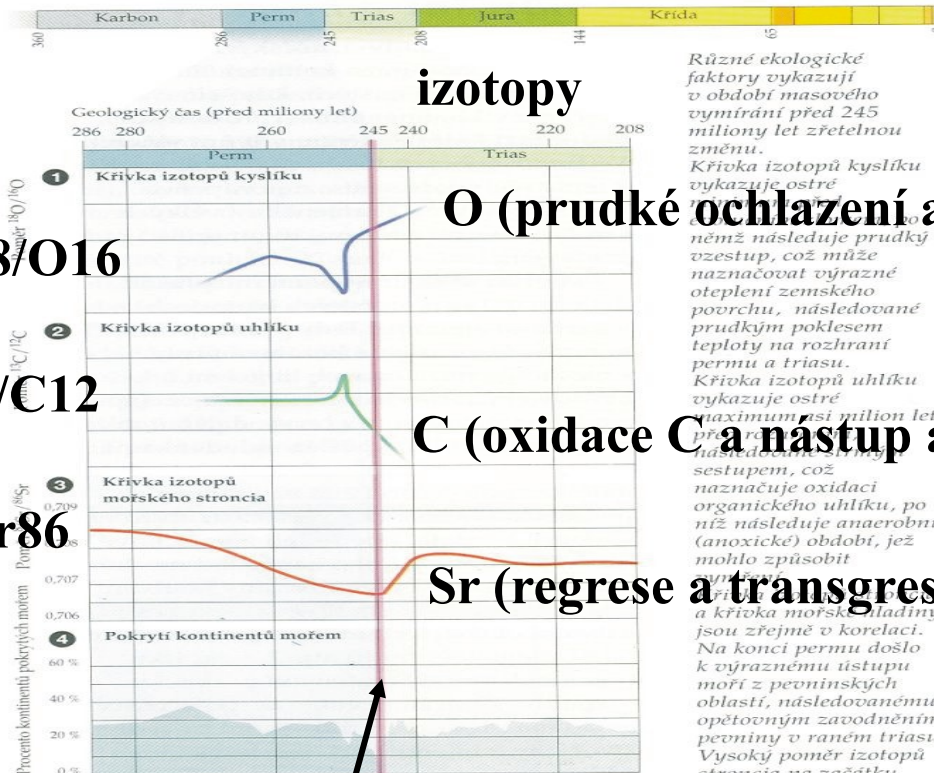
Změny křivek izotopů O, C, Sr při hranici perm/trias

GLOBÁLNÍ SCHEMATA

Velký krach před 245 miliony let mohl být způsoben neobvyklým stavem planety v oné době. V pozdním permu se kontinenty oddělené v předchozím období začaly spojovat do obrovské pevniny zvané Pangaea. To mělo jednoduchý geometrický následek v tom, že se zmenšila plocha mělkých příbřežních moří; když se dva kontinenty spojily, zmizel mezi nimi mořský spoj a s ním i většina života v oblasti.

Na souši byly následky spojování kontinentů stejně pronikavé. Ve vnitrozemí se tvořily obrovské pouště, zřejmě prakticky bez života, jako následek odloučenosti od moře. Na těchto pouštích kolísala teplota v velmi širokém rozmezí. Horská pásma, vznikající srážkou dvou kontinentů, byla oblastí nízkých teplot a možná že se na nich tvořily ledovce. Všeobecně se na zeměkouli výrazně projevovala různá roční období. To všechno mohlo způsobit dlouhodobou rozmanitost fauny i flory.

Tyto fyzikální projevy bylo možno určit na základě paleoklimatických dokladů v horninách z pozdního permu i z teoretického modelování. Každý z těchto typů klimatických změn mohl vést k hromadnému vymření.



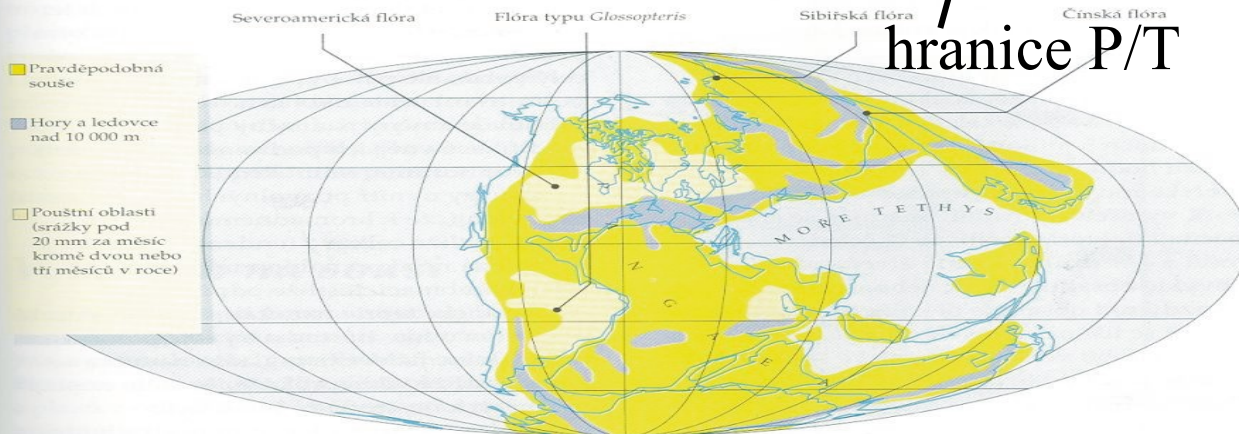
Různé ekologické faktory vykazují v období masového vymírání před 245 miliony let zřetelnou změnu. Křivka izotopů kyslíku vykazuje ostré změny, které mohou naznačovat prudké ochlazení a oteplení.

