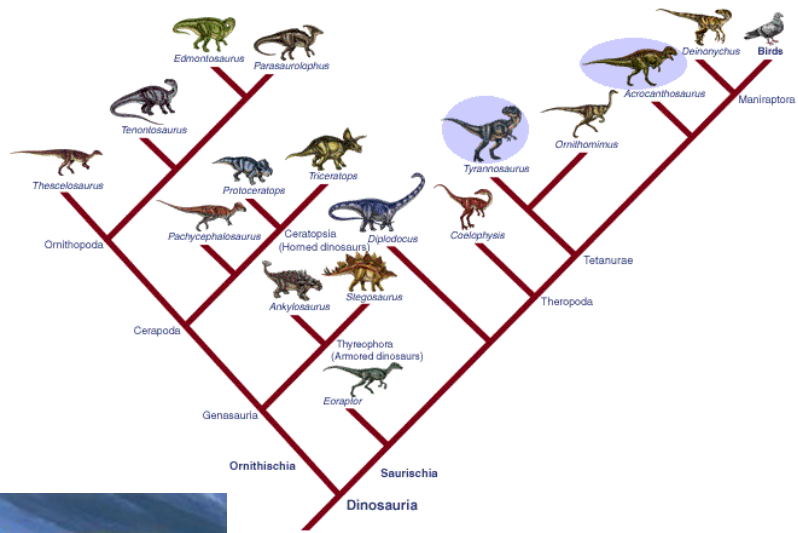
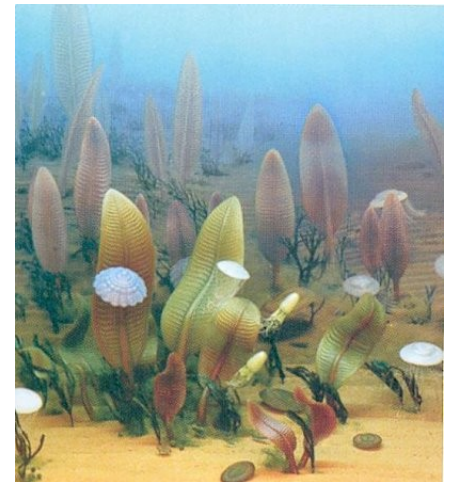


HISTORIE ŽIVOTA NA ZEMI



Asteroid Impact

David A. Hardy



Systematika a taxonomie

systematika, paleontologie → historie evolučních změn

systematika = studium vztahů mezi organismy

taxonomie = teorie a praxe klasifikace

kategorie: třída, řád, čeleď, druh, ...

taxon: Mammalia, Primates, Hominidae, *Homo sapiens*, ...

1. Předlinnéovská

včela medonosná = *Apis pubescens, thorace subgriseo, abdomine fusco, pedibus posticis glabris utrinque margine ciliatis*

[ochlupená včela, s tmavě šedou hrudí, tmavohnědým zadečkem a holýma, po obou stranách obrvenýma zadníma nohama]

Acaciae quodammodo accedens, Myrobalano chebulo Veslingii similis arbor Americana spinosa, foliis ceratoniae in pediculo geminatis, siliqua bivalvi compressa corniculata seu cochlearum vel arietinorum cornuum in modum incurvata, sive Unguis cati

[americký trnitý strom poněkud připomínající akát, podobný Veslingovu vrcholáku *Myrobalanus chebulae*, s párovými listy rohovníku *Ceratonia* na řapíku, stlačenou šešulí o dvou chlopních, zahnutou jako tykadla hlemýždě nebo rohy berana nebo jako kočičí drápy]

zubr = buffle, urus, bubalus, catoblepas,
theur, the bubalus of Belon, Scottish bison
... Aristoteles: bonasus → totéž?



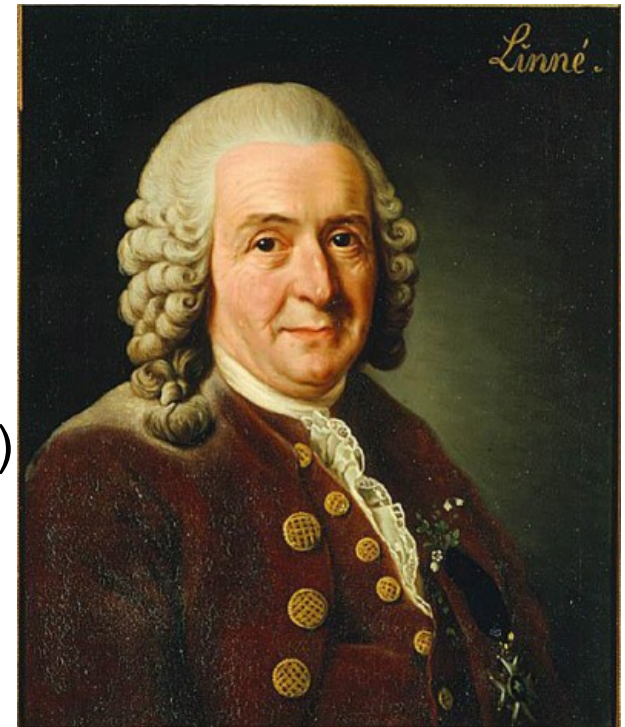
2. Karl Linné:

1735 *Systema Naturae*

binomická nomenklatura: rod + druh

hierarchická klasifikace:

říše, třída, řád, rod, druh, (varieta/poddruh)



Carolus Linnaeus

3. Darwin:

kladogeneze (větvení) a anageneze (změna znaků)

system by měl odrážet reálnou fylogenezi → otázka Jak?

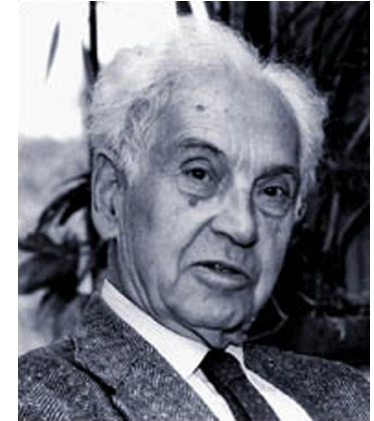
Evoluční systematika

před 1950: společný předek + adaptivní divergence

diskuse, zda vhodnější adaptivní, nebo neadaptivní znaky

subjektivní a nejasná kritéria výběru a vážení znaků ⇒ krize taxonomie
(⇒ samotné slovo taxonomie nahrazeno pojmem „systematika“)

kontroverze mezi „rozdělovači“ (*splitters*) a „slučovači“ (*lumpers*)



E. Mayr

Numerická taxonomie (fenetika)

1957: Charles Michener, Robert Sokal, P.H.A. Sneath



Hoplitis

taxonomie by neměla být založena na malém počtu „důležitých“ znaků,
ale na celkové podobnosti

⇒co největší počet znaků, zpracování počítačem

numerické metody: morfologické a genetické distance, ordinační (PCA,
DFA, CVA, MDS, ...), shluková analýza (UPGMA)

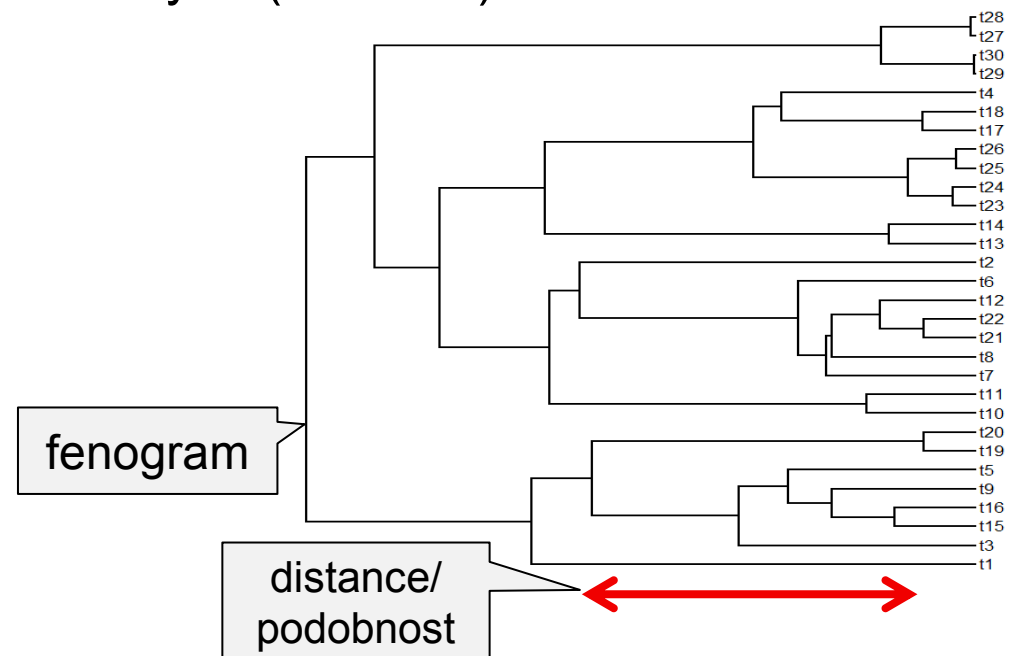
fenogramy

problémy:

homoplazie (= konvergence,
paralelismus, reverze)

sdílené primitivní znaky

nestejná rychlost evoluce



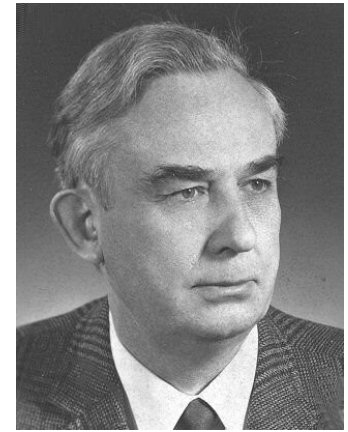
Fylogenetická systematika (kladistika)

1950, 1966: **Willi Hennig**: *Phylogenetic Systematics*

pouze reflexe genealogie, nikoli adaptivní divergence

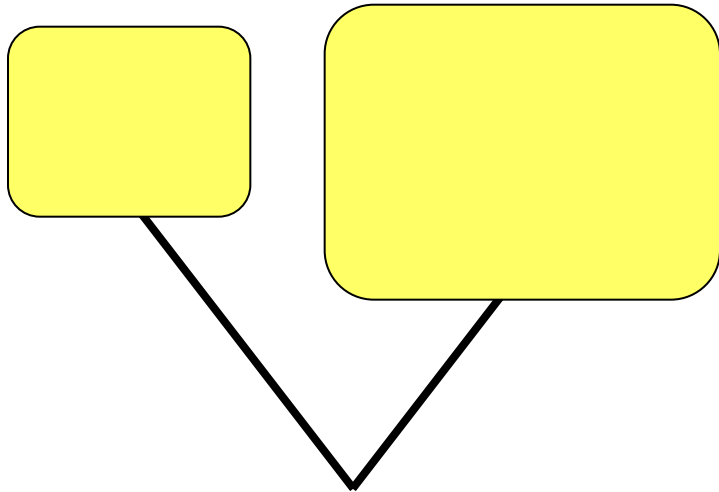
striktní monofylie

monofyletická skupina = **klad** (*clade*)

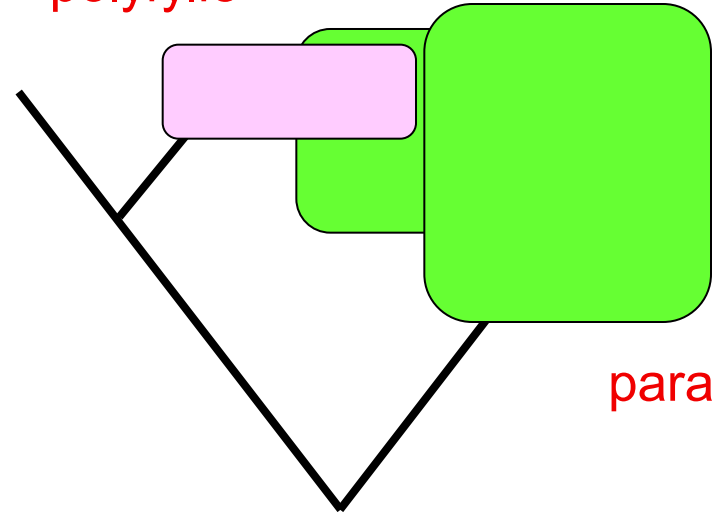


W. Hennig

monofylie



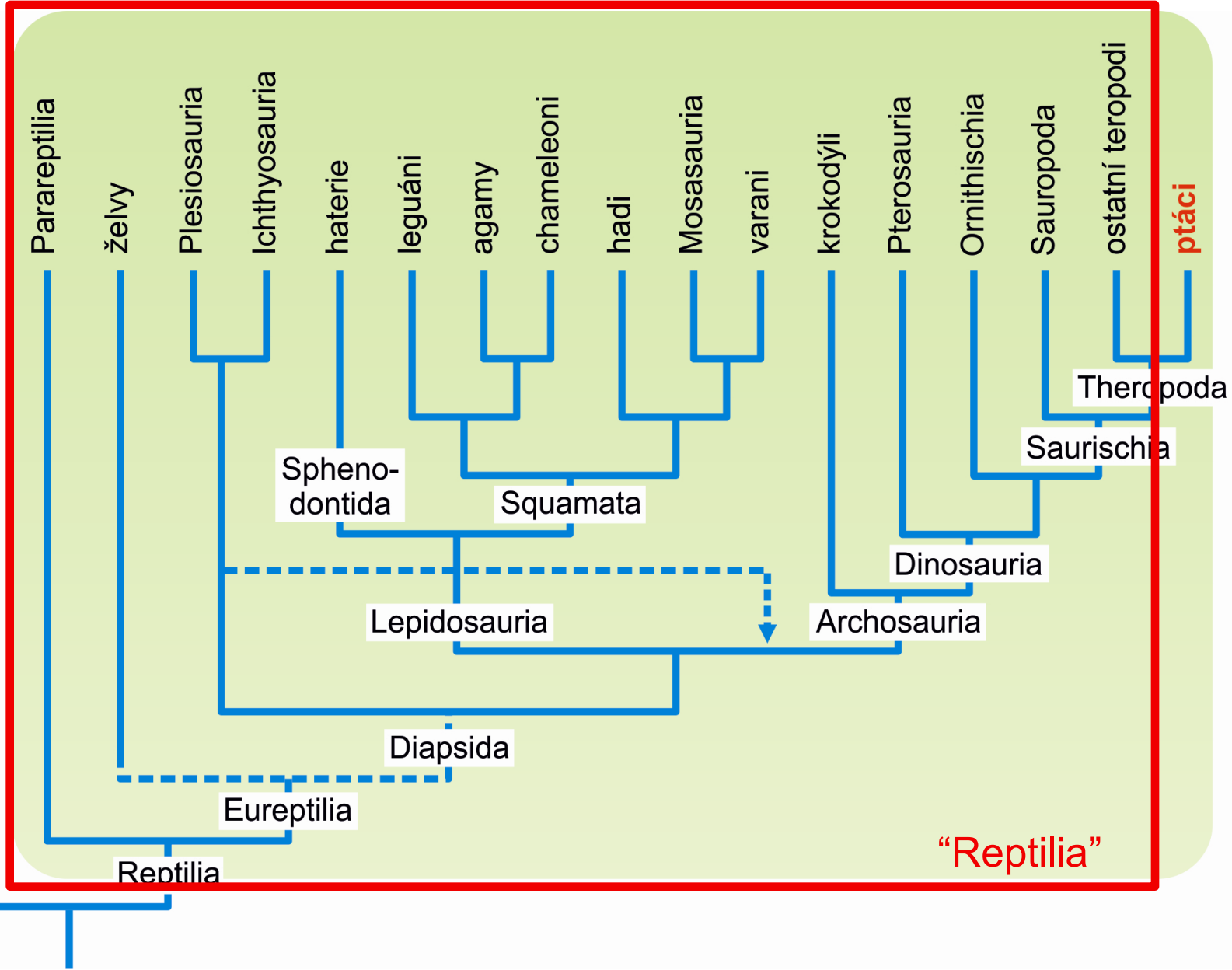
polyfylie



parafylie

Synapsida

savci



“Pongidae”



Orangutan
48 chromosomes
(24 pairs)



Gorilla
48 chromosomes
(24 pairs)



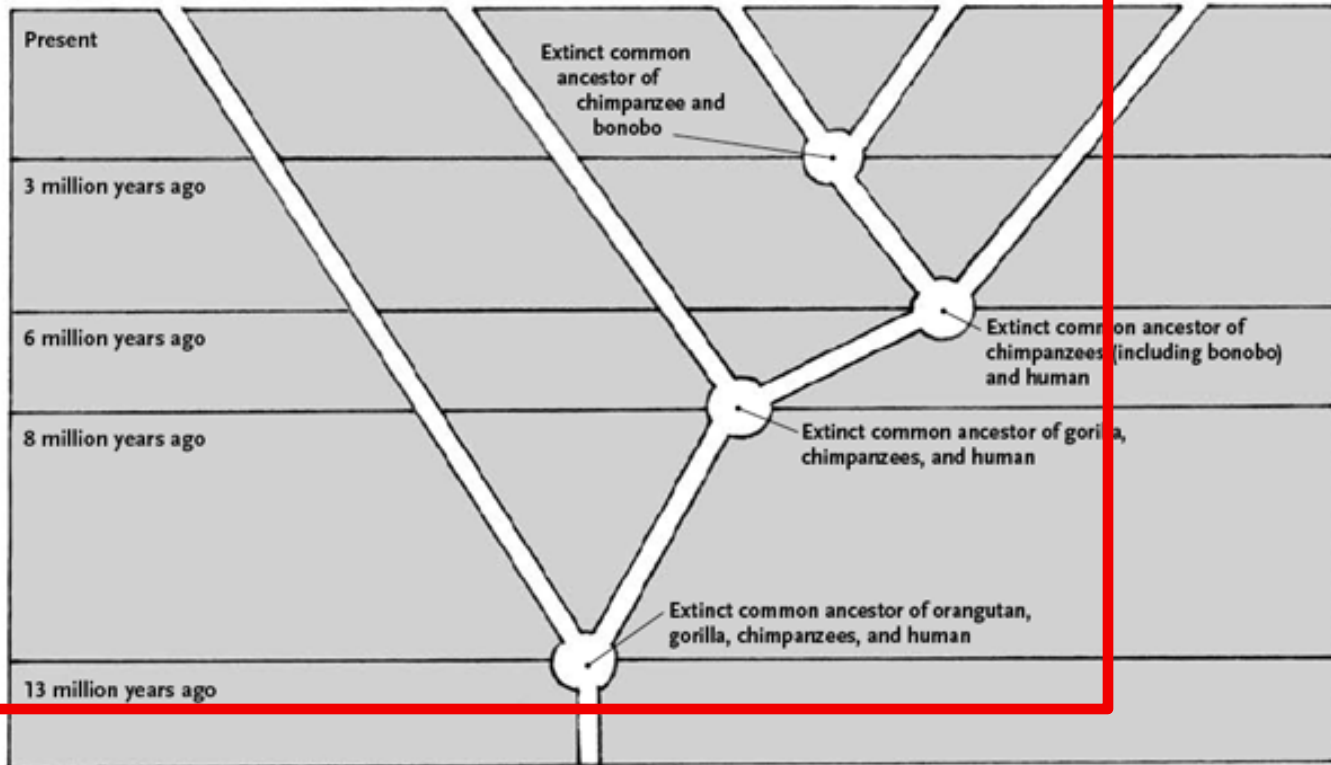
Chimpanzee
48 chromosomes
(24 pairs)



