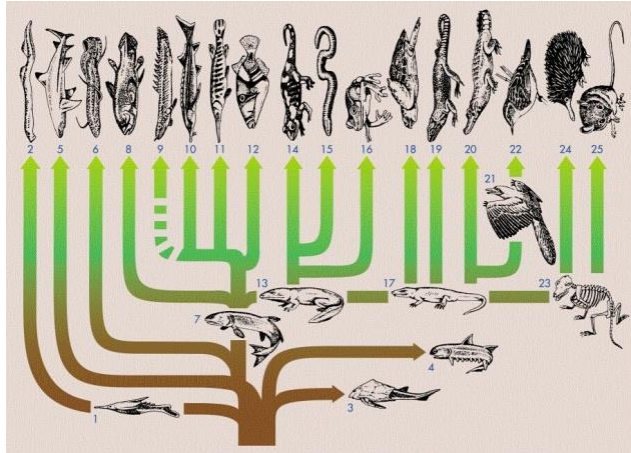
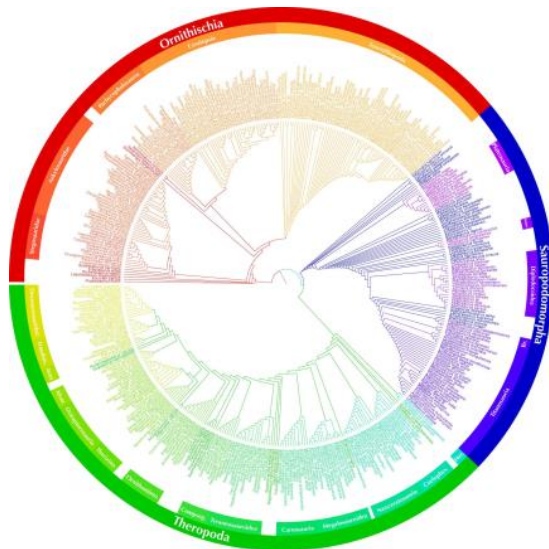
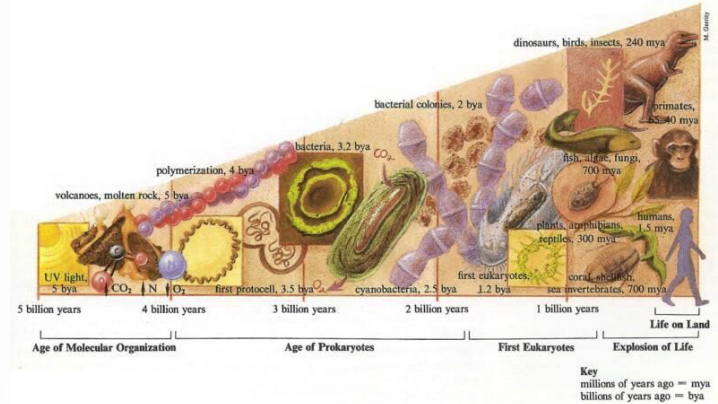
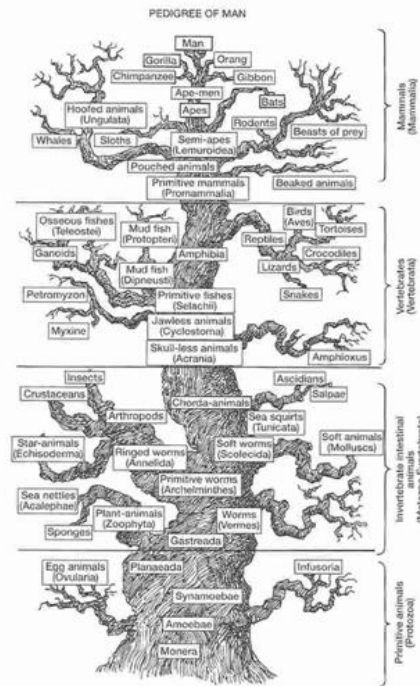


# Evoluce obratlovců pro pokročilé

## 1. Úvod



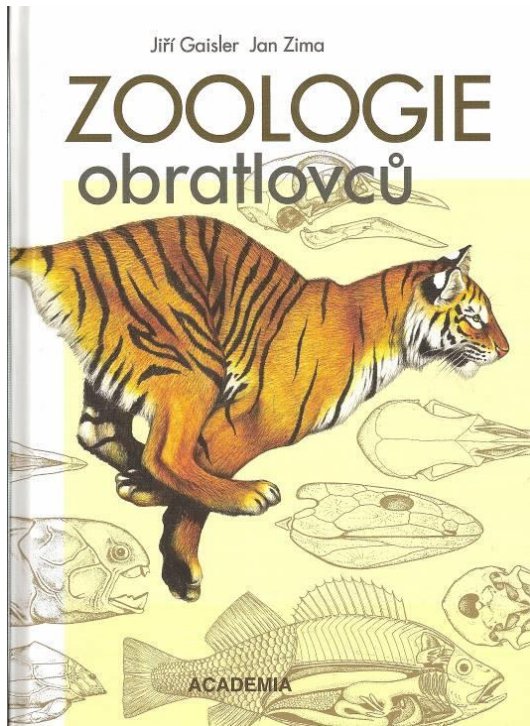
Podzim 2021



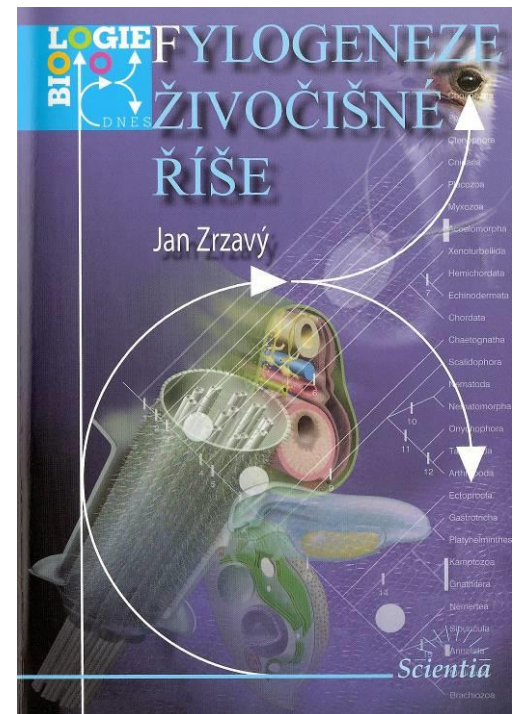
Adam Konečný – ÚBZ, PŘF, MU

# Cíle předmětu = o čem to bude

- Souhrn a prohloubení učiva o fylogenezi **hlavních linií strunatců a rozhodujících evolučních transformací**, které tyto skupiny charakterizují a stojí u zrodu jejich diverzifikace
- = **charakteristika a apomorfie skupin** - „taxon-based“
- Detailní porozumění **vzniku a evoluci významných novinek**
- Paleontologické souvislosti, zasazení do časového rámce = charakteristika **vymřelých skupin**
- Repetitorium a nejnovější poznatky v **systemu** strunatců
- ~~Evoluce orgánových soustav~~
- Příprava na SZZ z Fylogeneze a ekologie obratlovců

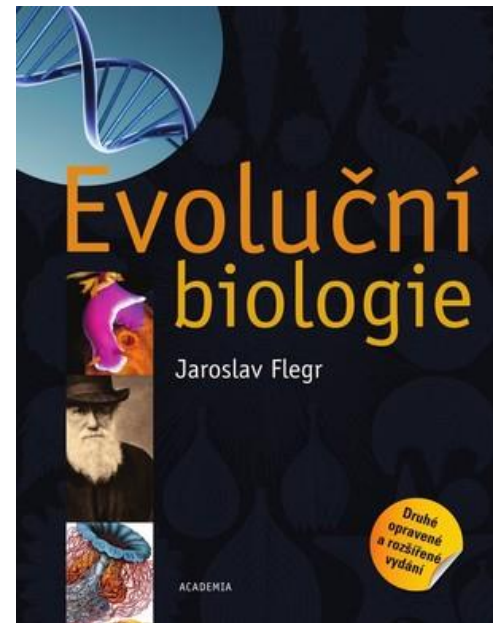
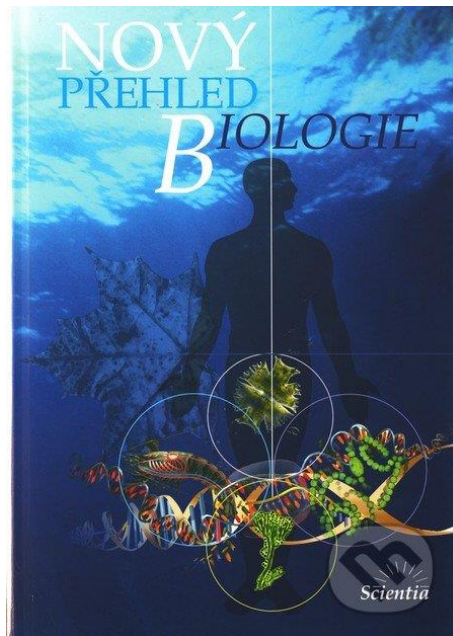


Gaisler J. & Zima J. 2007:  
**Zoologie obratlovců.**  
Academia, Praha.



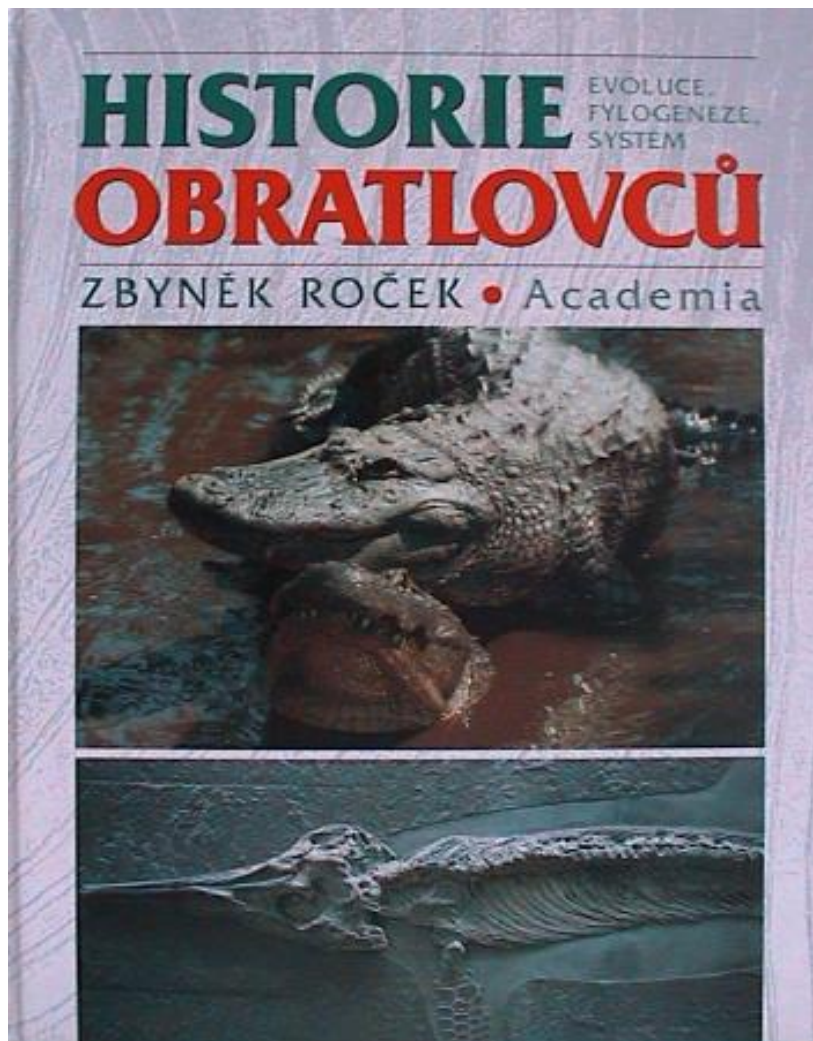
Zrzavý J. 2006:  
**Fylogeneze  
živočišné říše.**  
Scientia, Praha.