O (prudké ochlazení a oteplení)

C (oxidace C a nástup anoxie)

Sr (regrese a transgrese)

hranice P/T



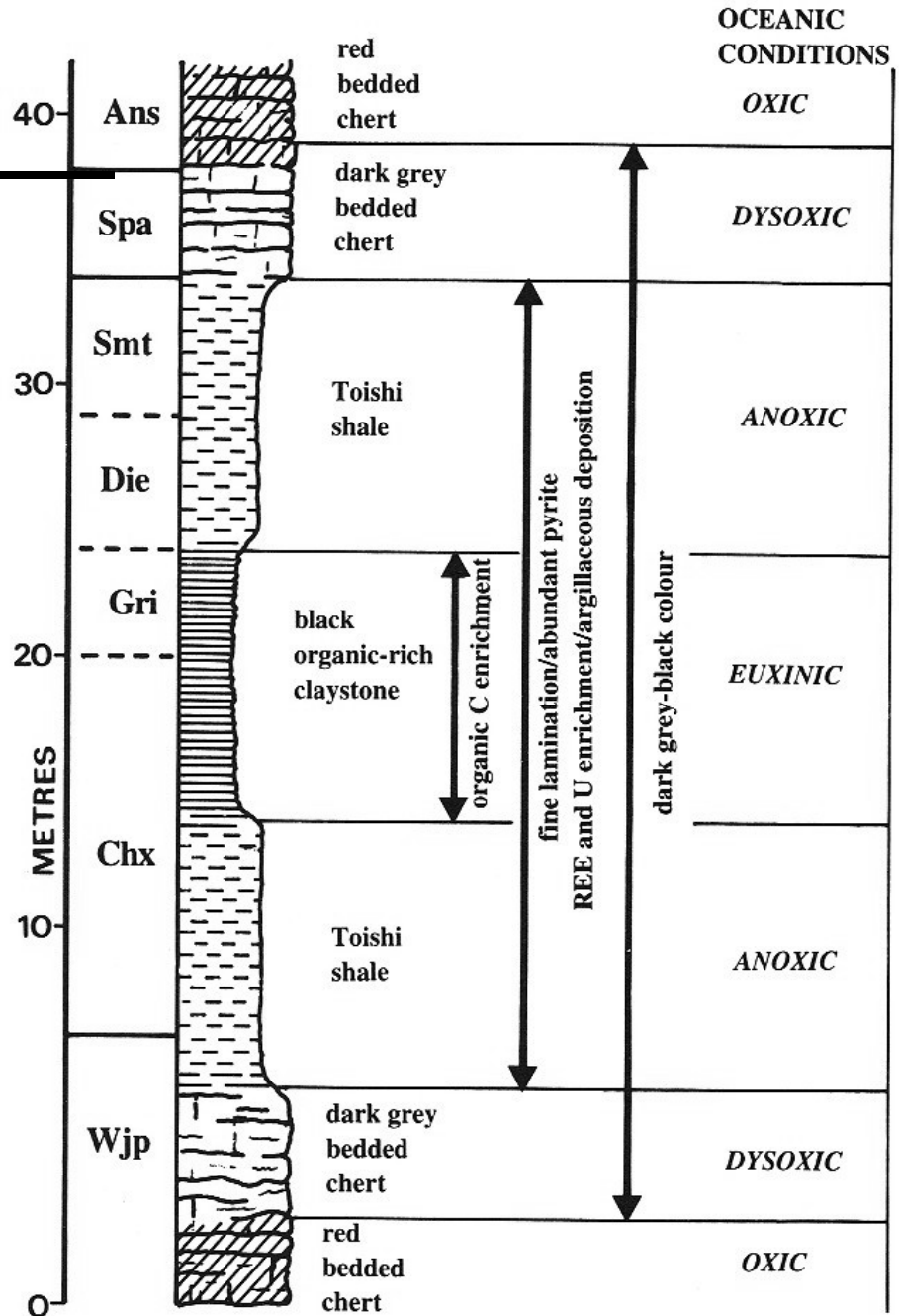
NALEVO: Mapa světa v pozdním permu, ukazující kontinenty spojené do jediné pevninské masy zvané Pangaea. Vyskytovaly se tu čtyři typy flóry, poukazující na období, kdy byl zemský povrch rozdělen na čtyři hlavní kontinenty.