Bonobo
48 chromosomes
(24 pairs)



Human
46 chromosomes
(23 pairs)



znaky:

plesiomorfní (= původní, „primitivní“)

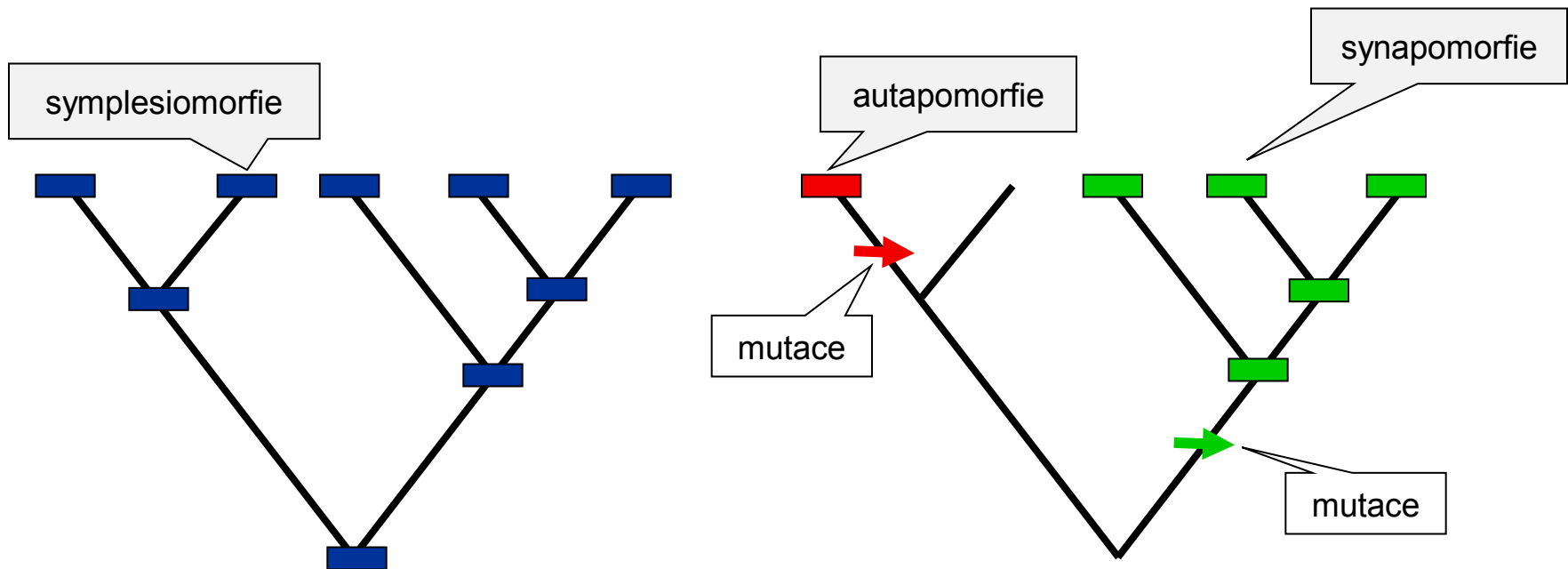
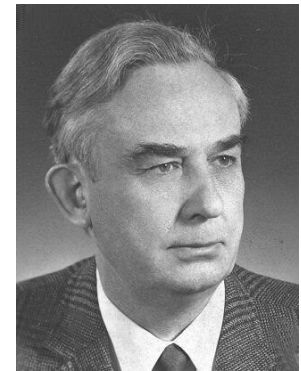
symplesiomorfní (= sdílené původní)

apomorfní (= odvozené)

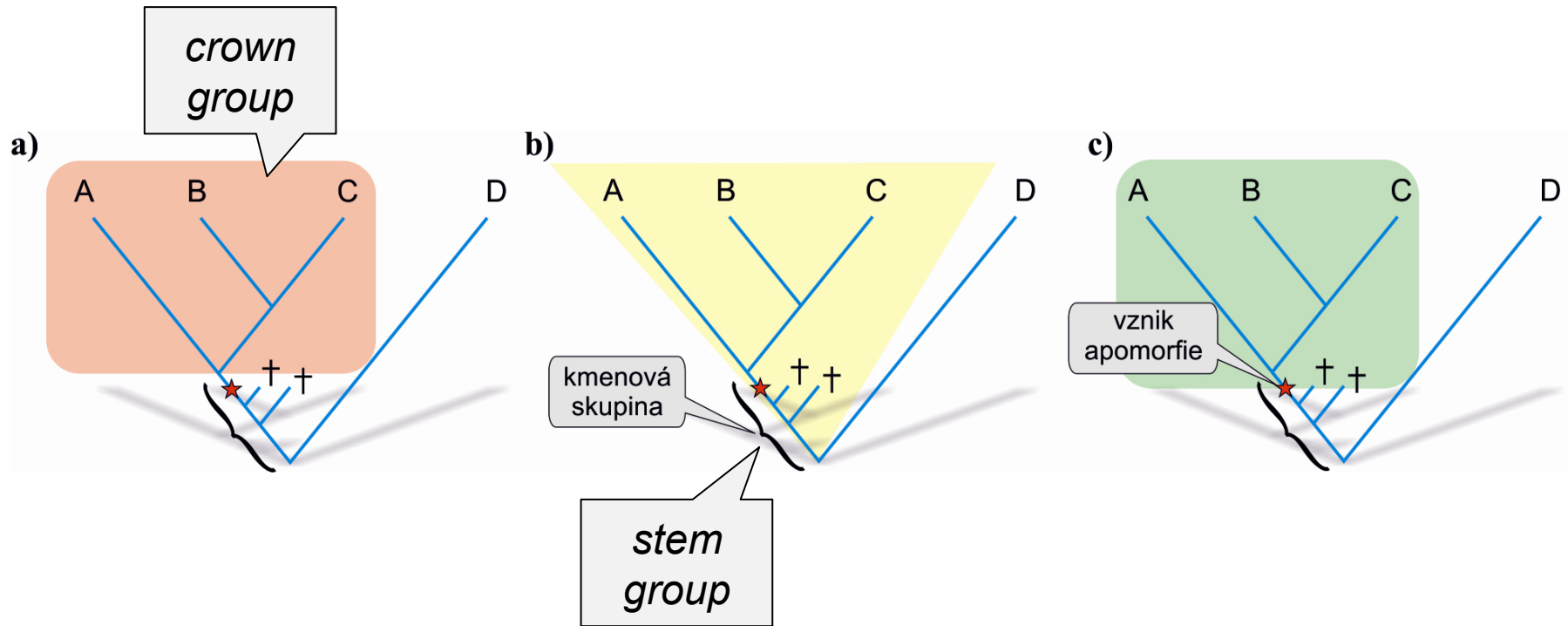
synapomorfní (= sdílené odvozené)

autapomorfní (= specifické odvozené)

klady definovány pouze na základě synapomorfii



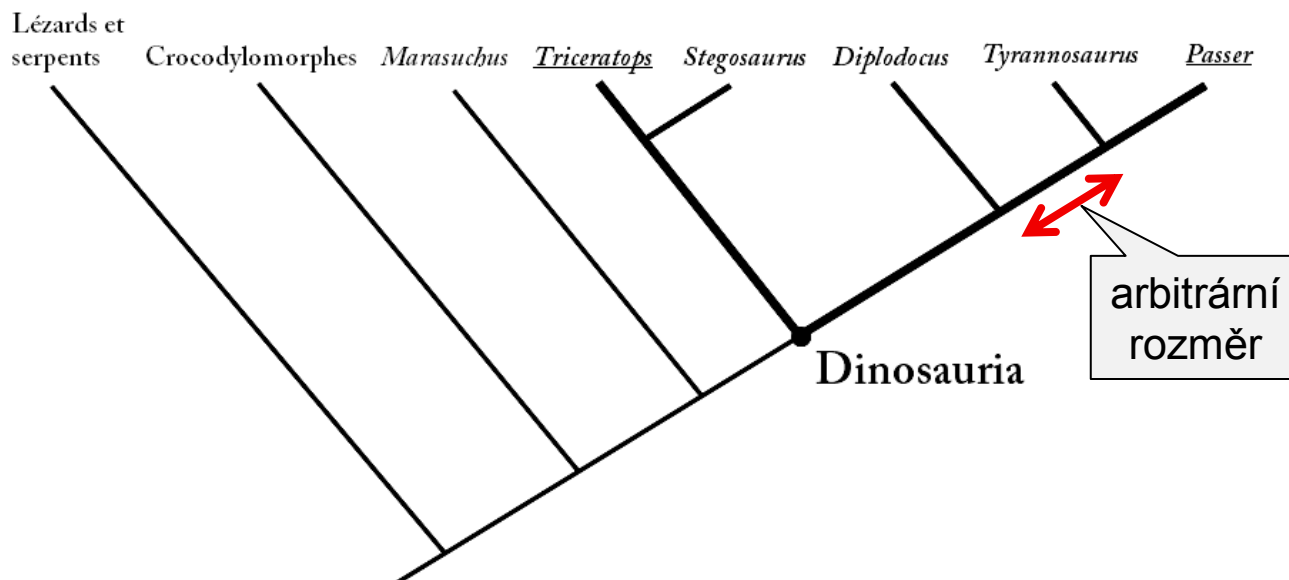
Definice kladů a klasifikace vymřelých taxonů:



princip parsimonie: Occamova břitva
(William of Ockham, 14. stol.)



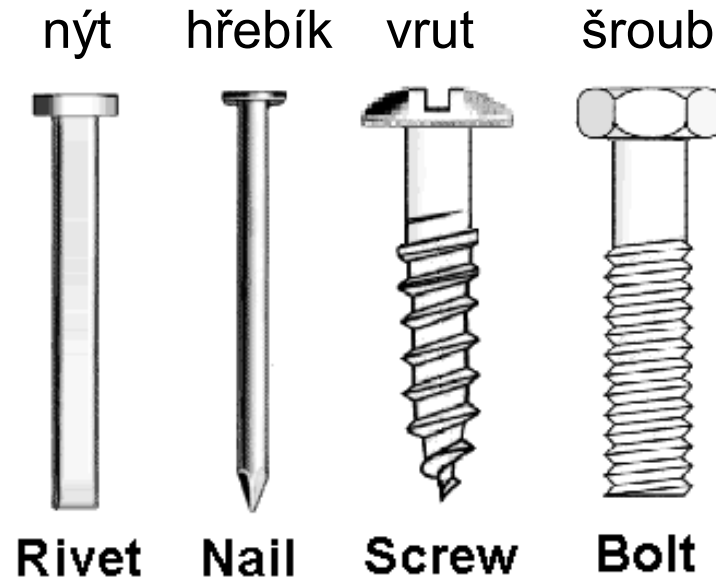
kladogramy



PhyloCode (*International Code of Phylogenetic Nomenclature*)
dosud poněkud kontroverzní a málo praktický

problémy: homoplazie, rychlá evoluce

Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů



Nýt má nejjednodušší strukturu a proto předpokládáme, že je nejbliž tvaru společného předka současných spojovacích materiálů

Mezi ostatními typy můžeme definovat 7 odvozených stavů (tj. neexistujících u nýtu):

- 1) hlavička se zářezem,
- 2) zakulacená hlavička,
- 3) šestihranná hlavička,
- 4) dřík se závitem,
- 5) zužující se dřík,
- 6) ostrý hrot,
- 7) silný průměr

Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Stavy znaků všech 4 typů jsou srovnány v tabulce, kde

„0“ = plesiomorfnní („nýtovitý“) stav

„1“ = apomorfnní (odvozený) stav

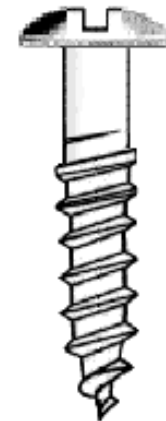
Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch	0	0	1	0
Rounded head	0	0	1	0
Hex head	0	0	0	1
Threaded shaft	0	0	1	1
Tapered shaft	0	0	1	0
Pointed tip	0	1	1	0
Thick diameter	0	0	1	1



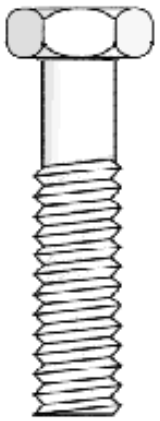
Rivet



Nail



Screw



Bolt

Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch			1	0
Rounded head			1	0
Hex head			0	1
Threaded shaft			1	1
Tapered shaft			1	0
Pointed tip			1	0
Thick diameter			1	1

Phenetic Comparison (Total of all shared states)				
	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Rivet	-	6	1	4
Nail		-	2	3
Screw			-	2
Bolt				-

Jestliže ke klasifikaci typů spojovacích materiálů použijeme **fenetický** přístup, srovnáváme je navzájem počítáním celkového počtu sdílených stavů (jak původních, tak odvozených).

Např. nýt vs. hřebík: 6 podobností, 1 rozdíl

Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch	0	0	1	0
Rounded head	0	0	1	0
Hex head	0	0	0	1
Threaded shaft	0	0	0	0
Tapered shaft	0	0	1	0
Pointed tip	0	0	0	0
Thick diameter	0	0	0	0

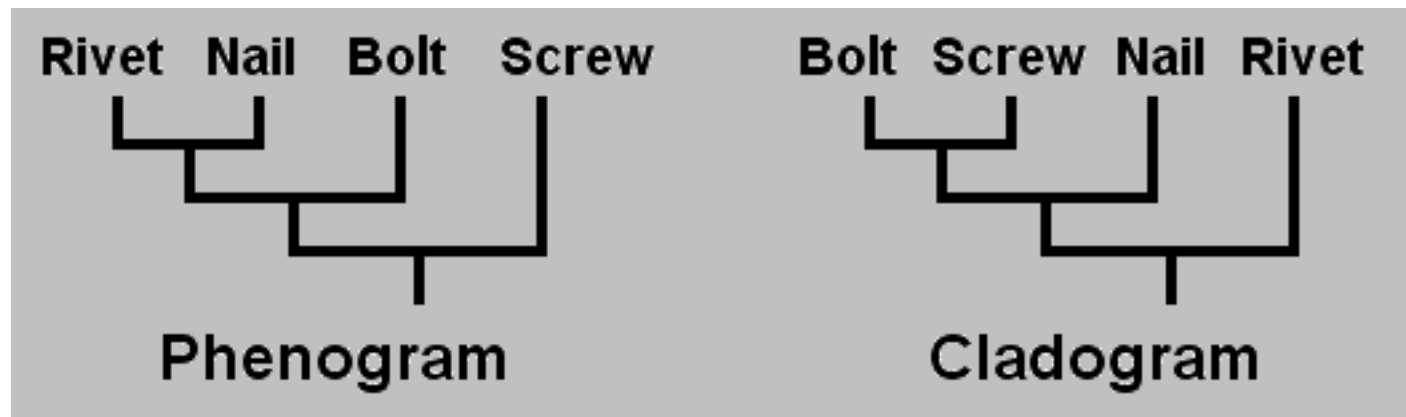
Cladistic Comparison (Total of derived states only)				
	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Rivet	-	0	0	0
Nail		-	1	0
Screw			-	2
Bolt				-

Jestliže ke klasifikaci typů spojovacích materiálů použijeme **kladistický** přístup, srovnání je založeno pouze na počtu odvozených stavů.

Např. šroub vs. vrut: 2 **synapomorfie**

Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Phenetic Comparison (Total of all shared states)					Cladistic Comparison (Total of derived states only)				
	Rivet	Nail	Screw	Bolt		Rivet	Nail	Screw	Bolt
Rivet	-	6	1	4	Rivet	-	0	0	0
Nail		-	2	3	Nail		-	1	0
Screw			-	2	Screw			-	2
Bolt				-	Bolt				-



Evoluční systematika - reakce

fylogenetické vztahy + rozsah divergence \Rightarrow kombinace fenetického a kladistického přístupu

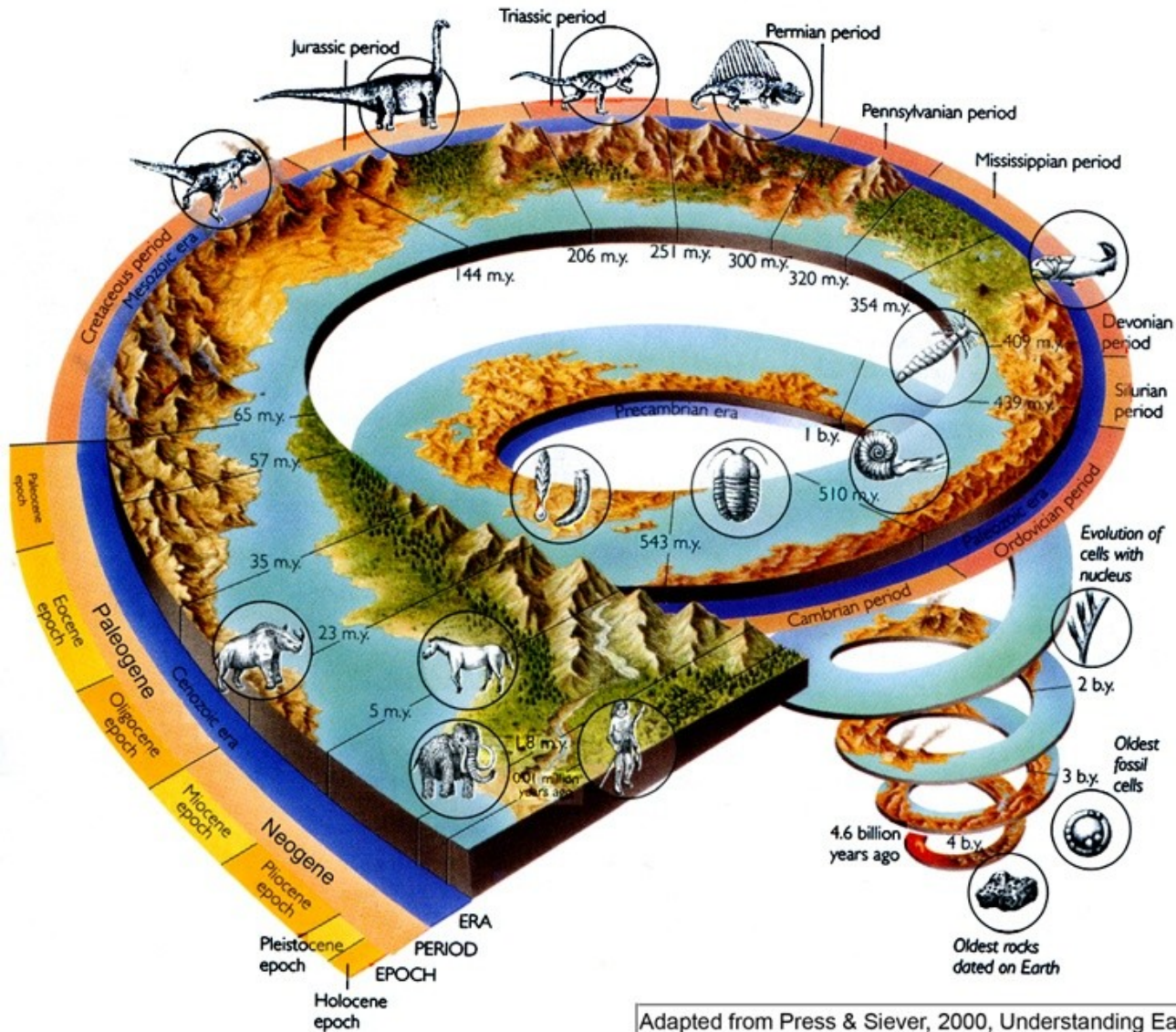
reflexe kladů i gradů

grad = skupina druhů, ze které vznikla jiná skupina, jejíž rozrůznění od ancestrální dosáhlo vysokého stupně (plazi, ještěři, ryby v tradičním pojetí)