Rosypal S. a kol. 2003:  
**Nový přehled biologie.**  
Scientia, Praha.

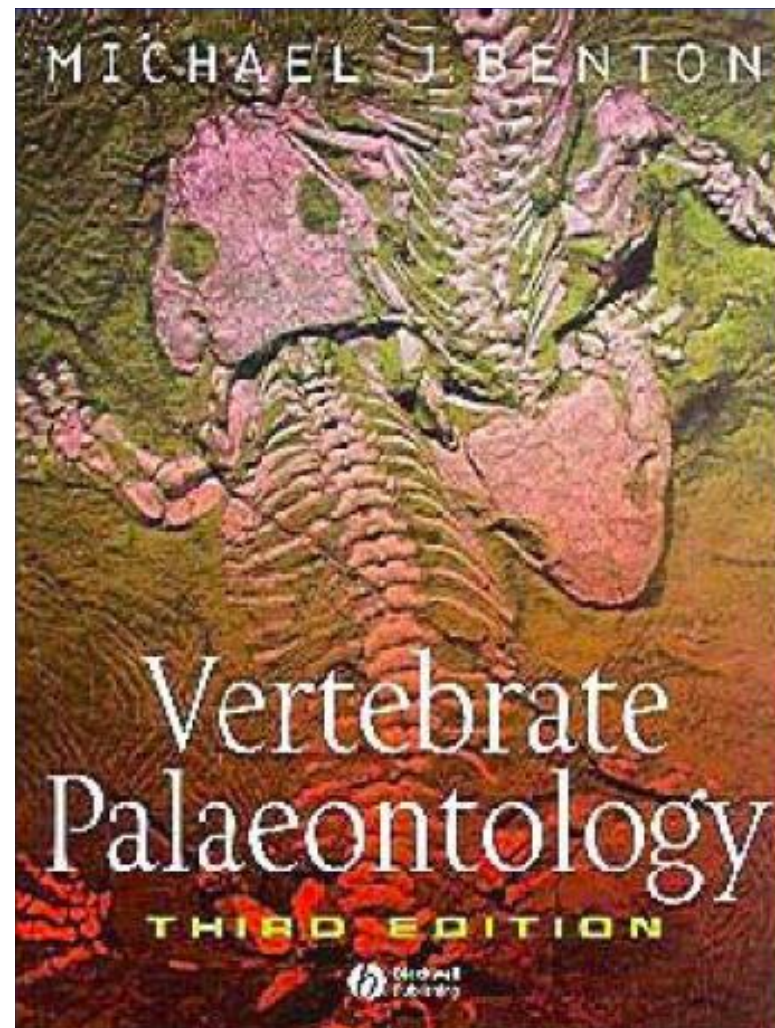


Flegr J. 2009:  
**Evoluční  
biologie.**  
2. vydání.  
Academia,  
Praha.





Roček Z. 2002: **Historie obratlovců. Evoluce, fylogeneze, systém.** Academia, Praha.

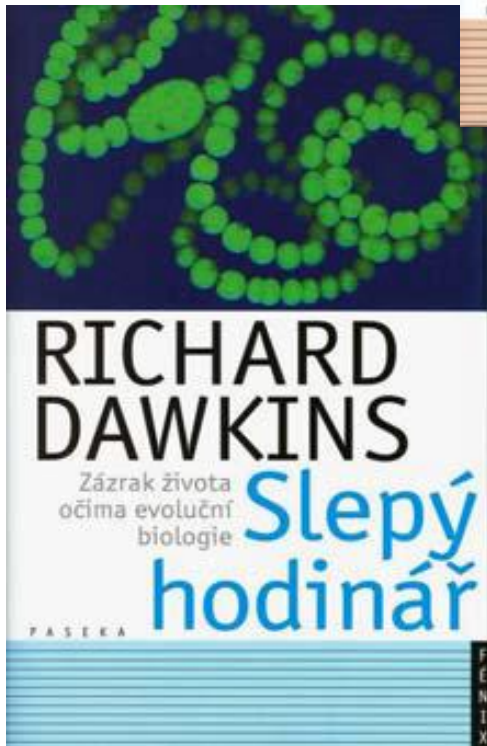
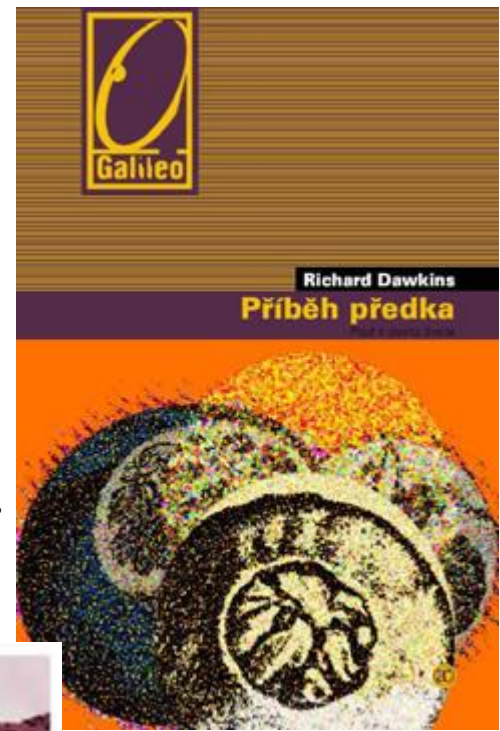


Benton M. J. 2005: **Vertebrate Palaeontology.** 3rd edition. Blackwell, Oxford.

Zrzavý J., Storch D. & Mihulka S. 2004:  
**Jak se dělá evoluce.**  
Paseka, Praha.



Dawkins R. 2008:  
**Příběh předka.**  
Academia, Praha.



Dawkins R. 2002:  
**Slepý hodinář.**  
Zázrak života očima  
evoluční biologie.  
Paseka, Praha.

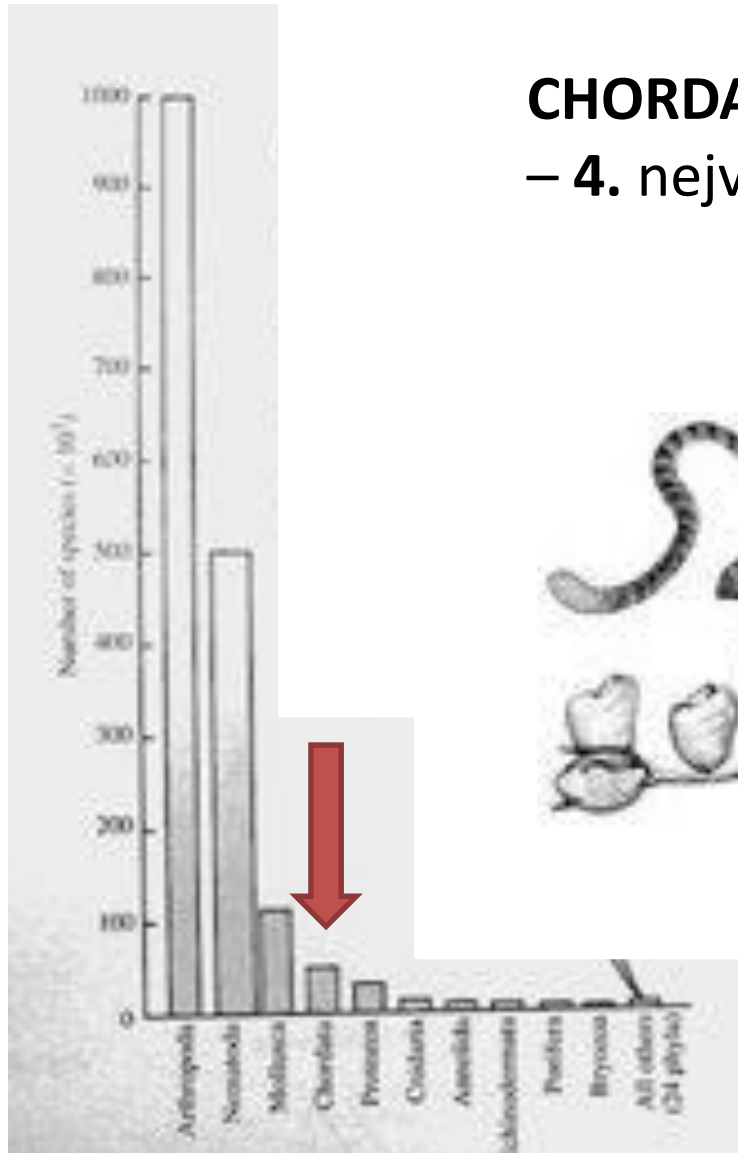


Shubin N. 2009:  
**Ryba v nás.**  
Paseka, Praha.



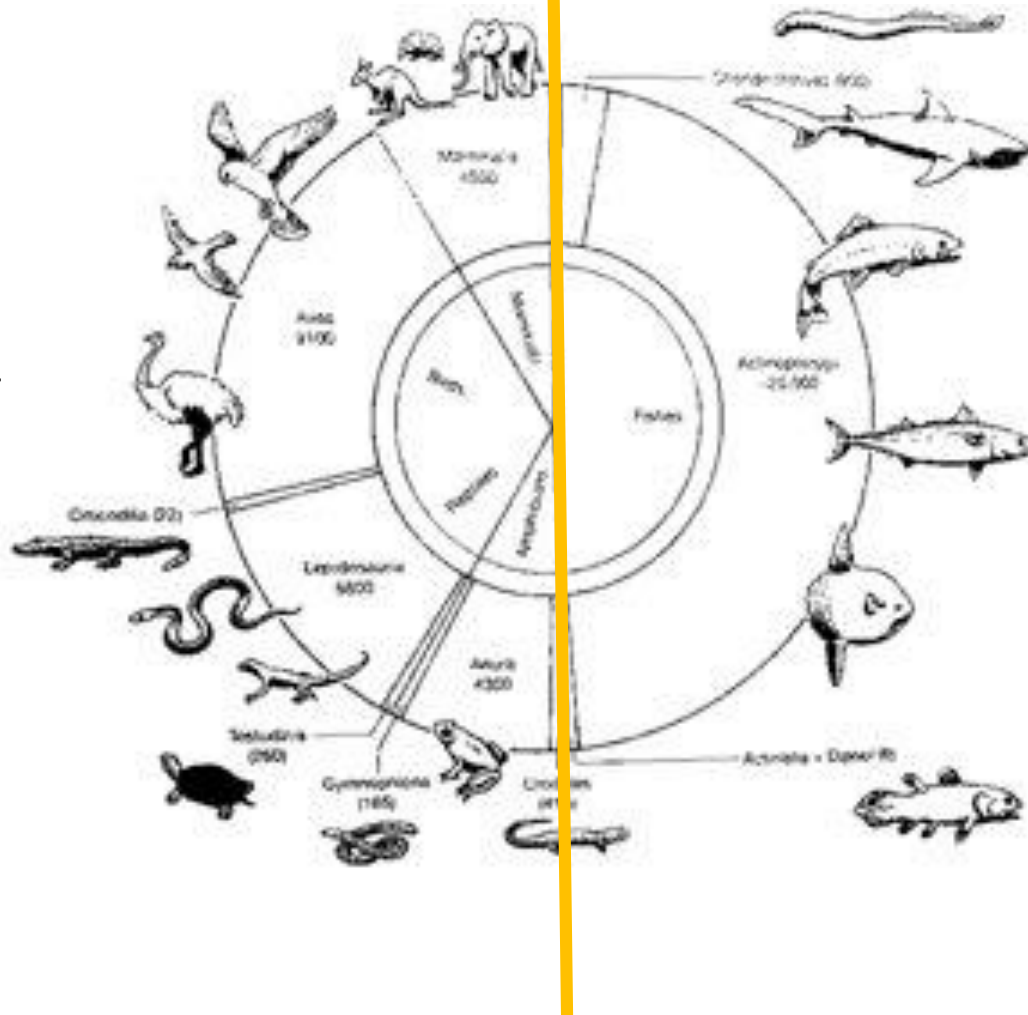
# VÝZNAM STRUNATCŮ – proč zasluhují tolik pozornosti...