hranice Pe/T

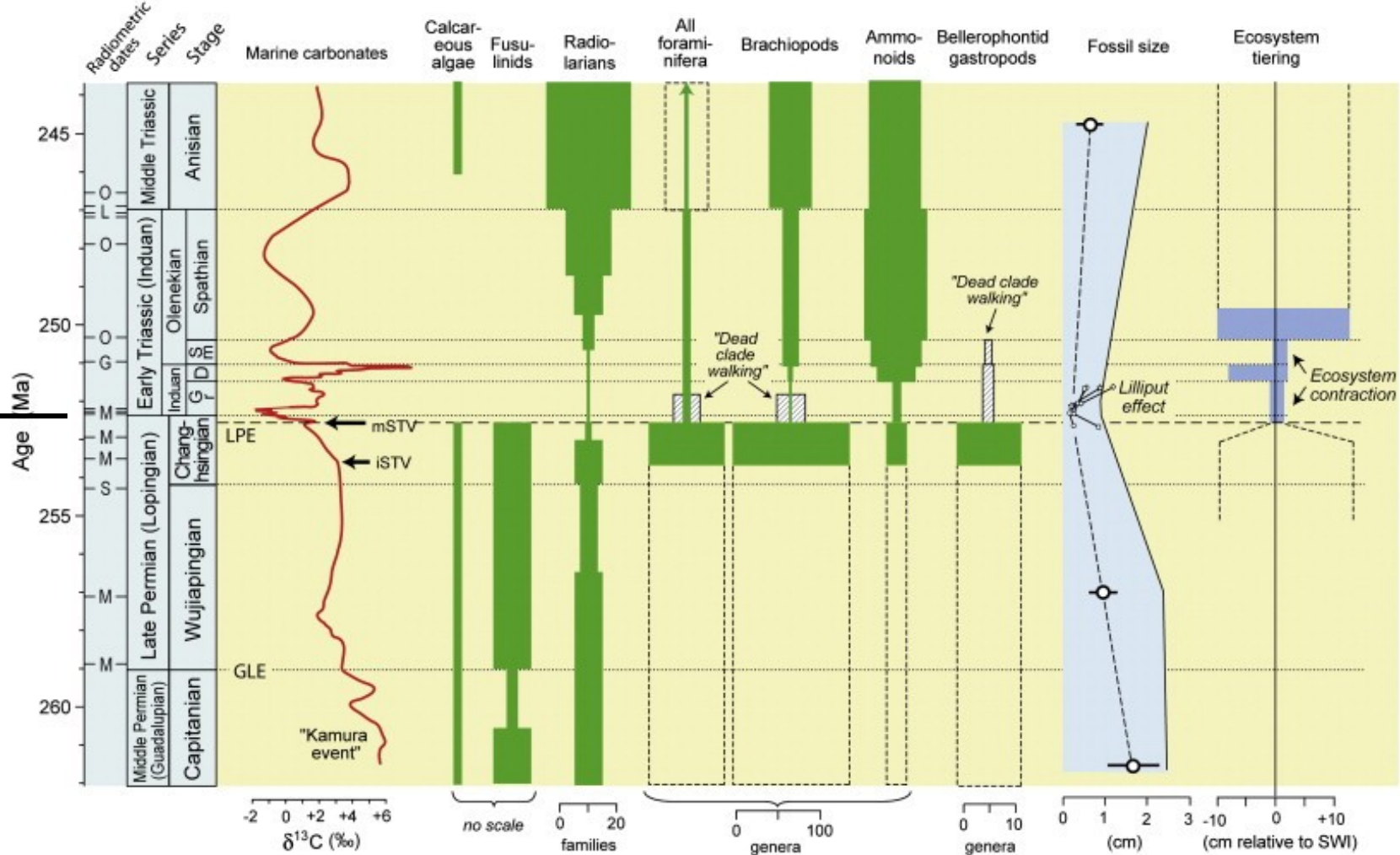
Profil pelagickými sedimenty na hranici P/T (JZ Japonsko) ukazující výrazný úbytek kyslíku (Isozaki 1994), cca 10% v atmosféře