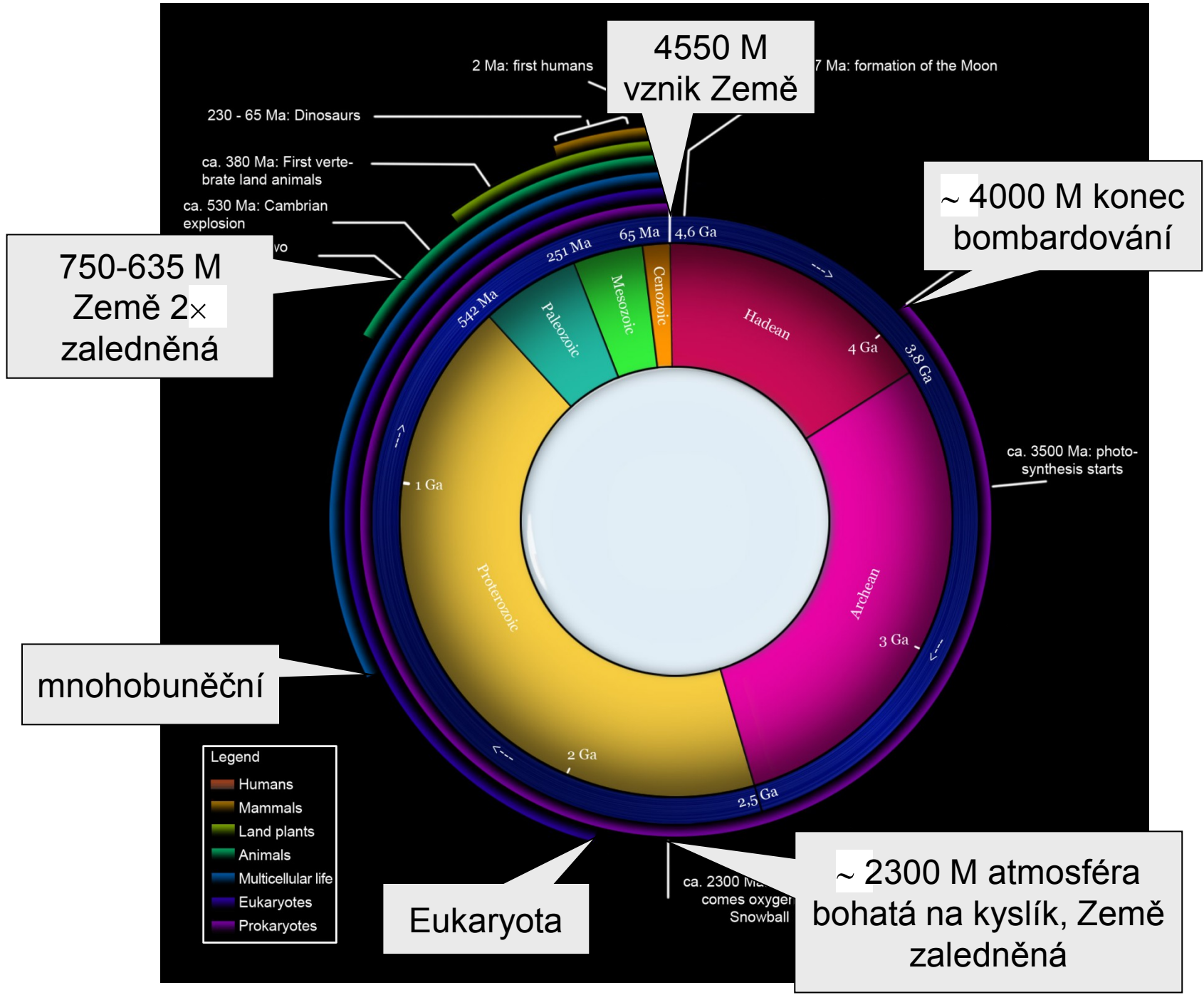


E. Mayr

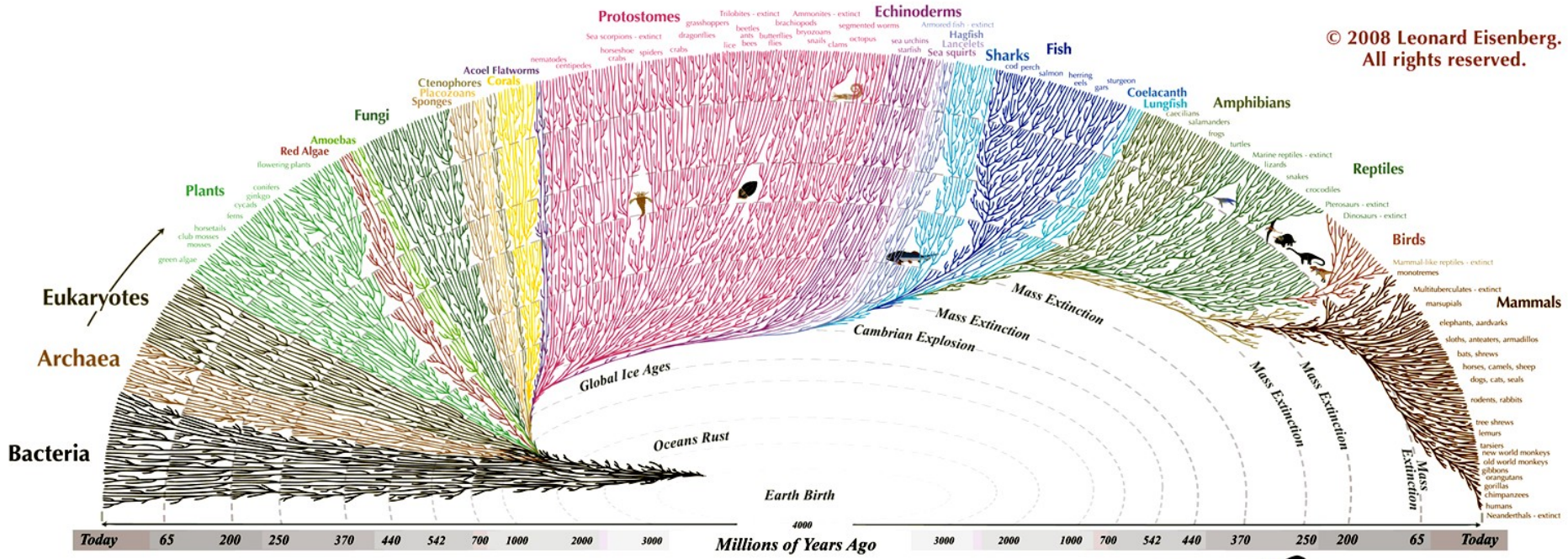
HISTORIE ŽIVOTA NA ZEMI




Adapted from Press & Siever, 2000, Understanding Earth



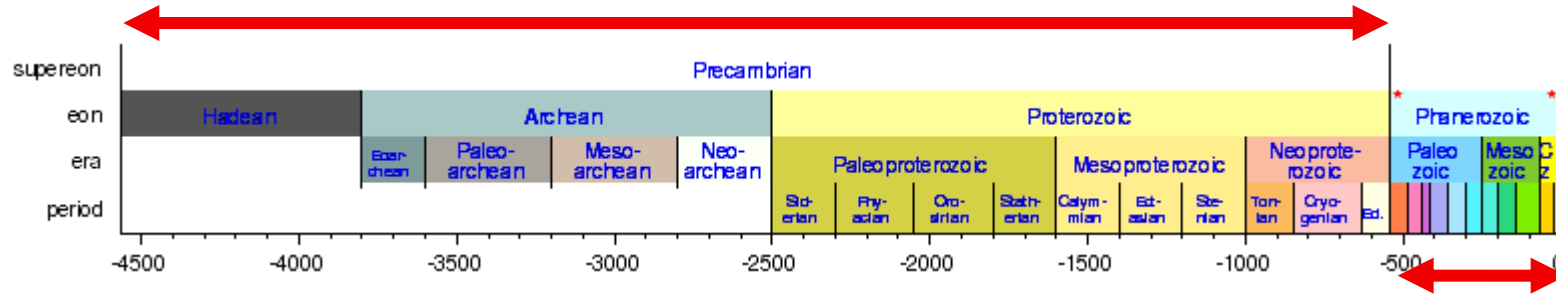
© 2008 Leonard Eisenberg.
All rights reserved.



All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct 

© 2008 Leonard Eisenberg. All rights reserved.
evogenes.com

Prekambrium



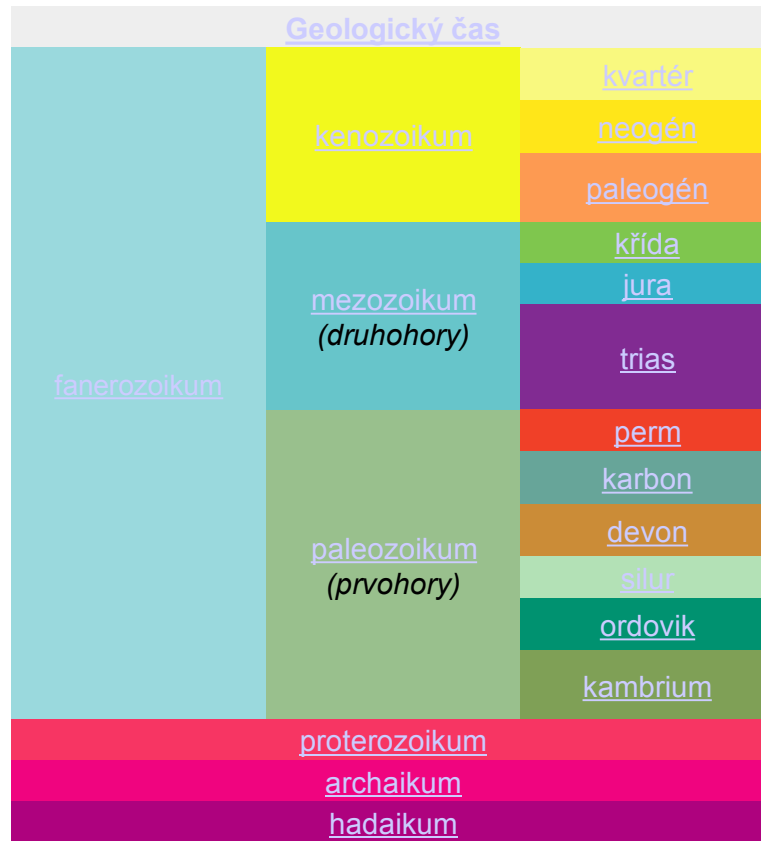
eon

Hadaikum
(Hadean)

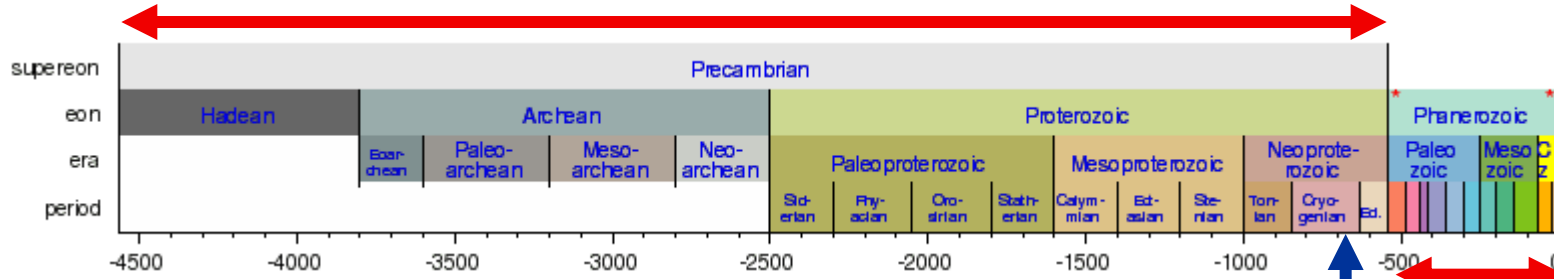
Archaikum
(Archean)

Proterozoikum
(Proterozoic)

Fanerozoikum



Prekambrium



eon Hadaikum (Hadean) Archaikum (Archean) Proterozoikum (Proterozoic) Fanerozoikum

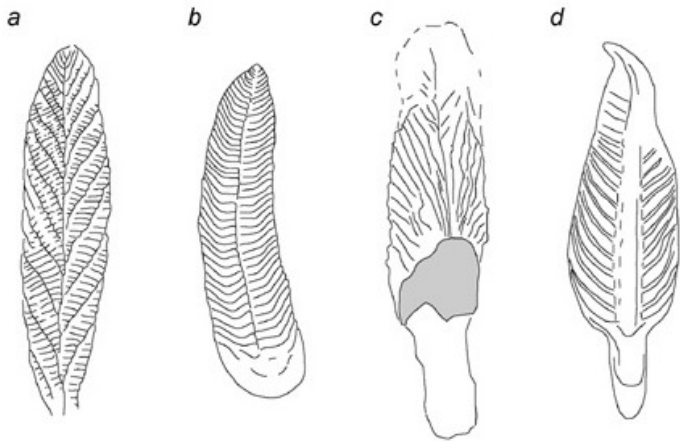
Ediakarská fauna (Vendian) ~635-542 M



Charnwood, Leicestershire ~ 560 M

Mistaken Point, Newfoundland ~ 565 M





Charnia

Charnia

Spriggina

Stromatoveris

Thaumaptilon



Ediacara Hills,
Australie



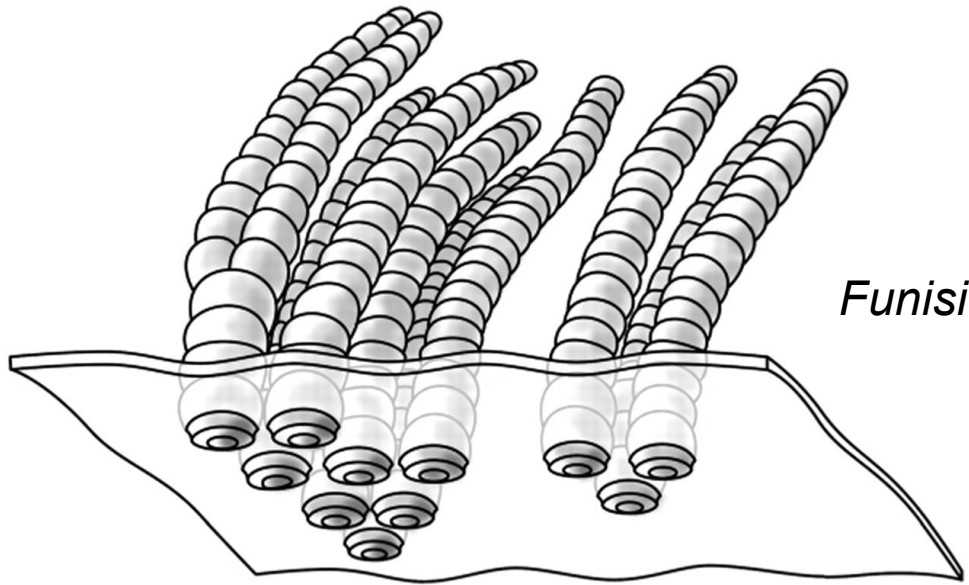
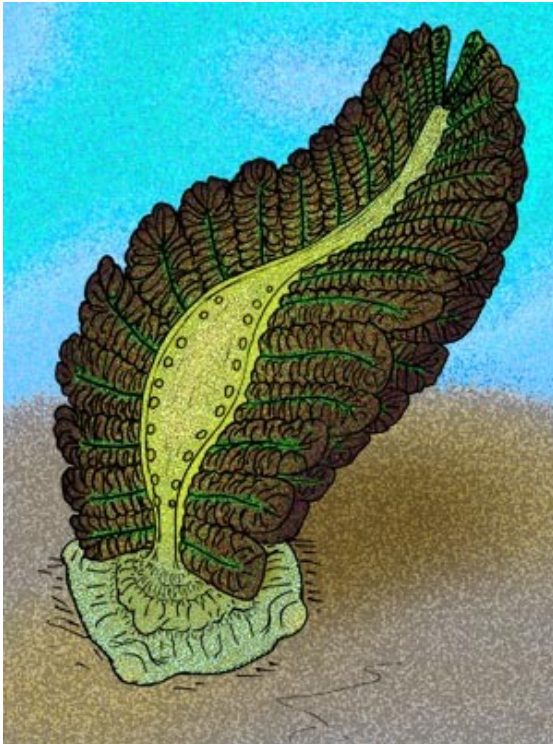
Spriggina



Dickinsonia
~ 580 M

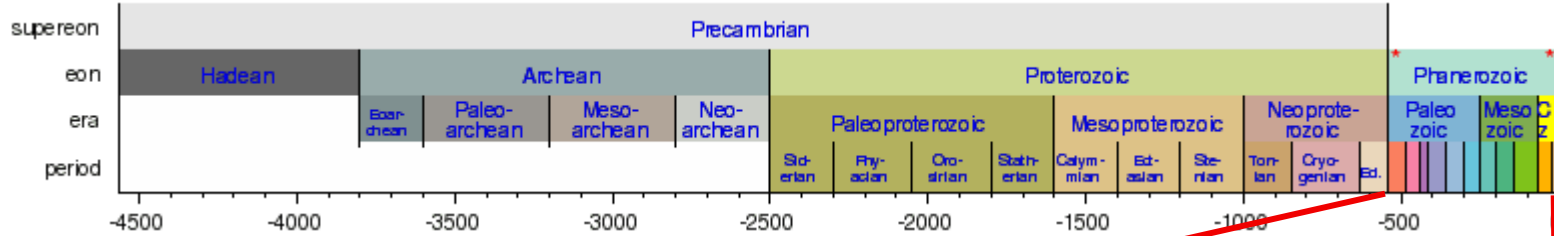


Spriggina



Funisia: sex?