**CHORDATA:** cca 68 000 druhů  
– 4. největší (druhově nejbohatší) kmen



Druhová diverzita jednotlivých kmenů (v tisících druhů):

SUCHOZEMŠTÍ -  
ČTVERNOŽCI  
cca 34 000 spp.



VODNÍ -  
RYBY – PLOUTVOVCI  
cca 34 000 spp.

# OBRATLOVCI: EXTRÉMNÍ ROZPĚTÍ VELIKOSTI TĚLA



***Paedophryne amauensis* – 7,7 mm**  
Rittmeyer et al. 2012  
Papua Nová Guinea



***Suncus etruscus* – 40 mm, 1,8 g**  
(Savi, 1822)



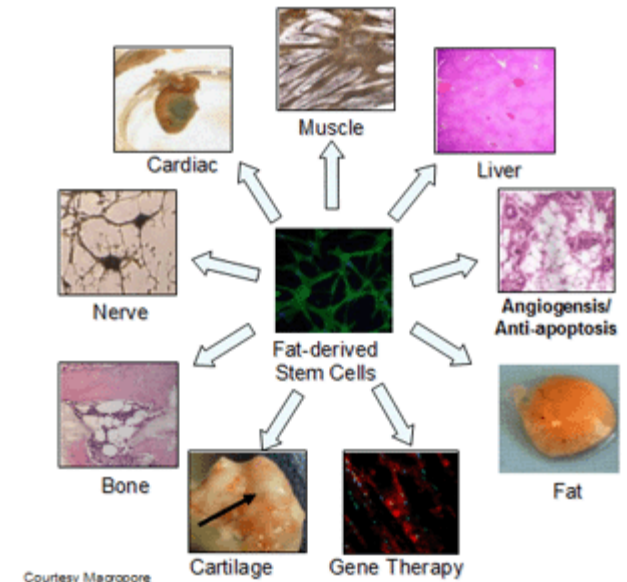
***Balaenoptera musculus* – 30 000 mm,  
přes 200 000 000 g**  
(Linnaeus, 1758)



# POČET BUNĚČNÝCH MORFOTYPŮ

skupina

Acanthocephala	12	Mollusca	38
Annelida	37	Myxozoa	3
Arthropoda	42-90	Nematoda	14
Brachiopoda	34	Nematomorpha	8
Bryozoa	25	Nemertea	35
Chaetognatha	21	Onychophora	30
<b>Chordata</b>	<b>38-215</b>	Orthonecta	3
Cnidaria	10	Phoronida	23
Ctenophera	17	Placozoa	4
Cycliophora	15	Platyhelminthes	20
Echinodermata	41	Pogonophora	20
Echiura	21	Porifera	4
Entoprocta	13	Priapulida	20
Gastrotricha	23	Rhombozoa	4
Gnathostomulida	16	Rotifra	15
Hemichordata	25	Sipuncula	25
Kinorhinja	17	Tartigrada	18
Loricifera	18	Urochordata	38



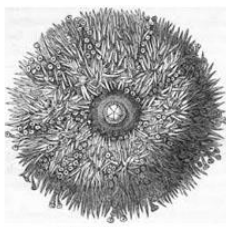
*Počty buněčných morfotypů v tělesných plánech jednotlivých kmenů Metazoa (u Arthropoda a Chordata rozpětí u korunových taxonů) - dtto těl. velikost, div. nik etc.*



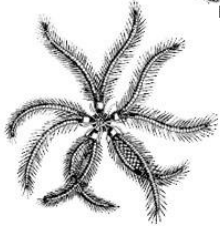
Asterias



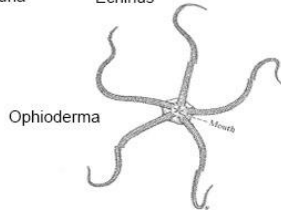
Holothuria



Echinus



Antedon



Ophioderma



DEUTEROSTOMIA  
druhoústí

AMBULACRARIA

**ECHINODERMA TA**  
ostnokožci (7300 druhů)

**HEMICHORDA TA**  
polostrunatci (130 druhů)

**CEPHALOCHORDA TA**  
bezlebeční (30 dr., 3 r., 1 č.)

**CHORDA TA**  
strunatci (67 tis. druhů)

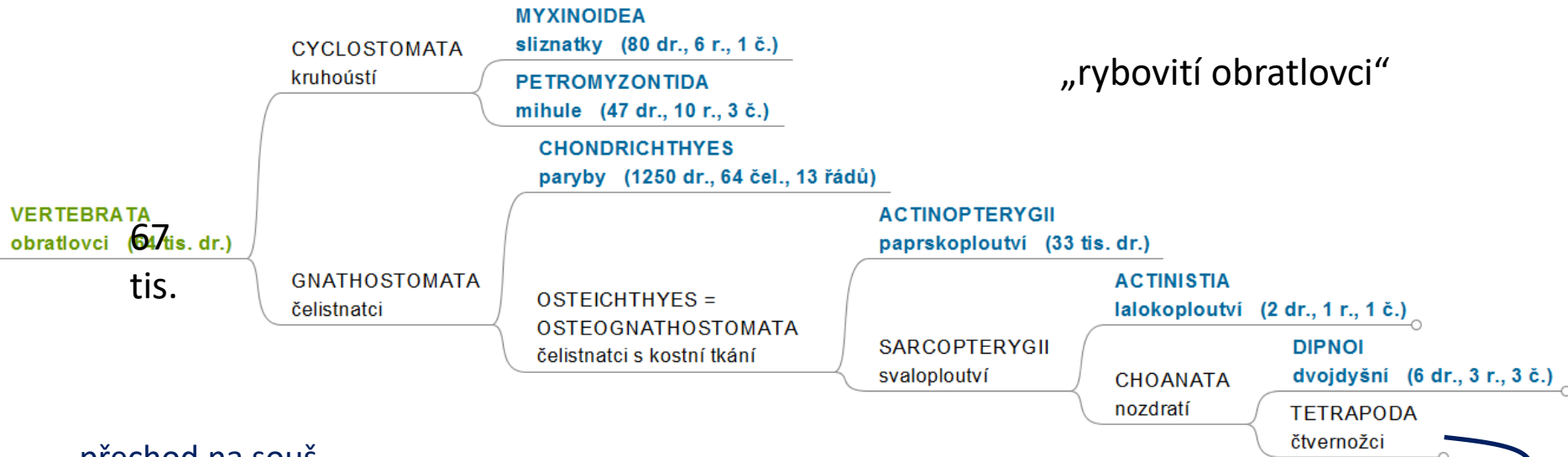
OLFACTORES

**UROCHORDA TA**  
pláštěnci (3100 dr.)

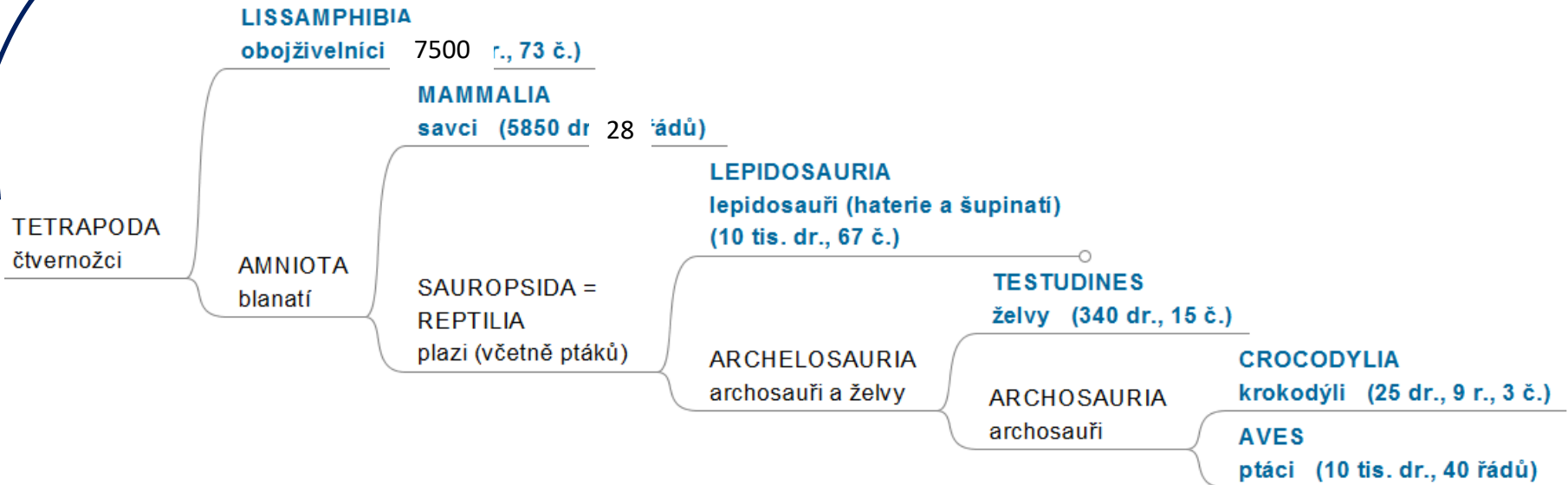
**VERTEBRATA TA**  
obratlovci (64 tis. dr.)



„rybovití obratlovci“



přechod na souš





# Paleontologie

- Fosilie
- Čas – stratigrafická období
- Paleogeografie
- Paleoklimatologie

**Paleontologie** – již dávno (v geologické časové škále) vyhynulé organizmy

**Tafonomie** – způsoby a možnosti fosilizace a přeměny fosilního záznamu

**Neontologie** – žijící či nedávno vyhynulé organizmy

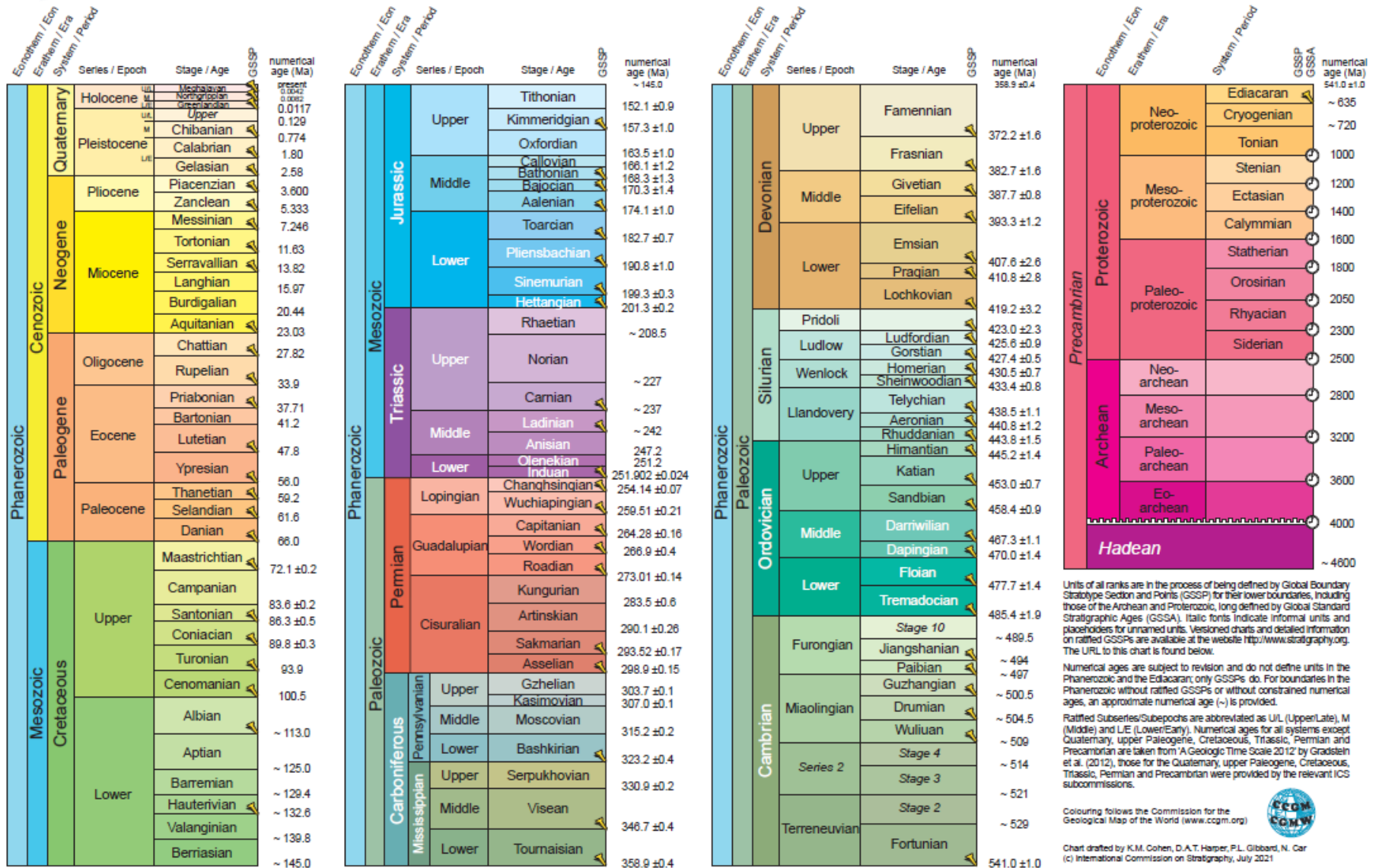


# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2021/07



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Versioned charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

