

Dzieje życia 8.

Era węgla kamiennego

Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Biologii Ewolucyjnej UW*

2023

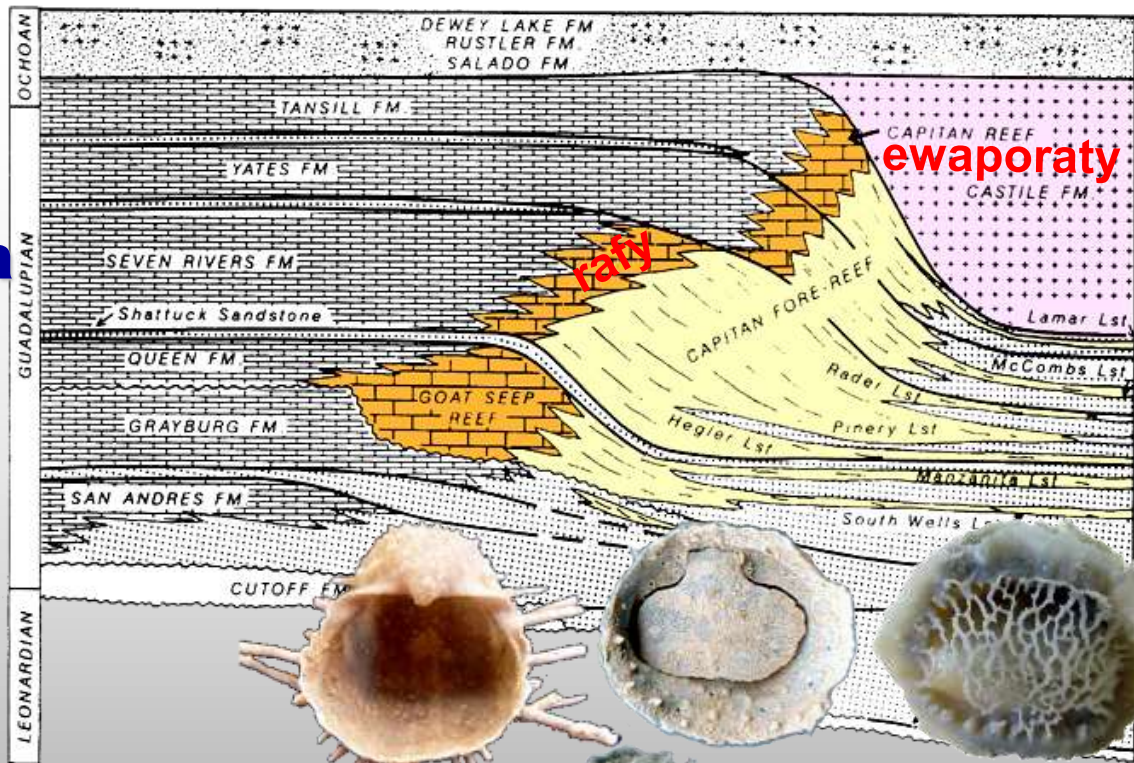


Mazullo (1984)

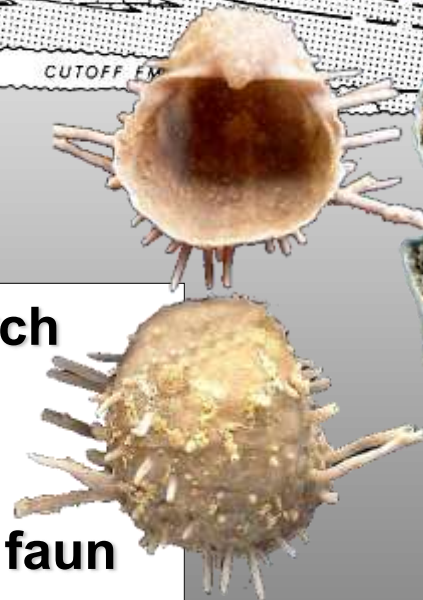
RAFY permskie i nafta



Leptodus
perm 275 Ma



- mnóstwo skrzemionkowanych skamieniałości w Teksasie
- podstawowe źródło wiedzy o różnorodności permских faun



productid



Prorichthofenia
perm 270 Ma

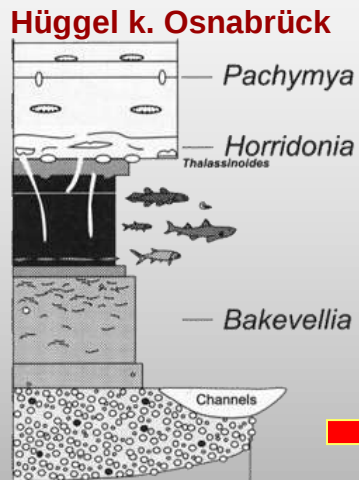


Richthofenia
perm 265 Ma

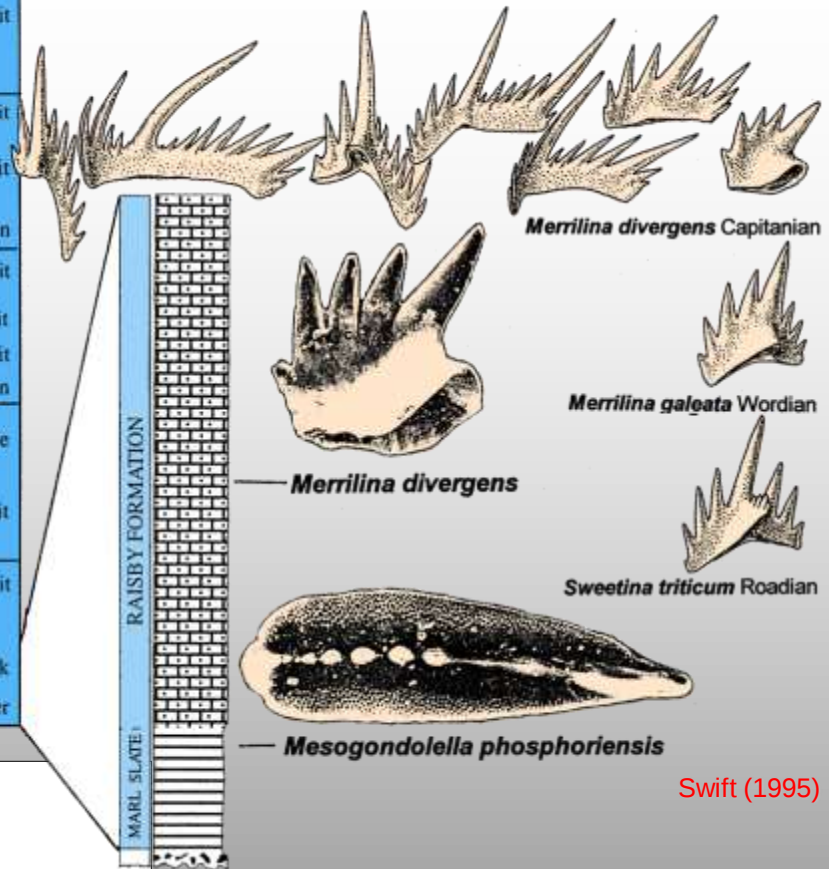
nie tylko w Ameryce permskie złoża ropy naftowej

ZECHSTEIN

miedź i sól



Diedrich (2009)



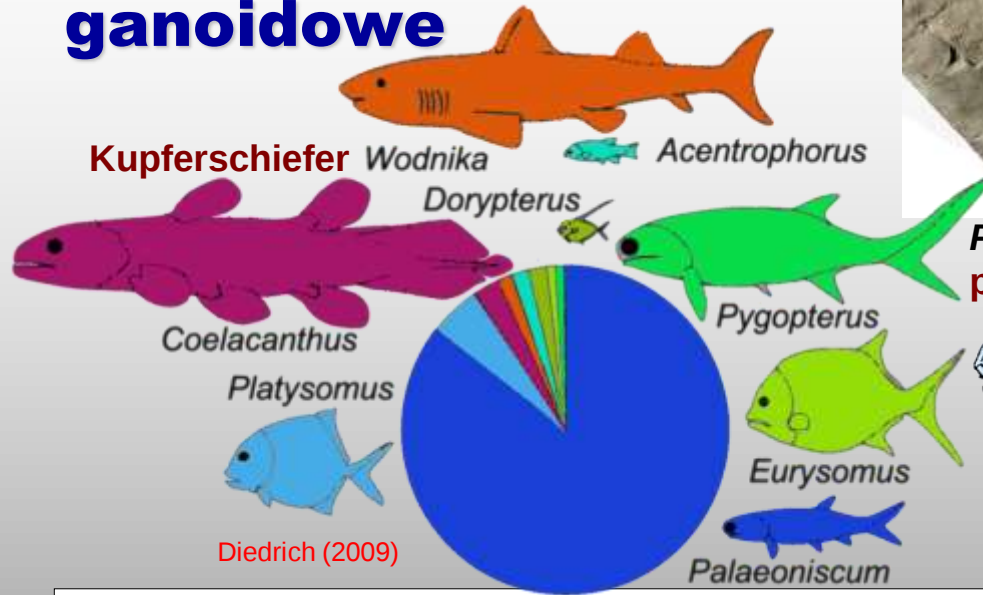
Swift (1995)

- rafy glonowe z mszywiolami
- żadnego amonita, tylko dwa konodonty
- po ciepłym morzu sól kłodawska

łupek miedzionośny z bogactwem ryb



RYBY ganoidowe



Oblonczyk (2009)

Pygopterus
perm 265 Ma

Palaeoniscum
perm 265 Ma
Dorypterus

- łuski z grubą powłoką emalii, sztywne szczęki, jedna płetwa grzbietowa
- dzisiejsze relikty mają płuca i kijankę

