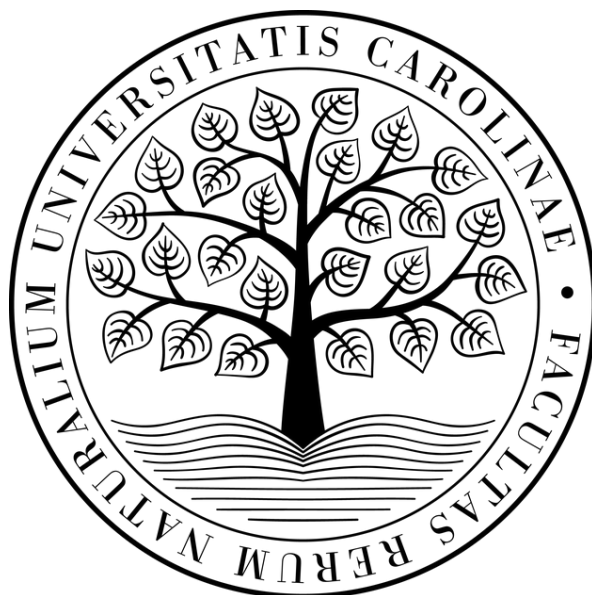


Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Učitelství geologie pro střední školy

Studijní obor: Učitelství geologie a biologie



Bc. Renata Hánová, DiS.

Pracovní listy k učivu o vývoji života na Zemi

Worksheets on the evolution of life on Earth

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jakub Vodička, PhD.

Konzultanti: RNDr. Dobroslav Matějka, CSc.

Mgr. Vojtěch Kovář

Praha 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 30. 7. 2024

Bc. Renata Hánová, DiS.

Abstrakt

Tato práce představuje pracovní listy k učivu o vývoji ekosystémů na Zemi. Celkem sedm pracovních listů pokrývá vývoj od prekambria do konce mezozoika a zároveň hlouběji představuje vybrané fenomény historické geologie. Úlohy v pracovních listech jsou stavěny tak, aby nutily žáky uvažovat nad problematikou komplexně a při řešení používali logickou dedukci a znalosti z jiných oborů. Velký důraz byl kladen na atraktivní grafickou podobu pracovních listů a moderní pedagogické přístupy. Pracovní listy obsahují úlohy, které jsou zaměřené na rozvoj klíčových kompetencí žáků a akcentují jejich aktivní zapojení do výuky. Rozšiřují tak způsoby uvažování žáků. Tato diplomová práce analyzuje zpětnou vazbu, získanou při praktickém ověření pracovních listů ve dvou devátých třídách při výuce přírodopisu na ZŠ Jana Kubelíka, Neveklov. Na základě průběhu výuky a zpětné vazby byly listy upraveny do finální podoby. Součástí práce jsou vytvořené pracovní listy včetně autorského řešení. Práce také představuje rešerši současného stavu poznání vývoje života na Zemi, a to v rozsahu prekambria až konce mezozoika.

Abstract

This thesis presents worksheets for the teaching of the evolution of ecosystems on Earth. A total of seven worksheets cover the evolution from the Precambrian to the end of the Mesozoic Era, while introducing selected phenomena of historical geology in more depth. The exercises in the worksheets are structured to encourage students to think comprehensively about the subject, using logical deduction and knowledge from other school subjects to solve them. Great emphasis has been placed on attractive graphic design of the worksheets and modern pedagogical approaches. The worksheets contain tasks that focus on the developing pupils' key competencies and emphasize their active involvement in learning. In this way, they broaden pupils' ways of thinking. This thesis analyses the feedback obtained during the practical validation of the worksheets in two ninth grade science classes at ZŠ Jana Kubelíka, Neveklov. Based on the teaching process and feedback from pupils, the worksheets were modified into their final form. The worksheets including the author's solution are part of the work. The work also presents a research on the current state of knowledge of the evolution of life on Earth in the range of Precambrian to the end of Mesozoic.

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli Mgr. Jakubu Vodičkovi, Ph.D. za ochotu, pomoc, četné rady a připomínky a nekonečnou trpělivost při tvorbě této práce. Také bych ráda poděkovala Mgr. Vojtěchu Kovářovi za konzultace a rozšiřování obzorů v oblasti rešerše. Nemenší díky patří i RNDr. Dobroslavu Matějkovi, CSc., za moudré rady ohledně pedagogické části této práce.

Děkuji Mgr. Pavlu Bokrovi a Muzeu Českého krasu za možnost využití webu muzea.

Děkuji Mgr. Markétě Kleinové za rady z pohledu učitele z praxe a konzultace z oblasti českého jazyka a stylistiky. Děkuji svým rodičům a příteli, že mě při studiu a psaní této diplomové práce plně podporovali a umožnili mi nerušeně studovat a psát. Děkuji Eriku Bertovi za technickou podporu při práci s citačním programem.

Velké poděkování patří Základní škole Jana Kubelíka, Neveklov a paní ředitelce Mgr. Martině Šťástkové za možnost pilotně otestovat pracovní listy. A také bych ráda poděkovala žákům 9.A a 9.B za jejich ochotu, práci a zpětnou vazbu.

Také děkuji za rady doc. RNDr. Václavu Kachlíkovi, CSc., doc. RNDr. Petru Kraftovi, CSc., Mgr. Petru Fleissigovi, Mgr. Alexandře Chernomorets a Mgr. Matěji Šilingrovi.

Poděkování patří také Rudolfu Trnkovi a Geologické knihovně Přírodovědecké fakulty.

Obsah

Úvod.....	1
1. Pedagogická část.....	3
1.1 Kurikulární dokumenty.....	3
1.2 Klíčové kompetence.....	4
1.3 Čtenářská gramotnost.....	4
1.4 Pracovní listy	5
Úloha a funkce pracovních listů	5
Aktivizace	5
Didaktické hry.....	6
Příprava pracovního listu	6
Vývoj života na Zemi v učebnicích a pracovních sešitech	8
2. Vývoj života na Zemi.....	10
2.1 Prekambrium.....	11
Hadaikum.....	11
Archaikum.....	12
Proterozoikum.....	12
Ediakarská fauna.....	13
2.2 Paleozoikum.....	14
Kambrium	14
Ordovik	16
Silur.....	18
Devon.....	20
Karbon.....	23
Perm	25
2.3 Mesozoikum.....	27
Trias	28

Jura	31
Křída	33
2.4 Kenozoikum	36
3. Pracovní listy	37
3.1 Geologický čas a prekambrium	37
3.2 Putování kontinentů po Zemi	42
3.3 Tafonomická okna	44
3.4 Prvohory – moře plné života	46
3.5 Prvohory – výstup na souš	50
3.6 Druhohory	52
3.7 Vymírání	55
4. Testování pracovních listů	57
4.1 Geologický čas a prekambrium	57
4.2 Putování kontinentů po Zemi	61
4.3 Tafonomická okna	63
4.4 Prvohory – moře plné života	64
4.5 Prvohory – výstup na souš	66
4.6 Druhohory	67
4.7 Hromadná vymírání	68
5. Diskuse	70
5.1 Geologický čas a prekambrium	71
5.2 Putování kontinentů po Zemi	72
5.3 Tafonomická okna	73
5.4 Prvohory – moře plné života	74
5.5 Prvohory – výstup na souš	75
5.6 Druhohory	76
5.7 Hromadná vymírání	77

Závěr	78
Literatura.....	81
Online zdroje:.....	112
Přílohy	

Seznam zkratek a symbolů:

angl. – anglického

cit. – citováno

et al. – a kolektiv

GOBE – Great Ordovician Biodiversity Event – velká ordovická biodiverzifikační událost

K/Pg – hranice křídy a paleogénu

nakl. - nakladatelství

např. – například

obr. – obrázek

pH – potenciál vodíku

popř. – popřípadě

RVP – rámcový vzdělávací program

RVP ZV – rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

tj. – to jest

Úvod

Učivo vývoje života na Zemi poskytuje příležitost pro rozšíření způsobů uvažování žáků. Pohled do minulosti nám může pomoci lépe pochopit současnost a modelovat budoucnost. Za posledních několik miliard let prošel život na Zemi výrazným vývojem. V průběhu geologické historie se ekosystémy tvořily, vyvíjely a procházely různými krizemi. Ve společnosti bývá tento vývoj často chápán redukovane a antropocentricky, jako by vrcholil přítomností člověka na Zemi. V rámci této redukce je možné často narazit na, v lepším případě mlhavé, v horším případě zavádějící představy o vývoji Země a evoluci, které se pohybují v širokém rozmezí od neschopnosti si alespoň v obrysech představit geologický čas a seřadit některé hlavní události. Například pro mnoho lidí jsou trilobiti, dinosauři, mamuti a pračlověk zařazeni pod stejným pojmem „dávno“. Někteří lidé vnímají Zemi a živou neživou přírodu jako statický celek, bez časového rozměru. Tento způsob přemýšlení může vést v neschopnost pochopení základní premisy dynamiky vývoje interakcí mezi životem a jeho okolním prostředím, a to včetně široce diskutované současné globální změny klimatu. Poznání a co nejlepší pochopení historie Země je zásadní pro chápání širších souvislostí v dnešním světě.

Pokrytí tohoto učiva v pracovních sešitech je často velmi povrchní a v mnoha případech je zaměřeno spíše na ověřování vědomostí než na samotný proces získávání nových znalostí či aktivizaci žáků.

V současné době je kladen důraz na moderní formy výuky a na rozvíjení klíčových kompetencí, čehož je možné dosáhnout vhodnými metodami za aktivní účasti žáků (Petty 2013).

Z těchto důvodů jsem chtěla vytvořit pracovní listy, které by mně i dalším pedagogům pomohly předat žákům učivo, a to způsobem, který bude rozvíjet klíčové kompetence žáků a aktivně je zapojí do vyučovacího procesu.

Cílem této diplomové práce je vytvořit, otestovat a zasadit do kontextu pracovní listy, jejichž použití bude možné ve výuce věnované učivu vývoje života na Zemi. Pracovní listy jsou navrženy způsobem, aby bylo možné je pro výuku tohoto učiva použít. Věřím, že alespoň u některých žáků bude mít toto zpestření výuky pozitivní vliv na jejich vztah k učivu nejen o vývoji života na Zemi.

Tato práce se v první části věnuje rámcovému vzdělávacímu programu a klíčovým kompetencím a také formám aktivizace, které mohou k rozvoji těchto kompetencí přispět. V další kapitole poskytuje aktuální a ucelený odborný rámec k tématům, kterými se pracovní listy zabývají. Ve své druhé polovině se tato diplomová práce věnuje popisu pracovních listů a výsledkům proběhlého testování.

1. Pedagogická část

Tato kapitola shrnuje odborné poznatky týkající se pedagogiky, didaktiky.

1.1 Kurikulární dokumenty

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV) uvádí ke vzdělávacímu tématu **Člověk a příroda – přírodopis** v oblasti **neživá příroda** toto učivo:

- **Země** – vznik a stavba Země;
- **nerosty a horniny** – vznik, vlastnosti, kvalitativní třídění, praktický význam a využití zástupců, určování jejich vzorků;
- **vnější a vnitřní geologické procesy** – příčiny a důsledky;
- **půdy** – složení, vlastnosti a význam půdy;
- **vývoj zemské kůry a organismů na Zemi** – geologické změny, vznik života, výskyt typických organismů a jejich přizpůsobování prostředí;
- **podnebí a počasí ve vztahu k životu** – význam vody a teploty prostředí pro život, ochrana a využití přírodních zdrojů, význam jednotlivých vrstev ovzduší pro život, vlivy znečištěného ovzduší a klimatických změn na živé organismy a na člověka;
- **mimořádné události způsobené přírodními vlivy** – příčiny vzniku mimořádných událostí, přírodní světové katastrofy, nejčastější mimořádné přírodní události v ČR (povodně, větrné bouře, sněhové kalamity, laviny, náledí) a ochrana před nimi.

Tato práce se vztahuje k bodu *vývoj zemské kůry a organismů na Zemi* a z části i k bodu *podnebí a počasí ve vztahu k životu*.

1.2 Klíčové kompetence

RVP–ZV definuje klíčové kompetence jako „*souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot důležitých pro osobní rozvoj a uplatnění každého člena společnosti*“.

Jmenuje tyto kompetence:

- kompetence k učení,
- kompetence k řešení problémů,
- kompetence komunikativní,
- kompetence sociální a personální,
- kompetence občanské,
- kompetence pracovní,
- kompetence digitální.

Člověk, který si osvojil klíčové kompetence, je flexibilně schopen uplatňovat nové vědomosti a způsoby chování, které se naučil (Belz & Siegrist 2001).

1.3 Čtenářská gramotnost

Čtenářskou gramotnost definuje Altmanová *et al.* (2011) následovně:

Čtenářská gramotnost je celoživotně se rozvíjející vybavenost člověka vědomostmi, dovednostmi, schopnostmi, postoji a hodnotami potřebnými pro užívání všech druhů textů v různých individuálních i sociálních kontextech.

Čtenářská gramotnost staví na schopnosti dekódovat psaný text (Altmanová *et al.* 2011). Osvojení čtenářské gramotnosti je považováno za základ, který je potřebné si osvojit již během základního vzdělávání (Wildová 2012). Se zapojením již získaných znalostí buduje porozumění tématu (Altmanová *et al.* 2011).

1.4 Pracovní listy

Pracovní listy jsou považovány za materiální didaktické prostředky, které se řadí mezi textové pomůcky (Frýzová 2014). Podle Koláře *et al.* (2012) slouží jako alternativa k pracovnímu sešitu a jsou často tematicky zaměřené a samostatné. Petty (2013) charakterizuje pracovní listy jako materiály, které „obsahují sérii příkladů, otázek či praktických úkolů, někdy i shrnutí probírané látky.“

Pracovní listy umožňují učitelům, na rozdíl od pracovních sešitů, reagovat na specifické a aktuální potřeby třídy prostřednictvím zařazení konkrétních učebních úloh (Frýzová 2014). Slouží jako doplňující pomůcka pro výuku (Kolář 2012) a jsou často využívány jako doplňující didaktický prostředek, který nevyplňuje celou vyučovací hodinu (Frýzová 2014).

Úloha a funkce pracovních listů

Frýzová (2014) jmenuje a rozděluje úlohu pracovních listů následovně:

- motivační,
- aktivizační,
- posilující samostatnost žáků,
- sloužící k záznamu nových informací,
- k procvičování a fixaci učiva,
- individualizační a diferenciacní v přístupu k žákům,
- poskytující prostor pro tvůrčí činnost učitele,
- diagnostickou,
- prostředek sebehodnocení žáka,
- poskytující zpětnou vazbu pro rodiče.

Aktivizace

(Rambousek 2014) zmiňuje aktivizační aspekt didaktických prostředků. Pokud si má žák co nejvíce zapamatovat a dozvědět se, je třeba, aby byl při přijímání informace aktivní. Zmiňuje zapojení do diskuse, při kterém má žák tendenci zapamatovat si 70 % toho, co říká a píše. Oproti tomu uvádí, že při pouhém čtení je toto množství informací kolem 10 %.

Využití pracovních listů pro aktivizaci je vhodné i proto, že nejlepších výsledků lze dosáhnout aktivním učením, a to prostřednictvím zajímavých prací (Petty 2013).

Didaktické hry

Didaktická hra je v pedagogickém slovníku definována takto:

„Didaktická hra je analogie spontánní činnosti dětí, která sleduje (pro žáky ne vždy zjevným způsobem) didaktické cíle“ (Průcha et al. 2003).

Hra je prostředek žákům blízký, který vzbuzuje jejich přirozený zájem, podněcuje tvořivost, soutěživost a vytváří tak vnitřní motivaci (Průcha et al. 2003). Hra vyžaduje aktivitu při jednání a simuluje sociální procesy (Sochorová 2011). Je to způsob, jak zefektivnit kognitivní aktivitu žáků (Udovychenko et al. 2019).

Při použití hry ve výuce by měl učitel dbát na stanovení toho, jaký chce, aby měla hra výchovný a vzdělávací charakter, a jaké jsou didaktické cíle (Sochorová 2011).