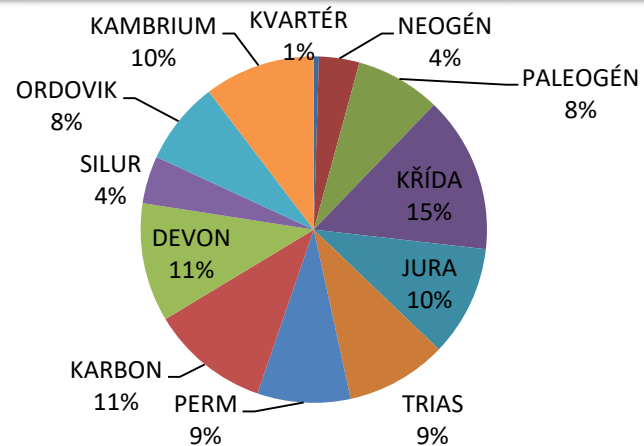
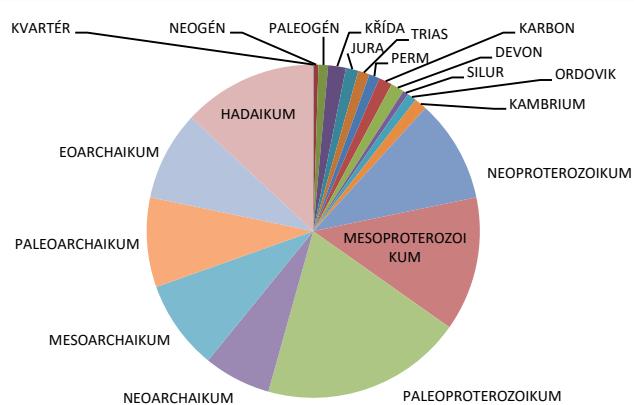
Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World ([www.cgmw.org](http://www.cgmw.org))

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car (c) International Commission on Stratigraphy, July 2021

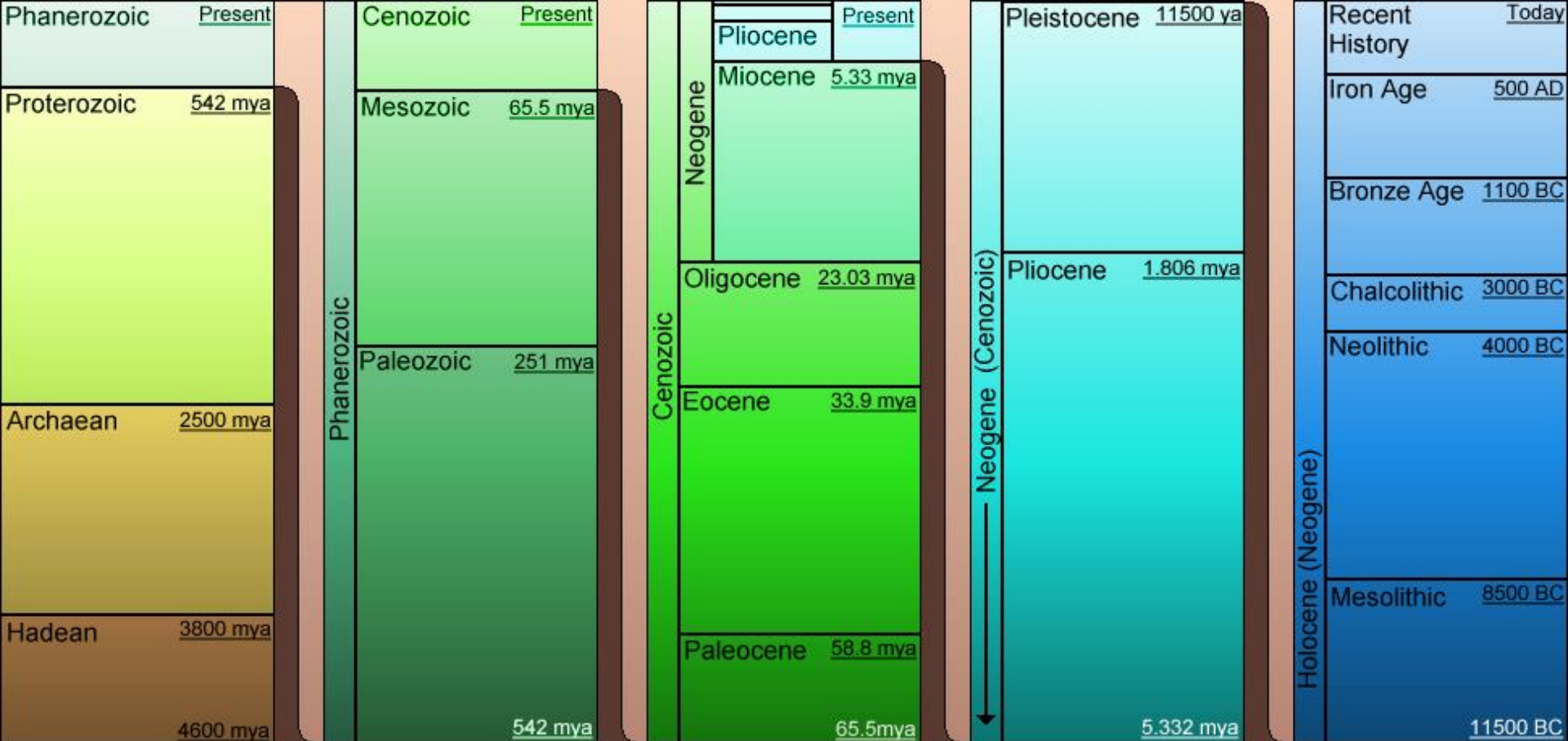
To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013); updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-07.pdf>

EÓN	ÉRA	PERIODA	max Ma	min Ma	trvání	% z trvání fanerozoika, tj. z 541 M	% z trvání existence Země, tj. z 4600 M
FANEROZOIKUM	KENOZOIKUM	KVARTÉR	2.6	0	2.6	0.48	0.06
		NEOGÉN	23	2.6	20.4	3.77	0.44
		PALEOGÉN	66	23	43	7.95	0.93
	MESOZOIKUM	KŘÍDA	145	66	79	14.60	1.72
		JURA	201	145	56	10.35	1.22
		TRIAS	252	201	51	9.43	1.11
	PALEOZOIKUM	PERM	299	252	47	8.69	1.02
		KARBON	359	299	60	11.09	1.30
		DEVON	419	359	60	11.09	1.30
		SILUR	444	419	25	4.44	0.52
		ORDOVIK	485	444	41	7.76	0.91
		KAMBRIUM	541	485	56	10.35	1.22
PROTEROZOIKUM	NEOPROTEROZOIKUM		1000	541	459		9.98
	MESOPROTEROZOIKUM		1600	1000	600		13.04
	PALEOPROTEROZOIKUM		2500	1600	900		19.57
ARCHAIKUM	NEOARCHAIKUM		2800	2500	300		6.52
	MESOARCHAIKUM		3200	2800	400		8.70
	PALEOARCHAIKUM		3600	3200	400		8.70
	EOARCHAIKUM		4000	3600	400		8.70
HADAIKUM			4600	4000	600		13.04







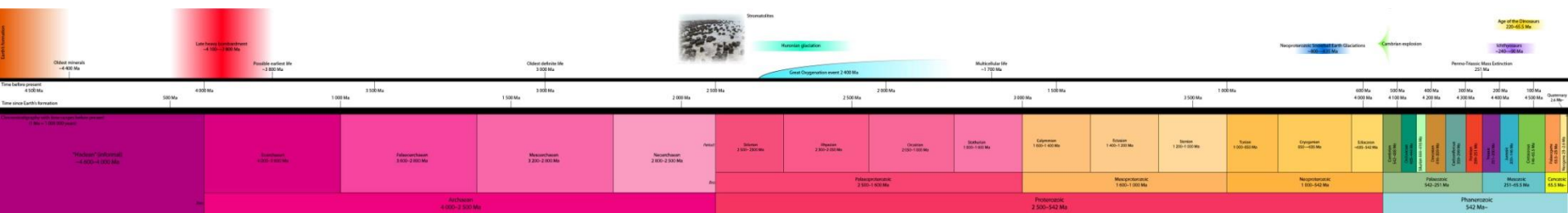
If you made a Geological Timescale with one year for every millimeter, the entire list would be about 4,600 kilometers (about 2,858 miles) in length.

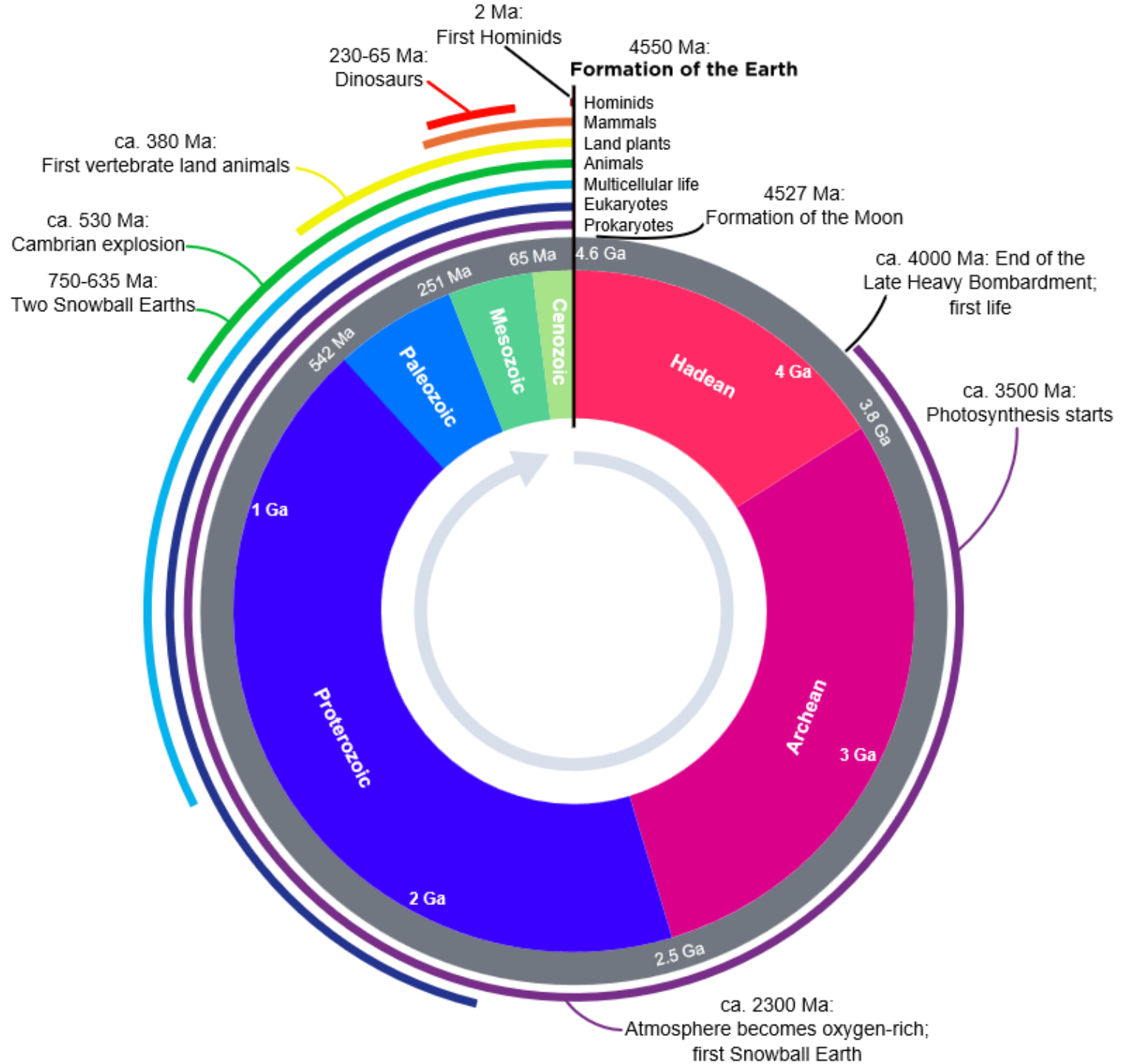
Human-like primates showed up in the last 2 or 3 kilometers (the last mile or two) of the list.