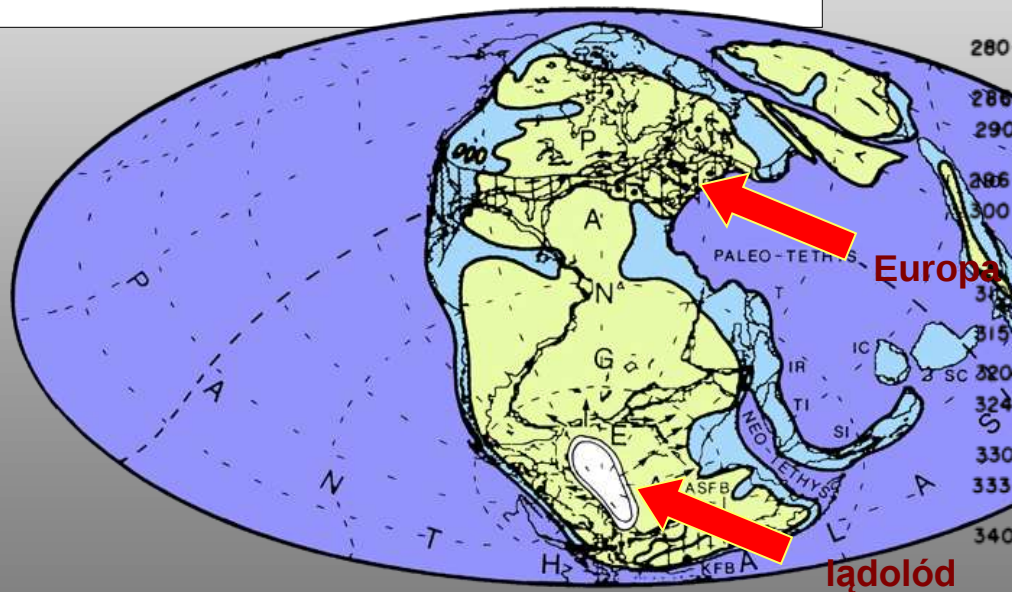
Cheirolepis dewon 370 Ma

ciepła epoka w erze niestabilności klimatycznej

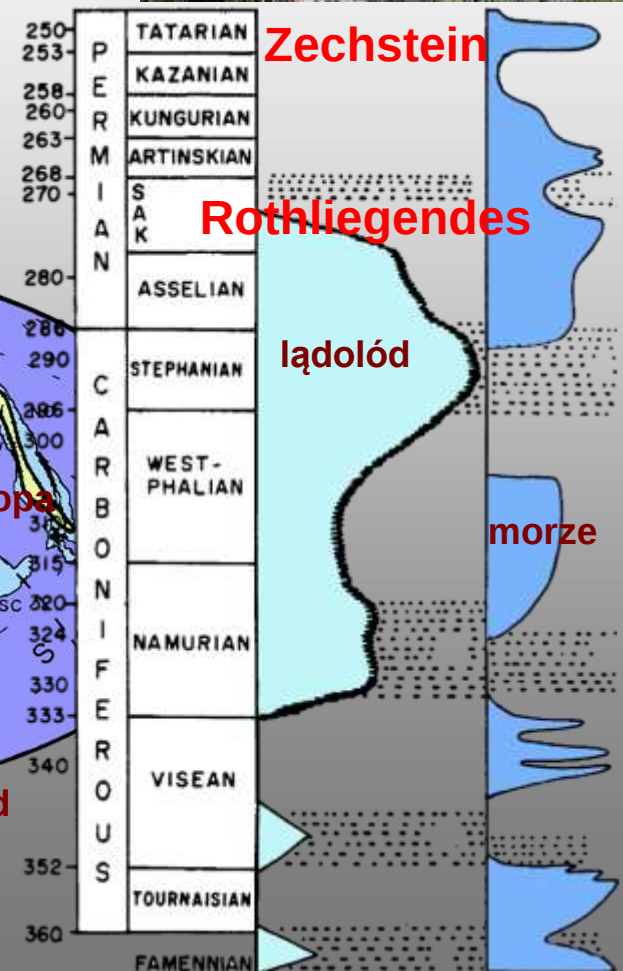
permskie bruzdy lodowcowe
w Afryce Płd

ZŁODOWACENIA permokarbońskie

- wędrówka Europy Śr. na północ
- w permie i triasie w strefie pustyni
- w karbonie na równiku



biegun południowy na kontynencie Pangei



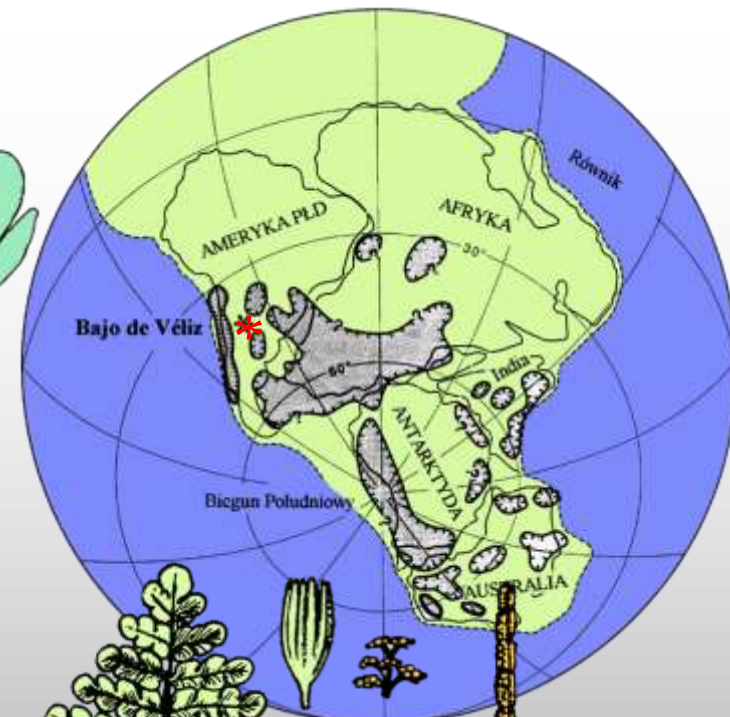
TUNDRA permokarbońska

Césari & Hünicken (1992)

Velizia
karbon? 290? Ma

- po raz pierwszy rośliny lądowe zetknęły się z mrozem
- paproć nasienna *Bostrychiopsis* pierwsza rośliną tundrową
- zbliżonego wieku drzewo *Velizia*

na północnych łądach kwitło życie



Botrychiopsis

Retallack (1999)

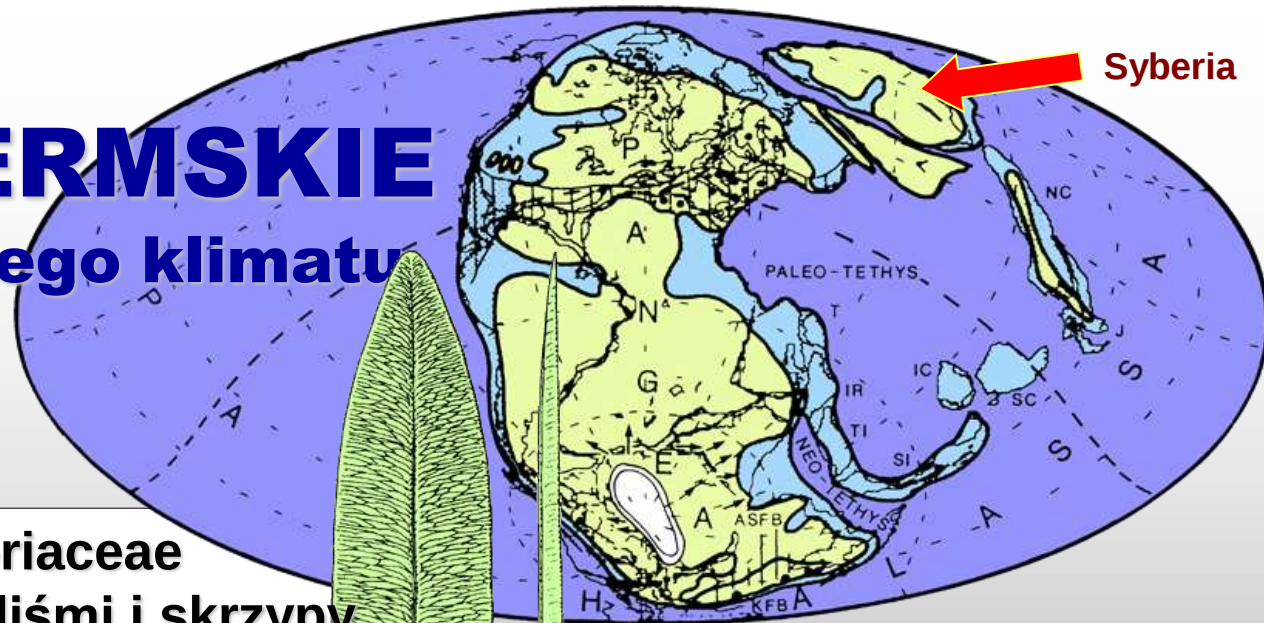
Burdekinia

karbon 310 Ma

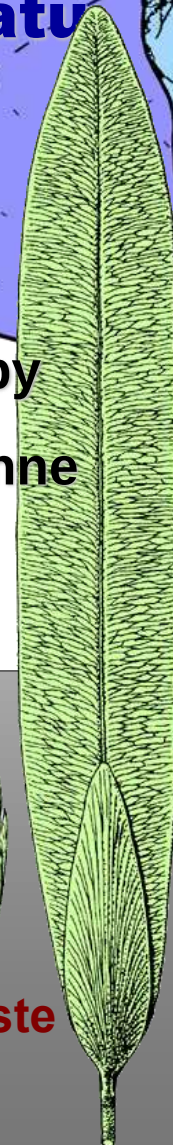
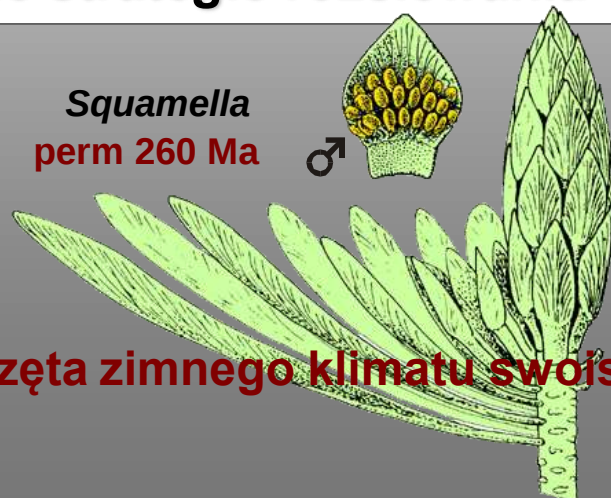
LASY PERMSKIE