V přípravné fázi je třeba zvážit, zda budou žáci hrát samostatně, či ve dvojicích nebo skupinách (Sochorová 2011) a jaká bude role učitele (Průcha et al. 2003). Je třeba vzít v potaz i místo, popřípadě čas, kde a kdy se bude hra hrát (Sochorová 2011). Může to být nejen v učebně, ale i v přírodě, na hřišti či v tělocvičně (Průcha et al. 2003). Spolu s cílem je třeba vybrat vhodnou fázi vyučovací hodiny a samozřejmě je třeba zvážit materiální náročnost pomůcek potřebných pro přípravu i samotnou hru (Sochorová 2011).

Učitel zadává instrukce žákům. Ty pro ně musí být srozumitelné, jasné a přiměřené jejich věku. Žákům musí být zřejmý cíl hry, případně časový rámeček (Sochorová 2011). Didaktická hra vyžaduje průběžné řízení a kontrolu pravidel (Průcha et al. 2003). Po skončení hry je důležitá hodnotící fáze, kdy učitel vhodným kladením otázek zjišťuje, co se žáci naučili, a pomáhá jim porozumět poznatkům, které hrou získali (Sochorová 2011). Závěrem je ještě vhodné společně shrnout nové poznatky a zajímavosti (Sochorová 2011).

Příprava pracovního listu

Následující body jsou syntézou textů Frýzové 2014 a Petty 2013.

Příprava a plánování obsahu:

- stanovit dílčí vzdělávací cíle vyučovací hodiny (Frýzová),
- rozčlenit obsah na části a číslovat otázky (Petty),
- stupňovat obtížnost úloh (Petty),
- zařadit otevřené otázky (Petty),
- promyslet pořadí úkolů (Petty),
- zajistit jasnost zadání bez snahy žáky nachytat (Petty),
- snažit se udělat pracovní list co nejzajímavější (Petty),
- inspirovat se z podoby pracovních listů různých nakladatelů (Petty).

Formátování a vizuální úpravy (Frýzová 2014):

- určit formát papíru,
- nastavit velikost písma,
- viditelně odlišit zadání,
- zvýraznit klíčová slova a případné negace,
- doplnit zdroje k převzatým obrázkům,
- určit celkový formát a vzhled.

Zadávání:

Při rozdání úkolu by hned v úvodu mělo být žákům vysvětleno, co mají dělat. Zároveň by zadání mělo mít i písemnou formu. Než žáci začnou pracovat, je třeba se ubezpečit, zda rozumí zadání, a případné nejasnosti jim upřesnit (Petty 2013).

Průběžná kontrola práce zajišťuje, aby se všichni žáci zapojili do vyučovacího procesu a zároveň může žáka včas nasměrovat, pokud má při řešení úkolu obtíže (Petty 2013).

Vývoj života na Zemi v učebnicích a pracovních sešitech

Lacina (Lacina 2020) analyzoval ve své bakalářské práci z hlediska rozsahu a obsahu zastoupení učiva *vývoje zemské kůry a organismů na Zemi*. Došel k závěrům, že všechny na trhu dostupné učebnice mají v nějaké míře v tomto tématu nedostatky. Nejméně zpracovaná témata jsou dle této analýzy rozložení kontinentů, klimatický vývoj a vymírání.

Pracovní sešity jsou svým charakterem podobné pracovním listům. Tato práce srovnává pracovní listy se sešity běžně dostupnými na trhu. Jedná se o:

- Nová škola: Přírodopis Geologie a ekologie (Matyášek *et al.* 2018; Matyášek & Klinkovská 2022),
- Fraus: Přírodopis 9 (Švecová *et al.* 2017a), který se vyskytuje i v kratší variantě *s přílohou Přehled učiva* (Švecová *et al.* 2007), *2v1* (Švecová *et al.* 2017b) a v rozsáhlejší variantě *s nadhledem* (Šmídl *et al.* 2019),
- Fortuna: Ekologický přírodopis 9 (Kvasničková & Tonika 2009),
- Taktik: Hravý přírodopis 9 (Knůrová *et al.* 2021),
- Prodos: Přírodopis 9 geologie – ekologie (Ševčík *et al.* 2017).

Pracovní sešit nakladatelství Prodos (Ševčík *et al.* 2017) se učivem vývoje Života na Zemi nijak nezabývá a do srovnání ho tato práce proto nezahrnuje. Pracovní sešity Matyáška *et al.* (2018; 2022) jsou totožné a liší se pouze barevností tisku. Stejně tak pracovní sešity od Švecové *et al.* (2007; 2017a; 2017b) jsou svým obsahem totožné.

Pracovní listy, kterým se věnuje tato práce, jsou tematicky zaměřené na:

- geologický čas a raný vývoj Země a život v prekambriu,
- pravděpodobnost a způsob zachování organismu v geologickém záznamu,
- příbuznost prvohorních skupin živočichů s recentními,
- vývoj šelfových moří v ordoviku, siluru a devonu,
- výstup na souš,
- amonity; dinosaury z hlediska délky jejich existence na Zemi,
- hromadná vymírání.

Geologickým časem a vývojem v prekambriu se částečně zabývá Ekologický přírodopis (nakl. Fortuna), Přírodopis s nadhledem (nakl. Fraus) a Hravý přírodopis (nakl. Taktik). Hravý

přírodopis se věnuje pohybu a rozložení kontinentů v mesozoiku a kenozoiku. Ekologický přírodopis a Přírodopis s nadhledem upozorňují, že se snáze zachovávají fosílie s pevnými schránkami. Vývoj šelfových moří v ordoviku, siluru a devonu nebo příbuznost prvohorních a recentních skupin z části řeší sešity Geologie a ekologie (Nová škola) a Přírodopis s nadhledem. Ostatní sešity jen velmi obecně zmiňují existenci trilobitů v prvohorách. Výstup na souš zmiňuje Ekologický přírodopis v podobě otázky „*Ve kterém geologickém období přešel život na souš?*“

Hromadným vymíráním se nevěnuje žádný z pracovních sešitů. Některé sešity zmiňují dinosaury a amonity, avšak zaměřují se na skupiny z jiného pohledu než pracovní listy této diplomové práce.

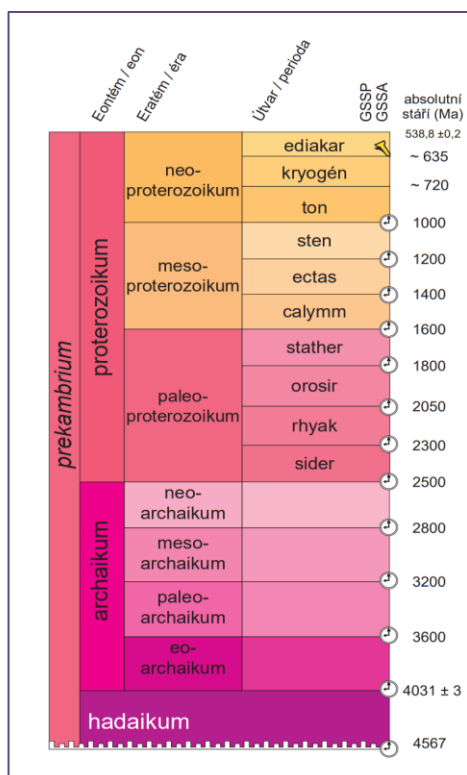
Všechny pracovní sešity jsou zaměřeny na samostatnou práci žáků a neobsahují žádné prvky kooperativních úloh.

2. Vývoj života na Zemi

Tato kapitola se věnuje vývoji života, prostředí na paleogeografickému vývoji Země v geologické minulosti. Zaměřuje se na období historie Země, kterému se věnují pracovní listy (viz kap. 3), tedy prekambriu, paleozoiku (prvohorám) a mesozoiku (druhohorám). Žádný z pracovních listů se nezaměřuje život v kenozoiku, proto podkapitola věnovaná kenozoiku obsahuje jen stručné shrnutí. Kapitola shrnuje současný stav poznání a poskytuje aktuální a ucelený odborný rámec pro témata vývoje života Zemi v období prekambria, paleozoika a mesozoika a dodává základní výchozí kontext pro informace, které jsou obsažené v pracovních listech. Měla by sloužit učitelům, kteří se rozhodnou využít pracovních listů nebo jejich částí, k získání širšího vhledu do problematiky. V podkapitole každého z útvarů je popsán paleogeografický a klimatický vývoj a také vývoj bioty v mořských, popř. i terestrických ekosystémech. Je zde věnován také prostor vymíráním tzv. *velké pětky* (Raup & Sepkoski 1982).

2.1 Prekambrium

Jako prekambrium je nazýváno období před kambriem – prekambrium tedy předcházelo prvnímu útvaru prvohor a v důsledku celému fanerozoiku. Je tvořeno hadaikem, archaikem a proterozoikem (obr. 1) (Cohen *et al.* 2013).



Obr. 1 Chronostratigrafická tabulka prekambria, verze 2023/9 (Cohen *et al.* 2013).

Hadaikum

Hadaikum je označení pro interval ve vývoji Země, ze kterého nejsou dochované žádné horniny (Strachan *et al.* 2020). Předpokládá se, že Země vznikala současně se zbytkem sluneční soustavy (Allègre *et al.* 2008). Během hadaika docházelo k četným kolizím vesmírných těles s formující se Zemí (Nisbet & Sleep 2001). Podle hypotézy velkého impaktu (Giant impact hypothesis) došlo brzy po vzniku Země i ke srážce s protoplanetou Theia, což vymrštilo do prostoru velké množství materiálu, ze kterého se zformoval Měsíc (Cameron & Benz 1991; Halliday 2000; Hartmann 2014).

Archaikum

Báze archaika je definována od 4031 mil. \pm 3 mil. (Halla *et al.* 2024), což je stáří datované podle nejstarších datovaných hornin z Kanadského kratonu (Bowring & Williams 1999; Strachan *et al.* 2020). Je rozděleno na eoarchaikum, paleoarchaikum, mesoarchaikum a neoarchaikum (Cohen *et al.* 2013).

Možnosti, jak nalézt první doklady života, jsou velmi limitovány. První organismy pravděpodobně byly mikroskopické a neinkrustované (Schopf 2021). Takové mají velmi nízký fosilizační potenciál (Allwood *et al.* 2006; Schopf 2021).

Z archaika jsou dochovány mikroskopické struktury připomínající bakterie, které jsou interpretované jako mikrofosílie (Schopf 2006; Schopf *et al.* 2007). Dalším důležitým dokladem o životě jsou chemofosílie, které by mohly být pozůstatkem po mikrobiální aktivitě v době vzniku horniny (Walter & Allwood 2005). A třetím podstatným dokladem raného života jsou stromatolity. Ty se objevují už od paleoarchaika (Lowe 1980; Allwood *et al.* 2006; Schopf 2006).

Od archaika se také objevují železné usazeniny o značných mocnostech, které jsou spojovány zejména s nárůstem kyslíku v moři, což bylo pravděpodobně způsobené mimo jiné působením fotosyntetizujících organismů, ačkoliv příčiny jsou hojně diskutovány (Konhauser *et al.* 2017).

Proterozoikum

Báze proterozoika je definována chronometricky 2,5 mld. let (Plumb 1991). Proterozoikum je děleno na paleoproterozoikum, mezoproterozoikum a neoproterozoikum a končí s bází kambria, která je současně datována na 538.8 \pm 0.2 mil. let (Landing 1994; Cohen *et al.* 2013).

K širokému rozšíření stromatolitů, které se objevují už v archaických horninách (viz výše), došlo přibližně kolem začátku proterozoika cca 2,5 až 2,3 mld. let (Awramik & Sprinkle 1999). V paleoproterozoiku došlo k přechodu od silně redukční anoxické atmosféry s velmi nízkým obsahem kyslíku (méně než 10^{-5} současné hodnoty) (Goldblatt *et al.* 2006) k oxické atmosféře (Gumsley *et al.* 2017). Předpokládá se, že při zvyšování kyslíku v prostředí došlo k výraznému zpoždění ve vývoji v atmosféře oproti mělkým mořím (Konhauser *et al.* 2017).

Když se rozšířily fotosyntetizující organismy, zvyšující se množství kyslíku v prostředí se tak stalo pro anaerobní život toxické (Falkowski 2006). Je pravděpodobné, že to představovalo pro

fotosyntetizující bakterie evoluční a konkurenční výhodu (Sessions *et al.* 2009). S nárůstem kyslíku je spojován i vznik eukaryot (Fedonkin 2003).

V mezoproterozoiku pokračovala oxygenace oceánu i zvyšování diverzity mikroorganismů včetně eukaryot (Zhang *et al.* 2018).

Neoproterozoikum je nejmladší érou proterozoika. Dělí se na tři útvary: ton, kryogen a ediakar (Cohen *et al.* 2013). Během kryogenu došlo ke dvěma velkým zaledněním – takzvané Snowball Earth¹ (Hoffman *et al.* 2017).

Posledním útvarem neoproterozoika je ediakar začínající před přibližně 635 mil. let (Cohen *et al.* 2013) proslulý nálezy tzv. ediakarské fauny.

Ediakarská fauna

V ediakaru se objevují evolučně významné fosilní nálezy. Jde o první zaznamenanou radiaci makroskopických eukaryot (Darroch *et al.* 2018) se složitými tělními plány (Narbonne 2005). Pojem ediakarská fauna se používá pro taxonomicky a evolučně nehomogenní skupinu organismů, kam můžeme zařadit jak makroskopické kolonie bakterií (Dunn & Liu 2019), tak skupiny, které lze s větší i menší mírou jistoty řadit mezi metazoa (Seilacher *et al.* 2003; Dunn *et al.* 2022). Z komplexnosti tělních plánů metazoi lze předpokládat, že tato skupina vznikla už před ediakarem (Seilacher *et al.* 2003).

Původně byla ediakarská fauna považována za slepou větev evoluce (Buss 1994; Shen *et al.* 2008), novější výzkumy však ukazují na vzájemnou podobnost mezi asociacemi ediakarské a kambrické fauny (MacGabhann 2014; Darroch *et al.* 2018; Dunn & Liu 2019) a zároveň poukazují na značné odlišnosti v rámci ediakarské fauny. Podle Darrocha *et al.* (2018) jsou nejmladší společenstva z této periody evolučně bližší kambrickým nálezům z burgesských břidlic, než starším ediakarským (MacGabhann 2014). Proto někteří autoři od tohoto souhrnného označení postupně upouští (MacGabhann B. A. 2007; MacGabhann 2014).

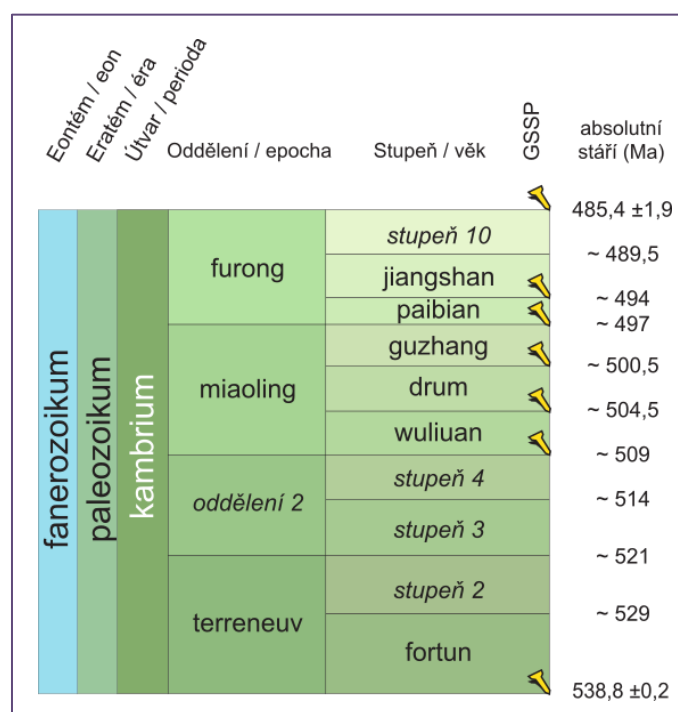
¹ snowball z angl. sněhová koule, Earth z angl. Země

2.2 Paleozoikum

Paleozoikum (neboli prvohory) začínají kambriem a končí permem (Cohen *et al.* 2013). Toto období začíná velkou diverzifikací – kambrickou explozí – a končí největším vymíráním v historii života (Raup & Sepkoski 1982). Tradičně se rozděluje na starší paleozoikum (kambrium, ordovik, silur a devon) a mladší paleozoikum (karbon a perm) (Pokorný *et al.* 1992).