TRIAS

PERM

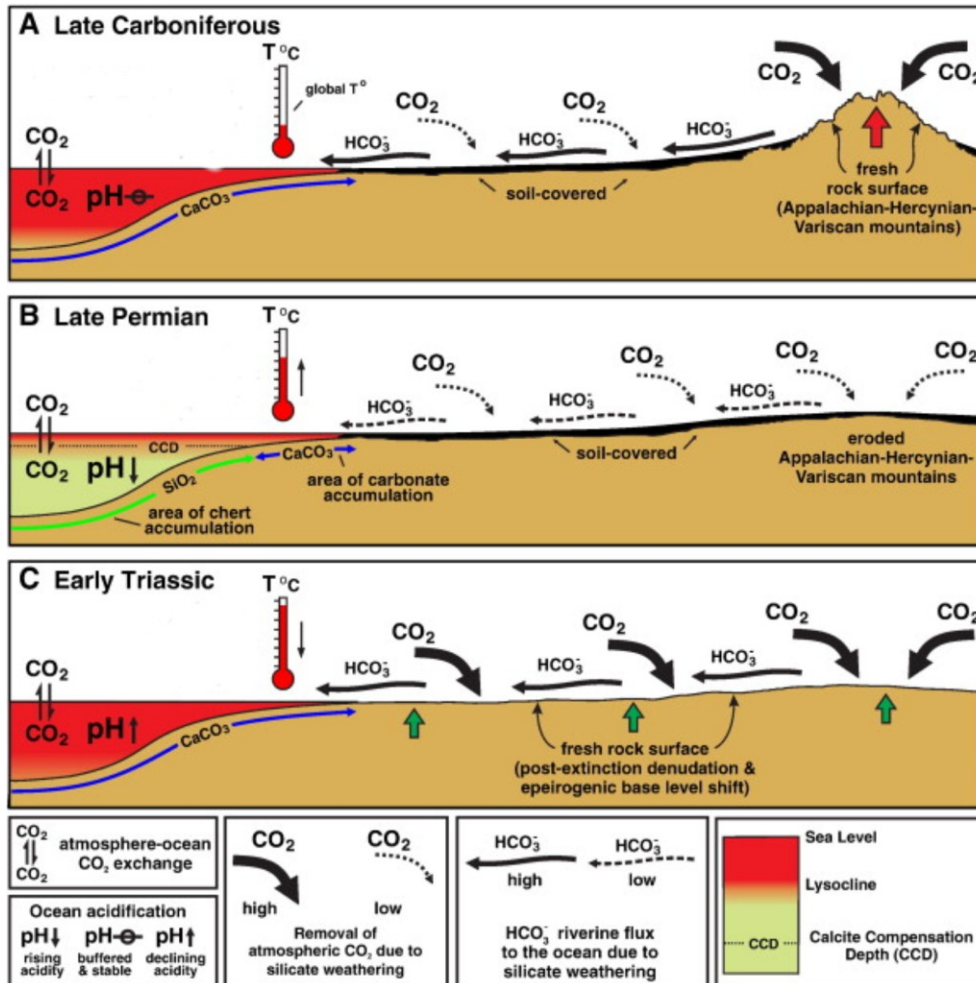


T
P



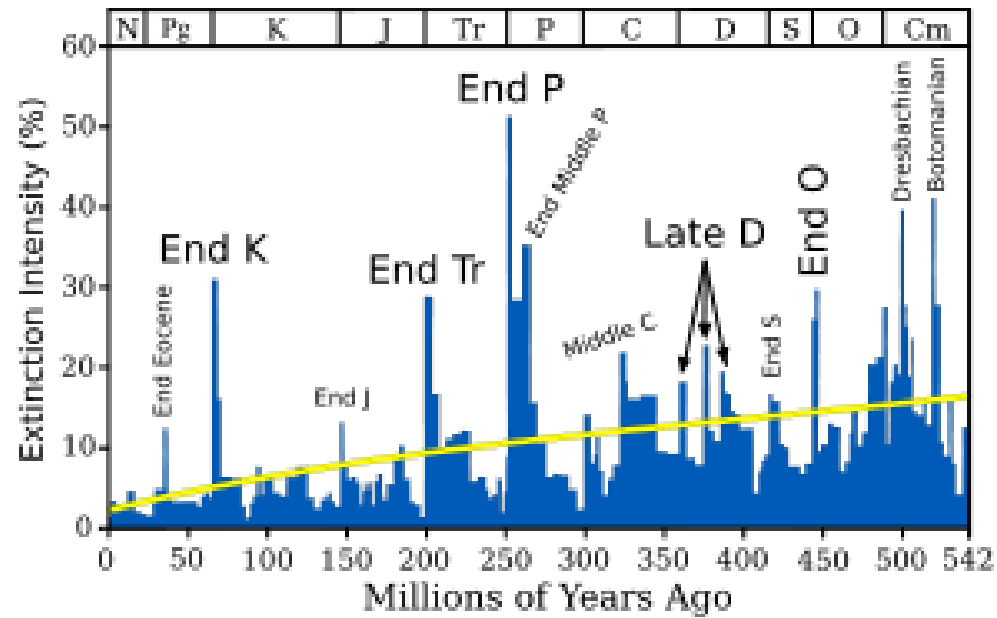
Souhrn jevů kolem hranice P/T

T. Algeo et al. (2012), GLE – Guadalupian/Lopingian event; LPE – Latest Permian event; ISTV + mSTV – initial and main stage Siberian Traps Volcanisms; SWI – sediment-water interface



Vztah orogeneze, koloběhu CO₂ a pH moří v období Ca-P-Tr

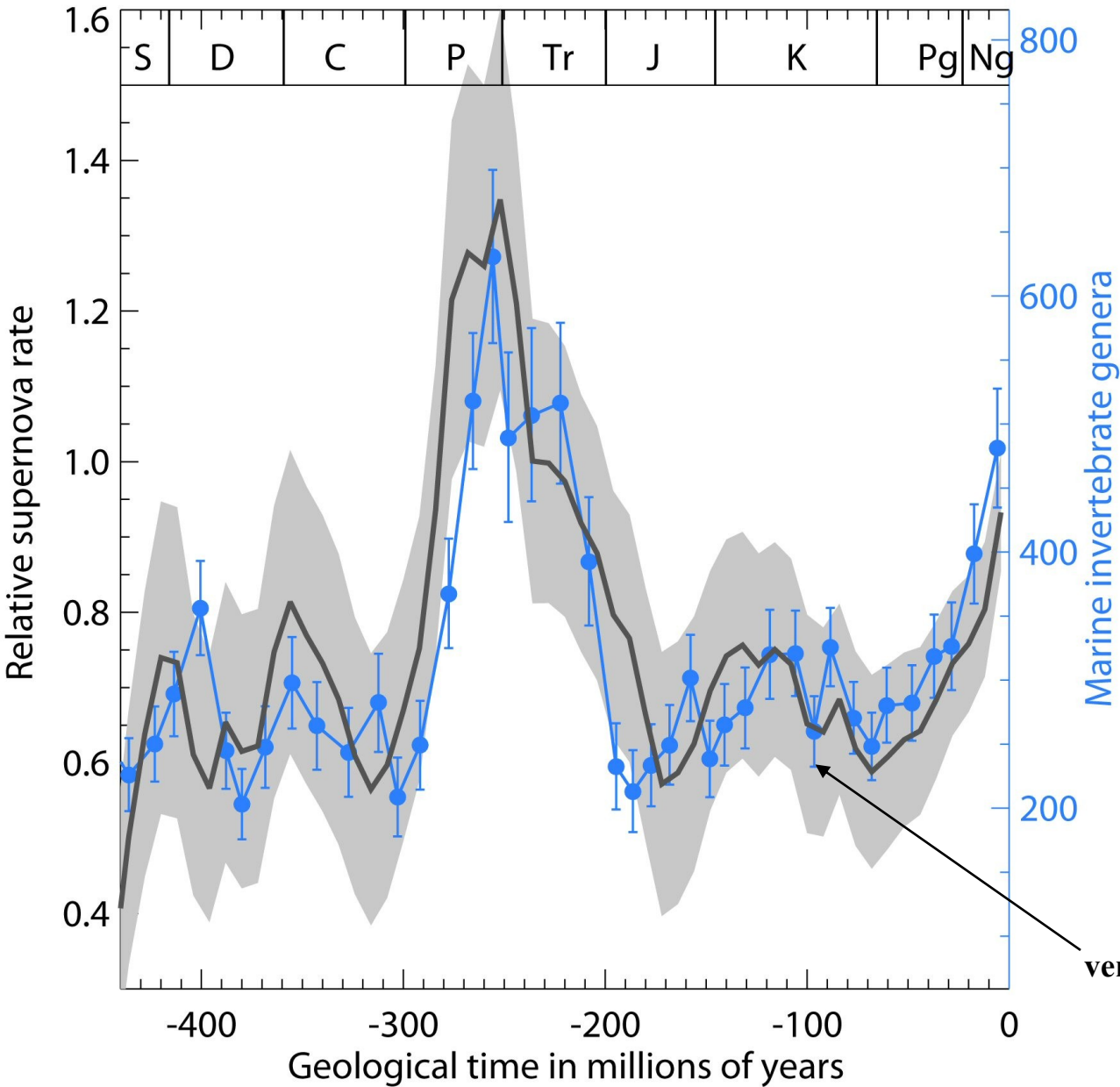
Marine Genus Biodiversity: Extinction Intensity