umiarkowanego klimatu

- na Syberii Rufloriaceae z językowatymi liśćmi i skrzypy
- Gondwana – paprocie nasienne Glossopteridales
- różne strategie rozsiewania



zwierzęta zimnego klimatu swoiste



Dictyopteridium



♀

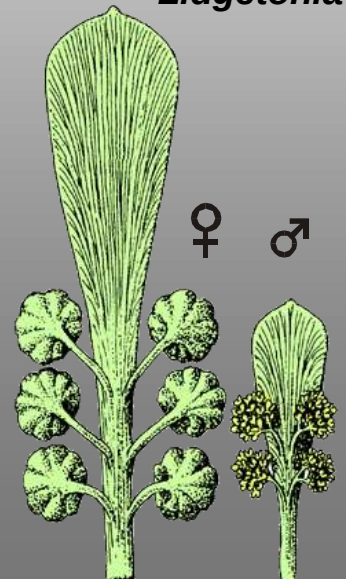
♂



Lidgetonia

♀

♂



SSACZE

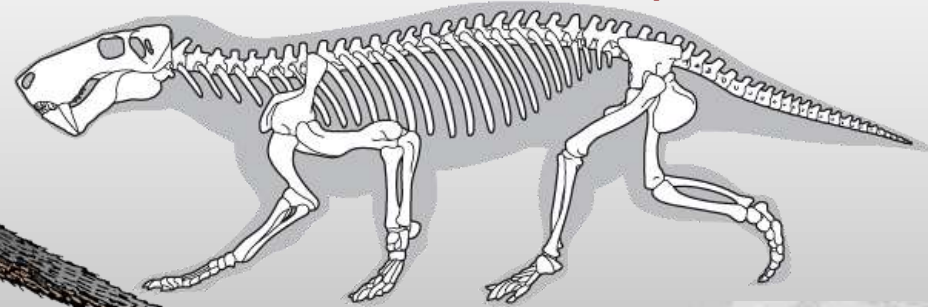
futro



Biarmosuchus
perm 260 Ma



Inostrancevia
perm 255 Ma



Władimir P. Amalickij
(1860-1917)



- therapsidy największymi drapieżnikami chłodnego klimatu permu
- prawdopodobnie miały futro
- u cynodontów turbinalia

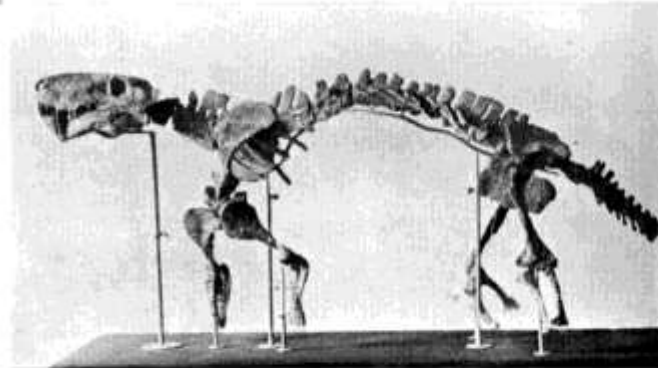


FIG. 160.—Skeleton of a huge carnivorous beast of prey — the reptile named Inostrancevia, discovered and photographed by Professor Amalitzky of Warsaw. The skull alone is two feet in length.

Lankester (1905)

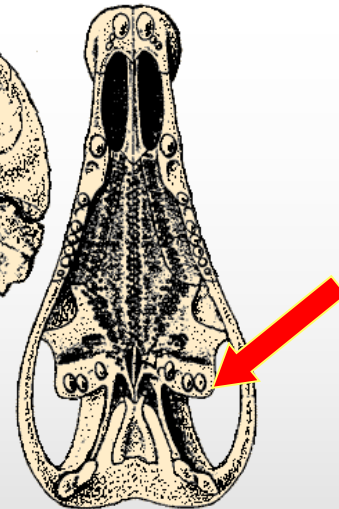
zaczęło się w ciepłym klimacie

POCZĄTKI therapsidów

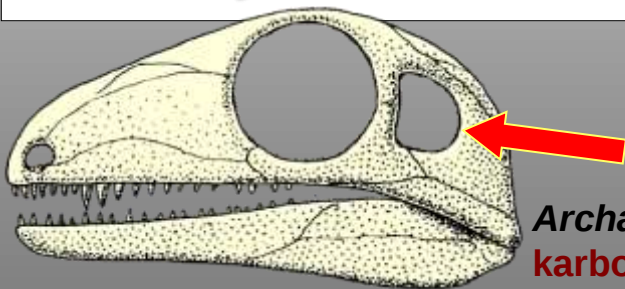


therapsid *Tetraceratops*
perm 290 Ma

pelikozaur *Haptodus* perm 295 Ma



- pierwsze gady ssakokształtne w strefie pustyń
- anatomia pierwotniejsza od naczelnych i łuskonośnych



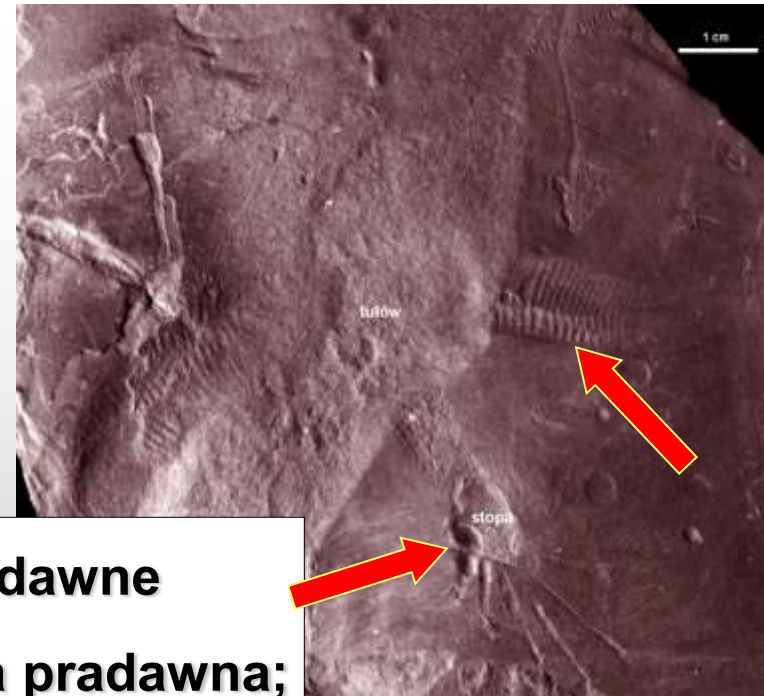
Archaeothyris
karbon 305 Ma



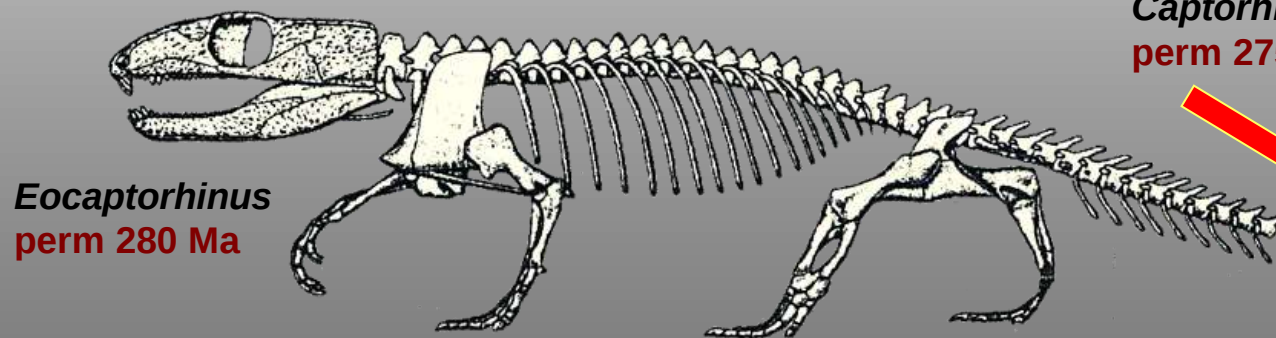
ewolucyjnie niedaleko odeszły od pierwszych gadów

PEŁNE wyjście z wody

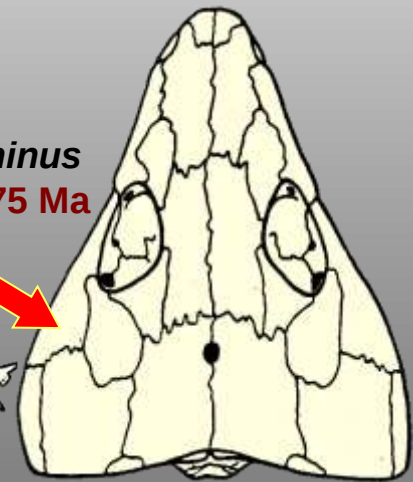
odcisk łusek *Araeoscelis*
perm 290 Ma



- wapienna skorupka i białko jaja niedawne
- zdolność do rogowacenia naskórka pradawna; pierwotna funkcja mechaniczna (śluzice!)
- lity dach czaszki odziedziczony po płazach