Kambrium

Nejstarším útvarem paleozoika je kambrium (Cohen *et al.* 2013), se stratotypem na Newfoundlandu (Brasier *et al.* 1994). Báze kambria je definovaná přítomností ichnofosílie (zkamenělé stopy) *Treptichnus pedum* (Brasier *et al.* 1994; Buatois 2018). Kambrium je děleno na 4 oddělení: terreneuv, oddělení 2, miaoling a furong (obr. 2) (Cohen *et al.* 2013).



Obr. 2 Chronostratigrafické členění kambria (Cohen *et al.* 2013).

V kambriu se většina kontinentů nacházela na jižní polokouli. Největším a nejjihněji položeným kontinentem byla Gondwana. Dalšími významnými kontinenty byly Baltika, Sibérie a Laurentie (Torsvik & Cocks 2016). Mezi Laurentií a Gondwanou se rozkládal oceán Iapetus (Nance *et al.* 2012; Robert *et al.* 2021).

Celkově bylo klima v kambriu teplé a hladina oceánů byla relativně vysoká (Babcock *et al.* 2015). Podnebí je označováno za skleníkové (Hearing *et al.* 2018; Wong Hearing *et al.* 2021).

Vývoj bioty

V průběhu kambria je ve fosilním záznamu pozorovatelný značný nárůst biodiverzity a nárůst disparity, tj. diverzifikace tělních plánů (Brusca *et al.* 2022), pro který je tradičně používán název kambrická exploze (Zhuravlev & Wood 2018). V kambriu se objevují všechny² dnešní živočišné kmeny, které z fosilního záznamu známe (Valentine 1995; Zhang *et al.* 2021).

Podstatnou evoluční novinkou kambrické bioty je biomineralizace, díky které se zvyšuje potenciál pro zachování organismů ve fosilním záznamu. Sice je možné najít biomineralizované skelety už v nejsvrchnějším neoproterozoiku (Knoll 2003), avšak na počátku kambria se tento fenomén objevuje masivně (Hughes & Heim 2005).

V kambriu se objevují např. první trilobiti, agnostidi a také další fauna s pevnou schránkou, jako jsou různé další členovci, ramenonožci, ostnokožci, nebo hyoliti (Morris & Whittington 1979; Brusca *et al.* 2022; Slater & Bohlin 2022). Díky lokalitám s výjimečným způsobem zachování se z kambria dochovaly i fosílie měkkých částí těchto živočichů, či fosílie organismů zcela bez biomineralizovaných struktur. Mezi tyto organismy patří např. různé typy červů či zvláštní živočichové skupiny radiodonta, patrně příbuzní členovcům (Morris & Whittington 1979).

Náhlý nárůst skeletální fauny v kambriu byl dobře známý již v počátcích vědeckého zpracování historie Země. V důsledku zdánlivé absence zkamenělin v horninách před kambriem bylo toto období nazýváno azoikum, což změnilo až první nálezy proterozoických stromatolitů americkým paleontologem Walcottem (souhrn Schopf 2021).

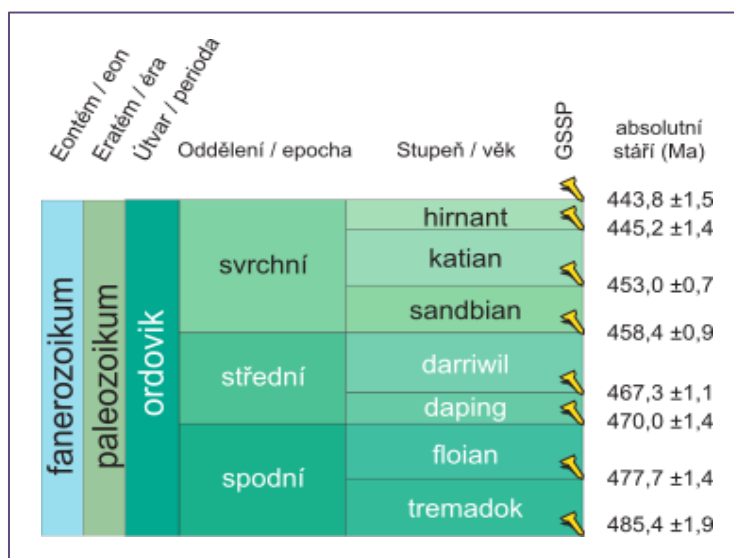
Na přelomu neoproterozoika a kambria pozorujeme také velký nárůst diverzity ichnofosilií (Mángano & Buatois 2016; Parry *et al.* 2017; Oji *et al.* 2018; Turk *et al.* 2024). Dochází k diverzifikaci ekologických strategií a proniknutí do nových ekologických nik a stejně tak vznikají i nové strategie obživy – původní šíření povrchu už nebylo mezi rostoucí konkurencí postačující (Hughes & Heim 2005).

² Vedou se diskuse o přítomnosti mechovců (Zhang *et al.* 2021; Yang *et al.* 2023).

Objevují se první útesy, které jsou utvářeny mnohobuněčnými živočichy. V kambriu jsou tvořeny hlavně archeocyáty (Scrutton 2001; Rowland & Shapiro 2002).

Ordovik

Ordovik je druhým útvarem prvohor. Jeho báze je definována prvním výskytem konodonta *Iapetognathus fluctivagus* v západním Newfoundlandu (Cooper *et al.* 2001). Ordovik je rozdělován na tři oddělení: spodní, střední a svrchní (obr. 3) (Cohen 2013).



Obr. 3 Chronostratigrafické členění ordoviku (Cohen *et al.* 2013).

Na přelomu kambria a ordoviku dosáhl oceán Iapetus své maximální rozlohy a v průběhu ordoviku se začal uzavírat (Torsvik & Cocks 2016). V této době se začal tvořit rift nově vznikajícího Rheického oceánu (Nance 2010; Nance *et al.* 2012), který od Gondwany oddělil nový kontinent Avalonie.

Ve spodním nebo středním ordoviku započal trend ochlazování klimatu (Vandenbroucke *et al.* 2010), které mohlo mít vliv na rozvoj biodiverzity (Cocks & Torsvik 2021; Ontiveros *et al.* 2023). V himantu tento trend vyvrcholil významnou glaciací a měl za následek první fanerozoické masové vymírání, tradičně řazené do tzv. *velké pětky* (Sepkoski 1996; Cocks & Torsvik 2021).

Nárůst biodiverzity (GOBE)

Z hlediska vývoje života je ordovik obdobím, ve kterém dochází k další významné biodiverzifikaci organismů. Tento proces, který je pozorovatelný na úrovni druhů, rodů ale i vyšších taxonomických jednotek (Webby 2002; Stigall *et al.* 2019) se nazývá velká ordovická biodiverzifikační událost (tzv. GOBE). Přesný charakter této události je dodnes předmětem diskusí (Alroy *et al.* 2008; Fan *et al.* 2020; Servais *et al.* 2023), tradičně ovšem bývá GOBE od kambriického nárůstu biodiverzity oddělována (Benton & Harper 2009). Výrazně diverzifikují trilobiti, ramenonožci, plži, mlži a hlavonožci (Servais & Harper 2018).

Jednou z nejvýznamnějších skupin vúdčích zkamenělin ordoviku jsou graptoliti. Ačkoliv se bentické formy graptolitů (řád Dendroidea) objevují už v kambriu (Durman & Sennikov 1993), od ordoviku se rychle vyvíjí také formy planktonní (Graptoloidea) (Xu *et al.* 2006; Maletz 2017). Právě jejich rychlá evoluce, faciální nezávislost a globální distribuce je klíčová pro biostratigrafické členění ordoviku a siluru a má význam i ve spodním devonu (Maletz 2017). Dalšími významnými vúdčími fosíliemi ordoviku jsou konodonti a chitinozoa (Goldman *et al.* 2023).

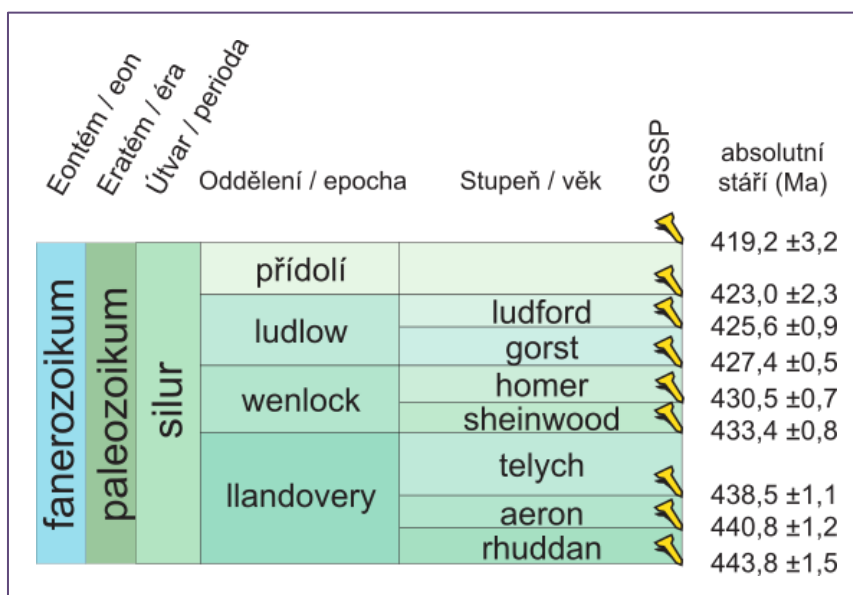
Útesy spodního ordoviku jsou tvořeny zejména houbovci, ve středním ordoviku nabyli významu také mechovci (Scrutton 2001). Útesy ve svrchním ordoviku tvořili hlavně deskatí (tabulární) koráli, stromatopory a mechovci (Pruss *et al.* 2023).

Ordovické vymírání

Na konci ordoviku dochází vlivem globální změny klimatu k jednomu z největších vymírání historie Země – druhému největšímu z tzv. *velké pětky* (Raup & Sepkoski 1982; Stanley 2016). Příčinou bylo krátké intenzivní zalednění, které způsobilo dva pulzy vymírání. K prvnímu pulzu došlo na začátku zalednění, když došlo k obnažení šelfů v důsledku poklesu hladiny oceánu (Brenchley 2000). Glikson (2023) diskutuje, že možným spouštěčem zalednění mohl být impakt meteoritu. K druhému pulzu vymírání došlo na konci tohoto zalednění (Sheehan 2001). Existují názory, že se jednalo pouze o událost s jedním pulzem vymírání (Wang *et al.* 2019). Harper *et al.* (2014) předpokládá, že šlo o souhru více příčin. Při tomto vymírání dochází k výraznému poklesu celkové diverzity mořských živočichů (Raup & Sepkoski 1982; Fan *et al.* 2020).

Silur

Po ordoviku následuje útvar silur, který je nejkratším obdobím paleozoika (Cohen *et al.* 2013). Jeho bázi definuje první objevení graptolita *Akidograptus ascensus* na stratotypu Dob's Linn ve Skotsku (Holland 1985). Je rozčleněn na čtyři oddělení: llandovery, wenlock, ludlow a přídolí (obr. 4) (Cohen *et al.* 2013).



Obr. 4 Chronostratigrafické členění siluru (Cohen *et al.* 2013).

Mezi Baltikou, Laurentií a Avalonií se ještě na počátku siluru rozkládal oceán Iapetus, k jehož uzavření došlo v průběhu siluru. Spojením Laurentie, Baltiky a Avalonie vznikl v rovníkové oblasti kontinent Laurussie za doprovodu kaledonské orogeneze, která vrcholila v druhé polovině siluru (McKerrow *et al.* 2000). Od Gondwany, která se nacházela na jižní polokouli, odděloval stále Laurussii rozsáhlý Rheický oceán (Cocks 2001; Torsvik & Cocks 2016).

V raném siluru se zvyšovala hladina oceánu vlivem nárůstu teploty a tání ledovců. Mořské proudění nedostatečně okysličovalo dno a celosvětově častým jevem spodnosilurských usazenin je výrazná anoxie (Brenchley 2000; Melchin *et al.* 2020). Jemnozrné anoxické černé usazeniny bývají plné graptolitů, a tato (pro starší část siluru charakteristická) hornina se nazývá černé graptolitové břidlice (Štorch 2023). Po ordovickém vymírání se uvolňují niky a znovu roste diverzita (Krug & Patzkowsky 2004).

Vývoj bioty

Mořské sledy siluru lze podrobně korelovat díky rychlé speciaci graptolitů, kteří jsou stejně jako v ordoviku stratigraficky významní. Spolu s konodonty jsou hlavní skupinou, na kterých stojí silurská biostratigrafie (Melchin *et al.* 2020).

Mezi hojné bentické organismy patří v siluru například ramenonožci, mlži a plži (Watkins 1996). Po ordovickém vymírání klesla celková diverzita trilobitů, ale i tak brzy divezifikují (Adrain *et al.* 2000). V tropické oblasti objevují útesy tvořené deskatými a drsnatými (rugózními) korály, vápnitými řasami, mechovci a lilijicemi (Copper & Jin 2012). S rostoucí potravní nabídkou se vyvíjí i predátoři. Výraznými predátory silurské periody jsou hlavonožci a eurypteridi (Brett & Walker 2002). Druzí zmínění později pronikají i do brakických a sladkých vod (Shear & Selden 2001).

Už od spodního siluru se prokazatelně objevili i trnoploutví a ze svrchního siluru pochází i nejstarší kostnaté ryby (Zhu *et al.* 2009).

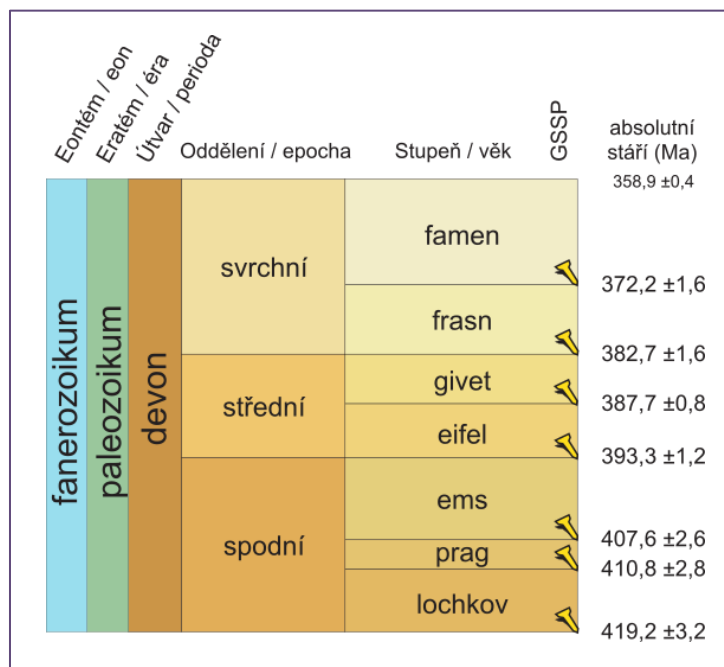
Silur je obdobím, ze kterého máme nejstarší prokazatelné makroskopické pozůstatky prvních cévnatých rostlin. Nejstarší dosud známou rostlinnou makrofosílií je *Cooksonia* nalezená poblíž Loděnice ve středních Čechách ve vrstvách wenlockého stáří (Libertín *et al.* 2003, 2018).