recent ←

→ kambrium

Sahni & Benton (2008)



**Kosmická hypotéza,
(kombinace výbuchu supernovy
kolísání hladiny oceánu – desk.
tektonika)
(Svenmark, 2012)**

vertikální úsečky udávají možné chyby

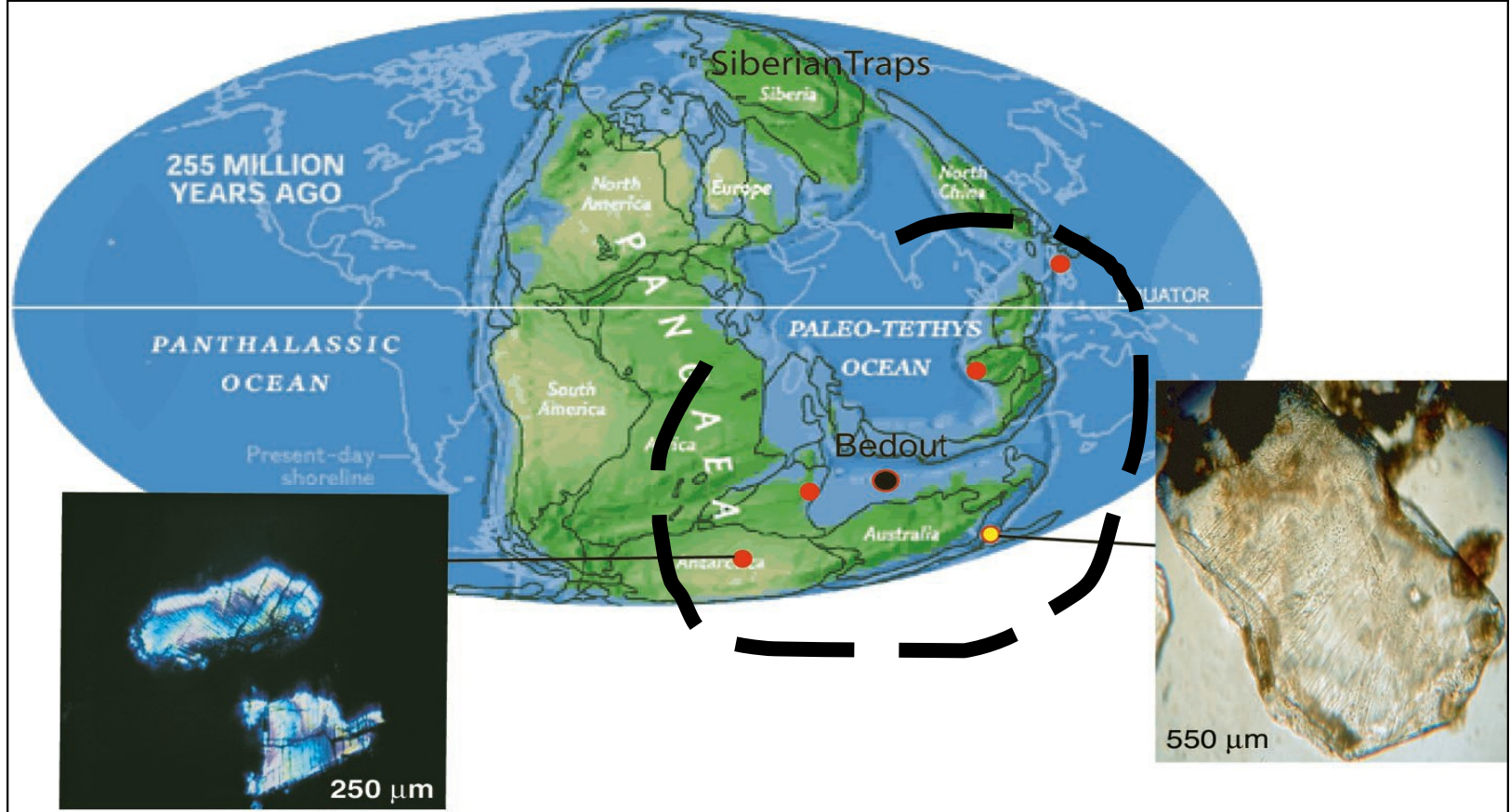
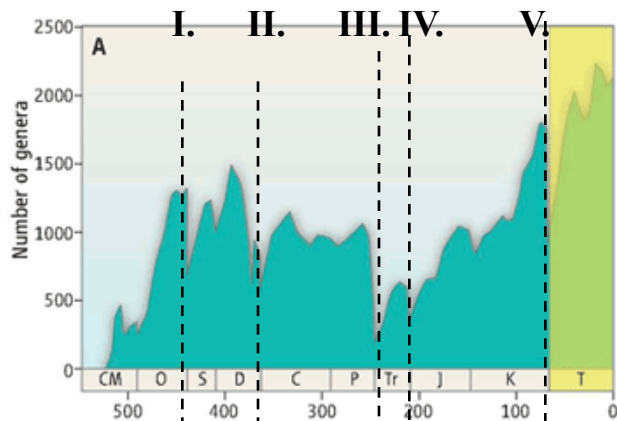