Fanerozoikum

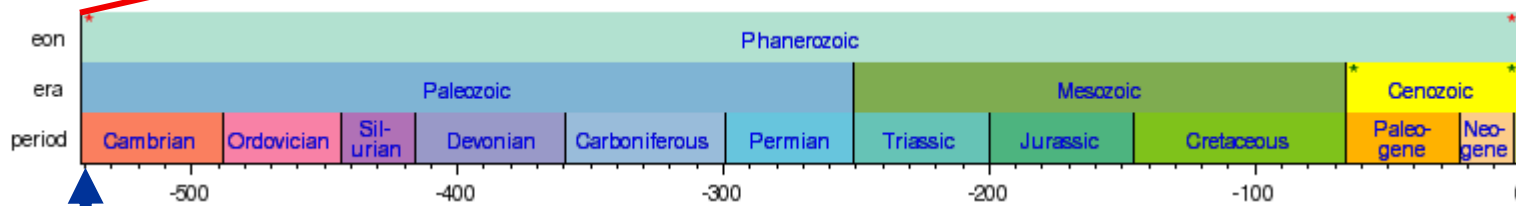


éra

Paleozoikum

Mesozoikum

Kenozoikum



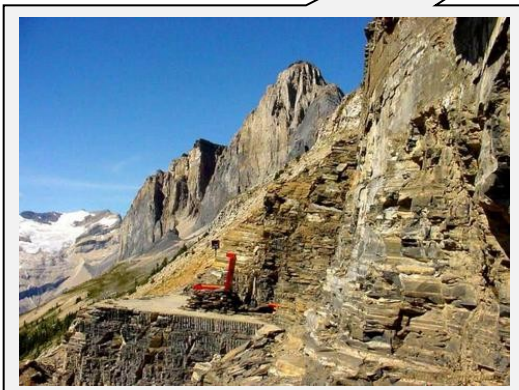
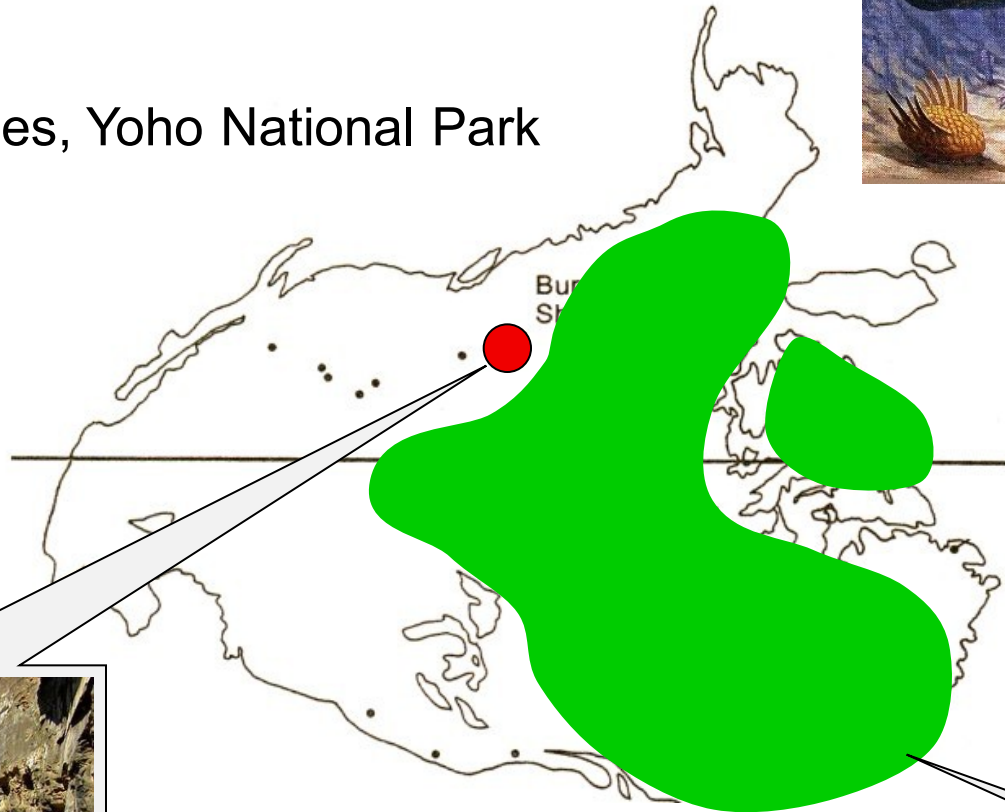
kambrická exploze
~ 542-520 M

Kambrická exploze

Burgessova břidlice (*Burgess Shale*)

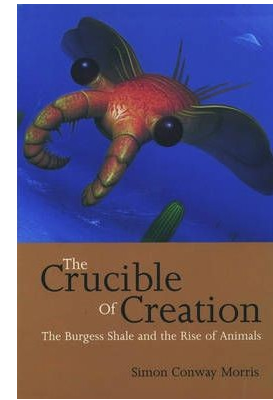
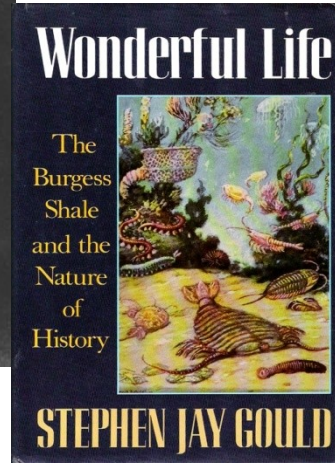
~ 542-520 M

Canadian Rockies, Yoho National Park

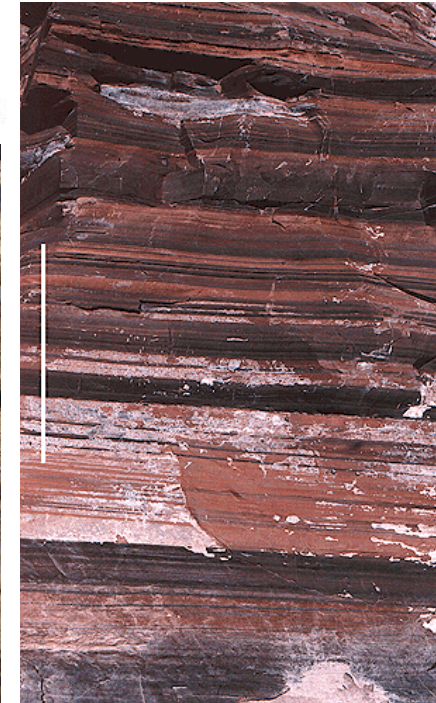


kontinent

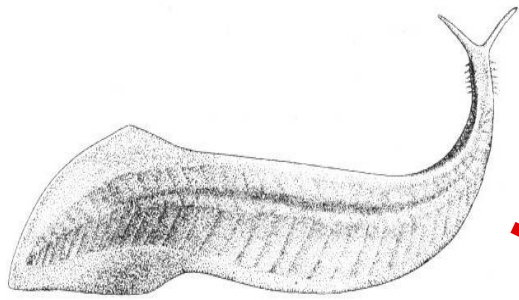
Charles Doolittle Walcott (1909)



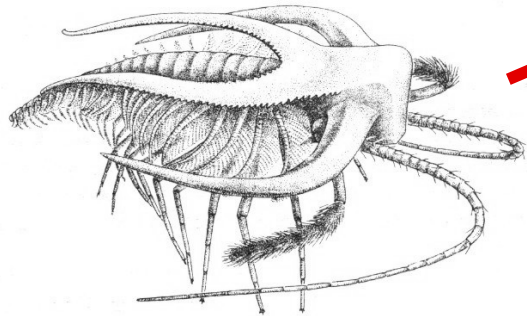
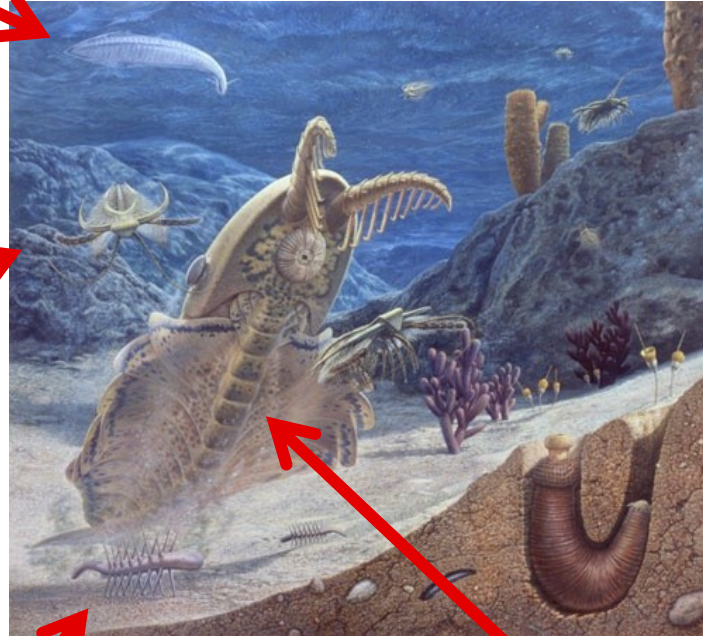
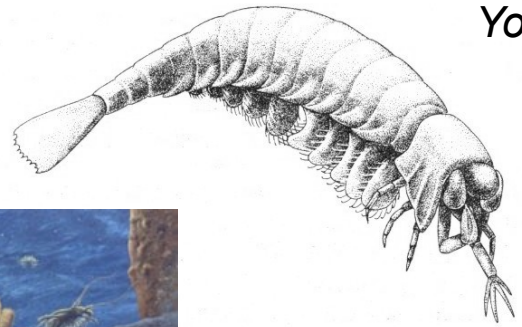
Simon Conway Morris



Pikaia gracilens

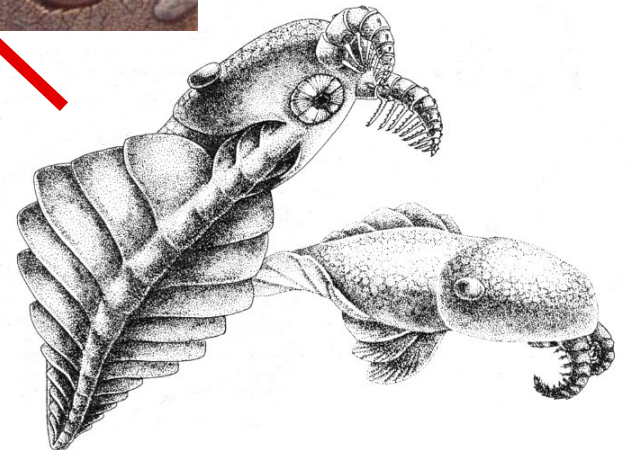


Yohoia

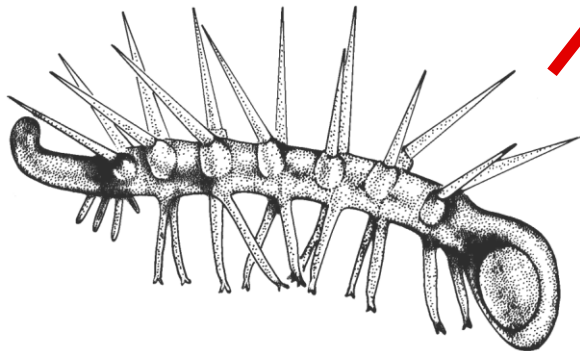


Marella

Anomalocaris nathorsti

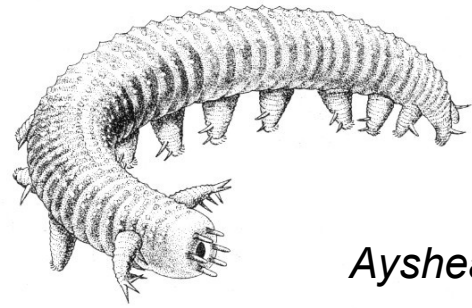
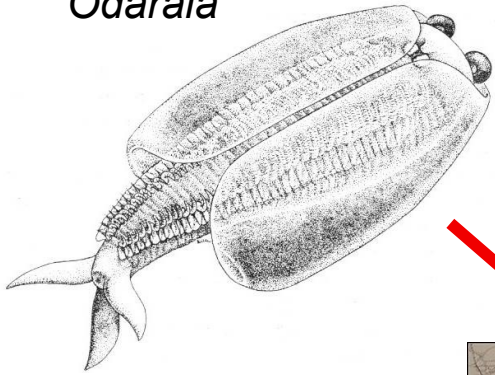


A. canadensis



Hallucigenia

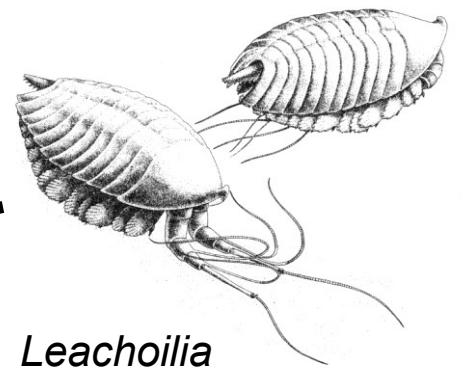
Odaraia



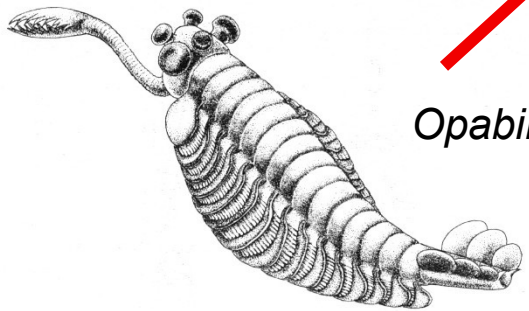
Aysheaia



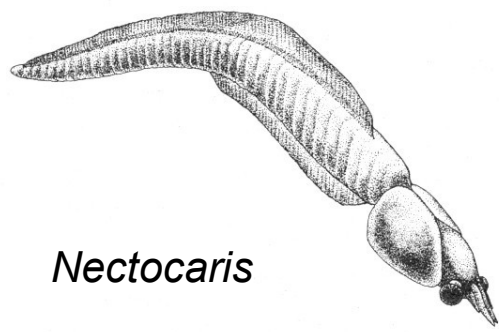
Wiwaxia



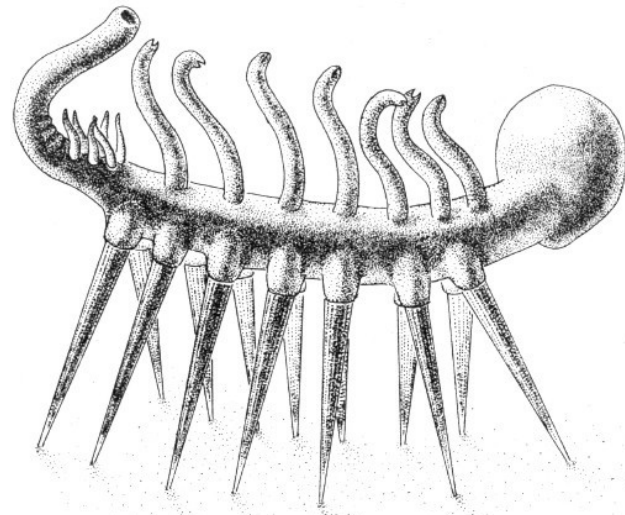
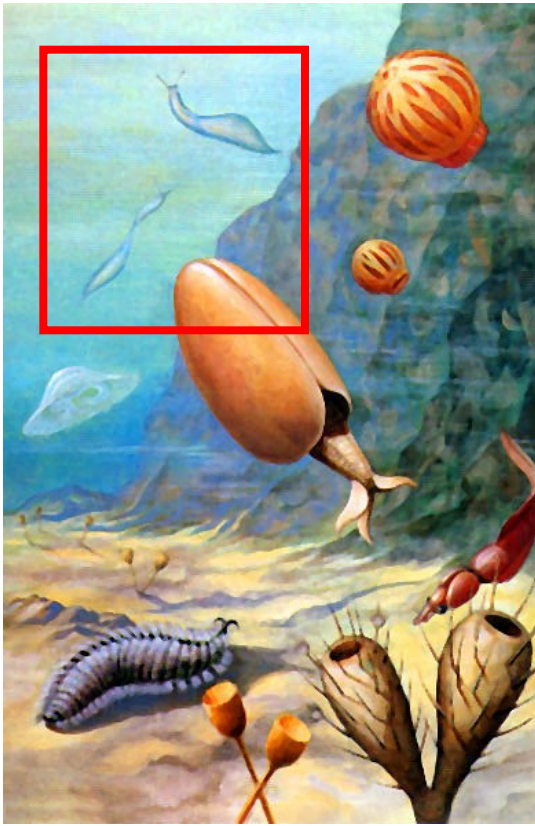
Leachoilia



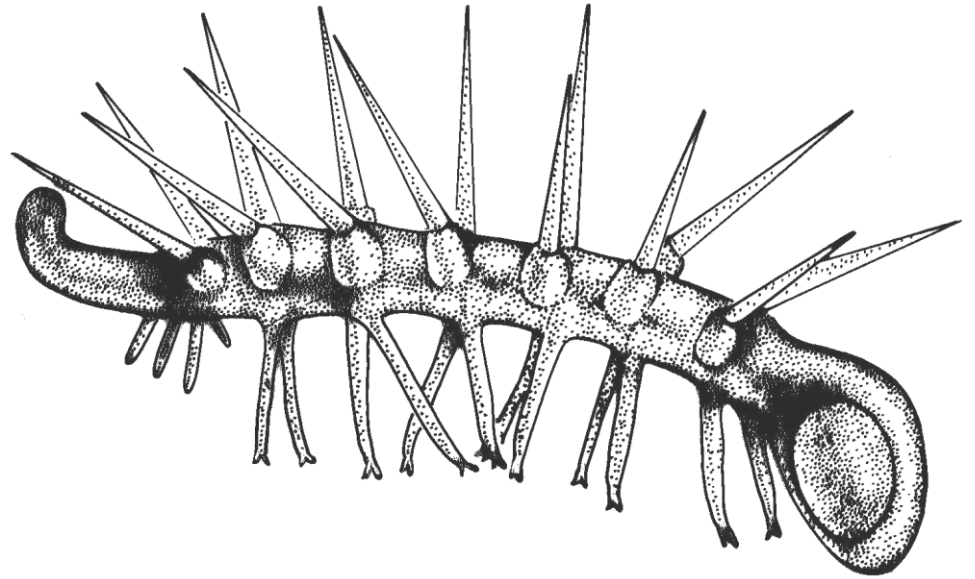
Opabinia



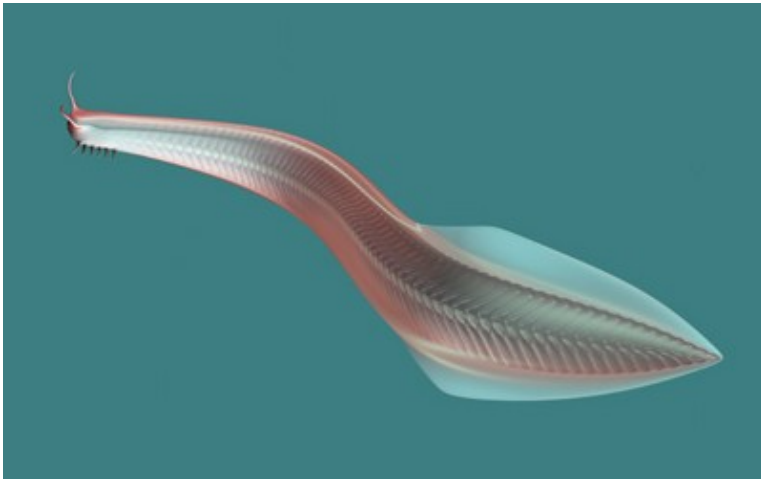
Nectocaris

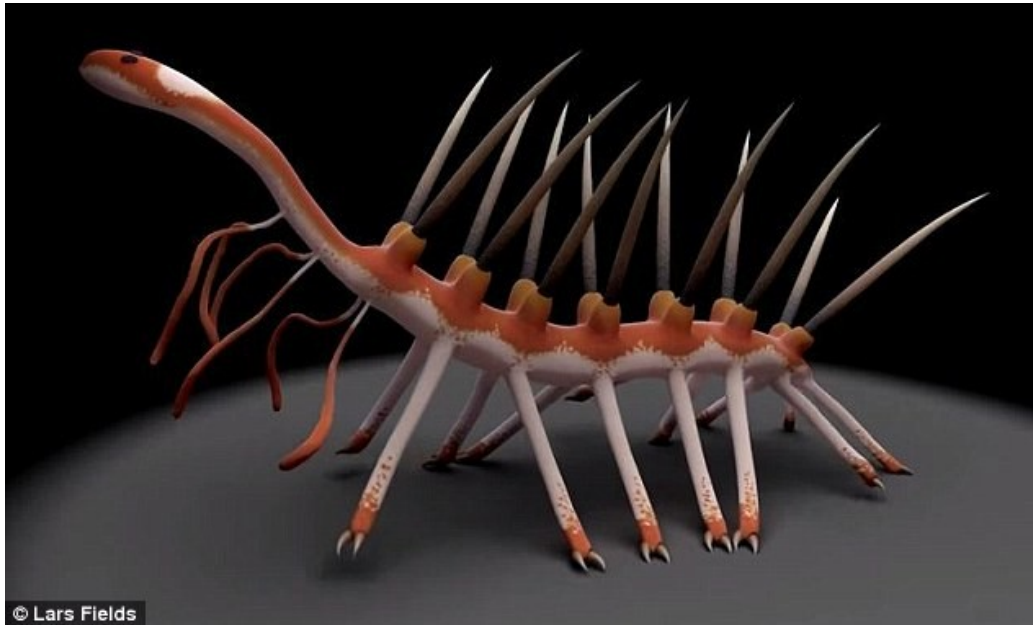


Hallucigenia



Pikaia gracilens (Chordata)