Vzhledem k tomu, že se jedná o již poměrně odvozenou rostlinu, musel vývoj rostlin probíhat již dříve, pravděpodobně v ordoviku, ale možná již v kambriu (Libertín *et al.* 2018). Z ordoviku jsou hojné nálezy spor (Edwards & Wellman 2001; Rubinstein *et al.* 2010). Je pravděpodobné, že se suchozemské rostliny se vyvinuly z parožnatek (Lewis & McCourt 2004) a předpokládá se, že se dosud neobjevené nejstarší rostliny podobaly dnešním mechům (Edwards & Wellman 2001; Kenrick *et al.* 2012).

V ludlow se objevují i první plavuně (Rickards 2000; Gensel & Berry 2001). Osídlení souše vytvořilo příznivé podmínky a zejména potravní nabídku pro živočichy. V siluru se na souši objevují první členovci, jako jsou např. mnohonožky. V nejmladším siluru už se po souši pohybovali i dravě se živící pavoukovci (Shear & Selden 2001).

Devon

Posledním útvarem spodního paleozoika je devon (Cohen *et al.* 2013). Je dělen na tři oddělení: spodní, střední a svrchní (obr. 5). Báze devonu má stratotyp v České republice v Klonku u Suchomast a je definována prvním výskytem graptolita *Monograptus uniformis* (Hladil 1991; Chlupáč & Vacek 2003).



Obr. 5 Chronostratigrafické členění devonu (Cohen *et al.* 2013).

Na začátku devonu dosáhl Rheický oceán, který odděloval Gondwanu od Laurussie a Sibérie svého maxima a během devonu se pozvolna uzavírá (Torsvik & Cocks 2016). Namísto něj se otevírá oceán Paleothetys, jehož rift začal vznikat už ve svrchním siluru (Torsvik & Cocks 2016).

Ve spodním devonu panuje teplé a aridní klima (Scotese *et al.* 2021). Během středního devonu dochází k ochlazení a přibývá srážek. Od svrchního devonu se postupně otepluje a tento trend pokračuje k hranici s karbonem (Scotese *et al.* 2021). V pozdním devonu došlo k rozsáhlému vymírání (viz níže, např. Sepkoski 1996).

Během devonu a spodního karbonu došlo k poklesu CO₂ v atmosféře (Royer *et al.* 2004; Berner 2006). Výrazný vliv na tento pokles měl nástup a široké rozšíření cévnatých rostlin (Algeo *et al.* 1995). Berner (2001) předpokládá, že uhlík obsažený v rostlinných pletivech byl snadno

pohřbíván. Zároveň rostliny urychlily procesy zvětrávání Ca a Mg silikátů, což mělo za následek další pokles obsahu CO₂. Tyto dva způsoby pokles CO₂ v atmosféře se podle něj projeví v permokarbonu paleozoika nejdelším a nejrozsáhlejším zaledněním celého fanerozoika.

Vývoj bioty

V mořské biotě je možné pozorovat proměnu, která je nazývána devonskou nektonní revolucí (Klug *et al.* 2010), kdy došlo k výraznému rozkvětu hlavonožců, i rybovitých obratlovců. Podle Whalena a Briggse (2018) ovšem není diverzita nektonu významně odlišná od diverzity v siluru. Kraft and Mergl (2022) tvrdí, že v cyklu fosforu došlo k přesunu fosforu od bentických k nektonním živočichům, a to obzvláště s rozšířením rybovitých obratlovců.

Výrazná evoluční změna ve složení mořské bioty byla iniciována nárůstem diverzity planktonu, ke kterému došlo v důsledku vyššího přínosu živin ze zalesňující se pevniny (Klug *et al.* 2010). Celková diverzita nebyla ovlivněna, protože došlo k poklesu diverzity bentických organismů (Klug *et al.* 2010).

Objevily se například i první dvojdyšné ryby (Kemp 2002), lalokoploutvé ryby (Zhu *et al.* 2012) a výrazně se rozšířily pancířnaté ryby, které se objevily už ve spodním siluru a od spodního devonu dominovaly mezi obratlovci (Young 2010).

Útesy svůj největší rozkvět zažily ve středním devonu, kdy dosáhly největšího rozšíření za celé paleozoikum (Copper 1994; Kiessling 2001, 2008). Hojně se vyskytují zejména koráli a stromatopory a také mechovky, ramenonožci, trilobiti nebo lilijice (Mergl 2022). Na konci devonu při velkém vymírání korálovo-stromatoporoidové prakticky vymizely (Copper 2002).

Devon je obdobím masivního rozkvětu vegetace (Niklas 1988). Poprvé dochází k zalesnění (např. Stein *et al.* 2012, 2020; Giesen & Berry 2013) a podíl lesů výrazně roste. Díky kořenům, které rostliny tvořily, došlo mimo jiné k rychlejšímu zvětrávání povrchu a rozšíření půdních typů (Becker R. T. *et al.* 2016), což usnadnilo další sukcesivní zarůstání pevniny (Algeo *et al.* 1995).

Předpokládá se, že hmyz vznikl právě v devonu (Rehm *et al.* 2011). Ze svrchního devonu je dochovaný nejstarší nález hmyzu (Prokop *et al.* 2005; Garrouste *et al.* 2012; Shear 2012), který je sporný (Hörschemeyer *et al.* 2013). Během devonu se rovněž pravděpodobně u některých

skupin hmyzu vyvinula schopnost létat (Wootton 2001), ačkoliv první nálezy okřídleného hmyzu (*Pterygota*) jsou až z nejsvrchnějšího mississipu (Prokop *et al.* 2005; Schachat *et al.* 2022).

Předpokládá se, že v devonu došlo k výstupu obratlovců na souš (Lucas 2021). Čtyřnožci (*Tetrapoda*) se vyvinuli pravděpodobně z lalokoploutvých ryb (Roček 1985; Ahlberg & Milner 1994). Stopy čtyřnožců a nálezy tetrapodomorfních ryb jsou známé z nálezů ze středního devonu (Daeschler *et al.* 2006; Niedźwiedzki *et al.* 2010; Lucas 2021). První zkameněliny čtyřnožců byly objeveny ve frásnu (Ahlberg 1995; Milner 2001).

Devonské vymírání

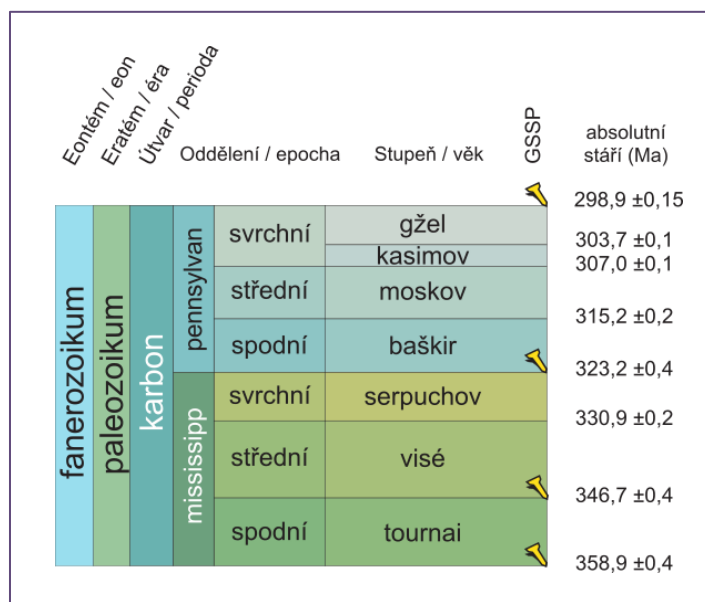
Na konci devonu dochází k hromadnému vymírání, které je řazeno do tzv. *velké pětky* (Sepkoski 1996). Toto vymírání je velmi zdlouhavé a jeho příčiny a průběh nejsou dosud dobře zmapované (viz např. Stigall 2012; Bond & Grasby 2017). Stanley (2016) předpokládá, že vymírání mělo dva výrazné pulzy, a sice jeden na konci stupně frasn a druhý na konci famenu, přičemž jsou oba tyto pulzy spojeny s ochlazením.

Jako další možnou příčinu vymírání diskutují někteří autoři i vulkanickou činnost (Racki *et al.* 2018). Jako další z příčin je diskutováno i masivní zalesnění a tím způsobené změny v chemismu půd a vod, které přitékaly do oceánů (Algeo *et al.* 1995). Dále se hovoří i o zpomalení speciace a celkovém kolapsu ekosystému (Stigall 2012).

Podle Fan *et al.* (2020) docházelo k pomalému úbytku diverzity už od středního devonu, což kontrastuje s náhlejším a výraznějším úbytkem biodiverzity, který pozorovala Alroy *et al.* (2008). Podle Stanley (2016) vyhynulo při frasn cca 16–20 % rodů, což dle něj není příliš vysoké číslo, ale tvrdí, že tato extinkce měla výrazný dopad zejména v ekologické rovině, jelikož trvale ovlivnila korálová a stromatoporní společenstva a také artikulátní ramenonožce. Famenský pulz je menší než předchozí z frasn, ale fakticky způsobil vymizení pancířnatých ryb (Carr 1994; Stanley 2016). Celkově také vymřela většina čeledí trilobitů (Owens 1990).

Karbon

Báze karbonu je definovaná na stratotypu ve Francii, a to prvním výskytem konodonta *Siphonodella sulcata* (Paproth *et al.* 1991). Tento stratotyp je však považován za nespolehlivý (ICS/gssp [online]). Chronostratigrafické dělení karbonu je netradiční (Cohen *et al.* 2013). Karbon je dělen na dva podútvary – spodní mississippi a svrchní pennsylvan, přičemž každý z těchto podútvárů je ještě rozdělen na spodní, střední a svrchní (obr. 6) (Cohen *et al.* 2013).



Obr. 6 Chronostratigrafické členění karbonu (Cohen *et al.* 2013).

Během mississippu nebyla ještě Pangea plně vytvořena (Lucas *et al.* 2022). Mezi Laurusí a Gondwanou s rozprostíral Rheický oceán, který se v karbonu začal zavírat (Nance 2010; Nance *et al.* 2012). K úplné amalgamací Laurusie a Gondwany v rámci vznikající Pangey došlo začátkem pennsylvanu (cca před 320 mil. let při stupni baškir) (Nance 2010; Torsvik & Cocks 2016).

Během devonu a spodního karbonu došlo k poklesu atmosférického CO₂ (Royer *et al.* 2004; Berner 2006; Qie *et al.* 2019). Tento pokles byl výrazně ovlivněn nástupem a rozšířením cévnatých rostlin (Berner 1999). Uhlík v rostlinných pletivech byl snadno pohřbíván, což bylo podpořeno rozsáhlým výskytem bažin (Berner 1999). Rostliny zároveň urychlily procesy zvětrávání silikátů, což vedlo k dalšímu snížení podílu CO₂ (Berner 2001). Tyto dva mechanismy poklesu atmosférického CO₂ přispěly k nejdelšímu a nejrozsáhlejšímu zalednění paleozoika, ke kterému došlo v permokarbonu (Royer *et al.* 2004; Qie *et al.* 2019).

Současně se od nejsvrchnějšího devonu během celého karbonu zvyšovalo množství kyslíku až na přibližně 35 % (viz Berner 1999 a citace v něm).

Vývoj bioty

Po devonském vymírání přežili do karbonu jen proetidní trilobiti (Owens 1990). Útesy spodního karbonu se měnily a postupně začaly převyšovat skeletální útvary korálů nad řasami. Uprostřed karbonu se s ochlazením změnilo složení útesů z korálovo-automikritových na houbovcovo-řasové (Webb 2002). Značnou radiaci prodělaly paryby (*Chondrichthyes*) a kostnaté ryby (*Actinopterygii*) (Johanson *et al.* 2019).

Na hranici mississippu a pennsylvanu došlo k tzv. serpuchovské krizi, při které vymřelo přes 24 % rodů mořských bezobratlých (Sepkoski 1996).

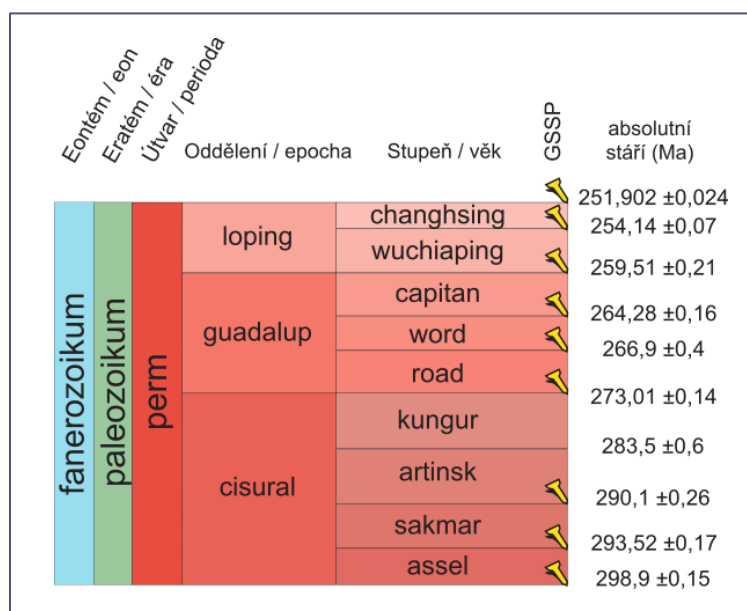
V karbonu nastaly změny ve složení flóry. Nejprve dominovaly výtrusné formy rostlin, ze kterých jsou hojné nálezy přesliček, plavuní a kapradin (Scheckler 1986). S aridizací ve vysokých zeměpisných šířkách začínají dominovat semenné rostliny a postupně se rozšiřují až k rovníku, kde se objevují při hranici karbonu s permem (DiMichele *et al.* 2001). Během karbonu vznikla nová skupina nahosemenných rostlin – kordaity, které vymizely v permu (Taylor *et al.* 2014).

Pokračuje diverzifikace hmyzu. Z přelomu mississippu a pennsylvanu jsou známé nálezy prvního okřídleného hmyzu (Shear & Kukulová-Peck 1990). Předpokládá se, že vysoký podíl kyslíku v atmosféře měl vliv na velikost hmyzu, který mohl narůst do velkých rozměrů (Graham *et al.* 1995; Dudley 1998).

Ve spodním pennsylvanu se objevují první plně vyvinuté plazi z podřádu *Captorhinomorpha*, avšak původ amniot se předpokládá již v mississippu (Reisz 1997). Z obojživelníků jsou známé nálezy srostloobratlých (Schoch 2009). V karbonu se také objevil a rychle diverzifikoval řád *Temnospondyli* náležící k vráskozubým obojživelníkům (Schoch 2009).

Perm

Perm je posledním útvarem paleozoika (Cohen *et al.* 2013). Dělí se na cisural, guadalup a loping (obr. 7) (Cohen *et al.* 2013). Báze permu se stratotypem v kazachstánu je definována prvním výskytem konodonta *Streptognathodus isolatus* (Davydov *et al.* 1998).



Obr. 7 Chronostratigrafické členění permu (Cohen *et al.* 2013).

Během permu dochází k finální amalgamací Pangey připojením Sibérie (Torsvik & Cocks 2016). Kolem Pangey se rozprostíral oceán Panthalassa a na východě mezi Pangeou a Severní Čínou se nacházel oceán Paleotethys. Právě v permu se Paleotethys začal zavírat a jižně od něj vznikala nový oceán Neotethys (Torsvik & Cocks 2016).

Ačkoliv v cisuralu ještě doznívalo svrchnokarbonské zalednění (Crowell 1982), dochází během celého permu k postupnému oteplování, které vrcholí na hranici s triasem, kdy došlo k největšímu vymírání ve fanerozoiku (Sepkoski 1996; Benton & Twitchett 2003).

Vývoj bioty

Mořská fauna ve spodním permu navazovala na tu svrchně-karbonskou (Košťák *et al.* 2011) a v průběhu permu narůstala celková rodová diverzita (Alroy *et al.* 2008). Na hranici guadalupu a lopingu došlo k biotické krizi (Clapham *et al.* 2009), která je spojována s vulkanismem (Shellnutt 2014; Huang *et al.* 2018).