Captorhinus
perm 275 Ma



początki gadów w wilgotnych środowiskach tropikalnych

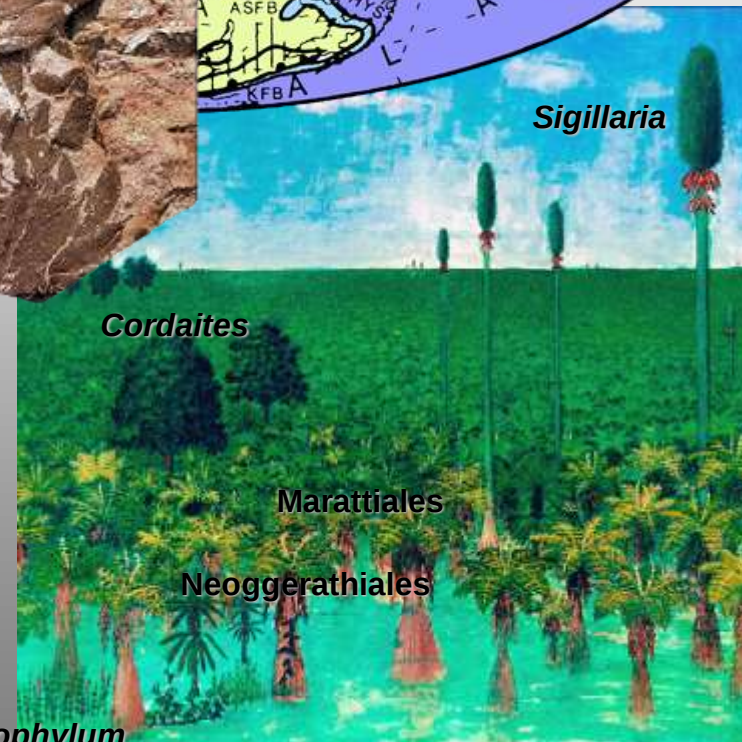
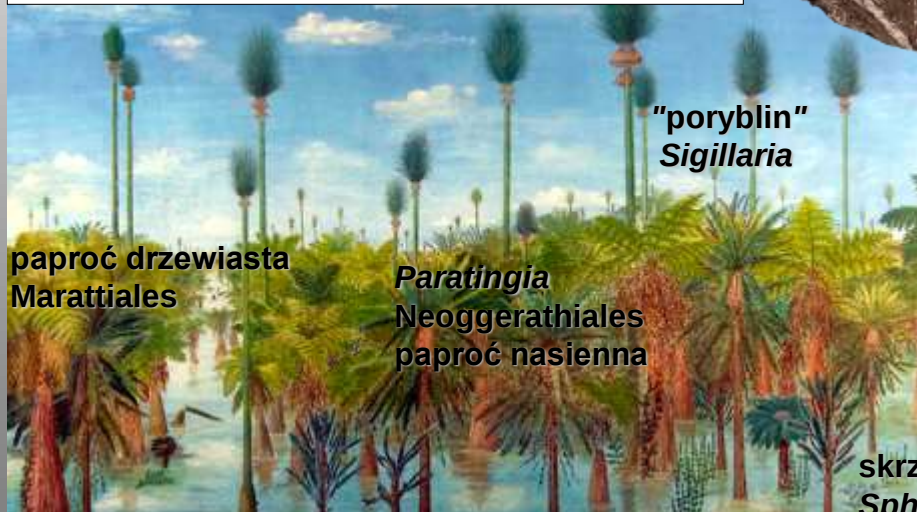
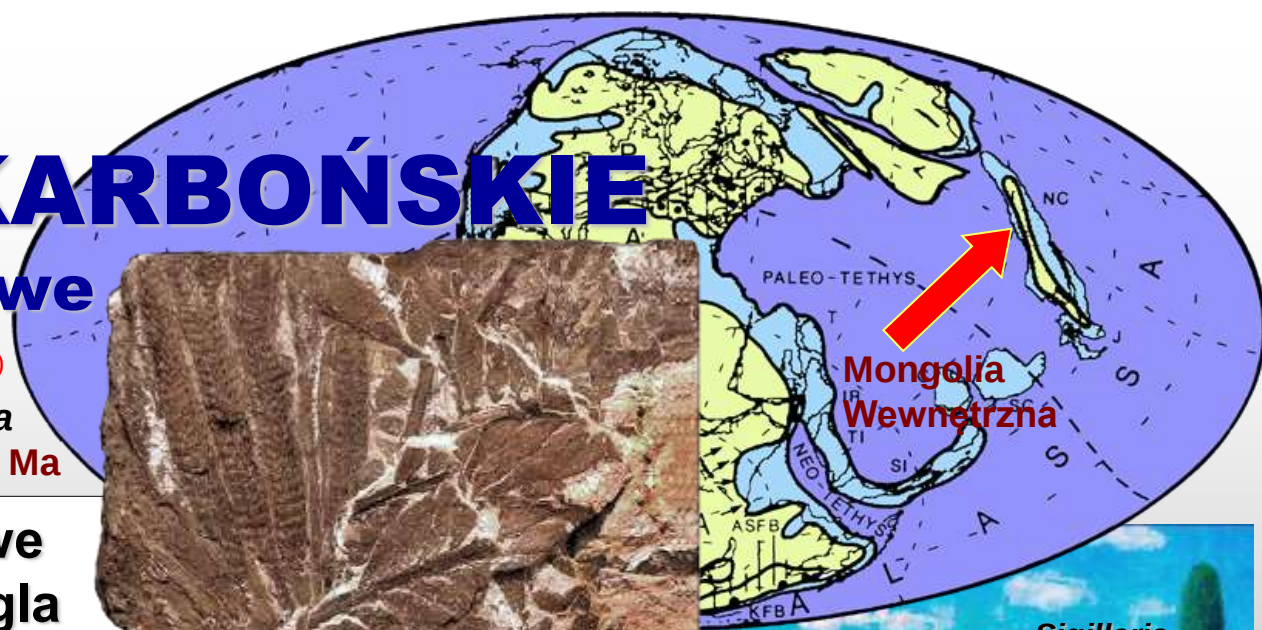
PERMOKARBOŃSKIE

lasy deszczowe

Wang et al. (2012)

Paratingia
perm 290 Ma

- równiny zalewowe
źródłem złóż węgla
- dominacja paprotników



granica perm-karbon trudna do wyznaczenia

GRANICA karbon-perm

Chernykh et al. (1997)

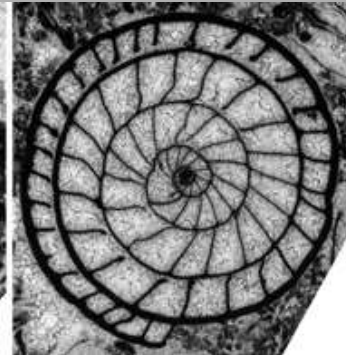
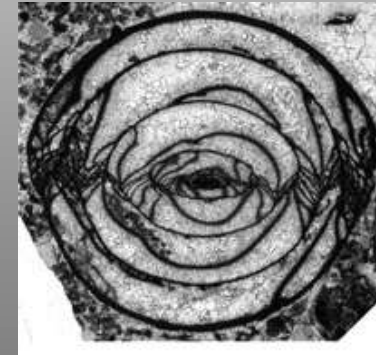
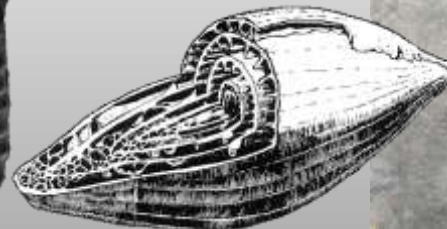
element P₁ konodonta
Streptognathodus isolatus
perm 300 Ma

początek permu wyznacza pojawienie się
konodonta *Streptognathodus isolatus*
w pobliżu fusuliny *Sphaeroschwagerina*
i amonita *Svetlanoceras*

- pelagiczny stratotyp na Uralu;
w profilu Ajdaralas, Kazachstan
- w Europie środkowej wtedy ląd
- tu początek permu wyznaczony
na pojawieniu się *Autunia*



"paproć" nasienna
Autunia conferta
Peltaspermeaceae
perm 300 Ma



poźnego karbonu sięgają początki iglastych

plytkowodna otwornica
Sphaeroschwagerina perm 300 Ma

Gaetani et al. (2009)

Sadowski et al. (2016)

Wolfe et al. (2009)

SCIADOPITYS **sens reliktovej anatomii**

Sciadopitys cf. *tertiaria*
„*Pinus succinifera*”
eocen 45 Ma

Dörken & Stützel (2011)



Sciadopitys
dziś

- źródło bursztynu bałtyckiego?
- igły z dwoma nerwami uważane za zrośnięte z dwu liści
- ale u kopalnych pojedyncze



Sciadopitys
dziś



110 Ma

Arctopitys



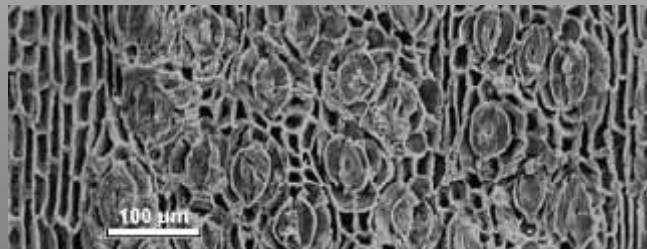
120 Ma

Tritaenia



180 Ma

Mirovia



Mirovia
jura 180 Ma

Bose & Manum (1990)
Nosova & Kiritchkova (2008)



Arctopitys
kreda 110 Ma

nie igły, lecz szyszki są swoiste dla iglastych

POCHODZENIE szyszki

Pseudotsuga
Pinaceae **dziś**



Sciadopitys
dziś



Cunninghamia
dziś



Pseudotsuga
dziś



Elatides
jura



Voltziopsis
trias



Pseudovoltzia
perm

Farjon & Garcia (2003)

krótkopęd (listek zarodniowy)

nasiono

pylnik

liść okrywowy (bractea)

♀

♂

- łuski szyszek sosny to krótkopędy
- liście okrywowe u nasady łusek
- w szyszce cedru są one łuskami