© Lars Fields



Aysheaia

Prechod z moře na souš?



drápkovci
(Onychophora)

diverzita a disparita:

interpretace burgesských nálezů

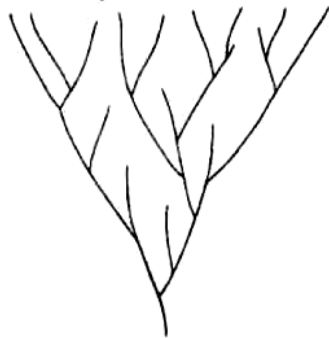
Stephen Jay Gould vs. Simon Conway Morris

diverzita = počet druhů

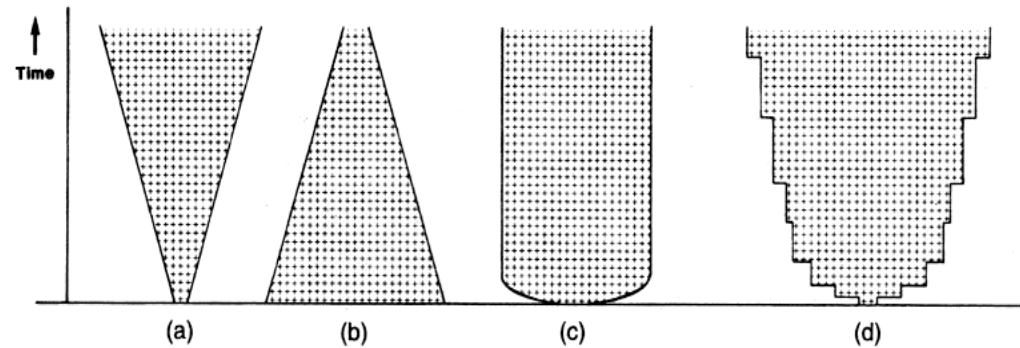
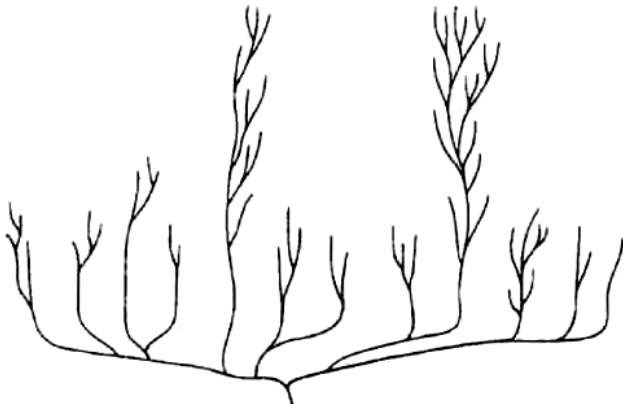
disparita = počet stavebních plánů (morfologická rozmanitost)



The Cone of Increasing Diversity



Decimation and Diversification



tradiční

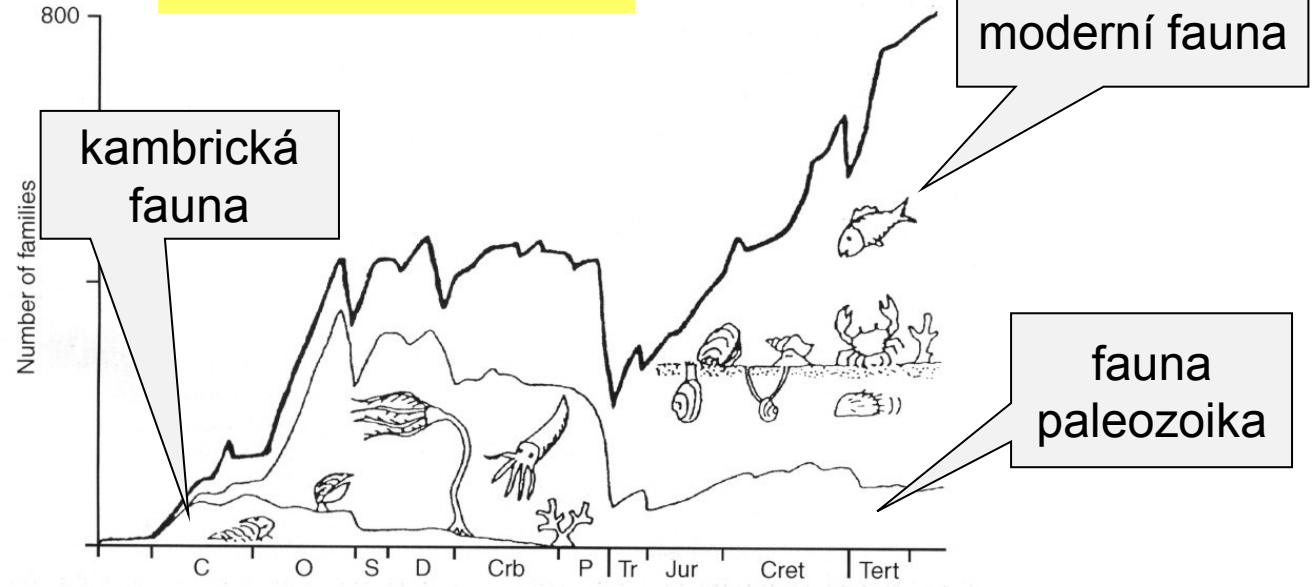
Gould

Conway Morris

růst diverzity



Fanerozoikum

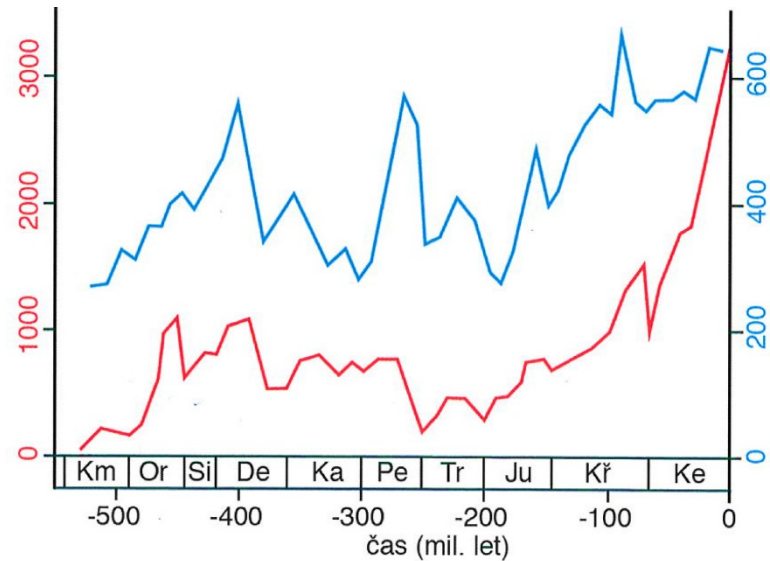
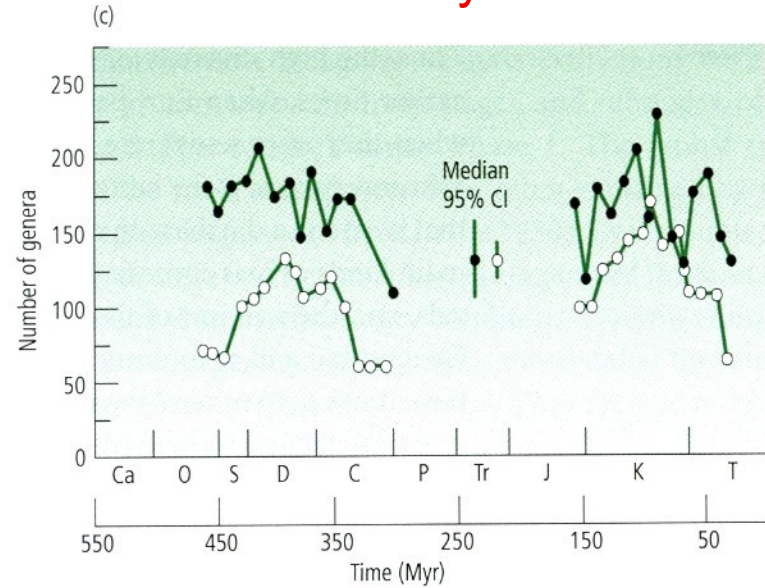
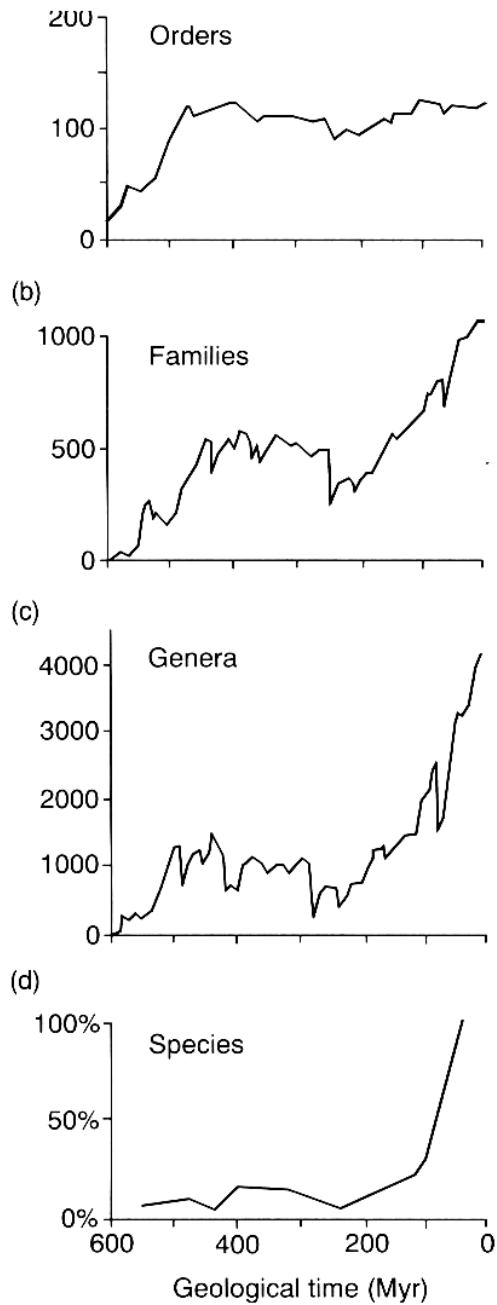


Jack J. Sepkoski (1981): logistický model

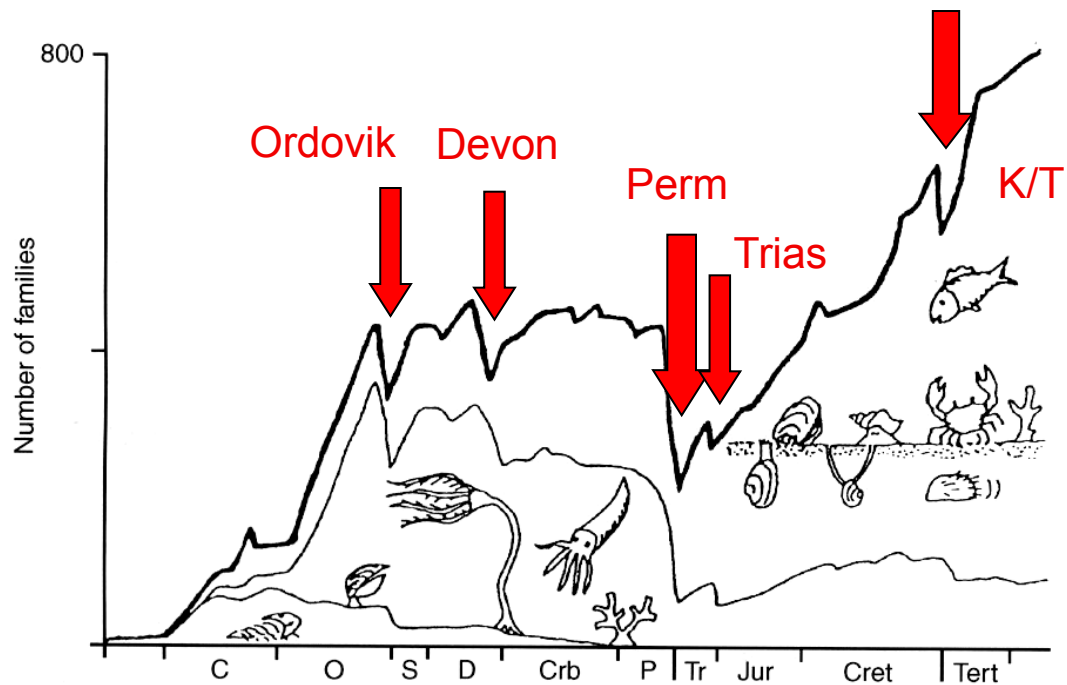
Michael J. Benton (1997):

křivka pro suchozemské organismy odlišná
exponenciální model

bereme-li v úvahu nekompletnost fosilního záznamu → žádný trend?



Obr. 7.27: Růst globální diverzity: červená křivka popisuje růst počtu „rodů“ na základě prvního a posledního výskytu ve fosilním záznamu, modrá křivka počet „rodů“ po odstranění „tahu přítomnosti“ (viz text).

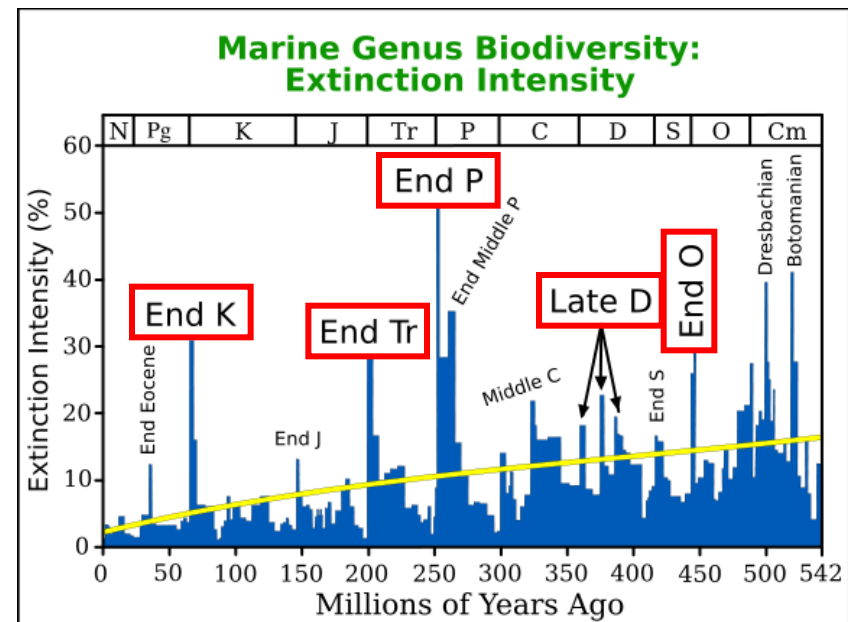


Extinkce:

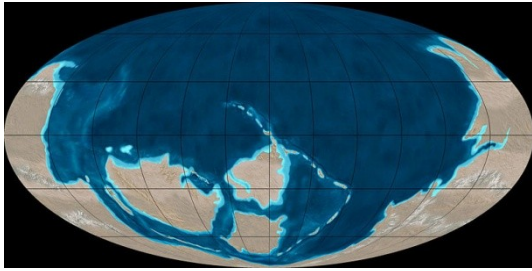
background extinctions („šum“)

masové extinkce → „Velká pětka“

největší: konec Permu

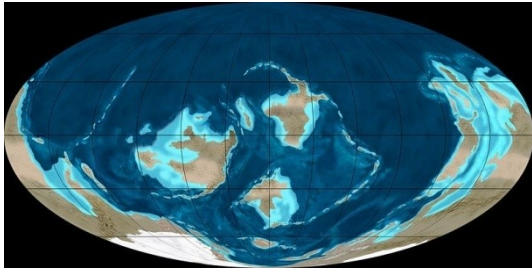


Paleozoikum



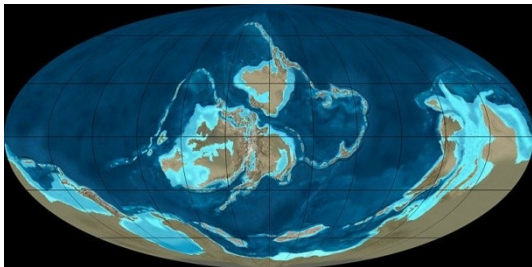
Kambrium:

jediný superkontinent Rodinia (Proterozoikum) → Gondwana, Laurentia, Baltica, Angara (Siberia), Avalonia ...