Z přelomu karbonu a permu jsou známy první cykasy (Pott *et al.* 2010; Spiekermann *et al.* 2021). Skupiny jako jsou stromovité plavuně (Niklas *et al.* 1985) a stromovité kapradiny (Wignall 2005) byly na ústupu a oproti nim roste diverzita rodu *Peltaspermales* (DiMichele *et al.* 2005). Ve spodním permu začínají dominovat nahosemenné rostliny, což je považováno za následek aridizace (DiMichele *et al.* 2001; Štěch 2016). Ve středním permu se objevují první jinany (Zhiyan & Xiangwu 2006).

Objevují se nové skupiny anapsid, jako jsou např. *Proclophonia* (Daly 1969), *Mesosauria* (Modesto 2006), nebo diapsidní *Archosauromorpha* (Martinelli *et al.* 2017).

Největší vymírání fanerozoika

Ve svrchním permu došlo k hromadné extinkci, která je hodnocena jako největší vymírání ve fanerozoiku, a to jak na úrovni druhů, rodů a vyšších taxonomických skupin (Raup & Sepkoski 1982; Sepkoski 1996), tak i ekologických důsledků (McGhee *et al.* 2012).

Za primární spouštěč této krize jsou považovány rozsáhlé vývěry Sibiřských trapů (Erwin *et al.* 2002; Racki & Wignall 2005; Brand *et al.* 2012), avšak složité mechanismy a kauzality zpětných vazeb jsou stále diskutovány (Jurikova *et al.* 2020). Silná vulkanická činnost emitovala do atmosféry velké množství oxidu uhličitého, který způsoboval skleníkový efekt (Brand *et al.* 2012) spolu s metanem uvolněným z hydrátů, což bylo způsobeno intruzemi bazaltů do uhelných slojí (Berner 2002; Retallack & Jahren 2008).

Oproti tomu sulfáty emitované do atmosféry měly ochlazující efekt. Epizody globálního ochlazení měly kratší trvání (Brand *et al.* 2012), ale podle Roscher *et al.* (2011) měly větší vliv na distribuci klimatických zón, jelikož se z boreálních biotů stávaly tundry až polární pouště. Tyto oblasti měly vyšší albedo, což působilo další ochlazení.

Vymírání mělo dva výrazné pulzy. První na konci Guadalupu a druhý v nejsvrchnějším lopingu ve stupni Changhsing (Erwin *et al.* 2002; Racki & Wignall 2005). Vymírání mezi mořskými druhy bylo selektivní a nejvíce byli zasaženi epifaunni požírači suspenze (Erwin *et al.* 2002).

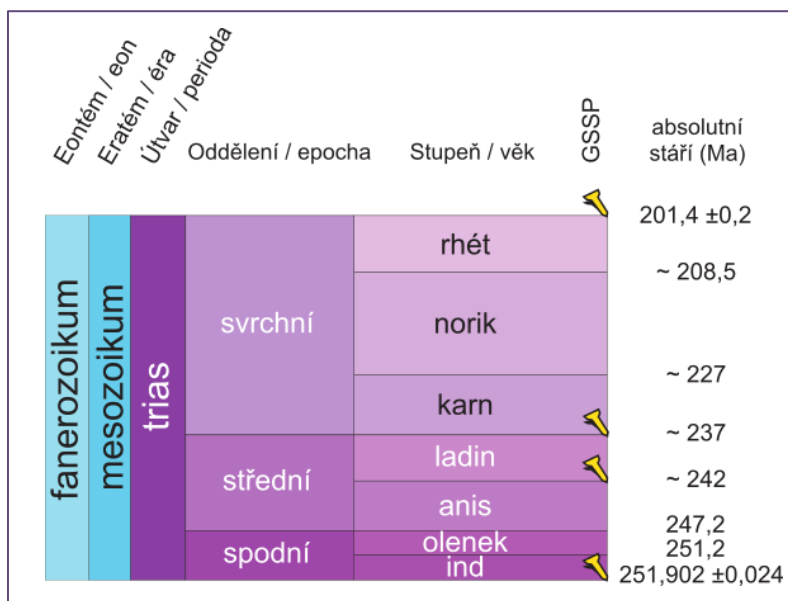
2.3 Mesozoikum

Mesozoikum neboli druhohory je eratem skládající se ze tří útvarů. Nejspodnějším útvarem je trias nad ním leží jura a nejsvrchnějším útvarem je křída (Cohen *et al.* 2013). Druhohory bývají tradičně označovány za věk plazů, byť se jedná o zjednodušené označení. Na počátku se svět vzpamatovával z velkého vymírání na přelomu permu a triasu, na hranici triasu a jury došlo k dalšímu vymírání a na konci druhohor dochází ke známému vymírání z konce křída (Raup & Sepkoski 1982), při kterém vymřeli mimo jiné i neptačí dinosauři (Brusatte *et al.* 2015a).

Následkem masivního vymírání na konci prvohor došlo v druhohorách k výrazné proměně ekosystémů, které se *de facto* znovu tvořily, a to včetně rostoucí komplexity interakcí mezi druhy. U mnoha skupin se vyvíjí durofágie (schopnost konzumace organismů s tvrdou schránkou), např. u hlavonožců nebo mořských plazů jako jsou plakodonti nebo někteří ryboještěři (Kelly & Hansen 2000). A spolu s nimi došlo k proměnám fauny s pevnou schránkou (Kelly & Hansen 2000; Baumiller *et al.* 2010). Někdy je tato proměna nazývána mesozoickou mořskou revolucí (Kelly & Hansen 2000), ač je pojem *revoluce* pro událost trvající desítky milionů let podle Lucase a Hunta (2023) příliš hyperbolický.

Trias

Báze triasu je definována na stratotypu v Číně prvním výskytem konodonta *Hindeodus parvus* (Hongfu et al. 2001). Trias je dělen na spodní, střední a svrchní (obr. 8) (Cohen et al. 2013).



Obr. 8 Chronostratigrafické členění triasu (Cohen et al. 2013).

Trias je posledním útvarem existence Pangey. Na konci triasu se začaly objevovat rifty předznamenávající budoucí vznik Atlantského oceánu (Benton 2016). Podnebí bylo v triasu relativně vyrovnané a teplé. Póly nebyly zaledněny (Benton 2016). Na počátku svrchního triasu ve stupni karn dochází k tzv. karnské pluviální události. Fossilní záznamy ukazují, že během této události došlo k vymírání mnoha druhů a zároveň k rychlé expanzi a diverzifikaci jiných skupin včetně dinosaurů, kteří se začali výrazně šířit právě po této události (Benton et al. 2018; Bernardi et al. 2018; Dal Corso et al. 2020).

Vývoj bioty

Na počátku triasu ještě doznívá permské vymírání, po kterém se ekosystém začal vzpamatovávat. Názory na to, jak brzy po hranici permu a triasu nová radiace začala, se liší (Alroy et al. 2008; Fan et al. 2020). Počáteční bentická společenstva byla charakteristická nízkou diverzitou a byla tvořena malými oportunistickými organismy, které přeživaly v prostředích s nízkým obsahem kyslíku, v nichž většinu mořského dna pokrýval mikrobiální mat (Benton & Twitchett 2003). S postupně rostoucím kyslíkem se ekologická diverzita

prostředí zvyšovala (Twitchett 1999; Benton & Twitchett 2003). Vznikly například větevníci (moderní skupina šeterečných korálů) (Brusca *et al.* 2022).

V triasu dochází k diverzifikaci paprskoploutvých, dvojdyšných a lalokoploutvých ryb (Lucas & Orchard 2005). Objevují se také první praví žraloci (Cuny & Benton 1999). V triasu pronikají do mořského prostředí čtyřnožci (Benson *et al.* 2012), velmi rychle začali v mělkých vodách dominovat mořští plazi; hojní byli notosauři (Liu *et al.* 2014), tallatosauři (Merriam 1904) a placodonti (Neenan *et al.* 2013). Také se objevili ichtyosauři (Motani 2005) a plesiosauři (Benson *et al.* 2012), kteří svůj největší rozvoj zažili až v juře a křídě (Lucas & Orchard 2005). Ze svrchního triasu je známá první želva (Li *et al.* 2008).

Vymírání z konce permu mělo zásadní vliv na vývoj hmyzu, když vyhubilo většinu paleozoických linií. Do triasu přežily převážně hemipteroidní a holometabolické taxony. Moderní hmyzí fauna představovala samostatnou makroevoluční radiaci do stejných ekologických nik, které byly dříve obsazené paleozoickou faunou (Labandeira & Sepkoski 1993; Labandeira 1997, 2000; Anderson *et al.* 1998).

V triasu dochází k přechodu od fauny, ve které dominovali synapsidní obratlovci, k fauně s dominantními dinosaury (Benton *et al.* 2018). Ti se objevili v karnu (Langer *et al.* 2010) a po karnské pluvialní události velmi rychle diverzifikovali (Benton *et al.* 2018; Bernardi *et al.* 2018). Mimo nich se tato diverzifikace projevila i u dalších moderních skupin, jako jsou savci, želvy, krokodýli (Bernardi *et al.* 2018). Ve svrchním triasu se objevili první savci (Clemens 1970; Hopson 2000). Ze spodního triasu je známý nález první pažáby (Ascarrunz *et al.* 2016).

Vymírání svrchního triasu

Svrchní trias je charakteristický zvýšenou mírou extinkce a nízkou rychlostí speciace (Bambach *et al.* 2004). Toto vymírání se řadí do tzv. *velké pětky* (Raup & Sepkoski 1982). Vymírání mělo podle Bentona (1986) nejméně dvě fáze. První během karnu a druhou na hranici triasu a jury (Benton 1986).

Příčin vymírání je diskutováno více. Hovoří se zejména o vulkanismu spojeném se vznikajícím riftem centrálního atlantiku (Tanner *et al.* 2004). Dále je vymírání spojováno s nárůstem atmosférického CO₂, s globálním oteplením (Jaraula *et al.* 2013) a se změnami humidity (Tanner *et al.* 2004; Ruffell *et al.* 2016). Nejsou vyloučeny ani impakty meteoritů a je známo

několik kráterů svrchnětriasového stáří (Tanner *et al.* 2004), avšak jejich globální vliv na biotu nebyl prokázán (Onoue *et al.* 2012).

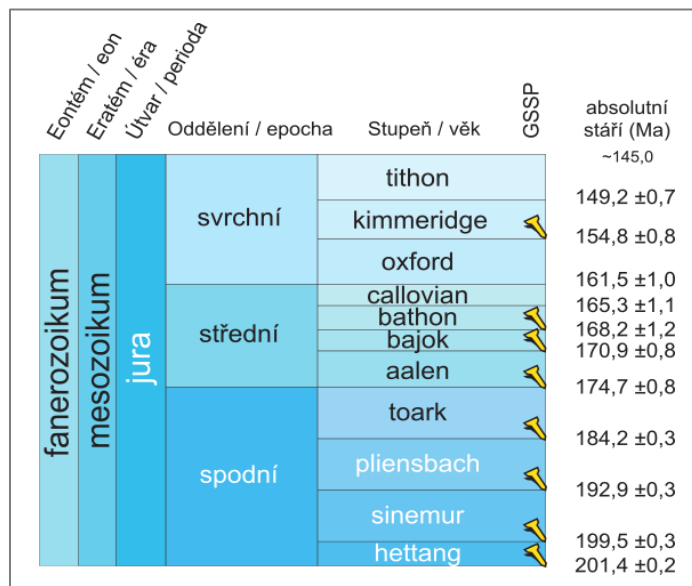
Při karnské pluvialní události došlo pravděpodobně v některých oblastech k výraznému nárůstu výskytu dešťů (Simms & Ruffell 1989), ovšem globálně zvýšenou humiditu některé výzkumy odmítají (Visscher *et al.* 1994). Karnská pluviální událost je spojována s vulkanismem a globálním oteplením (Ruffell *et al.* 2016).

V noriku došlo k aridizaci, což mohlo vést k poklesu suchozemské biodiverzity (Tanner *et al.* 2004). To se dotklo zejména tetrapodů (Benton 1989; Lucas & Tanner 2015) a také hmyzu (Benton 2001). Z rostlin se jednalo o větev kaprad'osemenných rostlin (*Peltaspermales*) (Lucas & Tanner 2015).

Více než terestrické prostředí bylo zasaženo mořské prostředí. V karnu vymřela přibližně třetina mořských rodů (Sepkoski 1996; Dal Corso *et al.* 2020). Výrazně byli zasaženi hlavonožci, zcela vymřeli ceratiti, kteří ještě v karnu čítali 150 rodů ve 46 čeledích (House & Kerr 1989; Benton 2001). Vymírání zasáhlo také spongie, plže, mlže, ramenonožce a mořské plazy (Benton 2001).

Jura

Prostředním druhohorním útvarem je jura. Je dělena na spodní, střední a svrchní (obr. 9) (Cohen *et al.* 2013). Báze jury se stratotypem v Rakousku je definována prvním výskytem ammonita *Psiloceras spelae tirolicum* a prvním objevením dírkonošce *Praegubkinella turgescens* (Hillebrandt *et al.* 2013).



Obr. 9 Chronostratigrafické členění jury (Cohen *et al.* 2013).

V juře pokračoval rozpad Pangey a vznik Centrálního Atlantiku (Torsvik & Cocks 2016). Indii od Afriky odděloval otevírající se západní Indický oceán (Frizon de Lamotte *et al.* 2015) a mezi Antarktidou Austrálií se začal tvořit rift (Zinsmeister 1987)

Klima je teplé a teploty se pohybují přibližně o 5–10 °C výše než v současnosti (Sellwood & Valdes 2008), a podle Mikhailové *et al.* (2021) se mohly v arktických oblastech pohybovat v zimě teploty i kolem bodu mrazu. Hladina CO₂ je přibližně 4x vyšší než v současnosti (Sellwood & Valdes 2008).

Během jury přerušovaně stoupá hladina světového oceánu (Hallam 2001). Tyto změny jsou přisuzovány deskové tektonice a vznikajícímu Atlantskému oceánu (Hallam 2001).

Vývoj bioty

Vymírání na přelomu triasu a jury přežily z ammonoidních hlavonožců pouze dva rody (House & Kerr 1989), jejichž diverzita během jury velmi rychle roste (Guex 1995). Díky svému širokému rozšíření se stali rychle stratigraficky významnou skupinou (Iba *et al.* 2012). Poprvé se v juře objevují i planktonní foraminifery (Hart *et al.* 2003; Pawlowski 2009; Gradstein *et al.* 2021).

Hojně se rozšiřují i belemniti (Iba *et al.* 2012), jejichž schránky jsou využívány pro paleoekologické rekonstrukce a klimatických změn v druhohorách za pomoci izotopů kyslíku, uhlíku a stroncia (např. (Urey *et al.* 1951; McArthur *et al.* 2007; Mutterlose *et al.* 2010; Geist *et al.* 2023). Pro paleoekologické rekonstrukce prostředí se pro svou morfologickou rozmanitost používají také schránky mlžů (Radley 2002).

Z obratlovců převažují paprskoploutvé ryby (Page 2005). V juře vznikli také moderní žraloci a rejnoci (Johanson *et al.* 2019). Z vodních plazů byli pro juru charakterističtí ichtyosauri, plesiosauri a pliosauri (Page 2005). Také se objevili první tzv. mořští krokodýli (Steel & Buffetaut 2016) a ve svrchní juře také mořské želvy (Bardet 1994).

Kromě zvyšujícího se množství durofágních taxonů se jako odpověď na tento evoluční trend od střední jury zvyšoval podíl infaunních druhů a tento trend vrcholil později v křídě (Kelly & Hansen 2000).