Cunninghamia
Cupressaceae **dziś**

Walchia
Lebachiaceae
karbon 260 Ma

krótkopędy "specjalnością" iglastych i miłorzębów

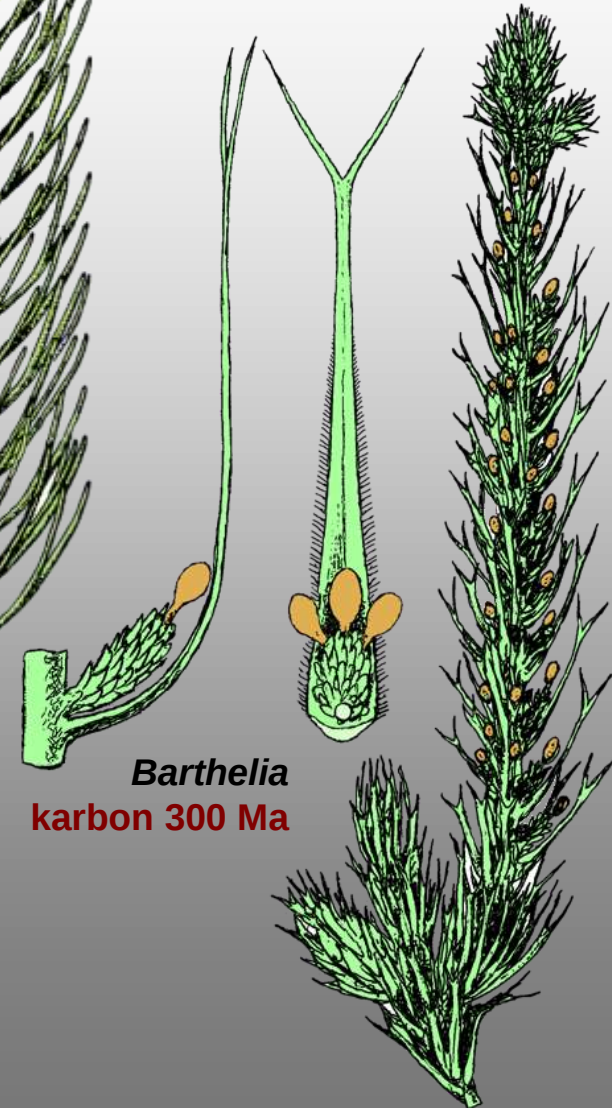
GENEZA

anatomii iglastych



Dicranophyllum
karbon 300 Ma

- iglaste miały początkowo widlaste liście – świadectwo pochodzenia
- przodek z płaskimi nasionami?



Barthelia
karbon 300 Ma

Rothwell & Mapes (2001)

konsolidacja nasiennych krótkopędów

IGLASTE

geneza sosnowego pyłku

worki powietrzne powstawały i zanikały wielokrotnie

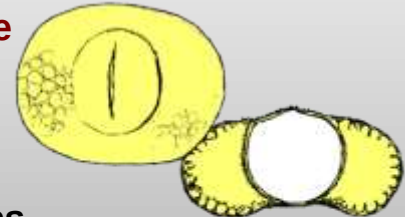
sosna *Pinus*
dziś



- komora powietrzna w ściance mikrospory; z niej dwa worki
- nie ma już szwu trójdzielnego
- gametofit męski – początek rozwoju wewnątrz mikrospory ale koniec dopiero na żeńskim gametoficie

to adaptacje do rozsiewania mikrospor

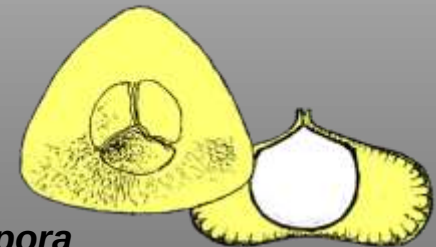
wczesne iglaste
karbon 300 Ma



kordait *Florinites*
karbon 310 Ma



Teichertospora
dewon 360 Ma



Balme (1988)

KORDAITY

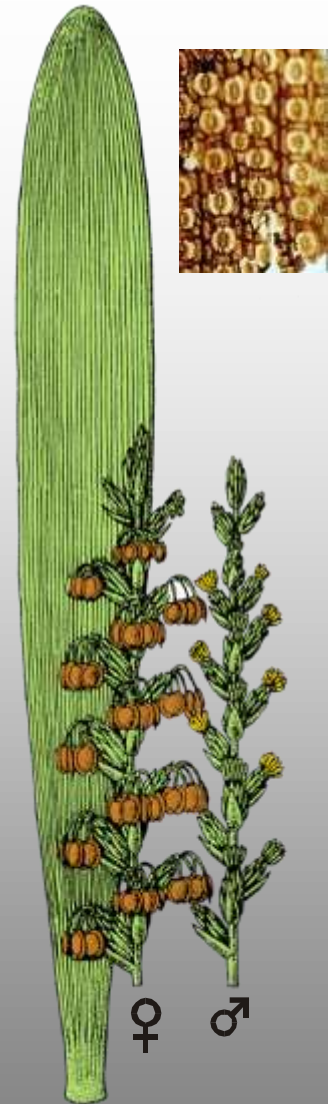
z suchych wyżyn

- wyniesienia wokół bagien węglowych
- najpierwotniejsze kwiaty wśród iglastych
- taśmowate liście



Rothwell & Warner (1984)

paleozoiczna *yucca*?



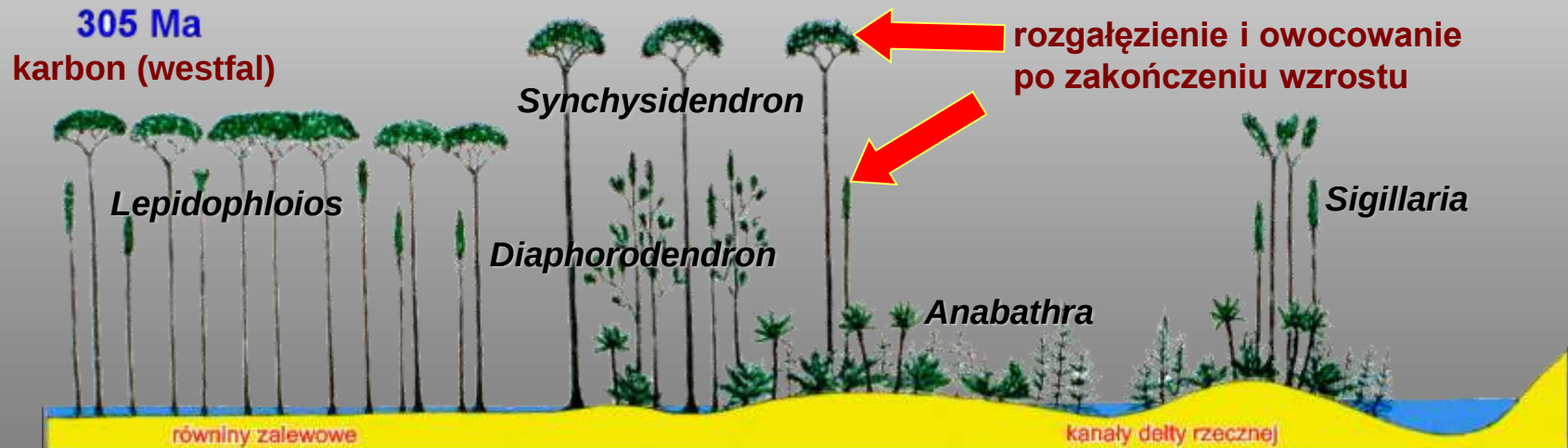
Cordaites
karbon-perm 300-280 Ma

KARBON

las deszczowe epok węglowych



■ pędy w wyścigu do światła i rozsiewania zarodników



drzewiaste nie tylko widłaki ale i skrzypy

KALAMITY

skrzypy drzewiaste

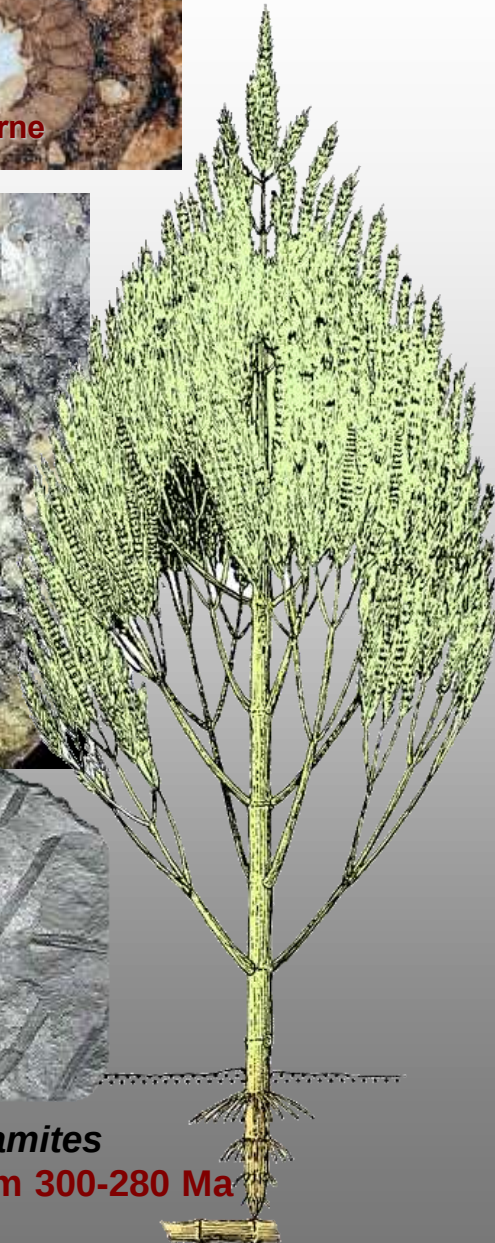
- pierwotne skrzypy miały liście
- także jako drzewa z wtórnym przyrostem drewna (*Arthropitys*)



różnorodność od drzew po pnącza

drewno wtórne

Archaeocalamites
karbon-perm 300-280 Ma



SPHENOPHYLLA

skrzypy pnącza

Sphenophyllum
karbon 310 Ma



Lilpopia
perm 280 Ma

- trójpromienna wiązka przewodząca
- liście o różnym stopniu rozwoju
- *Sphenophyllum* pospolite w śląskim karbonie, *Lilpopia* w permskiej martwicy karniowickiej