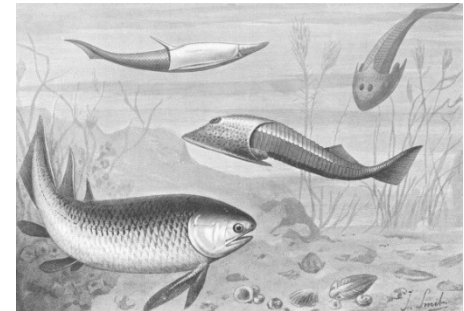
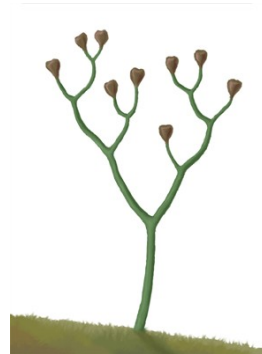
Ordovik:

růst diverzity (mořské o.)
na konci 1. masová extinkce

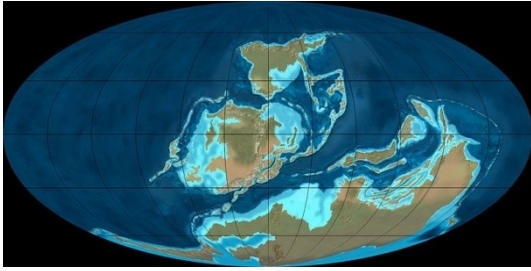


Silur:

čelistnatci
první suchozemské o.
(rostliny, štíři)

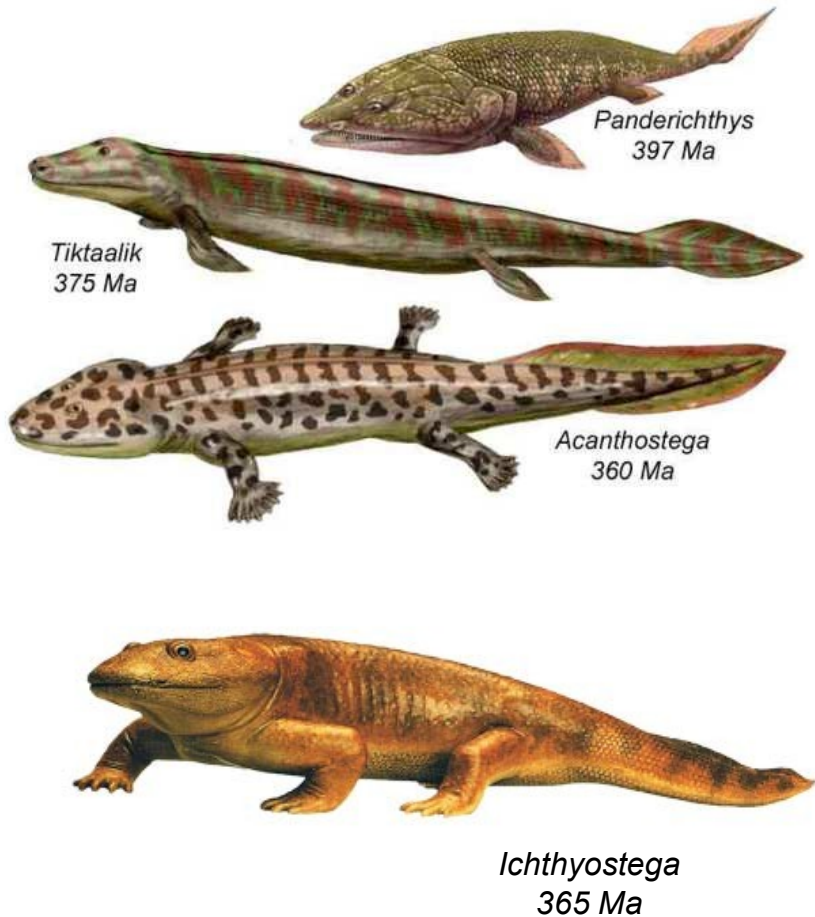


Laurentia+Baltica = Laurasia

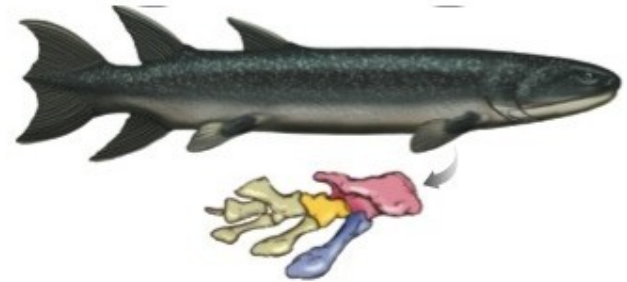


Devon:

radiace ryb, první žraloci, lalokoploutví, obojživelníci
na konci 2. masová extinkce



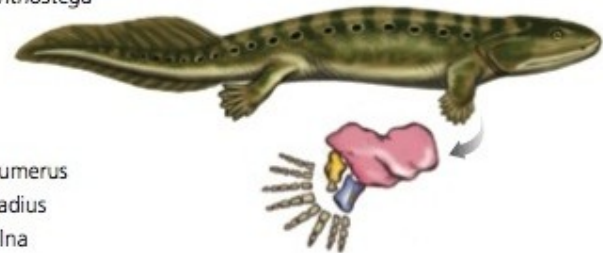
Eusthenopteron



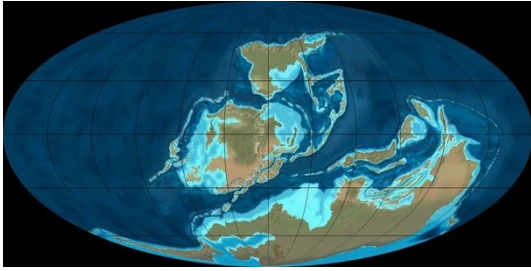
Tiktaalik



Acanthostega

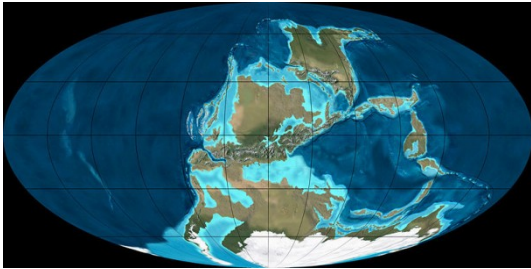


- Humerus
- Radius
- Ulna



Devon:

radiace ryb, první žraloci, lalokoploutví, obojživelníci
na konci 2. masová extinkce

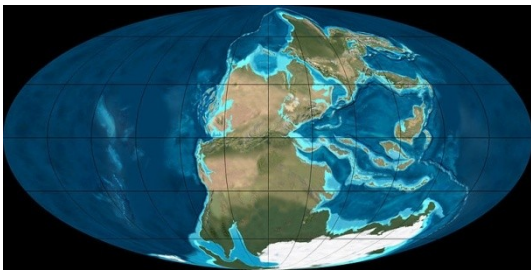


Karbon:

přesličky, hmyz, první plazi



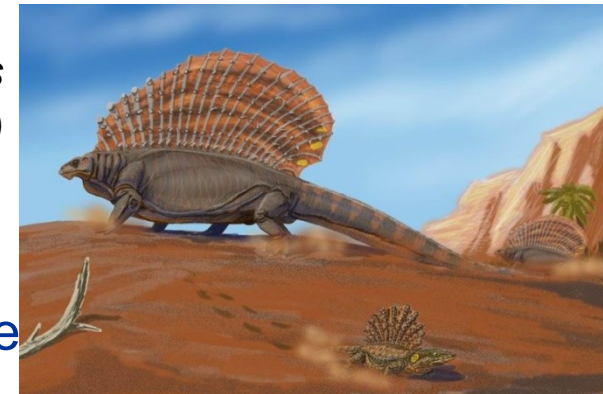
Archaeothyris
(Synapsida)



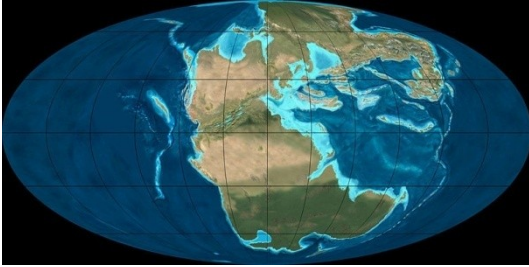
Perm:

Pangea
Therapsida (→ savci)
na konci 3. masová extinkce

Edaphosaurus
(Pelycosauria)



Mesozoikum



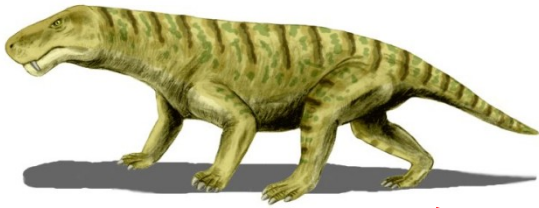
Trias:

motýli, dvojkřídli

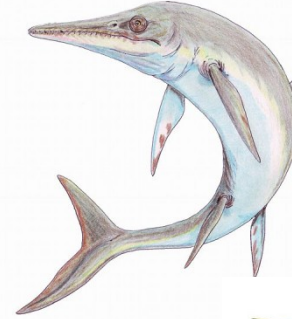
radiace plazů (želvy, ichthyosauři, plesiosauři, pterosauři)

konec triasu: dinosauři, savci, 4. extinkce

synapsidní plaz
Pelycosauria
(*Palaeohatteria*)



Therapsida



ichthyosauři



plesiosauři



cynodont
(*Cynognathus*)



pterosauři



primitivní savec (*Castorocauda*)

Evolution savců

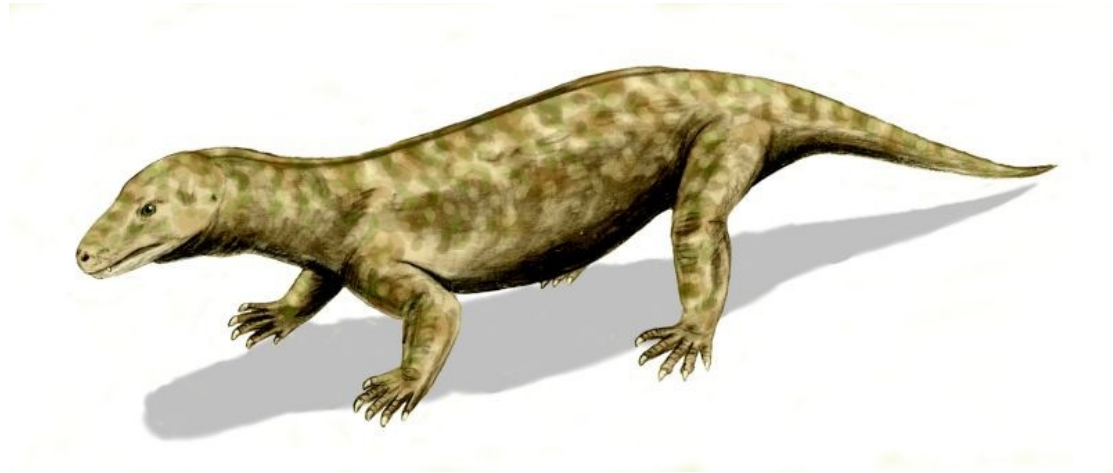
Sphenacodon: spodní perm (270 M) – spodní čelist z více kostí, zakloubení čelisti plazí, žádný bubínek

Biarmosuchia: svrchní perm – jeden z nejranějších terapsidů, zakloubení čelisti více savčí, horní čelist srostlá, zadní nohy vzpřímenější



Biarmosuchus

Procynosuchus: konec permu – primitivní cynodont



Thrinaxodon: spodní trias – odvozenější cynodont, bubínek ve spodní čelisti



Probainognathus: střední trias (~ 235 M) – 2 klouby, savčí a plazí

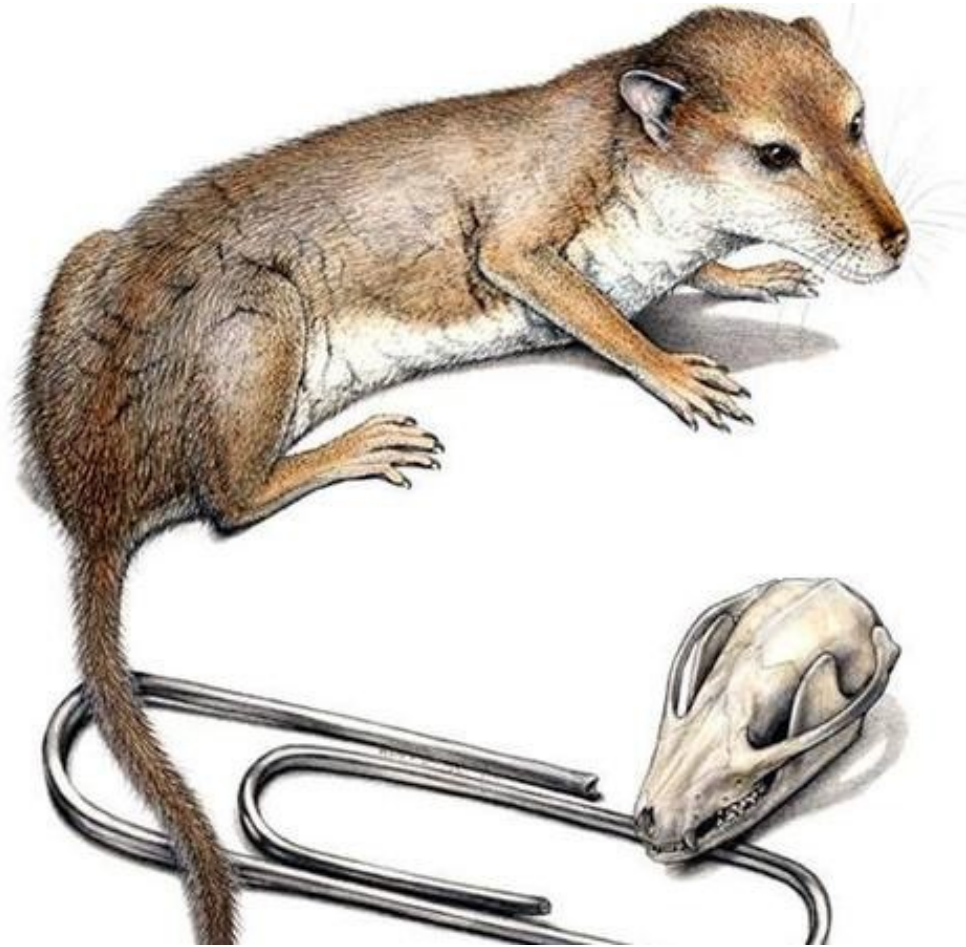


Diarbrognathus: spodní jura (~ 209 M) – pokročilý cynodont, sice pořád 2 klouby, ale plazi používán téměř zcela ke slyšení

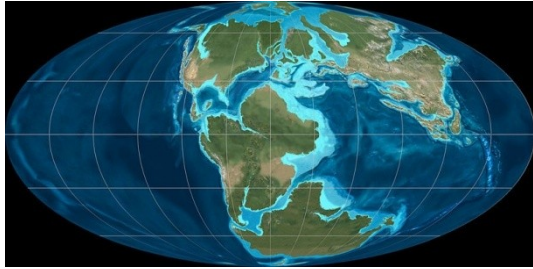
Morganucodon: spodní jura (~ 220 M)
– stále zbytek plazího kloubu



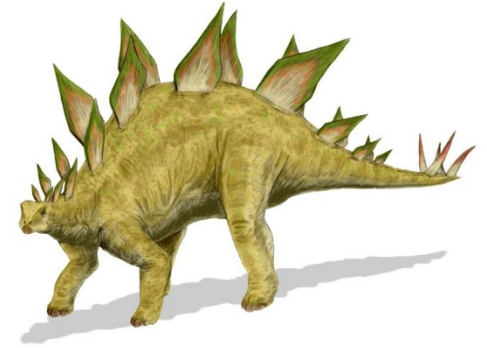
Hadrocodium: spodní jura – kůstky středního ucha se přesunuly z čelisti do krania



Mesozoikum



Jura:
kostnaté ryby
evoluce ptáků

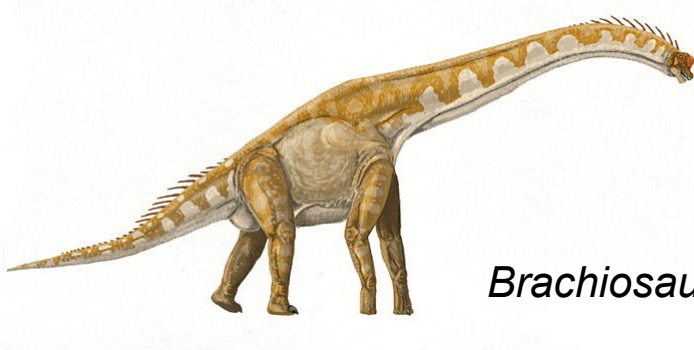


Stegosaurus

Ornithischia

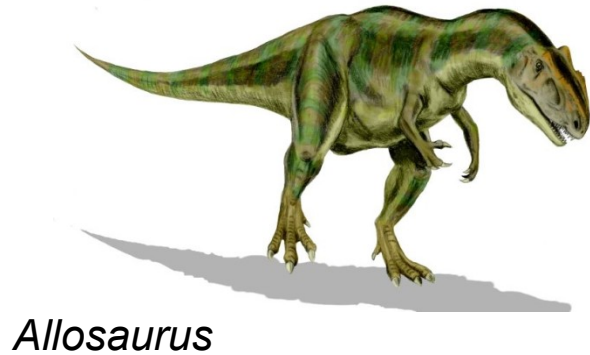
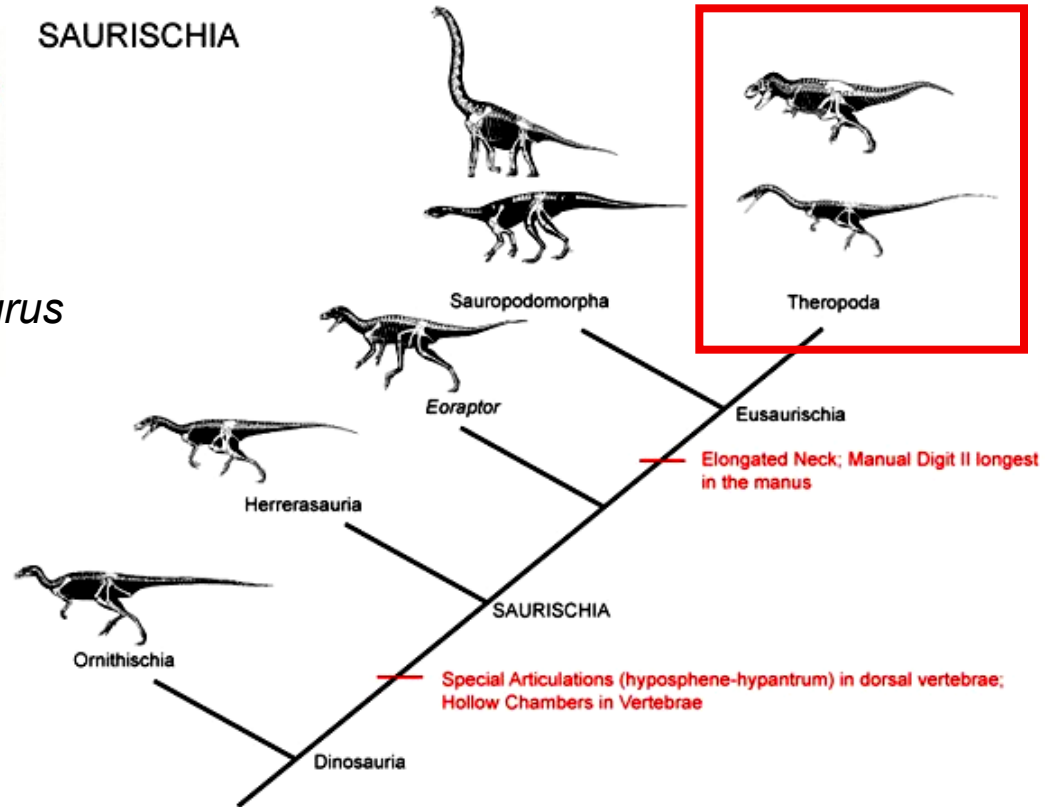
← **dinosauři** →