By comparison, dinosaurs lived for about 160 kilometers of that list (about 100 miles).

Modern humans would begin to appear about 10 to 15 meters (about 32 to 49 feet) from the end of that list (depending on what you consider "modern").

A 30 year old person would have only been on that list for the last 3 centimeters (about 1.2 inches).





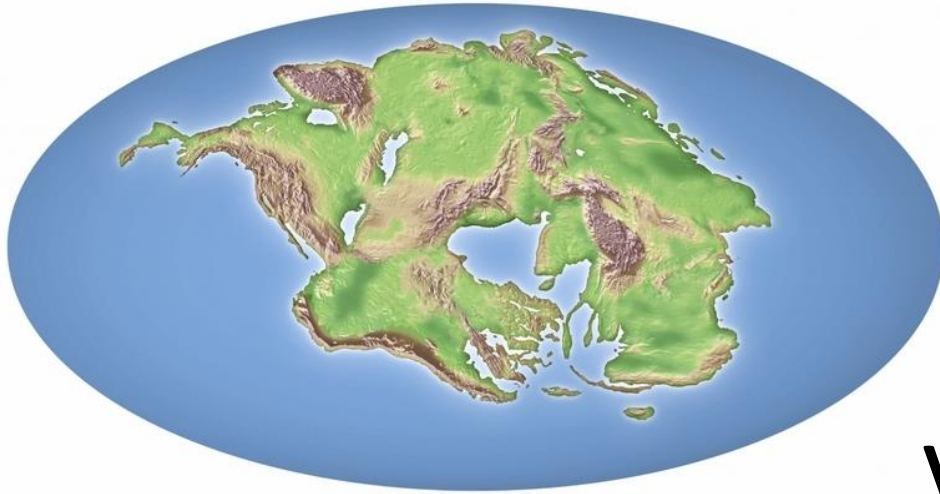
# Vývoj kontinentů

superkontinety:

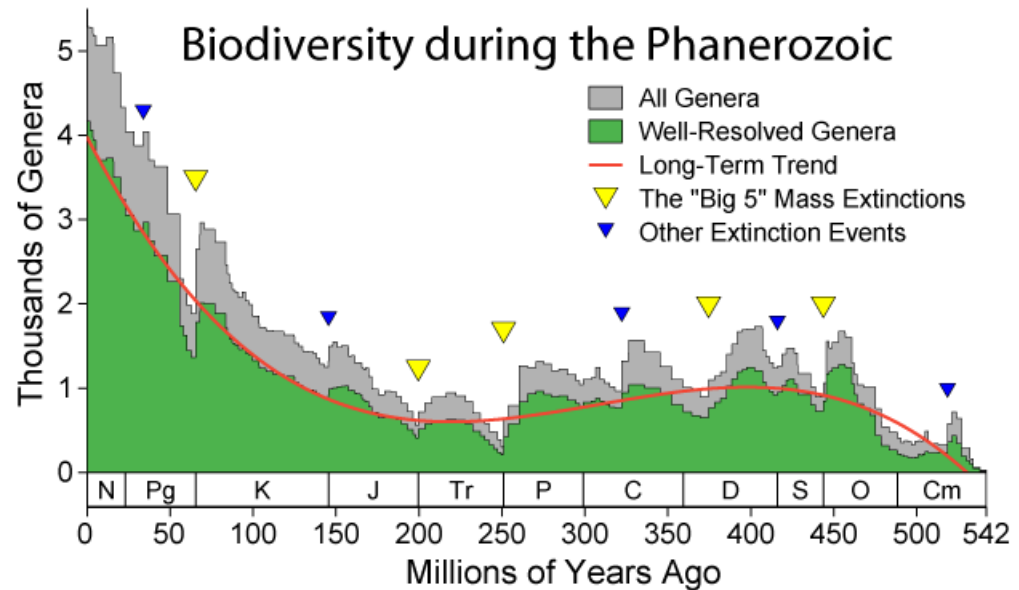
RODINIE – 1 100 - 750 mil. let

PANNOTIA – 600 - 550 mil. let

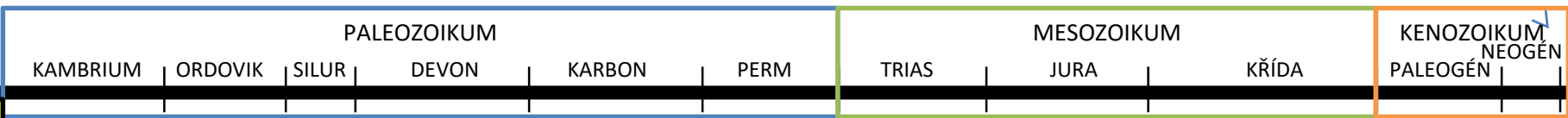
PANGEA – 300 - 250 mil.



# Velká vymírání







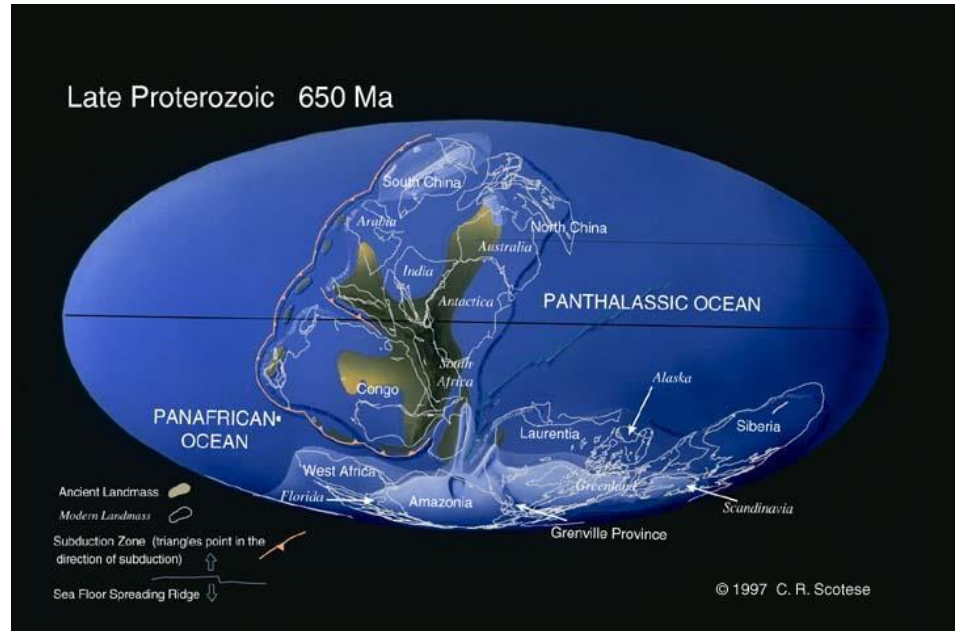
4600 – 541 Ma

# PREKAMBRIUM

HADAIKUM (4600-4000 Ma) – vznik zemské kůry a oceánů

ARCHAIKUM (prahory; 4000-2500 Ma) – atmosféra, hydrosféra, jádra kontinentů a nejstarší horniny s mikrofosiliemi PROKARYOT, fotosyntéza

PROTEROZOIKUM (starohory; 2500-541 Ma) – stromatolity





2500 – 541 Ma

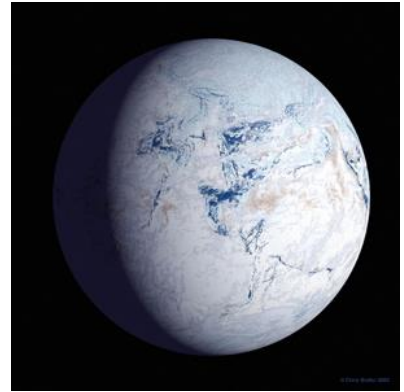
# PROTEROZOIKUM

zvyšování obsahu kyslíku v atmosféře  
 vznik eukaryot (cca 2000 Ma) – mikrofosilie

cca 1100 Ma – spojení menších kontinentů – RODINIE (do 750 Ma)

600-550 Ma – znovuspojení izolovaných pevnin – PANNOTIA

poslední 2 periody neoproterozoika:  
 kryogen – 850-635 Ma (teorie sněhové koule)  
 ediakar – 635-541 Ma



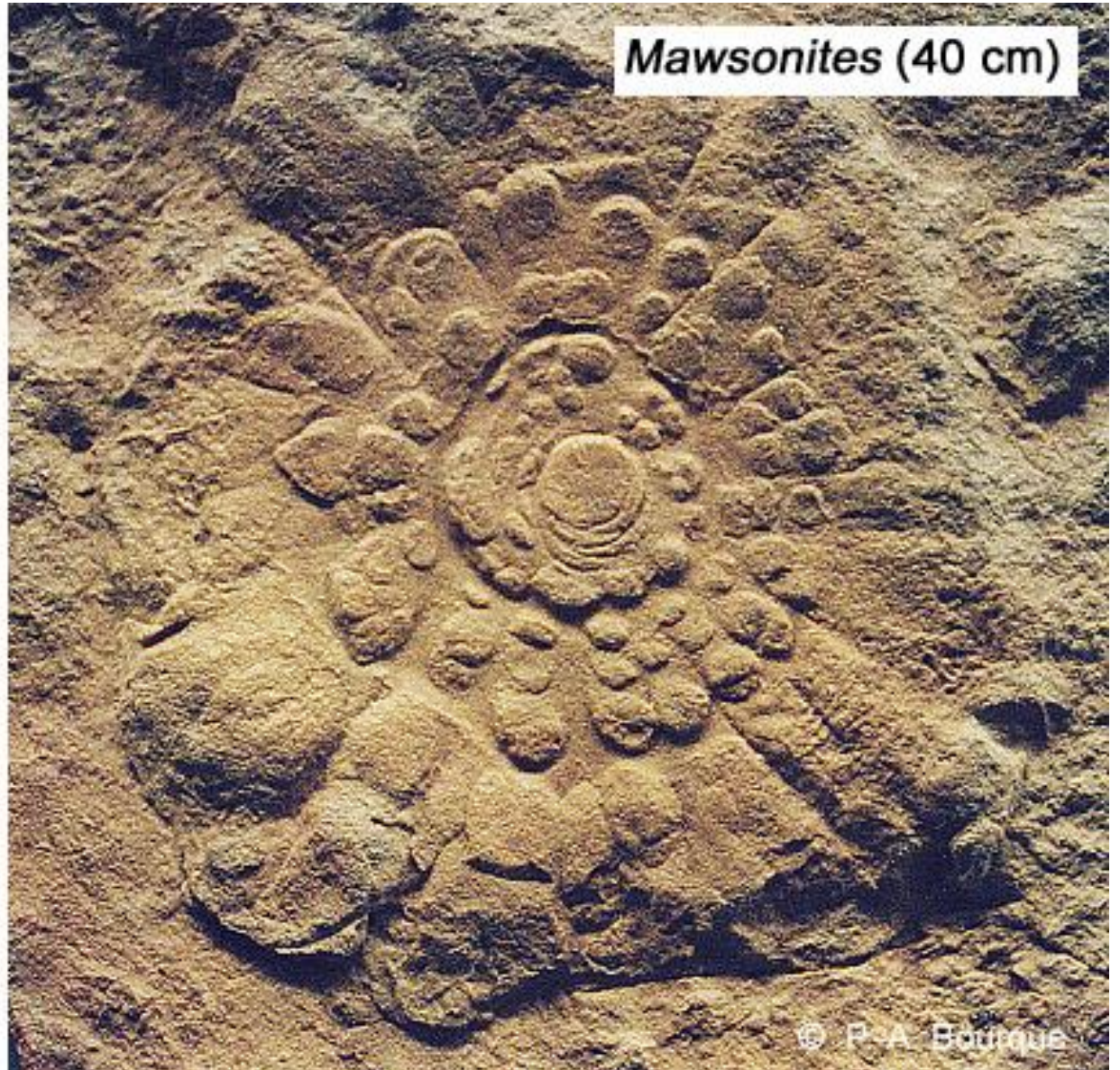
## EDIAKARSKÁ FAUNA (cca 600-570 Ma)

pohoří Ediacara v jižní Austrálii  
 ve 40. letech 20. století objevil australský geolog Reg Sprigg