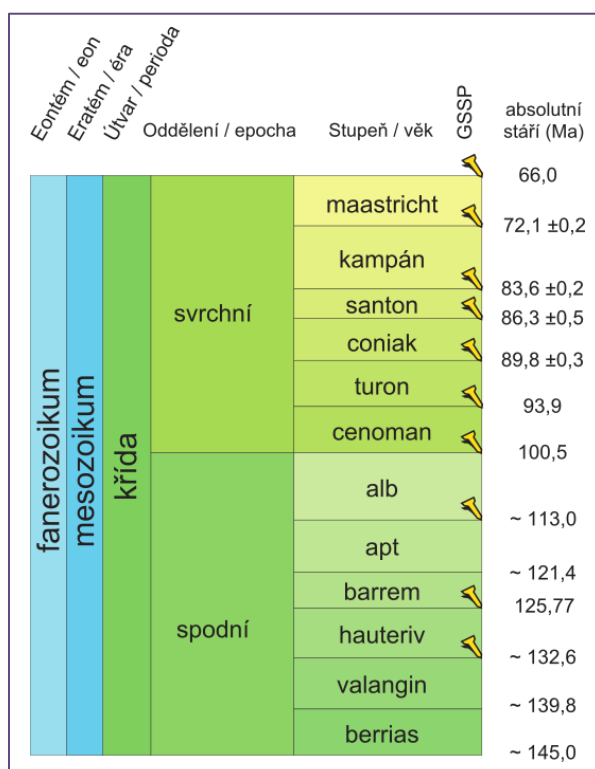
Celosvětově z obratlovců v juře dominovali dinosauři (Page 2005). Ze svrchní jury pochází také slavný nález prvního ptáka, okřídleného a opeřeného Archeopteryxe (Wellnhofer 1990). Je možné, že nějaké opeřené formy teropodních dinosaurů existovaly už od spodní jury (Kundrát 2004; Ksepka 2020). V juře také rostl význam ptakoještěřů (Page 2005). Objevili se i první moderní krokodýli (Young *et al.* 2016) a ocaseí obojživelníci (Evans *et al.* 1988). Z jury je známý první nález placentálů (Luo *et al.* 2011). Savci dosahovali malých rozměrů (Page 2005).

Kapradiny, cykasy, benetity, jehličnany a jinany rychle diverzifikovaly a dosáhly svého maximálního rozmachu právě během jury (Stewart & Rothwell 1993). Také lze najít různé druhy kapradosemenných. Přesličky a plavuně byly méně nápadnou součástí jurské flóry (Stewart & Rothwell 2010). Poprvé byl zaznamenán tektátní pyl (Stewart & Rothwell 2010), první nálezy krytosemenných rostlin jsou ovšem až z křídě (Herendeen *et al.* 2017; Benton

et al. 2022). Ze svrchní jury je znám první doklad o opylujícím hmyzu (Peña-Kairath *et al.* 2023). K velké diverzifikaci hmyzu došlo na hranici střední a svrchní jury (Nel *et al.* 2018).

Křída

Posledním útvarem mezozoika a zároveň nejdéle trvajícím útvarem fanerozoika je křída. Jedná se o periodu trvající necelých 80 milionů let (Cohen *et al.* 2013). Křída je dělena na spodní a svrchní (obr. 10) (Cohen *et al.* 2013). Jedná se o jediný útvar fanerozoika, jehož báze dosud nemá globální stratotyp (ICS/gssp [online]).



Obr. 10 Chronostratigrafické členění karbonu (Cohen *et al.* 2013).

Během dále křídý pokračoval rozpad Pangey a jednotlivé kontinenty se posouvaly směrem k modernímu rozložení světa (MacLeod 2005). Ve starší křídě se oddělila Indie od Antarktidy a putovala na severovýchod (Frizon de Lamotte *et al.* 2015). Mezi Afrikou a Antarktidou se tvořila Mosambická pánev a mezi Afrikou a Jižní Amerikou se otevřela jižní větev Atlantiku (Torsvik & Cocks 2016). Pokračovalo oddělování Austrálie a Antarktidy, ovšem k plnému oddělení došlo až v paleogénu (Zinsmeister 1987). Na severu se nacházela Laurásie (Torsvik & Cocks 2016).

Na začátku křídy bylo klima relativně chladné s občasným zaledněním pólů (Scotese *et al.* 2021). Vlivem magmatismu docházelo k postupnému oteplování (Scotese *et al.* 2021). V aptu došlo k jednomu z termálních maxim (Scotese *et al.* 2021) a k anoxické události (Jenkyns 2010) a následnému ochlazení na hranici aptu a albu. V cenomanu a turonu dochází k druhému termálnímu maximu. Během svrchní křídy se za polárním kruhem nenacházely ledovce, a to ani během zimy. (MacLeod *et al.* 2013; Scotese *et al.* 2021) V nejsvrchnější křídě dochází k ochlazení (Scotese *et al.* 2021).

Vývoj bioty

V křídě došlo k diverzifikaci měkkýšů a členovců (MacLeod 2005). Nejdůležitějšími makrofosíliemi pro biostratigrafii jsou amoniti (Lehmann 2015).

Na složení útesů ve spodní křídě přispívají koráli, řasy a rudisti. Postupem času se ale složení útesů posouvá směrem k dominanci rudistů (Scott 1995). Výrazným horninotvorným aspektem se staly kokolity (Stanley *et al.* 2005; Brusca *et al.* 2022).

Ve svém vývoji od jury pokračovali žraloci, rejnoci, kostnaté ryby (MacLeod 2005). Také se v křídě nacházeli mořští plazi, jako jsou například mosasauři, plesiosauři, ichtyosauři, a mořské želvy (Bardet 1994).

V křídě došlo k významné proměně složení flóry. Zatímco na začátku křídy dominovaly nahosemenné (jinany, cykasy a benetity a jehličnany), tak postupem času velmi rychle diverzifikovaly krytosemenné rostliny (Friis *et al.* 2011) a od svrchní křídy jsou nejvýraznější skupinou flóry (Friis *et al.* 2024). Jehličnany byly ovlivněny změnami v křídových ekosystémech, ale například čeleď borovicovitých nadále diverzifikovala paralelně s radiací krytosemenných rostlin (Friis *et al.* 2000).

S rozvojem krytosemenných rostlin diverzifikoval i hmyz. Výraznou skupinou, která v křídě prodělala největší rozvoj, jsou brouci. Ti se pravděpodobně podíleli již na opylování cykasů a benetitů ještě před rozvojem krytosemenných rostlin (Crepet 2000; Cai *et al.* 2018), výrazná radiace nových linií opylujícího hmyzu začala až s nárůstem krytosemenných rostlin, zvláště ve svrchní křídě (Peris & Condamine 2024).

Na přelomu jury a křídy je pozorován úbytek v diverzitě terestrických obratlovců včetně dinosaurů, ovšem zatím není jisté, zda došlo v terestrickém prostředí k vymírání, či se jedná

jen o artefakt chudého geologického záznamu (Tennant *et al.* 2017; Benton 2024). Ve spodní křídě je viditelný náhlý nárůst v rodové diverzitě theropodů (Benton 2024). Hojně diskutovaným tématem je možná souvislost mezi rostoucí diverzitou krytosemenných rostlin a úbytkem dinosaurů, u většiny skupin však nebyla prokázána (Butler *et al.* 2009). Výjimku tvoří čeled' Stegosauridae. Tito býložraví ptakopánví dinosauři se pravděpodobně živili nahosemennými rostlinami a s úbytkem cykasů a benetitů rychle vymírali (Butler *et al.* 2009). Ve svrchní křídě mezi herbivory dominují kachnozobí (Hadrosauridae) a rohatí dinosauři (*Ceratopsia*) (Benton 2024). Naopak velký rozvoj zažívají ptáci (Brusatte *et al.* 2015b) a v křídě vrcholí i diverzita pterosaurů (Martill & Smith 2025). Objevují se také první mloci (Skutschas *et al.* 2020).

Savci v křídě jsou převážně malého vzrůstu (Clemens 1970; Grossnickle & Polly 2013) a jejich diverzita roste, a to obzvláště ve svrchní křídě (Grossnickle & Polly 2013; Weaver *et al.* 2024). Z křídly jsou známí placentálové (Wible *et al.* 2007) i ptakořitní (Flannery *et al.* 2022).

Vymírání na hranici křídly a paleogénu (K/Pg)

Vymírání na přelomu křídly a paleogénu (K/Pg) je nejslavnějším vymíráním v historii života na Zemi (Dubey 2023 [online]). Příčiny a spouštěče tohoto vymírání jsou hojně diskutované (např. Schoene *et al.* 2015; Chiarenza *et al.* 2020), avšak v současné době je za nejpravděpodobnější spouštěč celé události považován dopad meteoritu na Yucatánskou platformu (Morgan *et al.* 2022; Algeo & Shen 2024; Gulick 2024). Mimo tento impakt měl pravděpodobně vliv na vymírání také dekkánský vulkanismus v Indii (Petersen *et al.* 2016), avšak Chiarenza *et al.* (2020) naznačuje, že tento vulkanismus mohl mít na důsledky dopadu meteoritu i zmírňující účinek.

Vymírají amoniti, belemniti, inoceramidi, rudista a několik skupin plžů (Brenchley 2001). Úbytek amonoidních hlavonožců byl zaznamenán v druhé polovině svrchní křídly. V maastrichtu už byla rodová diverzita oproti albu méně než poloviční. Téměř všechny zbylé druhy vymřely na K/Pg hranici, jen několik druhů přežilo ještě několik desítek tisíc let do danu – nejspodnějšího stupně paleogénu (MacLeod *et al.* 1997; Landman *et al.* 2015; Naujokaityte *et al.* 2021).

Vymírání nepřežili ani mosasauři (Polcyn *et al.* 2014). Po vymírání začaly rychle diverzifikovat kostnaté ryby (Friedman 2010; Alfaro *et al.* 2018).

Rozsivky, radiolárie, bentické foraminifery, plži, obojživelníci, lepidosauři a suchozemské rostliny překonaly K/Pg hranici jen s menšími změnami v diverzitě (MacLeod *et al.* 1997).

Na hranici K/Pg vymřeli také pterosauři (Longrich *et al.* 2018). Diverzita dinosaurů byla na ústupu posledních několik desítek milionů let před K/Pg hranicí, čímž se snížil jejich potenciál pro přežití a vzpamatování se z vymírání (Barrett *et al.* 2009; Sakamoto *et al.* 2016).

Ptáky vymírání nepostihlo tak intenzivně jako ostatní (neptačí) dinosaury (Brusatte *et al.* 2015b) a po jejich úbytku na K/Pg hranici (Longrich *et al.* 2011) začali rychle diverzifikovat (Ksepka *et al.* 2017). Stejně jako ptáky, i savce vymírání zasáhlo, ovšem velmi brzy došlo k rychlé diverzifikaci (Alroy 1999; Longrich *et al.* 2016).

2.4 Kenozoikum

Posledním erátem fanerozoika je kenozoikum. Je děleno na tři útvary: paleogén, neogén a kvartér (Cohen *et al.* 2013). Paleogén a neogén byly dříve formálně součástí třetihor. S tímto označením však dnes stratigrafická tabulka nepracuje (Cohen *et al.* 2013). Paleogén je dělen na paleocén, eocén a oligocén; neogén je dělen na miocén a pliocén a poslední kenozoický útvar – kvartér – je dělen na pleistocén a holocén, který trvá až doposud (Cohen *et al.* 2013).

Jižní okraj Eurázie byl až do eocénu pouze pasivní, poté ovšem následkem komprese, kterou způsobila Afrika drifující na sever, začíná od středního eocénu do miocénu Evropská deska subsidovat pod Africkou a dochází k Alpínské orogenezi (Torsvik & Cocks 2016). V paleogénu došlo také k amalgamací Indie k Eurasii a tím způsobené Himalájské orogenezi (Torsvik & Cocks 2016). Oddělením Austrálie a Jižní Ameriky od Antarktidy mohl vzniknout ve svrchním neogénu cirkumpolární proud (Torsvik & Cocks 2016), který umožnil ochlazování, jež vyvrcholilo pleistocénními glaciály (Ewing & Donn 1961).

Jelikož se žádný z pracovních listů nezabývá vývojem života v kenozoiku, není cílem práce tento vývoj hlouběji obsáhnout.

3. Pracovní listy

Pracovní listy této diplomové práce se zaměřují na následující body učiva vzhledem k RVP:

- **vývoj zemské kůry a organismů na Zemi,**
- **podnebí a počasí ve vztahu k životu a**
- **vnější a vnitřní geologické procesy.**

3.1 Geologický čas a prekambrium

Cíle:

- Žáci aplikují pravidlo superpozice pro relativní určení vzájemného stáří vrstev.
- Žáci vypočítají a srovnají trvání jednotlivých ér.
- Žáci se shodnou na jednotném řešení na základě kooperace a společné diskuse.
- Žáci chronologicky seřadí vybrané události raného vývoje Země a života na Zemi.

Pomůcky: psací potřeby, kalkulačka.

Mezipředmětové vztahy, techniky: matematika, práce s tabulkou.

První pracovní list seznamuje žáky s pravidlem superpozice a s konceptem geologického času. Snaží se mu na 12hodinovém ciferníku přiblížit stáří země a vzájemnou proporcionalitu jednotlivých fází vývoje Země.

Žáci nejprve seřadí vrstvy A, B, C, D od nejstarší po nejmladší a v následujícím textu zakroužkují správné možnosti tak, aby bylo obecné pravidlo pravdivé (obr. 11).

GEOLOGICKÝ ČAS

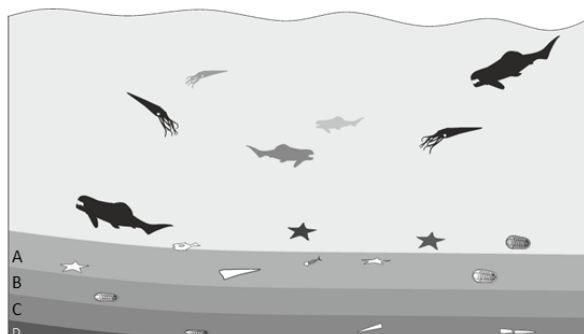
1. Obrázek znázorňuje moře a vrstvy sedimentů (usazenin). Seřadte vrstvy (A, B, C, D) podle jejich stáří.

Zakroužkujte v textu vhodné slovo.



starší ← → nejmladší

Spodnější / **svrchnější** usazené horniny se usazovaly dříve než ty **pod** / **nad** nimi. Díky tomuto obecnému pravidlu jsme schopni určit relativní stáří hornin, tedy umíme porovnat horniny a jejich stáří vzájemně mezi sebou.



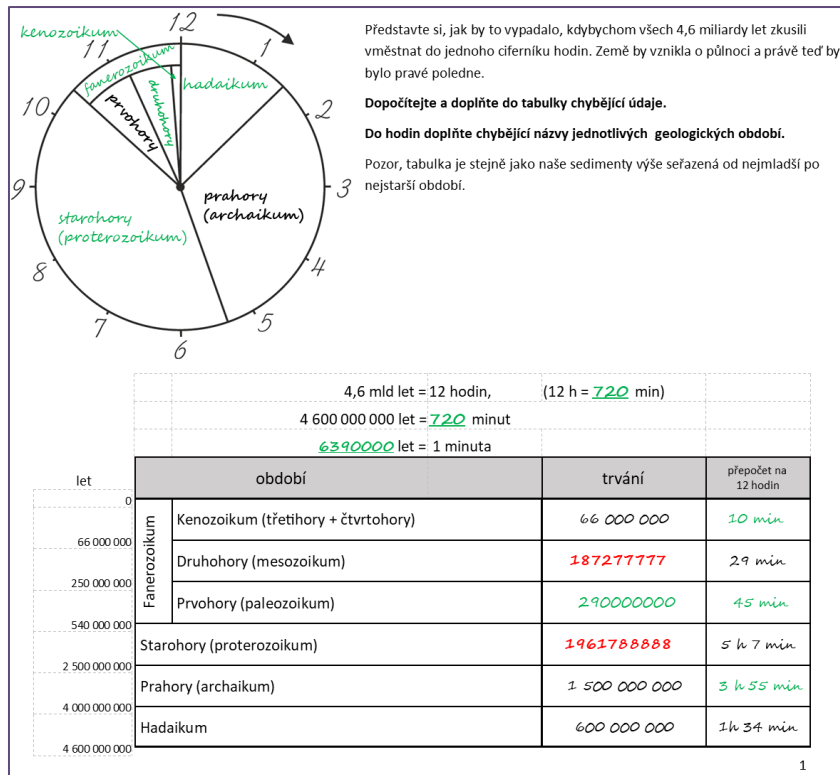
Pro přesnější určení doby vzniku jednotlivých hornin jsou už potřeba složitější datovací metody. Například měřením poměru izotopů nestabilních prvků v minerálech.