Fig. 1. Positions of the continents during end-Permian time. Red dots denote where extraterrestrial fullerenes have been reported. In addition, other suggested impact tracers have been found in P-T boundary layers at Graphite Peak, Antarctica; Meishan, China; and Sasayama, Japan, including meteoritic debris (8), Fe-Ni-Si grains (5, 8), shocked quartz (4), and impact spherules (6). Recently, large shocked quartz grains (fig. S1) were found in the Fraser Park, Australia, and Graphite Peak, Antarctica, P-T boundary layer (yellow dot). [The Permian map was modified from the Scotese Paleomap Project Web site (www.scotese.com).]

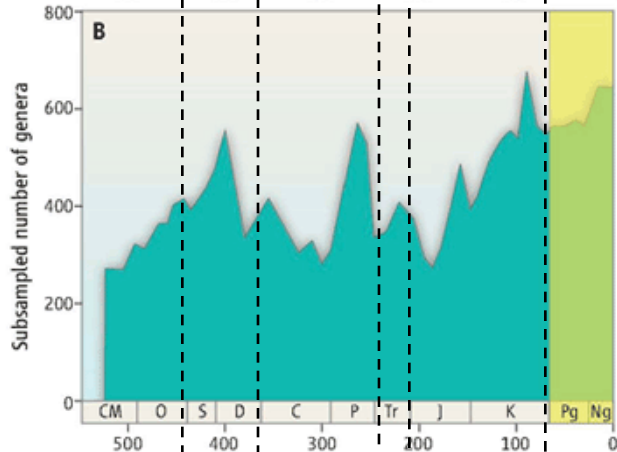
RESEARCH ARTICLE

www.sciencemag.org SCIENCE VOL 304 4 JUNE 2004 1469

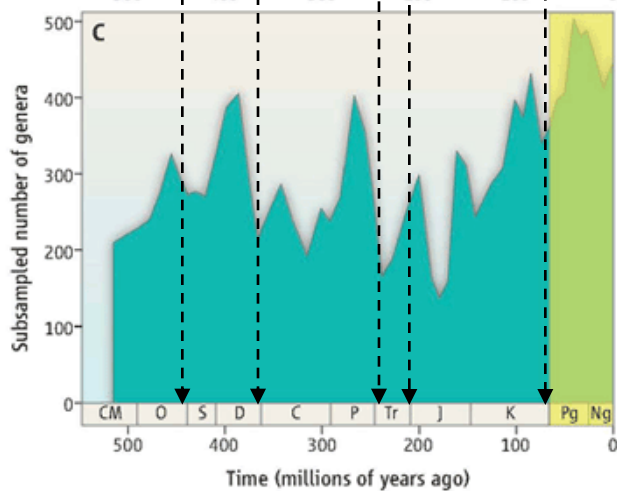
Downloaded from www.sciencemag.org on November 16, 2006



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)

III. Masové vymírání – PERM/TRIAS (~250 Ma):

Nejsilnější v historii Země:

- **Mizí 96 % živočišných druhů:**
 - **totálně trilobiti, starobylí koráli,**
 - **téměř všichni amoniti – mizí goniatitový šev,**
 - **většina planktonu,**
 - **převážná většina čtyřnožců -75 % čeledí (řada therapsidů, výrazně postiženi i obojživelníci)**
 - **největší redukce hmyzu v historii planety – z 27 řádů mizí 8 a 10 je silně redukováno**
- **Flóra mění svůj ráz postupně z paleofytické na mezofytickou => zvýšená adaptace na suché podmínky. Na hranici P/T je zřetelný, byť krátkodobý vzrůst spor hub (?).**

Příčiny:

- spojení kontinentů = Pangea protažená S-J směrem, výrazné zmenšení plochy šelfů, rozsáhlá subdukce pacifické desky pod Pangeu, pod Z. Sibiří obrovský magmatický krb →
- obrovské výlevy čedičů na povrch – Sibiř (2,5 milionů km², mocnost až 4 km, datace = 252.6 Ma +/- 0.2) →
- obrovské oteplení, tání hydrátu metanu v oceánech → únik do atmosféry, výrazně zesílený skleníkový efekt + další oteplení etc., metan odbourává O₂ → snížení kyslíku až na 10 %, teplota se zvyšuje na rovníku o 7 st. C → a na pólech až o 20 st. C.
- dezertifikace (nástup pouští) na kontinentech, výpar, evapority (v solných jezerech mikrobiální procesy produkují těkavé uhlovodíky, např. chloroform, trichlorethan etc. jako dnes v jižním Rusku a jižní Africe) => velké množství jedovatých látek
- vzrůst CO₂ – „green-house“ podmínky v souvislosti s redukcí útesů
- regrese ve sv. permu a transgrese ve sp. triasu
- superanoxie oceánů (berthierit, FeSb₂S₂, na bázi triasu v sedimentech)
- impakt (?) – zatím jediný kandidát v SZ Austrálii (Bedout-High, šokované horniny ~ 250 Ma)
- vymírání vrcholí 252. 5 Ma, vrchol trval 300. 000 let

Závěr:

Svrchnopermská krize proběhla ve třech fázích:

1. Regrese spojená s tříštěním jednotlivých nik a klimatickou nestabilitou
2. Vulkanická aktivita (Sibiř) spojená se vzrůstem CO₂, globálním oteplením prudkým zvýšením metanu a dalším klimatickým zhoršením, popř. impakt následovaný prudkým ochlazením a ekologickým kolapsem
3. Transgrese na počátku triasu, rozšíření anoxických vod

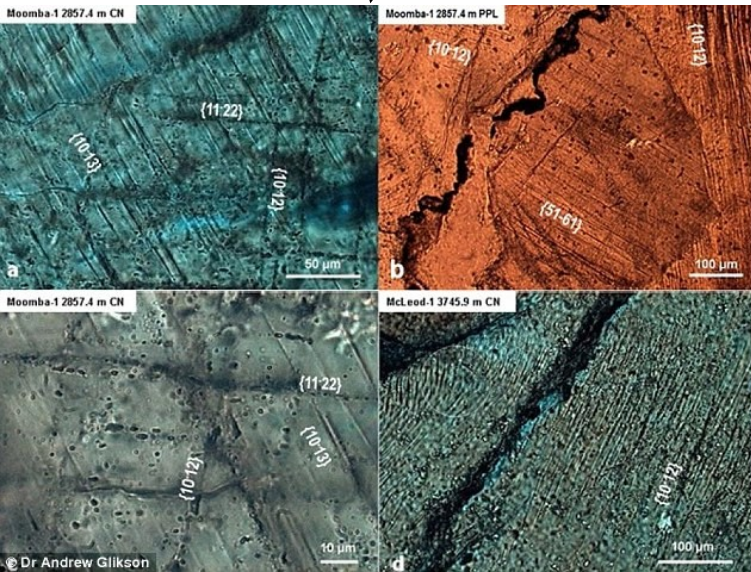
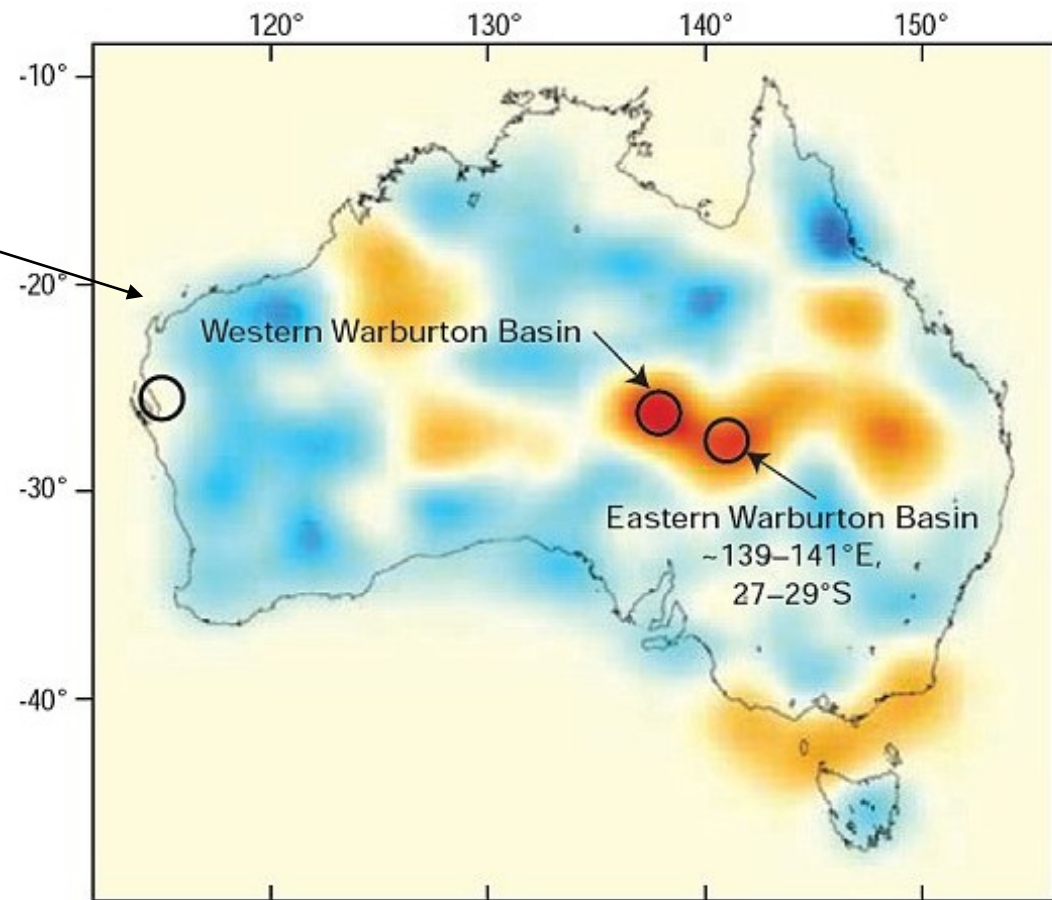
Použité prameny:

- 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)

Appendix:

- V Austrálii byly 2 km pod povrchem nalezeny 2 krátery Western and Eastern Warburton Basin
- Patří snad největšímu dosud zjištěnému impaktu, který se před dopadem na Zemi rozlomil na dva kusy, impaktová zóna cca 400 km
- Stáří není dosud přesně zjištěno, cca 300 Ma, tedy blízko hranice Karbon/Perm
- V horninovém okolí = šokové struktury a minerály