dzisiejsze wodne porybliny potomkami wielkich drzew

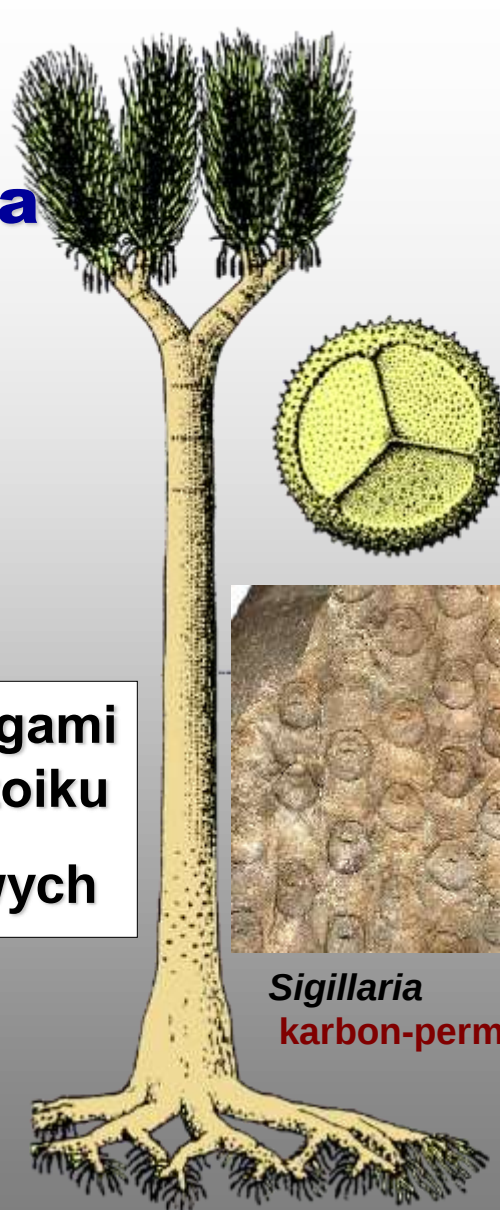
Kerp (1984)

SYGILARIE

przodkami poryblina

- widłaki paleozoiku analogami nagozalążkowych mezozoiku
- czy dzisiejszych kwiatowych

były wśród nich nasienne



Sigillaria
karbon-perm 300-280 Ma



Pleuromeia
trias 140 Ma



Nathorstiana
kreda 135 Ma



Isoetes
poryblin
dziś



Stylites
Andy

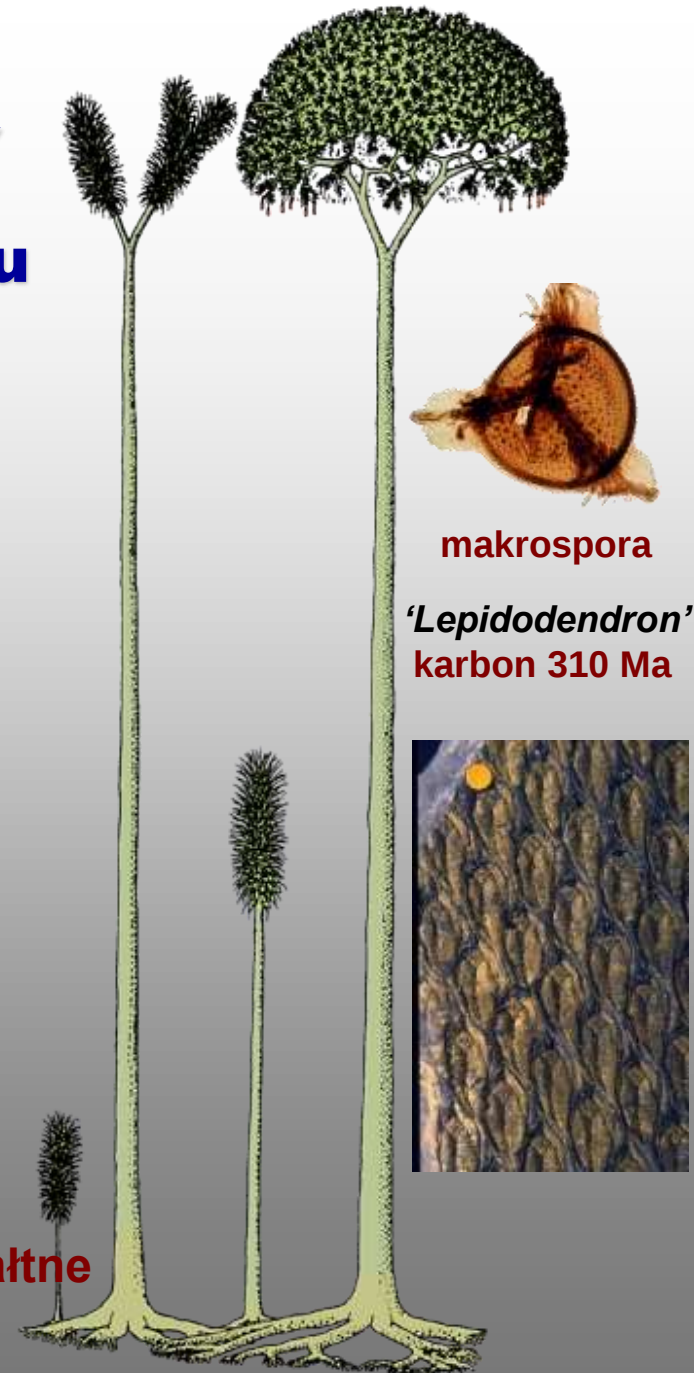
LEPIDODENDRONY

najwyższe drzewa paleozoiku



- kora pni ze szparkami – zielona
- intensywny wzrost; rozgałęzienie i szyszki po osiągnięciu pułapu
- różnozarodniowe jak widliczki
- niektóre odżywiały megasporę po wytworzeniu gametofitu i zapłodnieniu (nasiono)

w cieniistym podszycie formy paprociokształtne



NASIENNE

"paprocie"

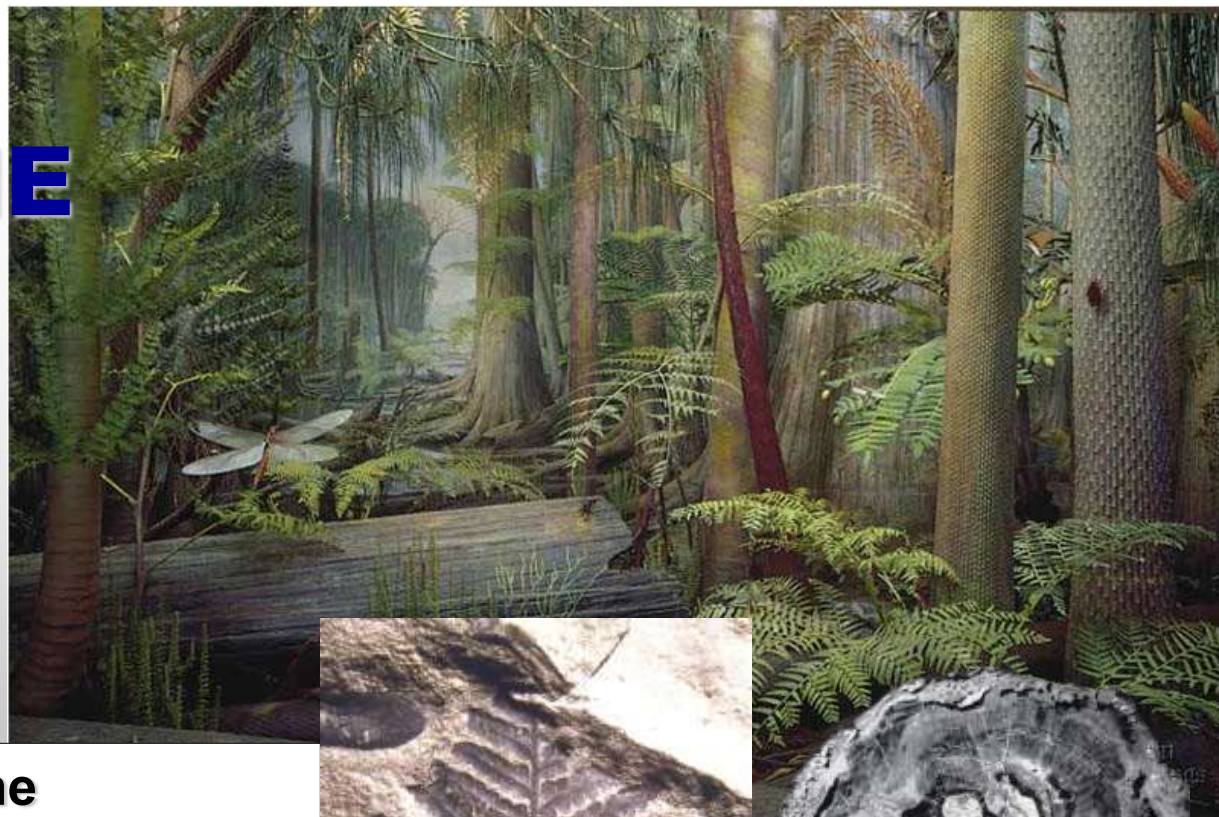
- bardzo różnorodne
od końca dewonu po jurę
- kształt nasion charakteryzuje
wielkie grupy ewolucyjne

Neuropteris
karbon 310 Ma



ostateczne zerwanie ze środowiskiem wodnym

Medullosa
perm 280 Ma

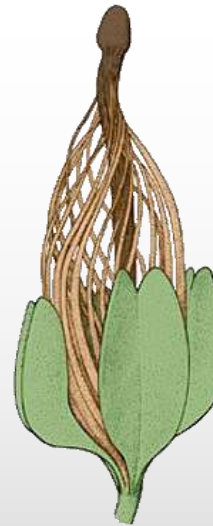


NASIONA

wyzwoliły płęć od wody

Spermatites

megaspory
Thomasonia



♀



Gerienne et al. (2004)