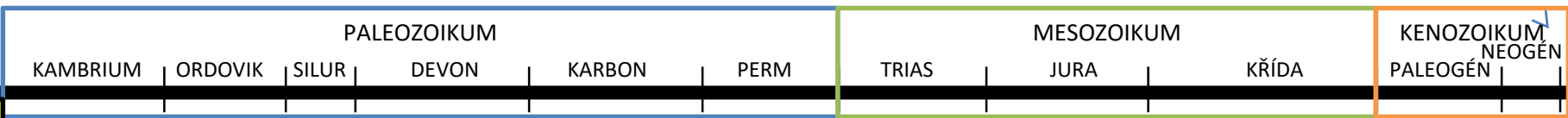


Méduse ?



Mawsonites (40 cm)





600 – 570 Ma

# EDIAKARSKÁ FAUNA



*Dickinsonia*

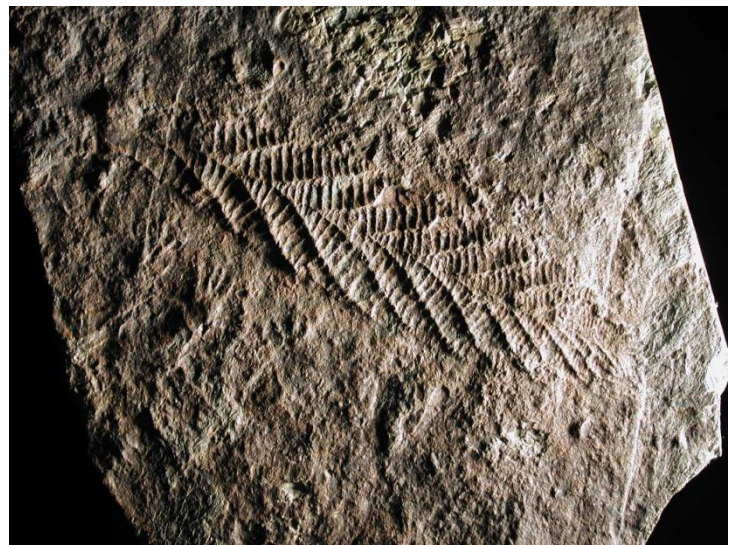


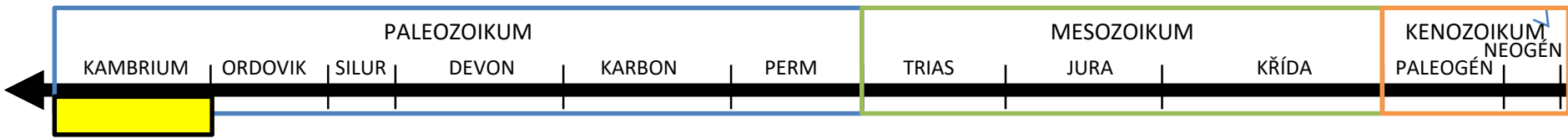
*Cyclomedusa*



*Spriggina*

*Charnia*





541 – 485 Ma

# KAMBRIUM

56 M – 10%

**rozpad Pannotie** = Gondwana + Laurentia (S.Am.) + Baltika (S.Ev.) + Siberia  
 oceány Panthalassa a Iapetus

**mělká teplá moře**

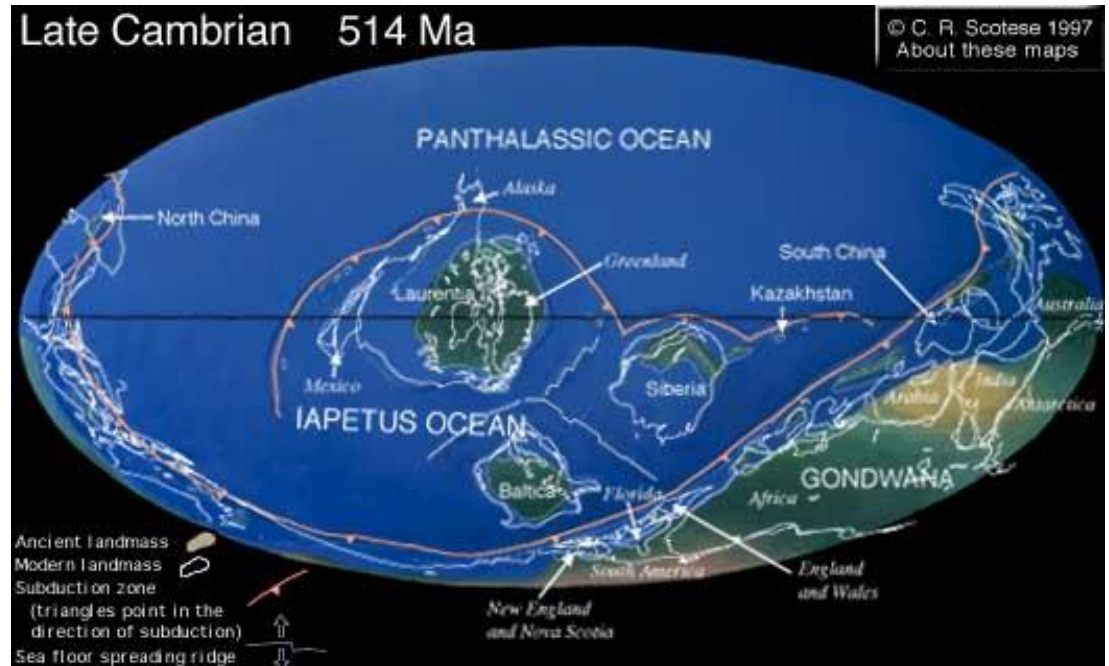
tropické podnebí, 50-60°C, vysoký obsah CO<sub>2</sub> (až 15x více než dnes)

geochemické změny:

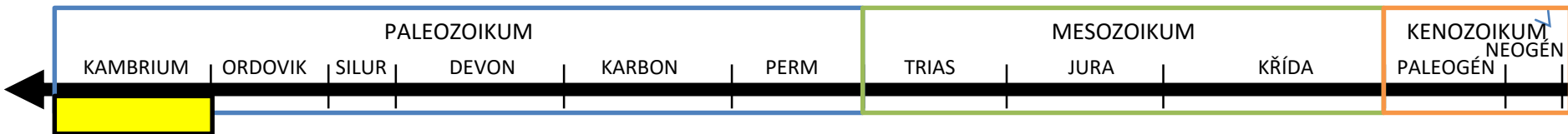
**více kyslíku,**

**fosforu a vápníku**

**(tzv. fosfogenní událost)**







541 – 485 Ma

# KAMBRIUM

56 M – 10%

divergence habitatů (rozpad Pannotie či refugia v době zalednění)  
 vznik vnějších a vnitřních schránek, **kolagenu**  
 interspecifické interakce (zejm. predace)

=> **KAMBRIJSKÁ EXPLOZE** (během 10 mil. let)

- adaptivní radiace patrně již utvořených skrytě divergujících linií

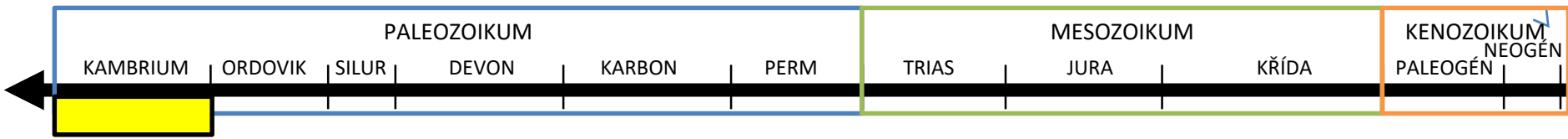
2 hlavní naleziště:

- naleziště s **Burgesskými břídlícemi v Kanadě** objevil roku 1909 americký paleontolog Charles Walcott; u některých z tisíců zkamenělin mořské fauny středního kambria (**505 Ma**) se dochovaly dokonce otisky měkkých částí těl
- **Čcheng-ťiang** (provincie Yün-nan), 1984

**530-520 Ma**



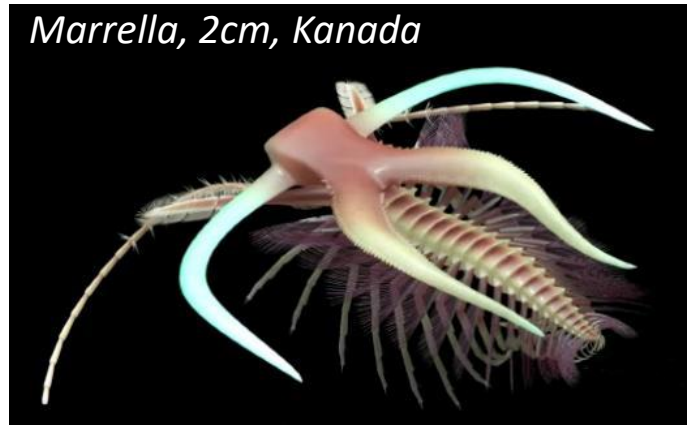
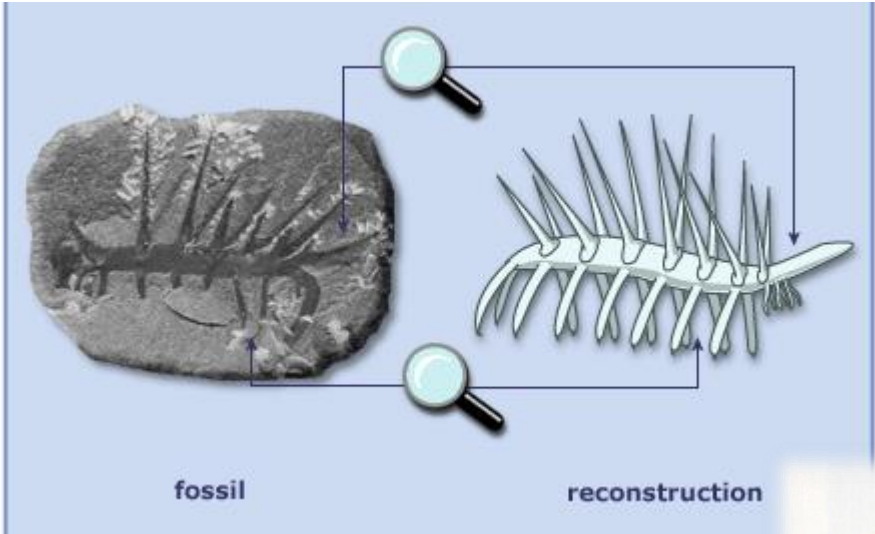