Obr. 11 Autorské řešení prvního cvičení.

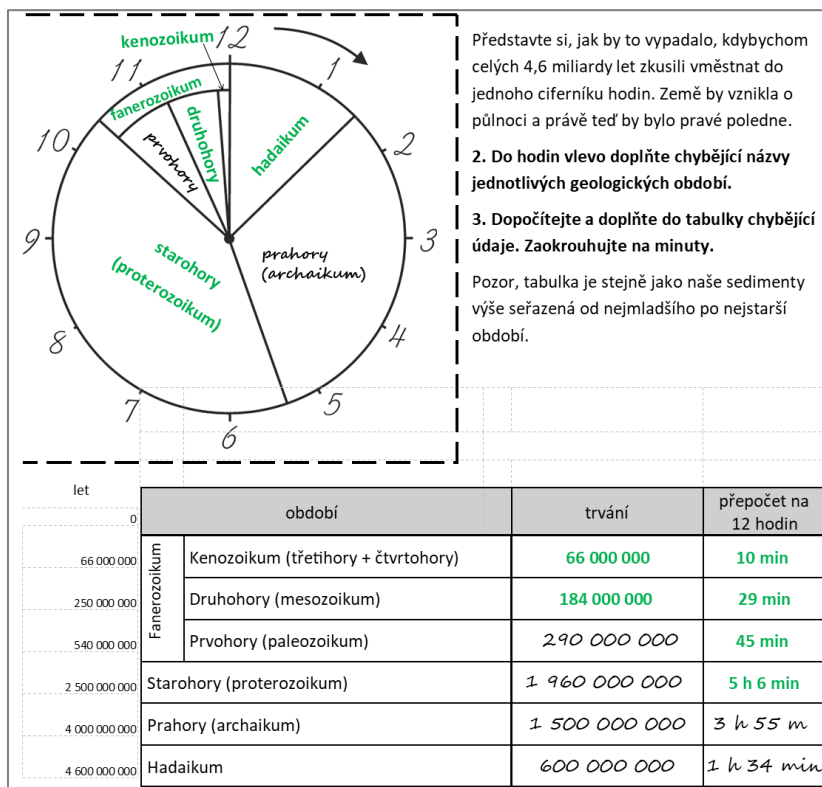
V druhém úkolu napíšou do hodin jednotlivé eony a éry podle pořadí v tabulce. Žáci pracují s tabulkou a využívají logickou dedukci vedoucí k matematickému vyjádření, čímž list rozvíjí mezipředmětové vztahy a praktické využití matematických dovedností. Žáci mohou používat kalkulačku. Jelikož list neobsahuje prázdný prostor pro výpočty, je vhodné, aby si své mezivýsledky počítali žáci na zvláštní papír případně do sešitu.

Po pár minutách je vhodné nechat některého z žáků řešit úkol na tabuli, aby cvičení pochopili všichni žáci. Princip z prvního výpočtu je pak snazší aplikovat na další chybějící údaje v tabulce.

Při pilotním testování (viz kap. 4.1.) byly zjištěny nedostatky, a proto vznikla nová verze (obr. 13) třetího cvičení. Oproti původní verzi (obr. 12) se liší v pořadí otázek č. 2. a 3. Také došlo ke změně výběru předvyplněných polí v tabulce. Bylo zvětšeno písmo a úkoly byly očíslovány. Důvody změn jsou více rozvedeny v diskusi v kapitole 5.1.



Obr. 12 Původní verze pracovního listu s červeně vyznačeným častým chybným řešením.



Obr. 13 Nová verze pracovního listu.

Následně je vhodné klást žákům otázky: *Kolik bylo hodin, když...?* Při té příležitosti zároveň učitel seznámí žáky s významnými událostmi na naší planetě. Některé události historie života na Zemi jsou žákům již známé a úloha jim pomůže získat konkrétnější představu o jejím chronologickém kontextu.

Příklady otázek:

- *Kolik bylo hodin, když vymřeli dinosauři, což bylo na hranici druhohor a kenozoika?*
- *Kolik bylo hodin, když se na Zemi objevili první trilobiti, tedy na začátku prvohor?*
- *Kolik hodin je teď?*
- *Které z těchto „období“ trvalo nejdéle?*

Na druhé straně pracovního listu se žáci seznámí s osmi významnými událostmi ve vývoji Země. Mají za úkol sami promyslet pořadí těchto událostí. Následně metodou sněhové koule (Maňák 2011 [online]) pracují ve dvojicích a ve čtveřicích a diskutují nad pořadím. Mají za úkol se ve skupině shodnout na jednom řešení. Je možné dále pokračovat ve spojování skupin, pokud zbývá dostatek času. Učitel chodí po třídě a může klást otázky a poukazovat na souvislosti, neměl by ovšem v této fázi prozrazovat, jaké je správné řešení.

V průběhu této aktivity je možné napsat společně některé z řešení na tabuli, žáci odůvodňují, proč si to myslí, a mohou jít pořadí na tabuli pozměnit.

Poté je žákům rozdána třetí strana pracovního listu (obr. 14) a žáci jsou vyzváni k samostatné práci. Doplnují do textu stejných osm událostí, které předtím diskutovali.

V závěru aktivity klade učitel reflektivní otázky:

Co se vám lišilo? Které pořadí bylo ve vašich řešeních odlišné od výsledného/správného pořadí? Kterou informaci/souvislost jste se potřebovali dozvědět, abyste tyto dvě události měli ve skutečném pořadí?

Následně je vhodné nově získané informace ještě procvičit.

Listy lze použít v celku, nebo při hodině využít jen jednotlivé části: Geologický čas, Prekambrium.

PREKAMBRIUM

Doplňte do textu úryvky z rámečků.

Nakolik se vaše odpovědi z předchozího cvičení shodují?

vznikly organismy schopné fotosyntézy

vznikl první oceán

Země o něco ochladla

život vznikl

mnohobuněčné velké komplexní organismy

Země se začala formovat

došlo ke změně na oxidační prostředí

došlo k zalednění Země od pólů k rovníku

1. **Země se začala formovat** před 4,6 miliardami let. Postupně se srážela vesmírná tělesa, při srážkách se uvolňovala spousta kinetické energie v podobě tepla. Země vypadala jako žhavá koule. Z tohoto období, kterému říkáme hadaikum, nemáme zachovány žádné horniny. Když

2. **Země o něco ochladla**, mohla se na povrchu žhavé koule vytvořit krusta pevných hornin — kůry. Kůra rozpučala na jednotlivé desky, které se vlivem proudění v plášti daly do pohybu. Tomu říkáme desková tektonika.

Až poté, pravděpodobně i díky vodě z komet 3. **vznikl první oceán**. Jelikož máme první doklady o životě z oceánu, předpokládáme, že 4. **život vznikl** právě ve vodě. Prvními organismy na Zemi byly jednobuněčné chemotrofní bakterie.

Až později 5. **vznikly organismy schopné fotosyntézy**.

V archaiku (prahorách) se nám zachovaly sedimentární horniny bohaté na železo, které nám prozrazují, že došlo k velké změně chemismu oceánu. V původně redukčním prostředí oceánu bylo volně rozpuštěno velké množství železa, ale s nástupem řas 6. **došlo ke změně na oxidační prostředí** nejprve v hydrosféře a poté i v atmosféře. V mladších starohorách 7. **došlo k zalednění Země od pólů k rovníku**. To trvalo minimálně kolem 80 milionů let.

V nejsvrchnějších starohorách prvně nacházíme 8. **mnohobuněčné velké komplexní organismy**, které řadíme k ediakarské fauně (podle období ediakar, ve kterém tito podivní tvorové žili). Byli to převážně živočichové s měkkým tělem, ale některé nálezy jsou přisuzovány koloniím jednobuněčných organismů.

Obr. 14 Autorské řešení třetí strany.

3.2 Putování kontinentů po Zemi

Mezipředmětové vztahy – Zeměpis, využití digitálních technologií.

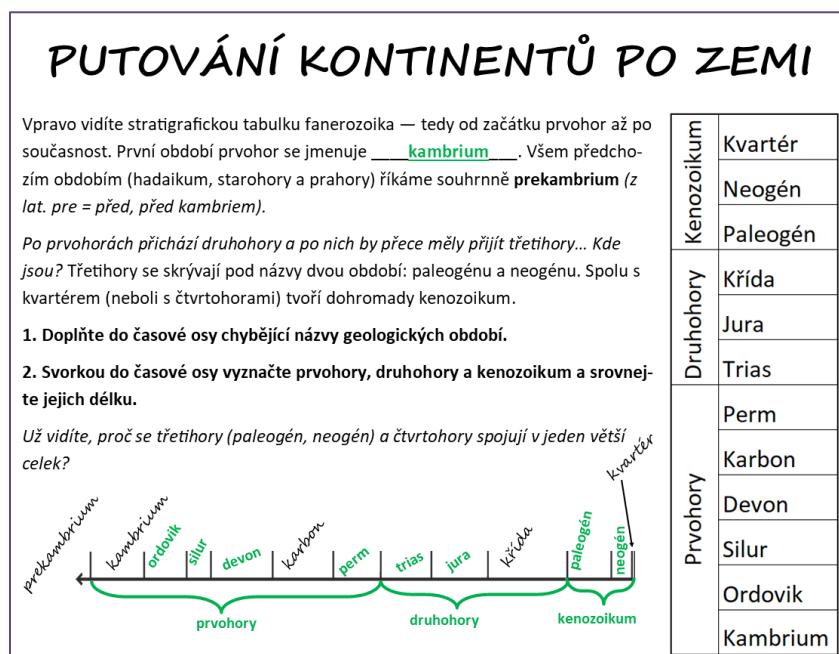
Cíle:

- Žáci najdou a vybarví kontinent Gondwanu.
- Žáci přiřadí k mapám správné názvy stratigrafických útvarů.
- Žáci seřadí za sebou jednotlivé útvary.
- Žáci znázorní směr pohybu litosférických desek na obrázku divergentního rozhraní.

Pomůcky:

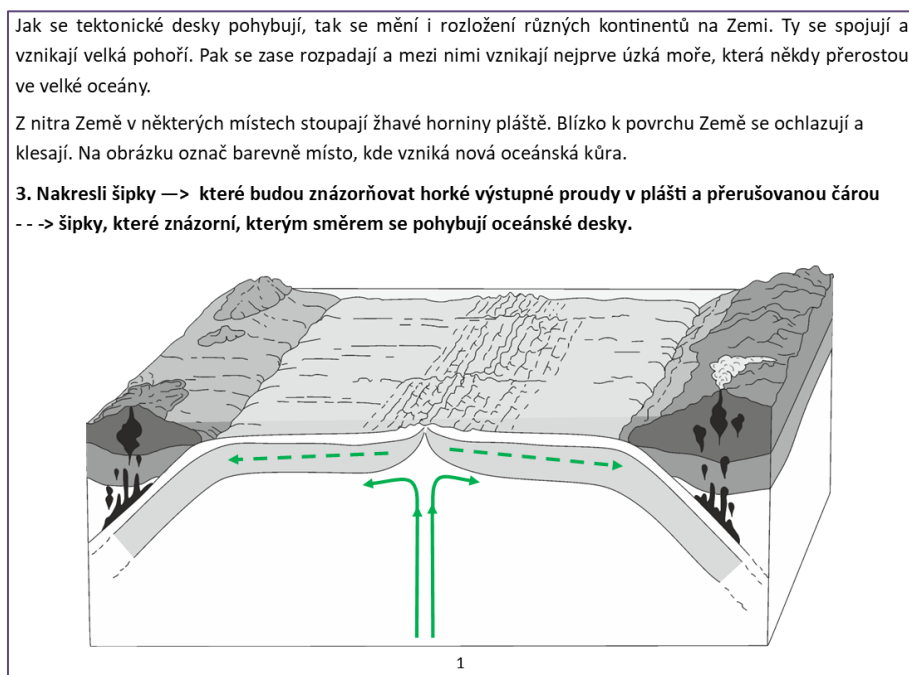
- psací potřeby,
- chytrý mobilní telefon nebo tablet s možností skenování QR kódu a s připojením k internetu.

Žáci jsou v tomto pracovním listě nejprve seznámeni s názvy jednotlivých útvarů fanerozoika. Na časové ose znázorní jednotlivé éry (kambrium – kvartér) a eratómy (prvohory, druhohory, kenozoikum). Srovnáním délky eratómů by měli pochopit, proč se původní třetihory a čtvrthory sdružují do jediného erátému kenozoika (obr. 15).



Obr. 15 Autorské řešení cvičení 1 a 2.

Další úkol má opakovací charakter, jelikož desková rozhraní a vznik oceánské litosféry již probírali v učivu vnějších geologických dějů (viz obr. 16). Tím dojde k provázání s úkoly na druhé straně pracovního listu.



Obr. 16 Autorské řešení úkolu 3.

Žáci naskenují QR kód a zobrazí se jim webová stránka www.mube.cz/pg.gif, na které se jim přehrává GIF změn rozložení kontinentů v průběhu fanerozoika. S jeho pomocí doplní k mapám názvy příslušných útvarů a s pomocí map odpoví na otázky.

Časová náročnost pracovního listu je 25–30 minut.

Obrázky byly vytvořeny na základě map C. R. Scotese [online] a NASA EOS [online].

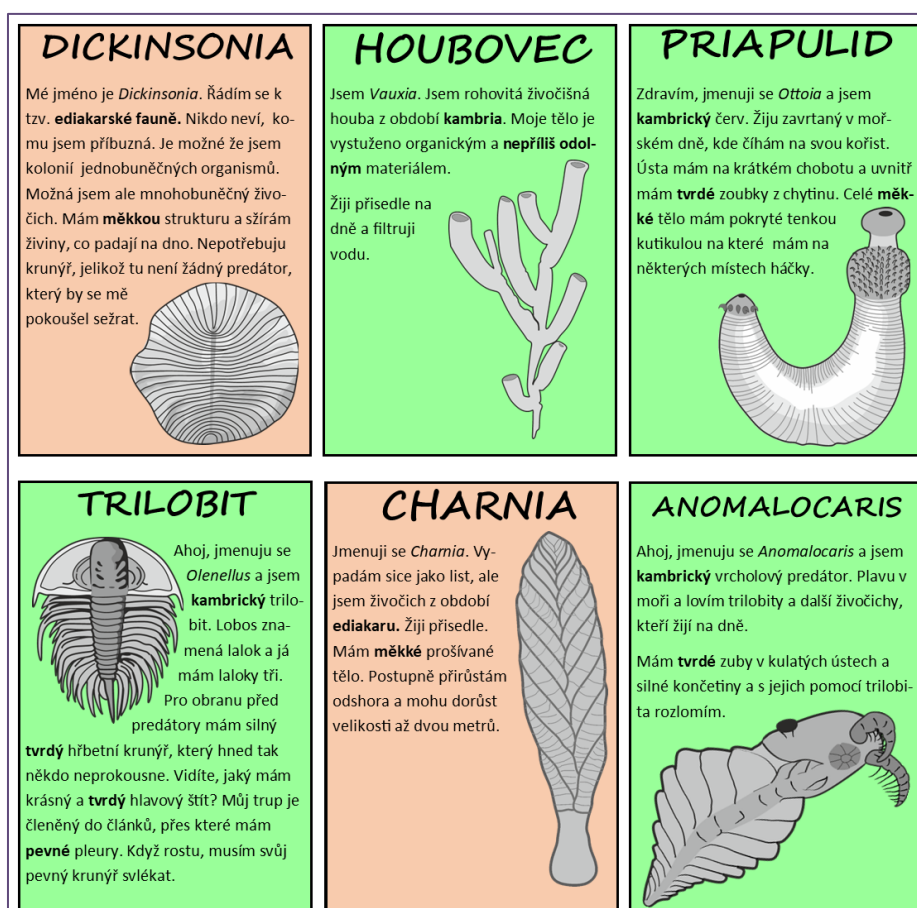
3.3 Tafonomická okna

Cíl:

- Žáci jmenují vybrané živočichy ediakarské a kambrické fauny.
- Žáci popíší rozdíl v pravděpodobnosti pro zachování tvrdých struktur a měkkých tkání.
- Žáci vysvětlí, co znamená pojem tafonomie.