Runcaria
dewon 380 Ma



♂

- **nasiona** to zarodniki żeńskie, które odżywiane są w zarodni nawet po wydaniu z siebie gametofitu (czy zapłodnieniu jaja)
- inwestycja wyłącznie w te zarodniki, z których na pewno powstanie sporofit

załążki pożywieniem dla owadów



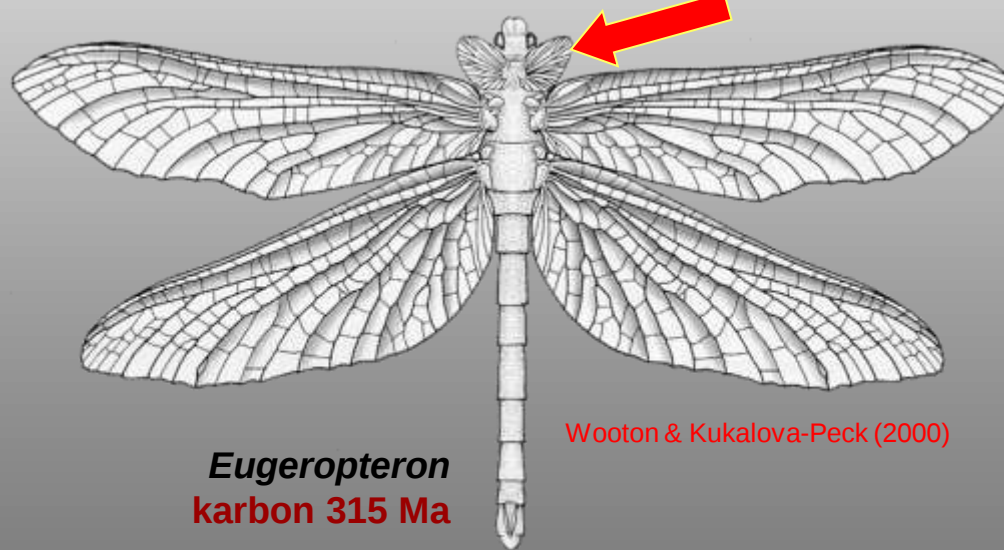
WIELKIE OWADY

wysysające makrospory

- paleozoiczne Palaeodictyoptera z kłujką – analogia pluskwiaków
- ale pokrewne ważkom i jętkom



Dunbaria
perm 280 Ma



Eugeropteron
karbon 315 Ma

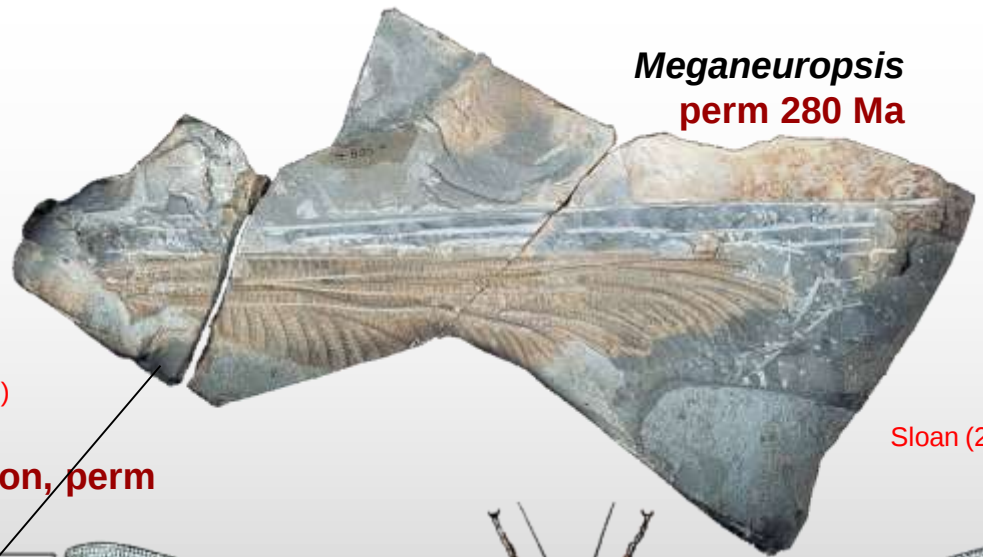
Wootton & Kukalova-Peck (2000)



larwa Palaeodictyoptera
karbon 310 Ma

ze względów konstrukcyjnych pierwsze owady były duże

OGROMNE ważki

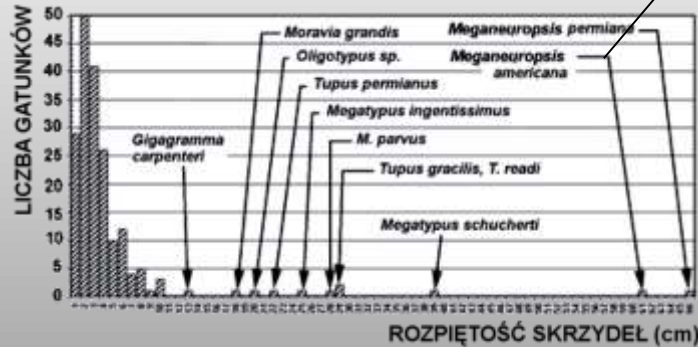


Meganeuropsis
perm 280 Ma

Beckemeyer & Hall (2007)

Sloan (2007)

Elmo, Kansas; formacja Wellington, perm



Namurotypus
karbon 315 Ma

Brauckman & Zessin (1989)

- permska *Meganeuropsis* 70 cm rozpiętości
- poprzeczne skrzydła ułatwiają start
- to pierwsze drapieżne zwierzęta latające

również naziemne stawonogi osiągały wielkie rozmiary

GIGANTYCZNE wije

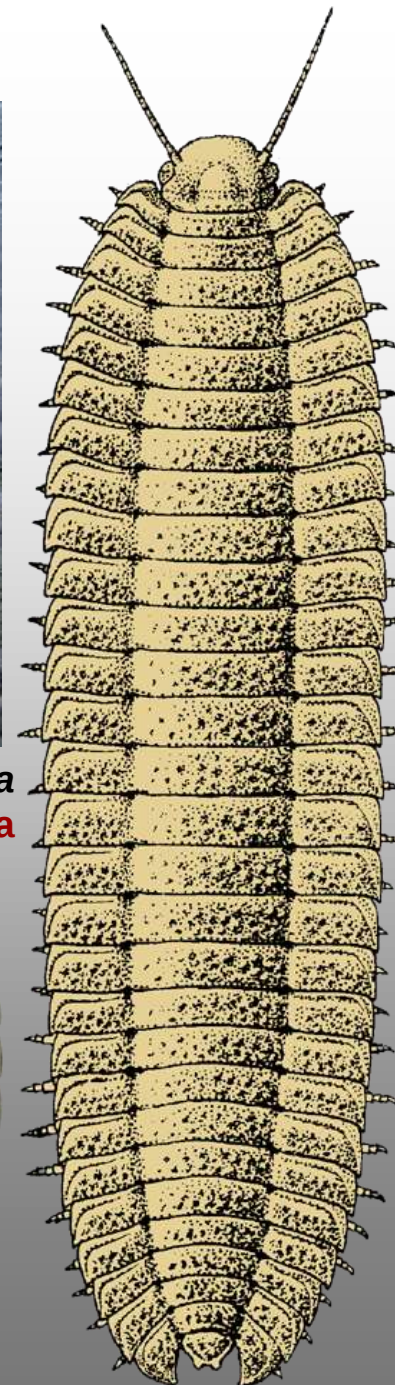
Briggs et al. (1979)

trop z Arran, Szkocja
karbon 310 Ma

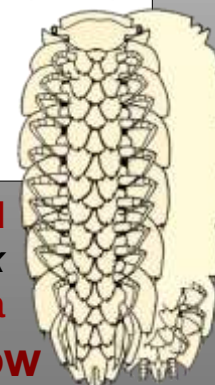


- arthropleury sięgały 2,6 m długości
- pokrewne Diplopoda i zapewne roślinożerne
- być może "ucieczka w rozmiary" przed drapieżnikami

Arthropleura
karbon 310 Ma



arthropleurid
Microdecemplex
dewon 370 Ma

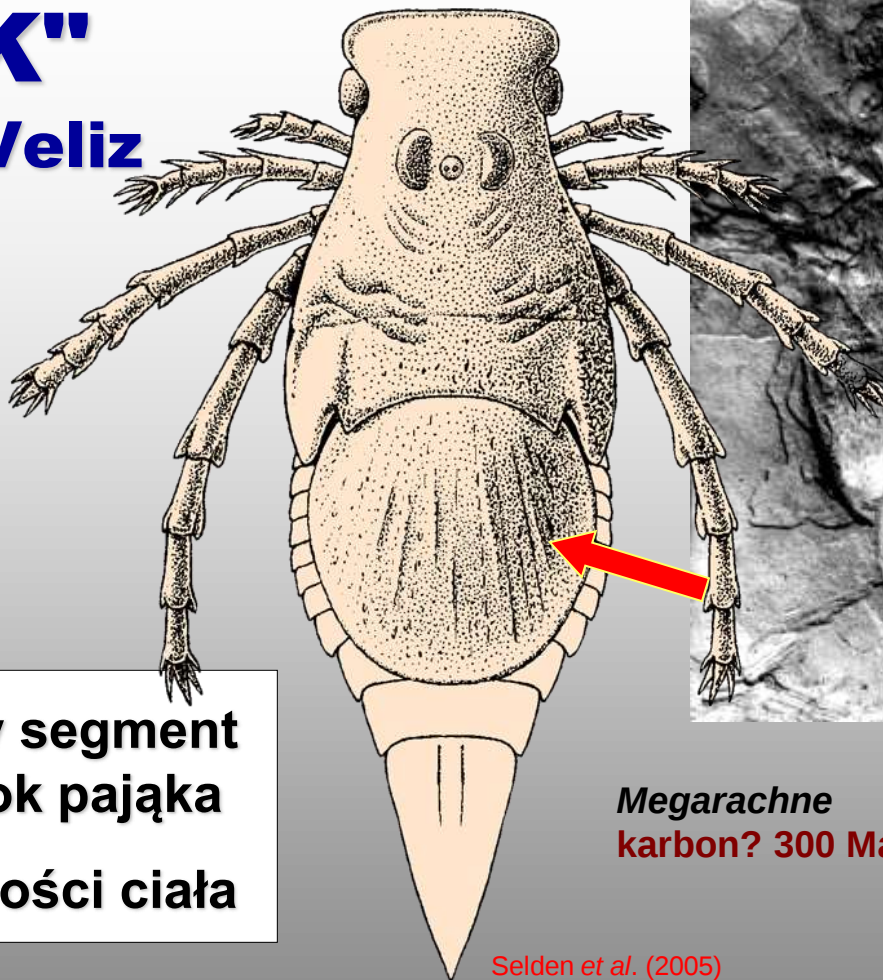


stawonogi wielkości pierwszych czworonogów

Wilson & Shear (2000)