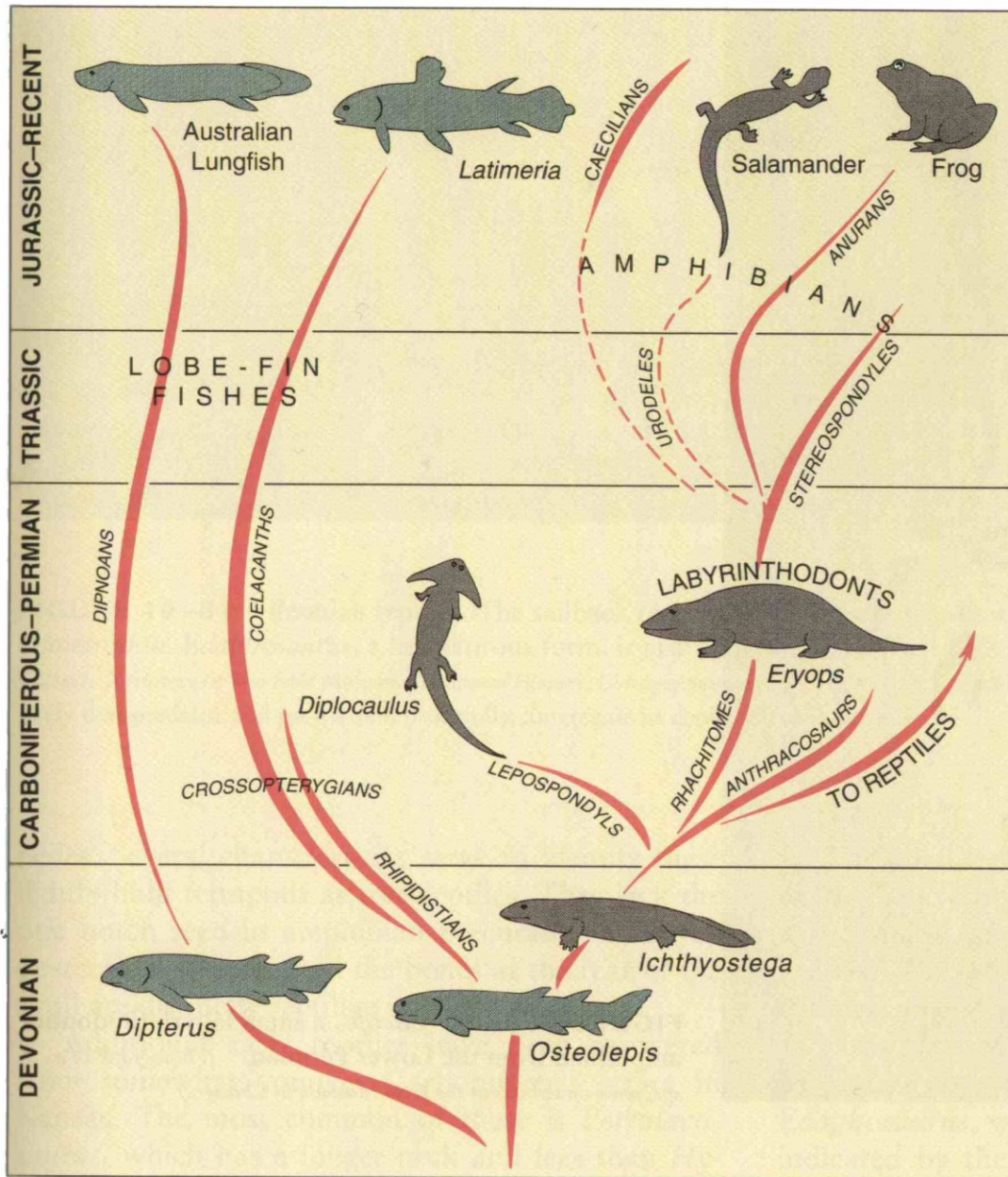
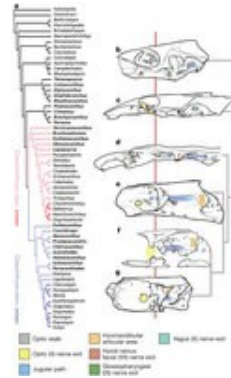


FIGURE 10-78 The evolution of amphibians and lobe-fin fishes. (From Colbert, E. H., and Morales, M. 1991. *Evolution of the Vertebrates*, 4th ed. New York: John Wiley. With permission of the author, artist Lois Darling, and the publisher.)





Nature 486, 247–250(14 June 2012)

Acanthodians, an exclusively Palaeozoic group of fish, are central to a renewed debate on the origin of modern gnathostomes: jawed vertebrates comprising Chondrichthyes (sharks, rays and ratfish) and Osteichthyes (bony fishes and tetrapods). Acanthodian internal anatomy is primarily understood from *Acanthodes bronni* because it remains the only example preserved in substantial detail, central to which is an ostensibly osteichthyan braincase. For this reason, *Acanthodes* has become an indispensable component in early gnathostome phylogenies. Here we present a new description of the *Acanthodes* braincase, yielding new details of external and internal morphology, notably the regions surrounding and within the ear capsule and neurocranial roof. These data contribute to a new reconstruction that, unexpectedly, resembles early chondrichthyan crania. Principal coordinates analysis of a character–taxon matrix including these new data confirms this impression: *Acanthodes* is quantifiably closer to chondrichthyans than to osteichthyans. However, phylogenetic analysis places *Acanthodes* on the osteichthyan stem, as part of a well-resolved tree that also recovers acanthodians as stem chondrichthyans and stem gnathostomes. As such, perceived chondrichthyan features of the *Acanthodes* cranium represent shared primitive conditions for crown group gnathostomes. Moreover, this increasingly detailed picture of early gnathostome evolution highlights ongoing and profound anatomical reorganization of vertebrate crania after the origin of jaws but before the divergence of living clades.