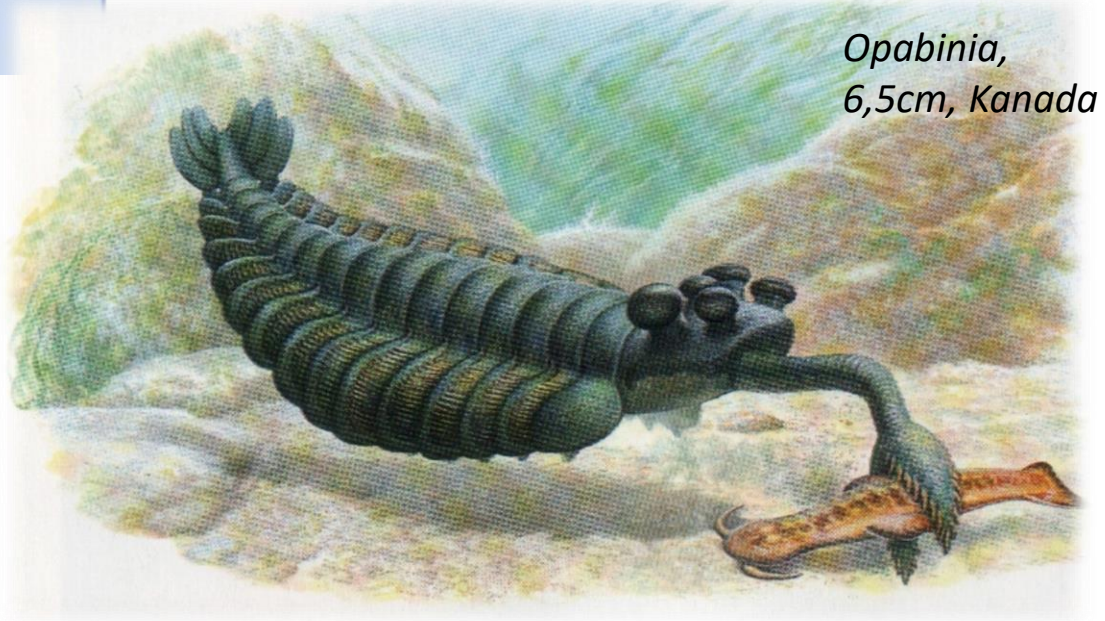
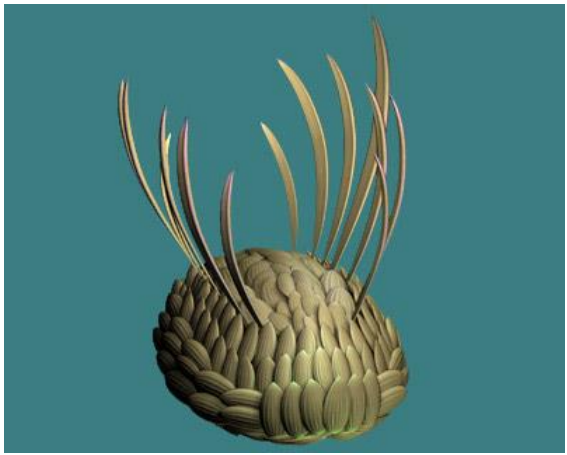
# KAMBRIUM

541 – 485 Ma

56 M – 10%



Hallucigenia, 2,5 cm, Kanada, Čína  
Wiwaxia, 4 cm, Kanada





*Anomalocaris* (přes 1 m) –  
vrcholový predátor a  
největší živočich kambria





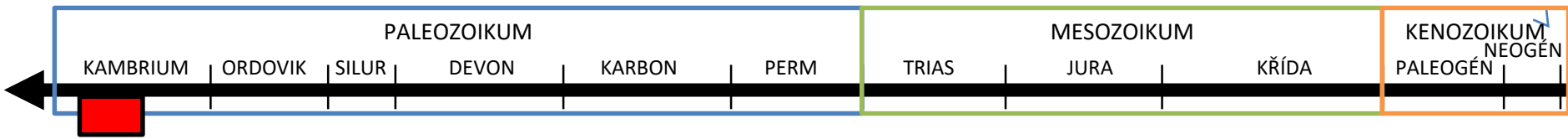
## Burgesské břidlice v Kanadě

*Pikaia gracilens*

## Čcheng-ťiang v jižní Číně

*Myllokunmingia*





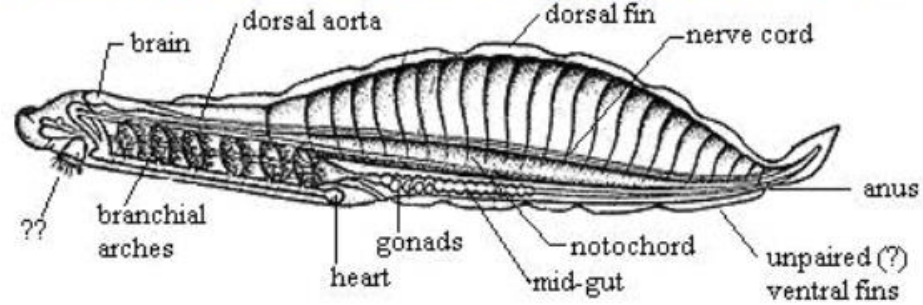
530 – 520 Ma

# PRVNÍ (PRE)STRUNATCI

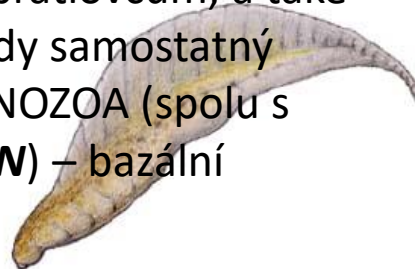
nedávné nálezy ze **spodního kambria**  
jihočínské lokality Čcheng-ťiang

## **HAIKOUELLA**

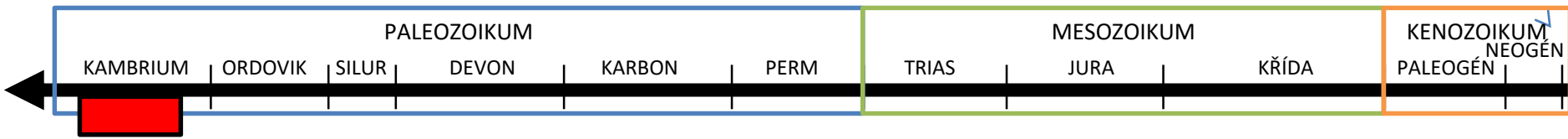
- žil v období kambrijské exploze
- filtrování drobné potravy
- ústní aparát podobný kruhoústým, obžaberní prostor, hltanové štěrbiný opatřené svaly, srdce, nervová trubice s poměrně velkým třídlínným mozkem a hlavová část těla s laterálně umístěnými očima
- nejistá příslušnost k obratlovcům, a také strunatcům, proto někdy samostatný vymřelý kmen YUNNANOZOA (spolu s rodem **YUNNANOZOON**) – bazální deuterostomia



*Haikouella lanceolata*: modified from Chen et al. (1999)

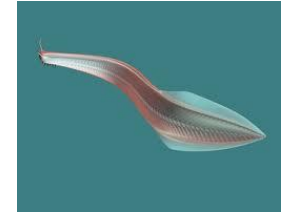






530 – 505 Ma

## PRVNÍ BEZLEBEČNÍ/OBRATLOVCI



**spodního kambrium** jihočínské lokality Čcheng-ťiang

### **CATHAYMYRUS**

- žil v období kambrijské exploze
- dlouhé segmentované tělo
- nerozlišená hlava
- svalové segmenty podobné recentním **kopinatcům**
- struktura připomínající notochord
- příbuzný s kanadským rodem *Pikaia*



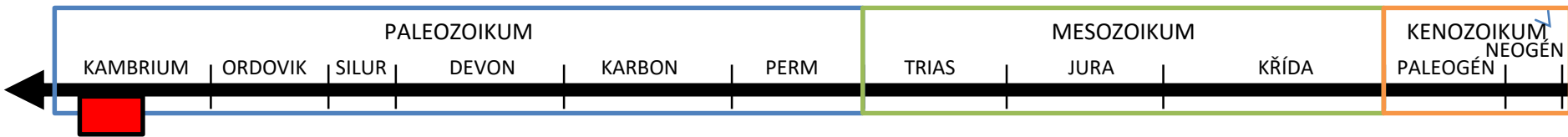
**střední kambrium** kanadských burgesských břidlic

### **PIKAIA GRACILENS**

- 5 cm
- pár tykadel na hlavě
- hřbetní nervová trubice, notochord, svalová segmentace tvaru V
- bazální strunatec (blízký bezlebečným)

### **METASPRIGGINA WALCOTTI (505 Ma)**

- až 10 cm
- notochord
- komorové oči a nozdry (čichové váčky)
- **7 párů žaberních oblouků (možná chrupavčitých)**
- **vnější poloha žaber vůči žab. obloukům**
- **slabě vyvinutý lebeční skelet**
- snad přechod mezi bezlebečnými a bazálními obratlovci (resp. Olfactores)
- před popisem znám pod kódem U.S.N.M. 198612



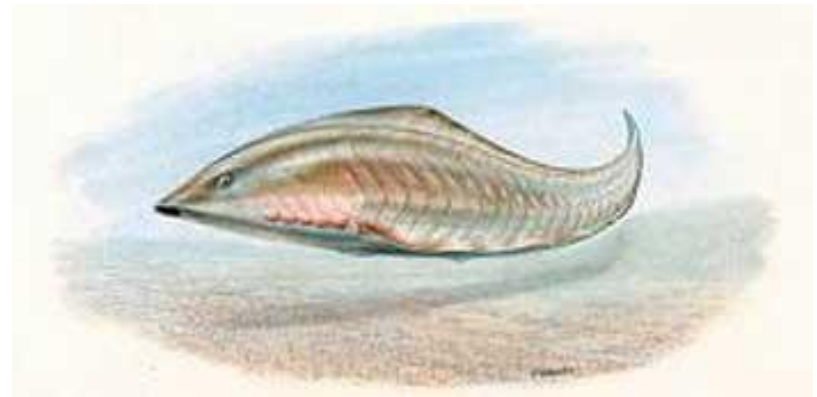
530 – 520 Ma

## PRVNÍ OBRATLOVCI

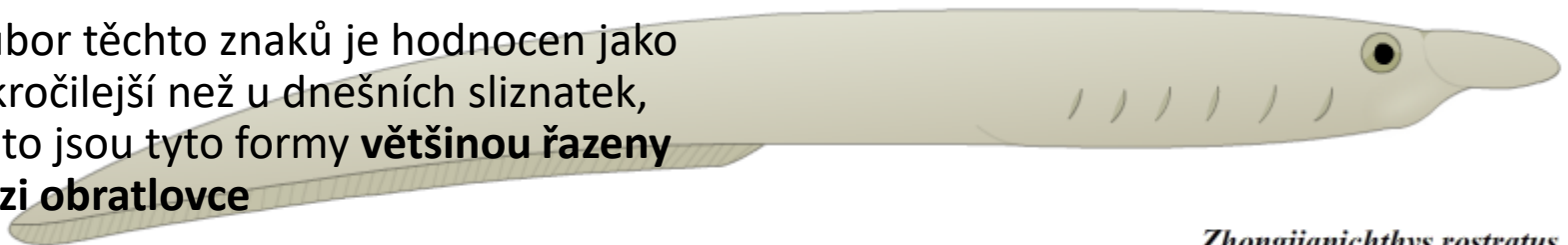
nedávné nálezy ze **spodního kambria**  
jihočínské lokality Čcheng-ťiang

### ***MYLLOKUNMINGIA, HAIKOUICHTHYS, ZHONGJIANICHTHYS***

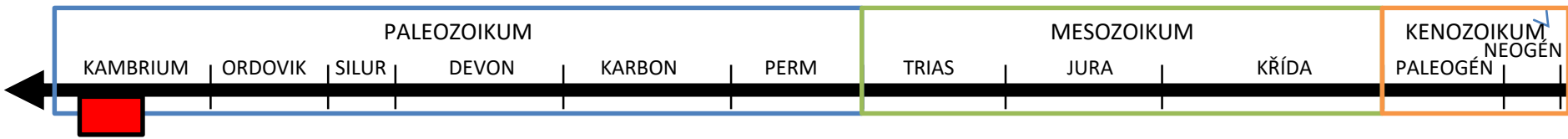
- všechny apomorfie strunatců, ale postrádali kosti, i když patrně měli **kraniální chrupavky a část. obratle**
- tělo cca 3 cm
- **rozlišená hlava s pár. smyslovými orgány**
- ventrolaterální ploutevní lem, hřbetní ploutev, žaberní váčky, myomery a srdce
- soubor těchto znaků je hodnocen jako pokročilejší než u dnešních sliznatek, proto jsou tyto formy **většinou řazeny mezi obratlovce**