"PAJĄK" z Bajo de Veliz

- powiększony segment imituje odwłok pająka
- o 40 cm długości ciała



Megarachne
karbon? 300 Ma

Selden et al. (2005)

rzekomy "pająk" to eurypterid – wodny krewniak skorpionów

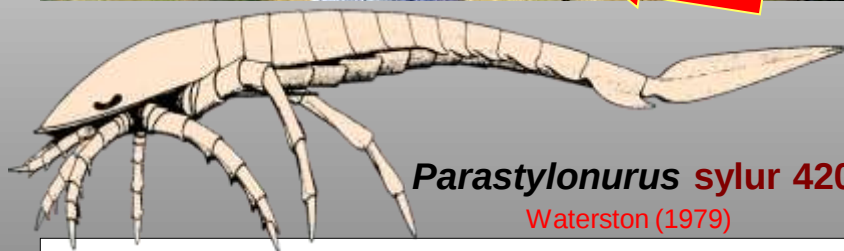
CZWORONOŻNE stawonogi

odnóże
manipulacyjne

odnóże
kroczone

Tetli (2007)

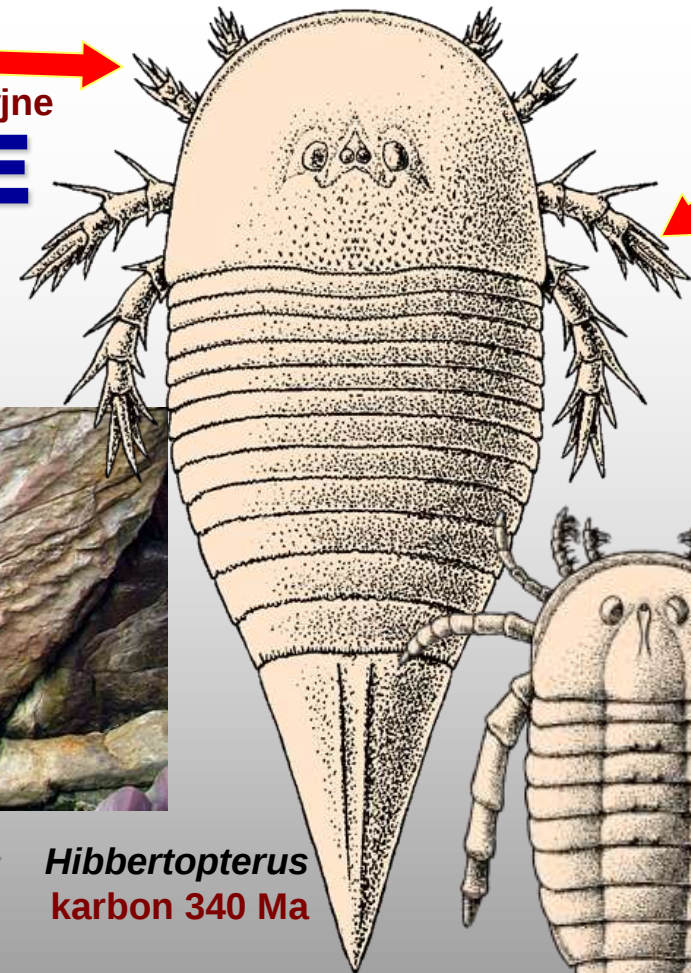
Whyte (2005)



Parastylonurus sylur 420 Ma

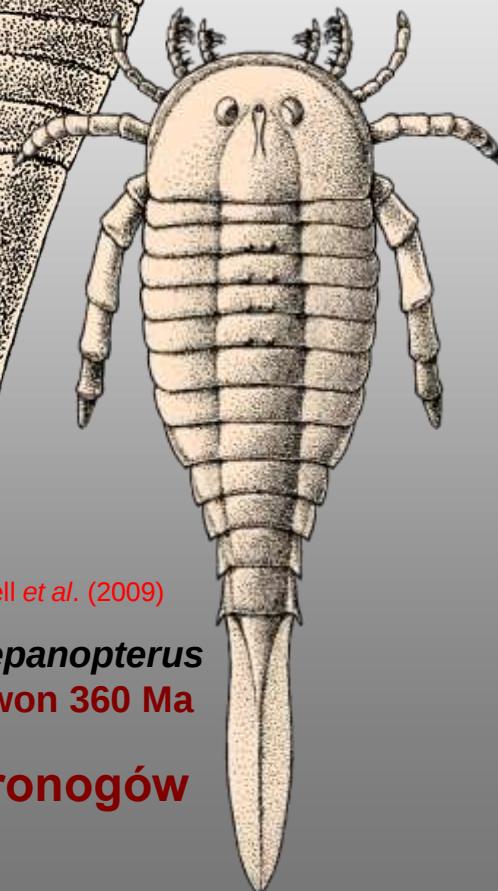
Waterston (1979)

Hibbertopterus
karbon 340 Ma



Lamsdell *et al.* (2009)

Drepanopterus
dewon 360 Ma



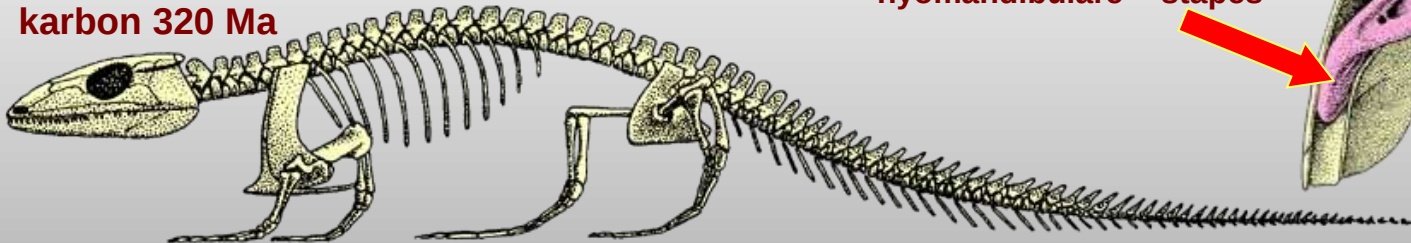
■ późnopaleozoiczne eurypteridy miały
tylko dwie pary odnóży kroczych

ewolucja rozmiarów poprzedza pojawienie się czworonogów

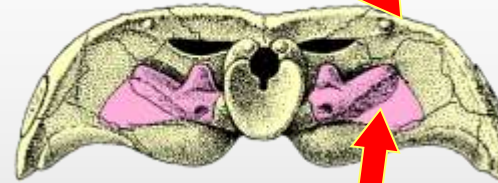
PIERWSZE

lądowe czworonogi

antrakozaur
Brukterpeton
karbon 320 Ma



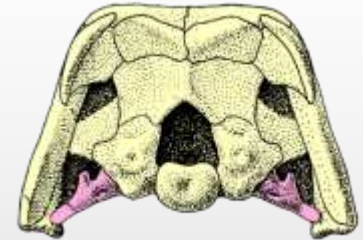
Greererpeton
karbon 330 Ma



wycięcie uszne

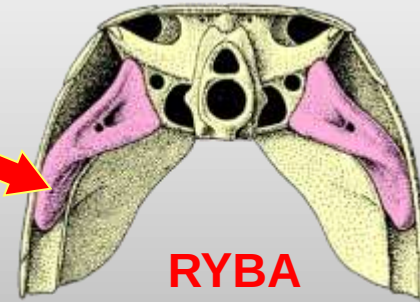
GAD

Paleothyris
karbon 300 Ma



PŁAZ

hyomandibulare = stapes



RYBA

Eusthenopteron
dewon 360 Ma

- początki gadów niejasne, bo keratynowe twory skórne i osłonki jaj rzadko kamienieją
- linia odrębna już w końcu dewonu – *Tulerpeton*
- mniejsze i zwinniejsze od współczesnych płazów

ewoluowały w warunkach cyklicznie niestabilnego klimatu

WĘGIEL KAMIENNY

serie pokładów

- bagienne środowisko od obfitych opadów i ograniczenia odpływu
- sedymentację wzmacnia podwyższenie podstawy erozji
- dlatego pokłady węgla na początku ociepleń

wkładki osadów morskich

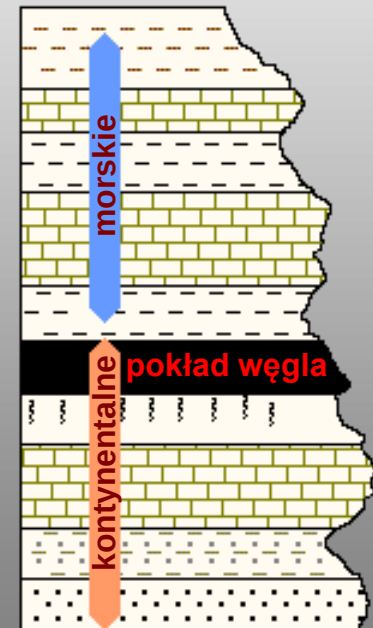


Lubelskie
Zagłębie
Węglowe

Górnośląskie
Zagłębie
Węglowe



pokład węgla



Utah

pokład węgla

typowy amerykański
'cykl węglowy'

poziomy morskie