Saurischia



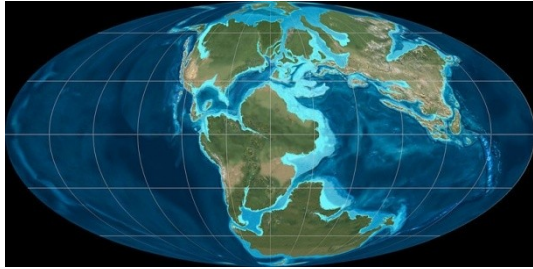
Brachiosaurus

SAURISCHIA

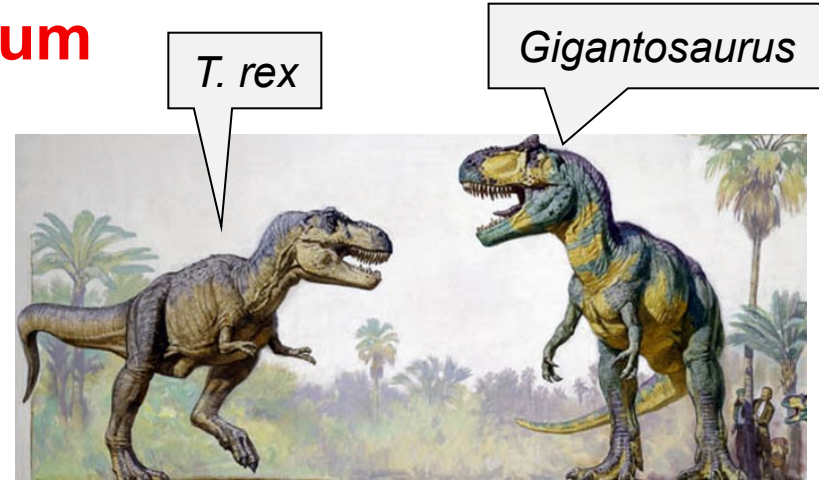


Allosaurus

Mesozoikum



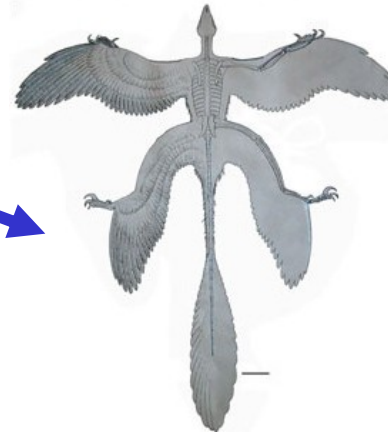
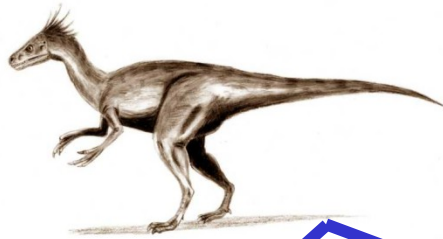
Jura:
kostnaté ryby
evoluce ptáků



theropodní dinosauři

Maniraptora

tyranosauři
(křída)



ptáci



Archaeopteryx lithographica

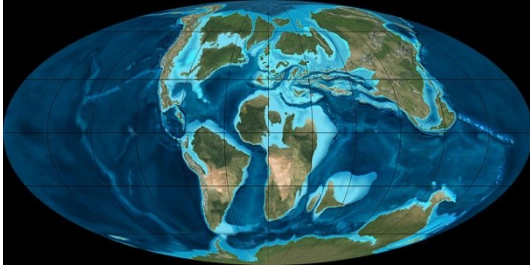
Microraptor gui



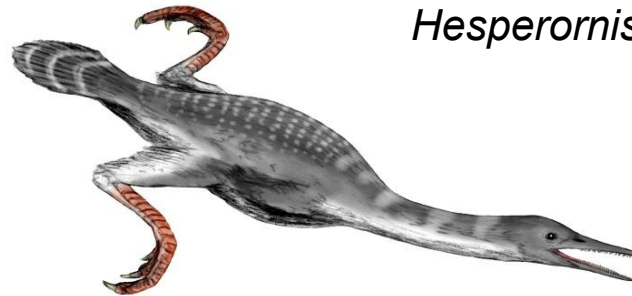
Mesozoikum

Křída:

krytosemenné rostliny
moderní žraloci a rejnoci, mosasauři, první hadi, ptáci
savci: divergence vačnatců a placentálů



mosasauři

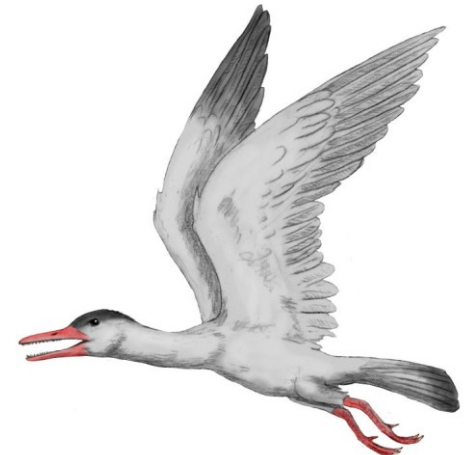


Hesperornis

na konci křídly: 5. extinkce, 66 M

→ otázka příčiny

Ichthyornis



Extinkce na K/T* (K/Pg**) hranici:

*) křída/třetihory
**) křída/paleogén

1980 Louis Alvarez a kol.:

katastrofická hypotéza – asteroid 10 km v průměru
 $10^9 \times$ víc než Hirošima



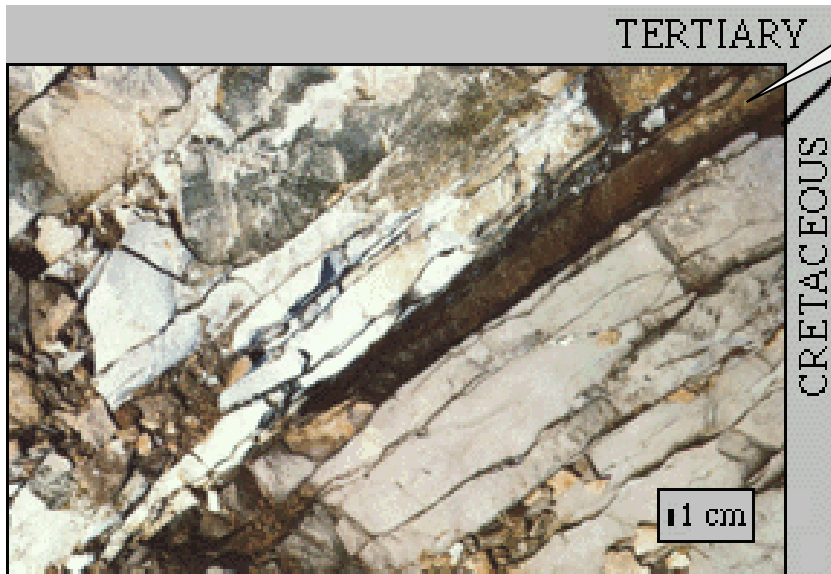
L. Alvarez



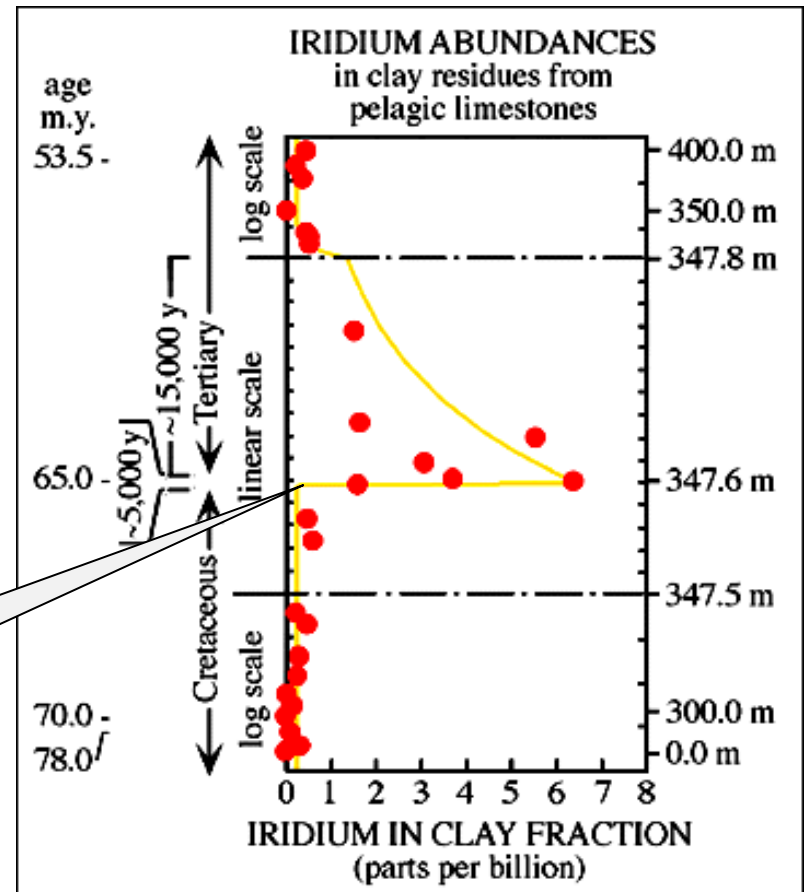
Extinkce na K/T (K/Pg) hranici:

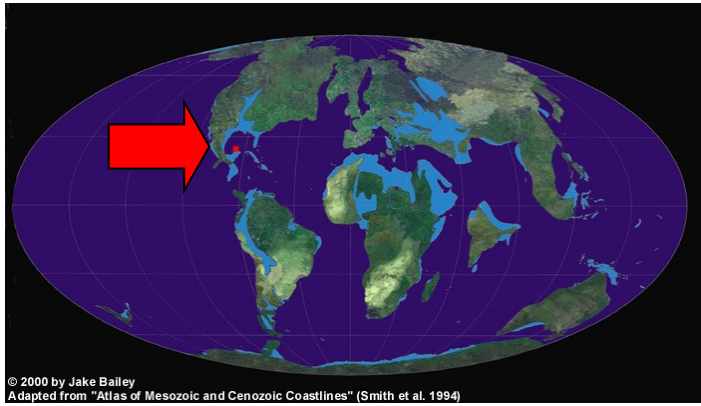
iridium na K/T rozhraní

K/T hranice



cca. 100-násobné zvýšení množství iridia

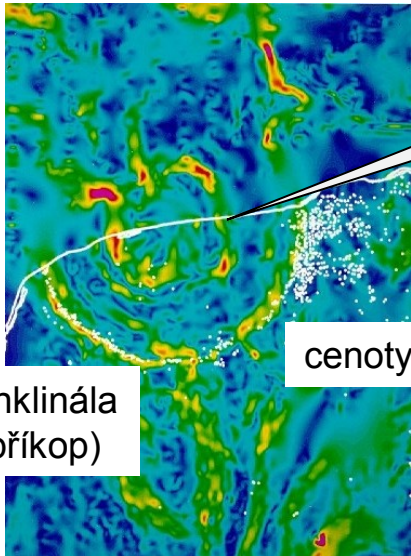




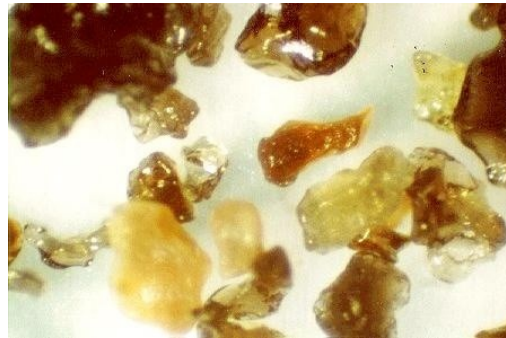
kráter Chicxulub (Mexiko)



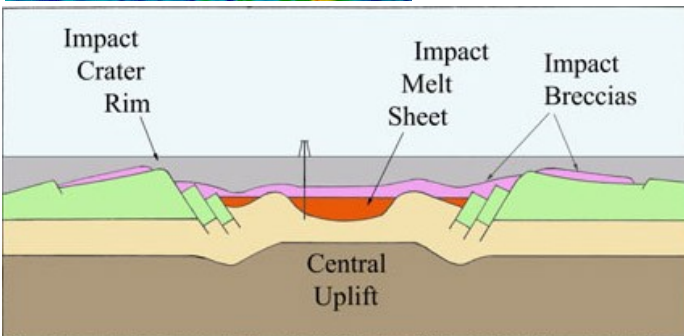
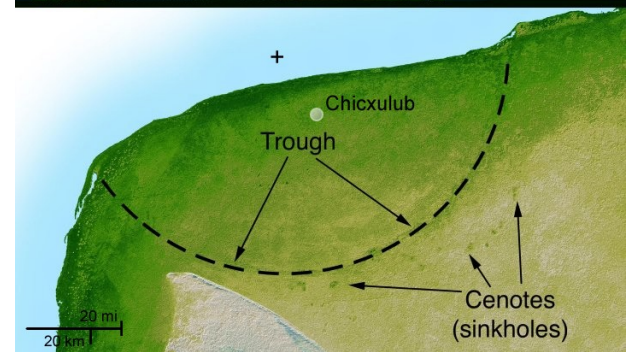
mapa gravitačního pole



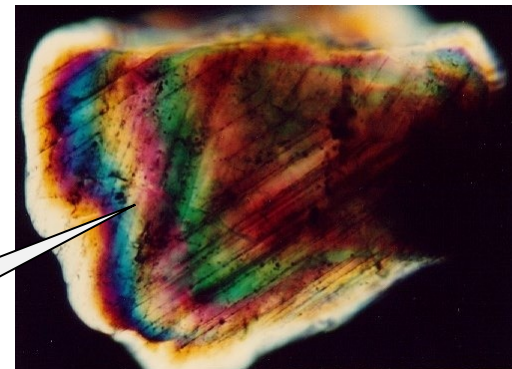
synklinála (příkop)



tektity z K/T rozhraní



šokový krystal



Problémy impaktové teorie:

vymírání nebylo pro většinu živočichů tak náhlé, docházelo k němu už před katastrofou

druhy mizely po etapách od teplomilnějších po méně teplomilné

srážka s asteroidem o cca. 300 tisíc let starší než vymírání (× dopad meteoritu spustil vlny tsunami a zemětřesení ⇒ promíchání vrstev)

lokalita El Penon (Mexiko): stejné druhy nad „meteoritickou“ vrstvou jako pod ní)

Alternativní hypotéza:

postupné ochlazování v důsledku gigantických sopečných erupcí na Dekkánské plošině v Indii

čedičová vrstva 1200-1800 metrů silná, 100 000 km² ⇒ v průběhu 1 mil. let
→ min. 1,5 mil. km³ čedičů

vznik plošiny na přelomu křídý a třetihor

Recentní poznatky:

Podle nového datování k dekkánskému jevu došlo dříve než k dopadu bolidu/asteroidu – problém je, že indické datování stále málo přesné

Zpřesněné datování: kráter Chicxulub odpovídá

~ 100 tisíc let před dopadem ochlazení o 6–8 °C, asi v důsledku dekkánské katastrofy – dopad pak ranou z milosti

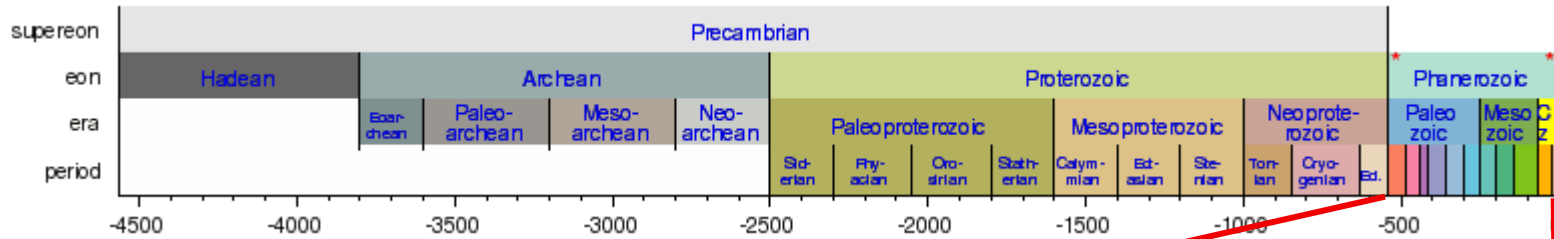
Sinice v důsledku skleníkového efektu?

Některé teorie: dopad dvou těles těsně po sobě (některá data naznačují – mj. tým z Astronomického ústavu před 3 lety, dnes Francouzi na modelech)

animace impaktu viz:

<https://www.youtube.com/watch?v=bU1QPtOZQZU>

eon: Fanerozoikum

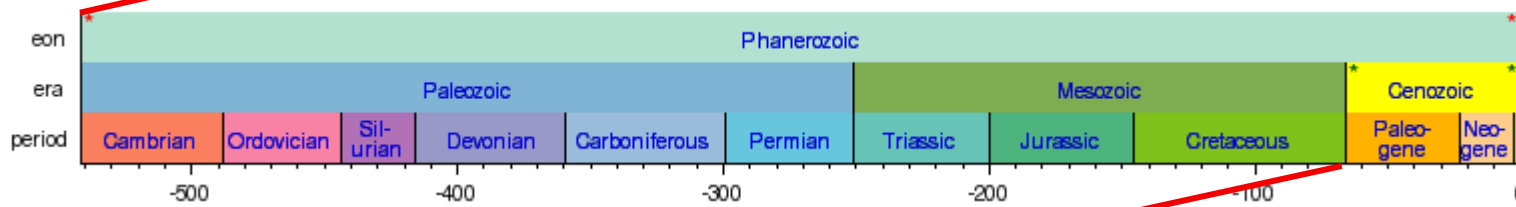


éra

Paleozoikum

Mesozoikum

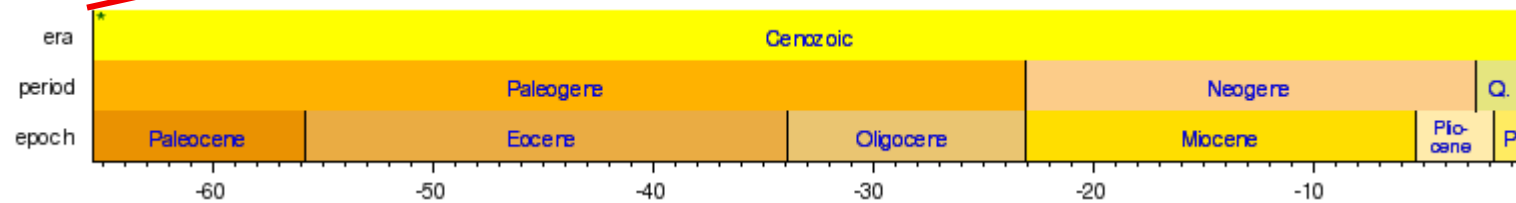
Kenozoikum



perioda

Paleogén

Neogén



epocha

Paleocén

Eocén

Oligocén

Miocén

Plio- Pleisto-

Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

Kambrická exploze?

molekulární data (Wray et al. 1996):

Protostomia-Deuterostomia ~ 1200 M

Chordata-Echinodermata ~ 1000 M

„fylogenetická pojistka“?

Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

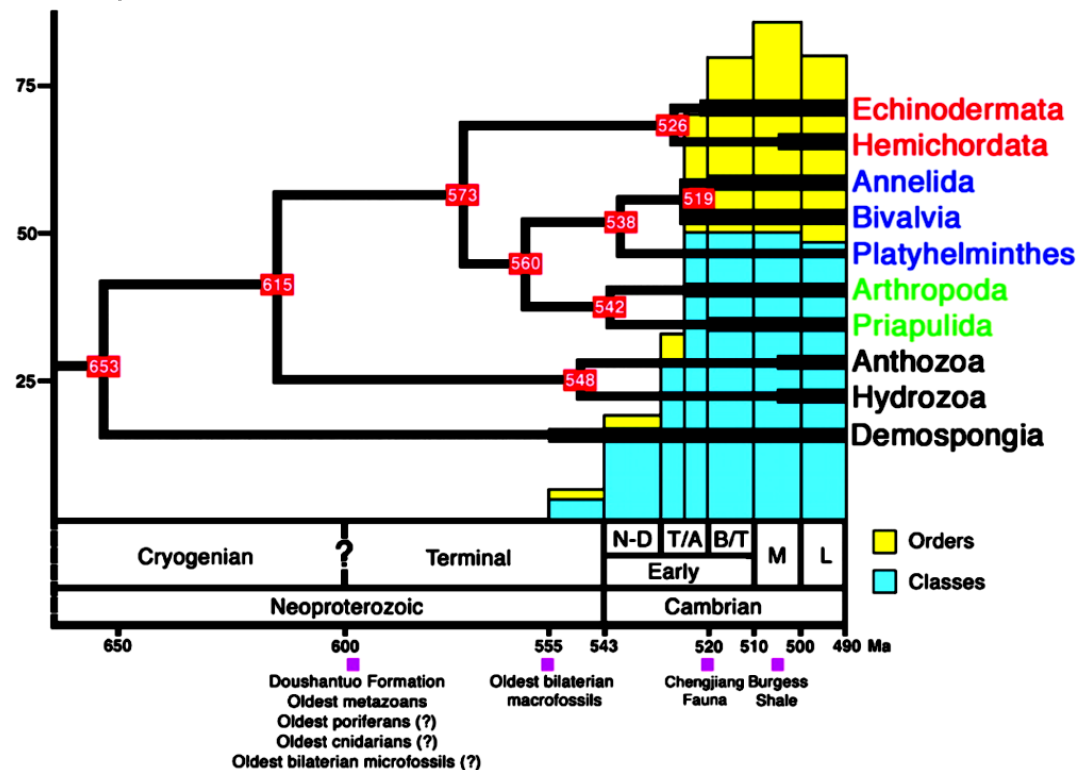
Kambrická exploze?

dnešní molekulární odhady bližší kambrické explozi:

Metazoa ~ 650 M (Peterson et al. 2004)

Protostomia-Deuterostomia ~ 582 M

(Aris-Brosou and Yang 2003)

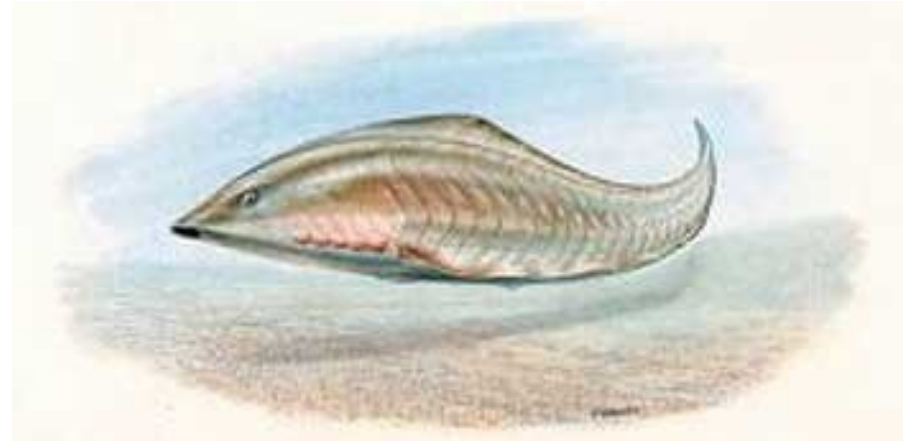


Kambrická exploze?

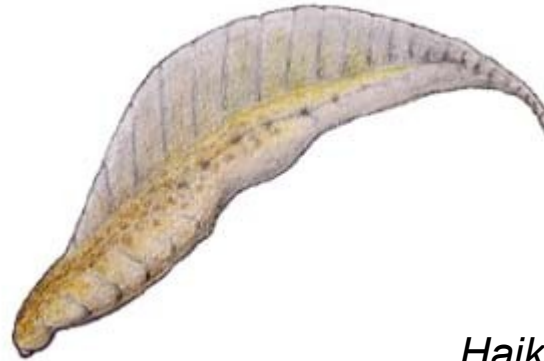
fauna z Chengjiang (Čína) ~ 525 M



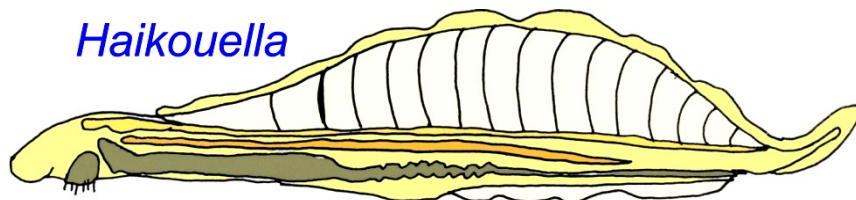
Yunnanozoon lividum



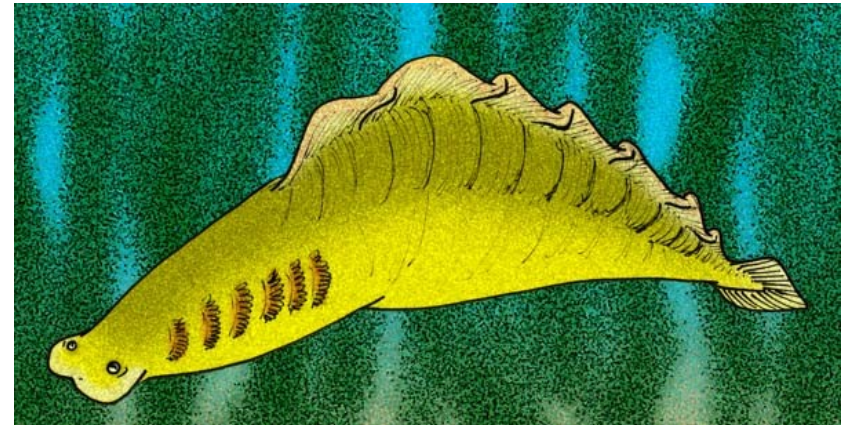
Myllokunmingia



Haikouella lanceolata



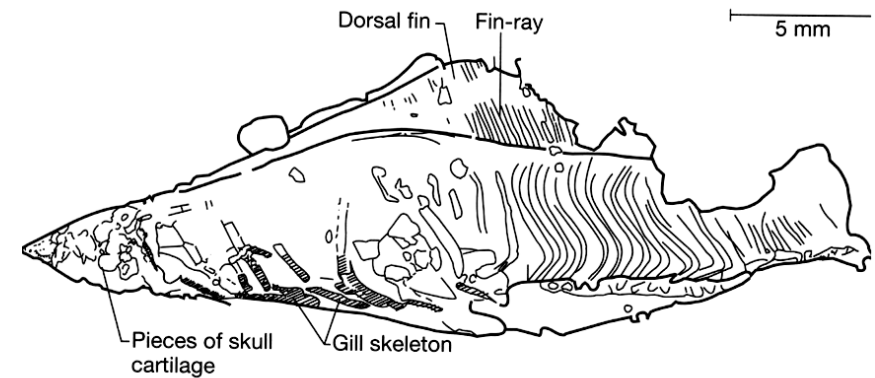
Haikouella



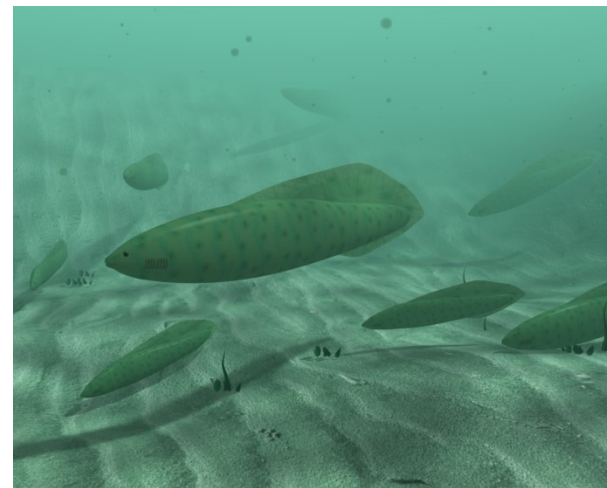
Kambrická exploze?

fauna z Chengjiang (Čína) ~ 525 M

formace Doushantuo (J Čína),
590–560 M: spousta druhů



časná embryologická stadia?



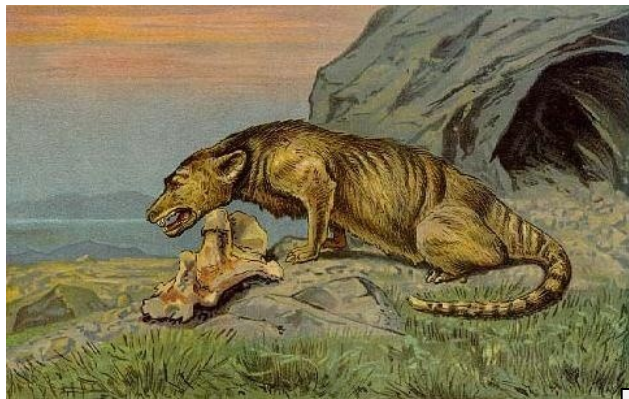
*Haikouichthys
ercaicunensis*
525 M

Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

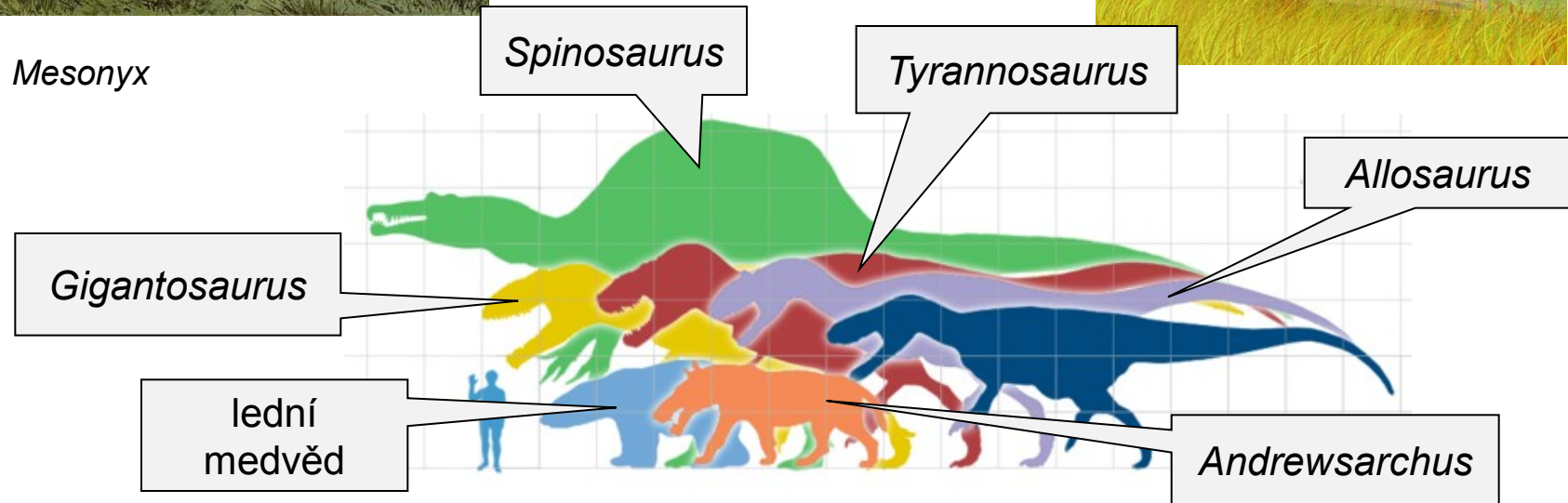
recentní skupiny savců a ptáků a K/T hranice

evoluce kytovců: mesonychidi → přechod do vody → kytovci



Mesonyx

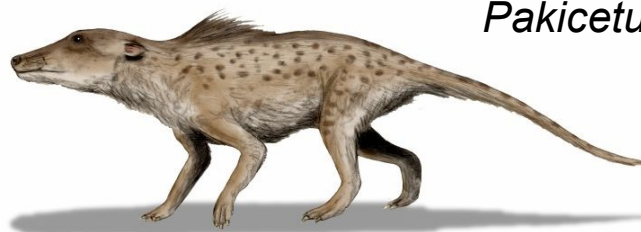
Andrewsarchus
mongolicus



evoluce kytovců

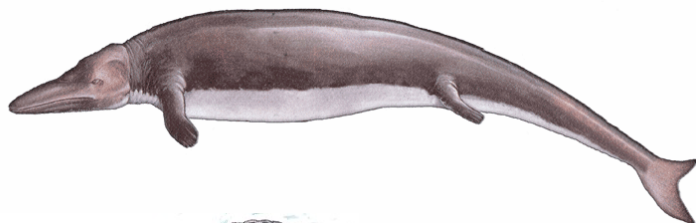


mesonychidi ~ 56 M

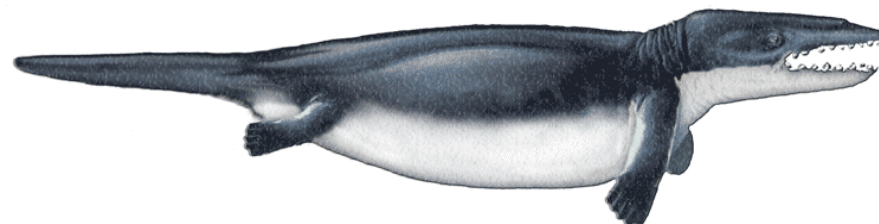


Pakicetus 56-34 M

Ambulocetus 50-49 M



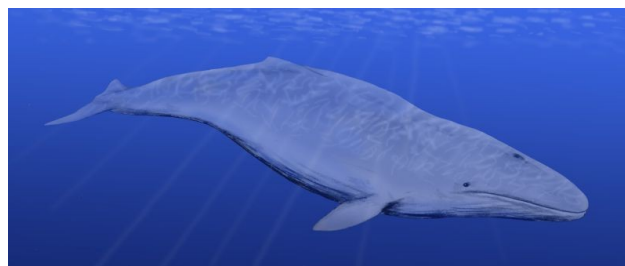
Dorudon 41-33 M



Rodhocetus 47 M



Basilosaurus 40-34 M



Cetotherium 15 M



Obecné zákonitosti

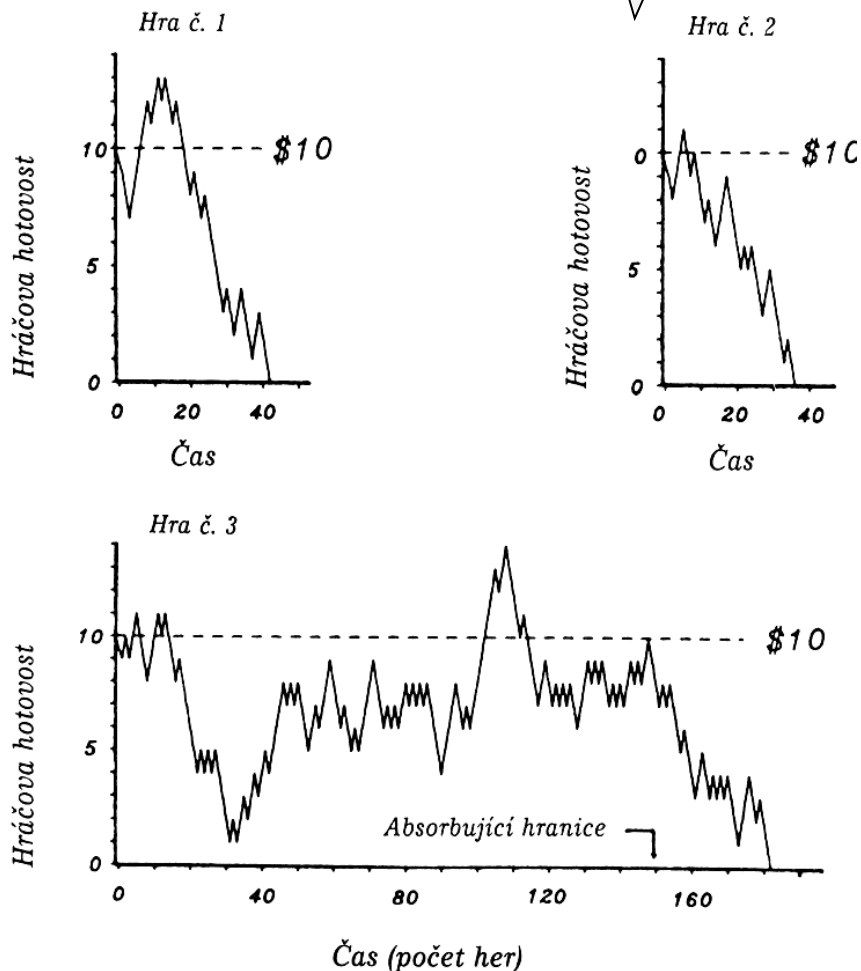
diverzita: analogie s burzou

extinkce: model pěšáka v poli

délka života linií: model bankrotu hazardního hráče

David Raup, Jack Sepkoski:
periodicita? (26 M)

náhodná procházka
(*random walk*)



D. Raup



J. J. Sepkoski