*Myllokunmingia*

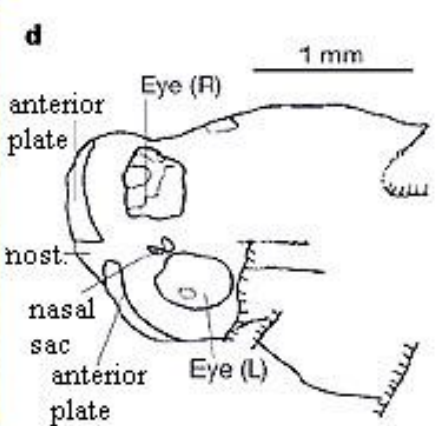
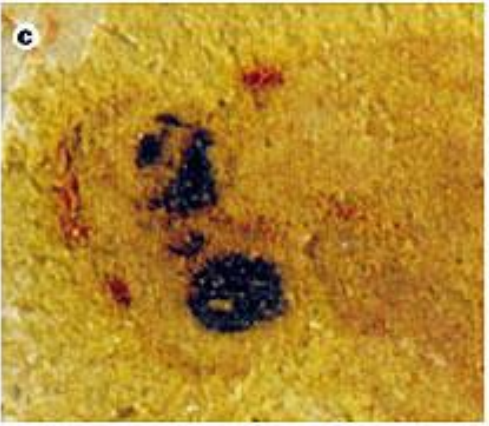
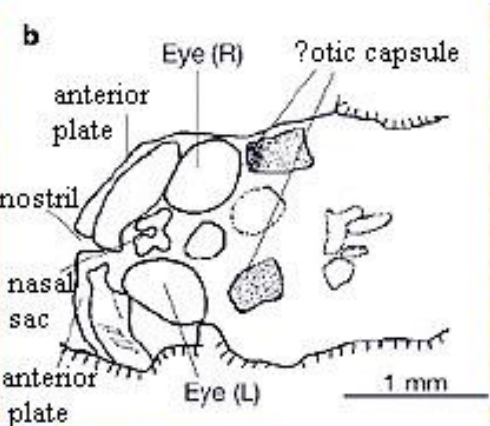


*Zhongjianichthys rostratus*

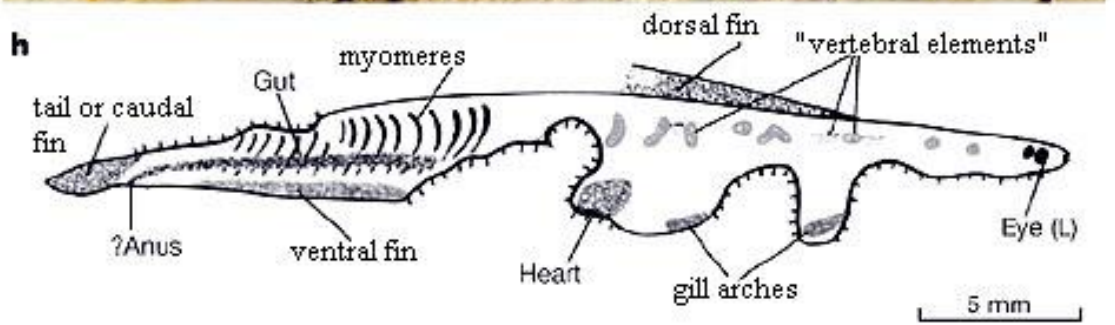
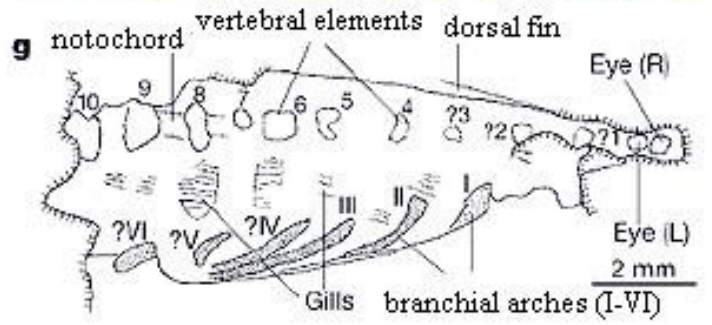


530 – 520 Ma

# PRVNÍ OBRATLOVCI



*Haikouichthys*: adapted from Shu *et al.* (2003).



# Pouštěná videa

evoluce v 5 minutách –

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

vývoj kontinentů –

<https://www.youtube.com/watch?v=uGcDed4xVD4>

*Anomalocaris* –

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

*Metaspriggina* –

<https://www.youtube.com/watch?v=XjutyE8yhMc>



KAMBRIUM | ORDOVIK | SILUR | PALEOZOIKUM | DEVON | KARBON | PERM | MESOZOIKUM | TRIAS | JURA | KŘÍDA | KENOZOIKUM | PALEOGÉN | NEOGÉN

# CONODONTA (konodonti)



495-200 Ma

hojně v marinních sedimentech  
Velká Británie, Jižní Afrika

význam ve stratigrafii (datování  
hornin)

dlouho nacházeny drobné (do 1  
mm) jehličky, zoubky a hřebínky  
z apatitu (obdobné dentinu či  
sklovině) => schopnost  
biomineralizace

poprvé popsány 1856

od 80. let 20. století – celá těla

KAMBRIUM | ORDOVIK | SILUR | PALEOZOIKUM | DEVON | KARBON | PERM | MESOZOIKUM | TRIAS | JURA | KŘÍDA | KENOZOIKUM | PALEOGÉN | NEOGÉN

# CONODONTA (konodonti)

úhořovité tělo, 2-5,5 cm

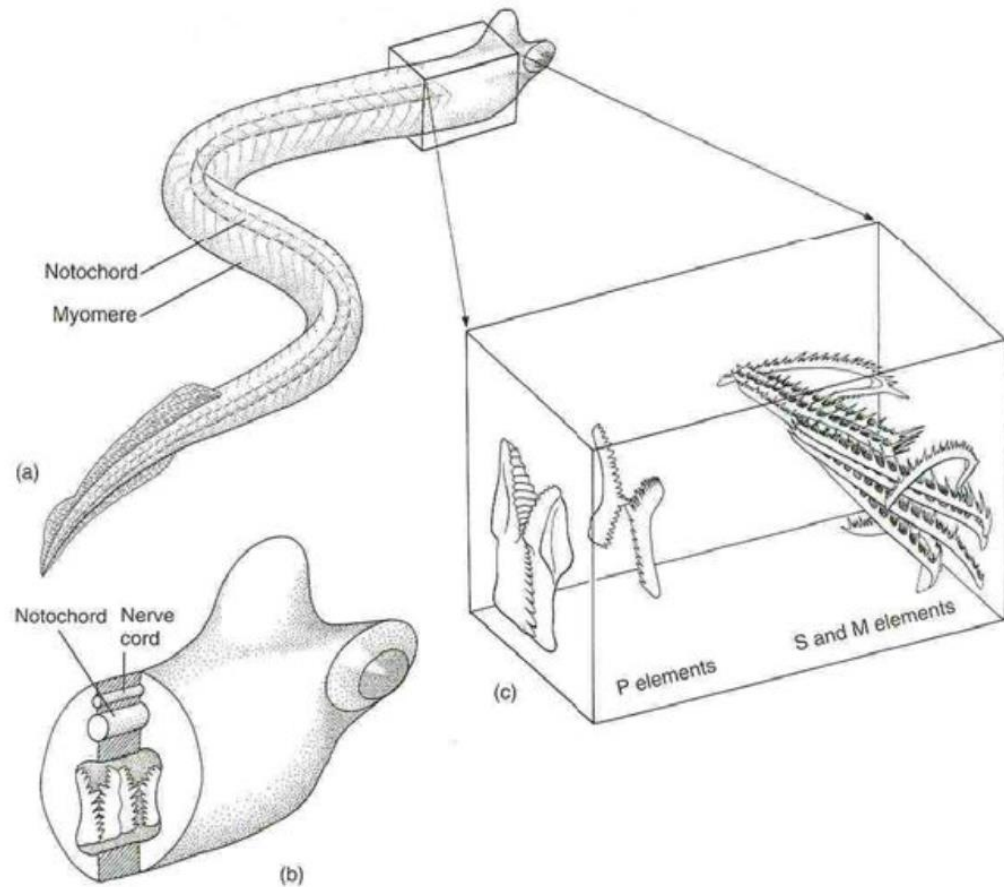
dermální skelet - **kost**

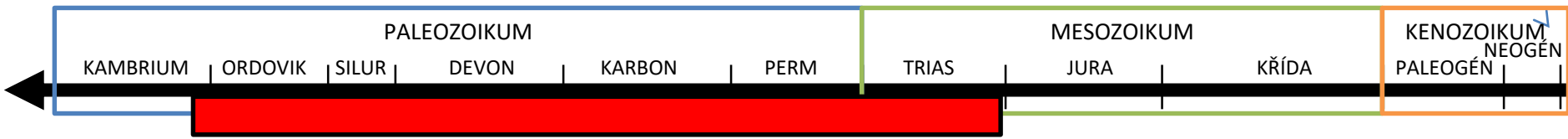
notochord, myomery, paprsky v  
ocasní ploutvi, chrupavčitý  
prstenec okolo velkých očí,  
okohybné svaly, sluchová  
pouzdra, neuromasty s kanálky

=> nervová lišta a smyslové  
plakody

**orofaryngeální aparát** – lov a  
zpracování kořisti (makrofágní  
predátoři)

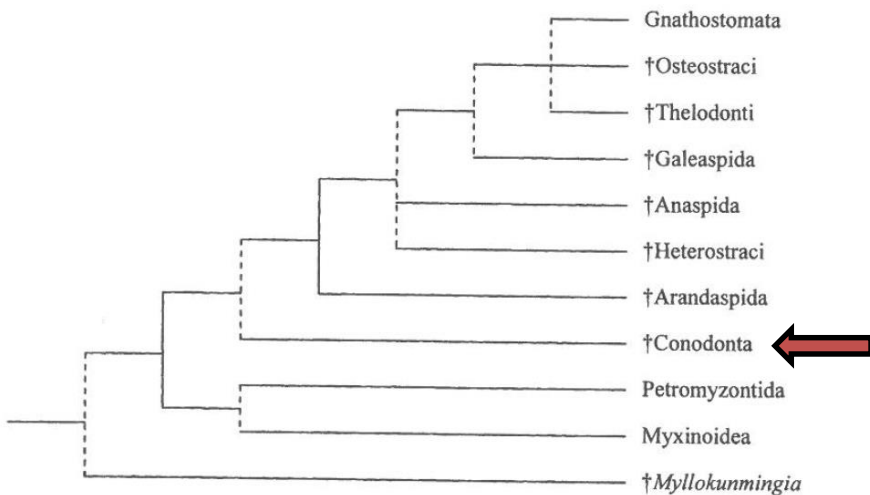
žádné žaberní štěrby





# CONODONTA (konodonti)

fylogenetická pozice někde  
mezi recentními  
kruhoústými a  
paleozoickými štítnatci



**Obr. 70** Zjednodušený fylogenetický rodokmen bazální divergence obratlovců (Vertebrata). Vymřelé taxony Arandaspida, Heterostraci, Anaspida, Galeaspida, Thelodonti, Osteostraci a další, které nejsou ve stromu zahrnuty, se odštěpovaly pravděpodobně postupně a obvykle jsou shrnovány do parafyla štítnatci – „Ostracodermi“. Upraveno podle Janvier (2001) a Takezakiho et al. (2003).