Pomůcky: Nůžky, pastelky 2 barev, jedna hrací kostka.

Žáci obdrží pracovní list. Jsou vyzváni, aby si vybarvili jednou barvou kambrické a druhou barvou ediakarské kartičky (obr. 17). Poté kartičky rozstříhají a jsou vybídnuti, aby je rozdělili na 2 skupiny podle přítomnosti tvrdých struktur na tělech organismů.



Obr. 17 Ukázka vybarvených kartiček. Zeleně jsou kambrické, oranžově ediakarské.

Následuje diskuse, jejímž závěrem by mělo být, že mezi ediakarskými organismy nejsou žádné, které by tvořily tvrdé (mineralizované) struktury.

Následně si žáci samostatně přečtou úvodní text první strany a zakroužkují správnou odpověď (viz obr.18). Dojde ke krátké kontrole, případně k dovysvětlení problematiky.

KAMBRICKÁ EXPLOZE ŽIVOTA, KTERÝ SE ZACHOVÁVÁ

V mnoha sedimentárních horninách můžeme najít zkameněliny. Na některých lokalitách jich najdeme mnoho, na jiných nejsou prakticky žádné. Rozhoduje náhoda a mnoho dalších vlivů. Většina organismů je buďto brzy zkonsumována, nebo rozložena za pomoci hub a bakterií. Některé části těl se ale rozkládají hůře. Představte si takovou mušli: Měkké tělo je kryto pevnou schránkou z uhlíčitánu vápenatého. Živočich zemře, rozloží se a zůstane po něm jen pevná mušle. Z obratlovců se naopak nejlépe zachovávají tvrdé zuby a kosti. Z toho můžeme vyvodit obecné pravidlo, že:

Hůře **Snadněji** se nám zachovávají tvrdé struktury než měkké tkáně s vnitřnostmi.

Zakroužkuj správnou možnost.

Obr. 18 Ukázka z autorského řešení.

Poté učitel přečte úvodní text části *Hra: Kdo proskočí tafonomickým oknem*. Při čtení úvodního textu je možné situaci metaforicky znázornit. Dva žáci předvádějí okno a jiní předvádějí budoucí fosílie. Využití této názornosti je na zvážení učitele v závislosti na znalosti třídního kolektivu. Tato aktivita má potenciál navodit pozitivní atmosféru a žáky pobavit, aktivizovat, získat jejich zájem a probudit pozornost ospalejších žáků. Přílišná komedialita žáků může odvést pozornost mimo probírané téma.

Poté nastane čas na přečtení pokynů.

Zamíchají se kartičky a posléze si každý žák jednu kartičku z vlastního balíčku vylosuje. Učitel hází kostkou a čte, co se s organismy děje. Na konci se žáci přihlásí, jestli zůstali zachováni – proskočili tafonomickým oknem.

Po několika kolech, kdy se nikdo z žáků *nezachoval*, je vhodná krátká diskuse s vysvětlením, že se zachová jen opravdu malé procento žijících organismů. Avšak jsou-li podmínky pro zachování dobré, zachová se jich zpravidla mnoho naráz, stejně jako při kolech, kdy padnou za sebou vysoká čísla na kostkách.

Po každém kole je vyzván náhodný žák, který přečte svou kartičku a řekne, proč se ne/zachoval.

Časová náročnost: 15–25 minut

Ilustrace pracovního listu byly vytvořeny podle předloh: *Dickinsonia* (Evans *et al.* 2021), houbovec (Caron 2022 [online]), priapulid (Collins 2022 [online]), trilobit (Kvaček 2000), *Charnia* (Dunn *et al.* 2018) a *Anomalocaris* (Briggs 2015).

3.4 Prvohory – moře plné života

Cíle:

- Žáci na základě společných znaků přiřadí fosilní skupiny k jejich recentním příbuzným.
- Žáci s pomocí čtení s porozuměním odpoví na položené otázky.
- Žáci rozhodnou o pravdivosti tvrzení o životě v paleozoiku.

Pomůcky: psací potřeby.

Čtvrtý ze série pracovních listů se zabývá obyvateli prvohorních moří. Je zaměřen na samostatnou práci žáků. Tematicky pokrývá mořský život v ordoviku, siluru a devonu.

V první části žáci rozhodnou o příbuznosti prvohorních a recentních zástupců mořské fauny. List doplňují ilustrace fosilních a recentních živočichů. Na základě společných znaků žáci spojí čarou jednotlivé obrázky a do prostoru v rámečku dopíšou jejich taxonomické zařazení (obr. 19).

V druhé části nadepsané *Letem světem prastarými moři* se pracovní list věnuje čtení s porozuměním. Žáci pracují s textem (obr. 21) a hledají odpovědi na otevřené a uzavřené otázky (obr. 20). V případě žáků se speciálními potřebami, jako je např. dyslexie, by jim mělo být poskytnuto tolik času, kolik na čtení potřebují. Otázky se liší svou obtížností. Text je doplněn ilustracemi.

Vypracované strany je možné kontrolovat společně nebo učitelem mimo vyučovací hodinu. V druhém případě žákům stále zůstane textová část, která může posloužit k jejich domácí přípravě.

Ilustrace byly vytvořeny s pomocí předloh Brasslera (1935), Hughes a Chapmana (1995) a webu Ždírecké ZOO [online].

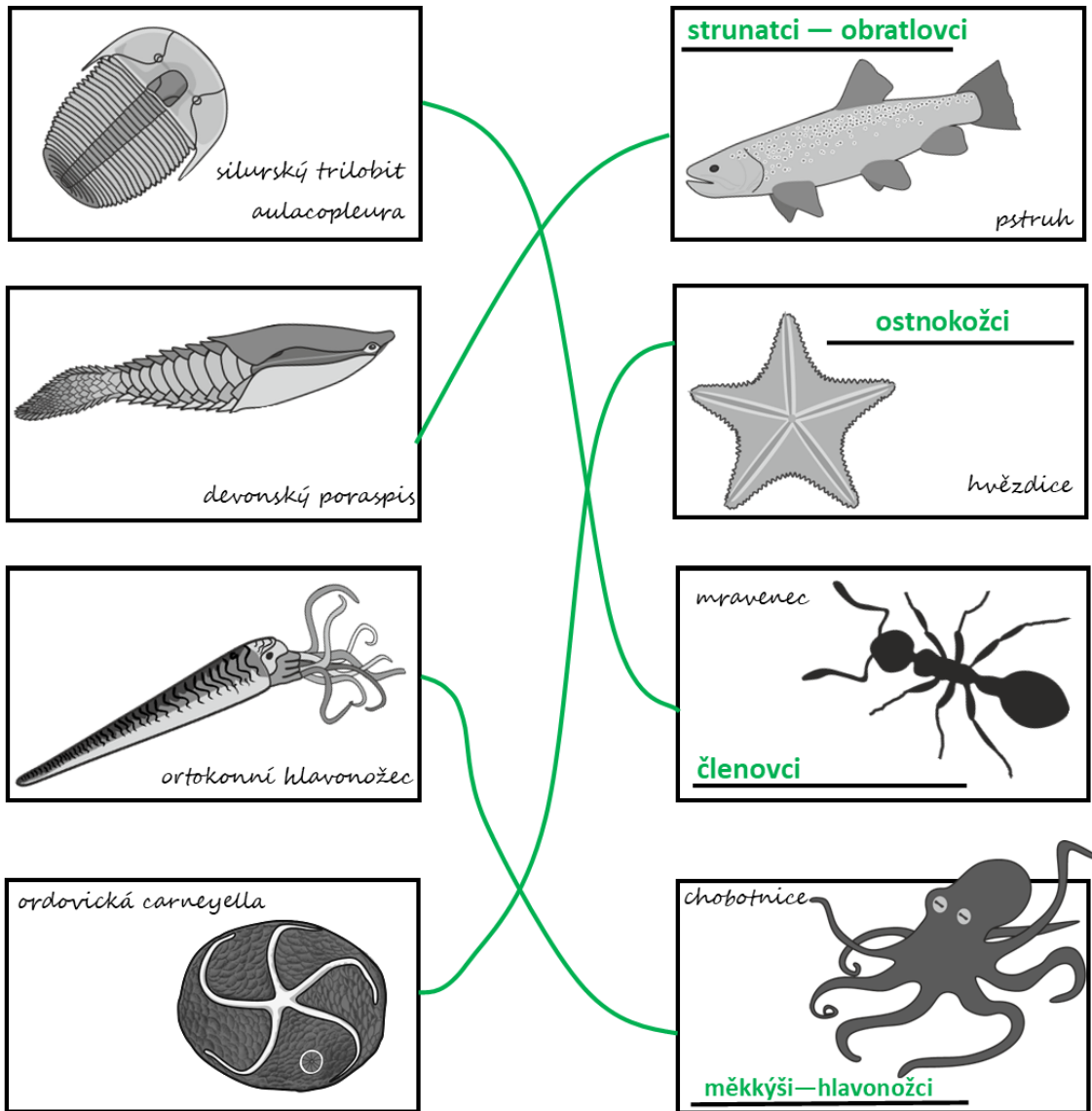
1. V prvohorách se objevily skupiny živočichů a mnoho těchto skupin žije i dnes. Do pravé řady rámečků **doplňte název kmene**, popř. třídy nebo podkmene. Na základě společných znaků **spojte čarou**, které fosilní druhy jsou příbuzné těm dnešním.

Nápověda:



společné znaky:

tři části těla: hlava+hruď+zadeček	struna hřbetní a obratle
měkké tělo, velké oči a chapadla	pětičetně souměrné tělo



Obr. 19. Ukázka z autorského řešení první strany pracovního listu.

LETEM SVĚTEM PRASTARÝMI MOŘI

2. S využitím učebního textu odpovězte na následující otázky:

Co je to diverzifikace?

rozdílení druhů

Čím se liší prvohorní hlavonožci od většiny těch, kteří žijí dnes?

Dnešní hlavonožci s výjimkou loděnek nemají vnější schránku.

Kteří velcí predátoři žili v devonu?

pancířnaté ryby (např. Dunkleosteus)

Co je to anoxie?

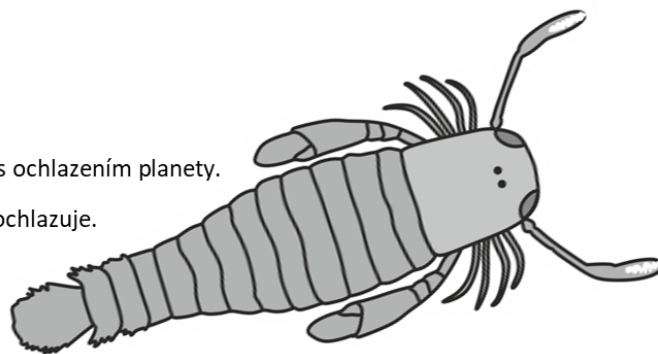
stav bez kyslíku

Jaké změny na planetě vedly ke vzniku anoxie?

změny v cirkulaci mořských proudů

3. Rozhodni o pravdivosti následujících tvrzení: ✓ ✗

- ✗ Graptoliti byli vrcholoví predátoři devonských moří.
- ✓ V silurských břidlicích se hojně vyskytují graptoliti.
- ✗ Ordovické vymírání vyhubilo trnoploutvé ryby.
- ✓ Devon je obdobím, ve kterém dochází k velkému rozvoji ryb a hlavonožců.
- ✗ Ordoviku se přezdívá věk ryb, jelikož v něm vystoupily lalokoploutvé ryby na souš.
- ✓ Trnoploutví měli chrupavčitou kostru.
- ✗ Devon byl před ordovikem.
- ✓ Silur byl po ordoviku.
- ✓ Vymírání v ordoviku souvisí mimo jiné s ochlazením planety.
- ✗ Během siluru se po celou dobu výrazně ochlazuje.



Acutiramus bohemicus je silurský kyjonožec, který se nacházel na našem území.

Obr. 20. Autorské řešení čtení s porozuměním.

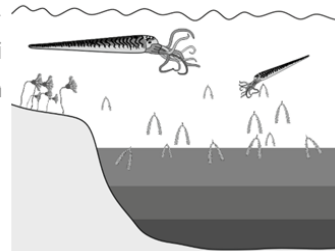


Po kambriu začíná **ordovik**, kdy diverzifikace (rozdružení a vznik druhů) pokračuje. Z tohoto období jsou známy první nálezy graptolitů — pradávných koloniálních planktonních živočichů, kteří žili v tehdejších mořích. Trilobiti, ale i další živočichové, kteří žili na dně byli vhodnou potravou pro plovoucí predátory — hlavonožce. Oproti většině dnes žijících hlavonožců, měli tehdejší tzv. *ortokonní hlavonožci* pevnou schránku z CaCO_3 . Dnes je jediným živým hlavonožcem se schránkou loděnka — *Nautilus*, ale v prvohorách měly schránku všechny druhy.

Na konci ordoviku došlo k prudkému ochlazení, a tím i k poklesu hladiny oceánů a to natolik, že se na souši dostaly okraje kontinentů — šelfy, které byly dříve zaplaveny mořem. Šelfy jsou také místem, kde je život v moři nejbohatší, a proto došlo k velkému vymírání. Zbýlé chladnomilné druhy, které se vyrovnaly s globálními změnami, byly poté zasaženy následným prudkým oteplením. A tak je vymírání z konce ordoviku druhým největším v historii Země.

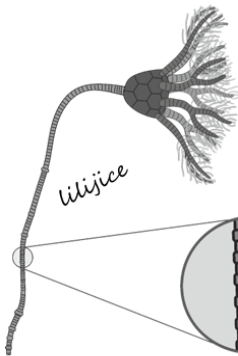


Na začátku **siluru** se ekosystém vzpamatovává z vymírání. Dochází k rychlé evoluci a k obsazení volných nik, které se uvolnily při předchozím vymírání. Postupně se otepluje. Díky tajícím ledům se v první části tohoto období prudce zvedá hladina světového oceánu, což má za následek změny v cirkulaci mořských proudů, čímž dochází ke vzniku anoxie — tedy podmínek, při nichž je ve vodním sloupci velmi malé množství kyslíku.

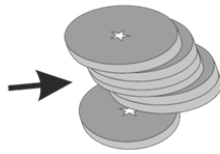


V anoxických vodách není příliš mnoho obyvatel mořského dna, jelikož by neměli, co dýchat. Voda bez kyslíku má také kyselejší pH, díky čemuž se snadněji rozpouští schránky živočichů, kteří si je tvoří z uhlíkatu vápenatého. Na dně takového moře vznikají černé břidlice, ve kterých lze najít pouze zkameněliny graptolitů. Brzy (po několika milionech let) se cirkulace v moři obnovila.

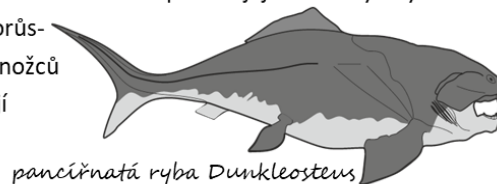
Tam, kde je kyslíku dostatek, daří se životu lépe. Počátek potravního řetězce tvoří planktonní řasy. Těmi se živí drobní koryši a také planktonní graptoliti. Některá zvířata žijí přisedle a filtrují z vody plankton — například lilijice a ramenonožci. Některé druhy trilobitů lezou po dně a seškrabávají co na dně roste. Stejně tak se živí i mořští plži.



V této době se vyvinuli první čelistnatci — trnoploutvé ryby. Jsou to chrupavčití obratlovci, kteří jsou příbuzní dnešním parybám (žralokům). Důležitými predátory tehdejších vod jsou stále hlavonožci, kteří si tvoří ve většině případů rovné schránky. Vrcholom potravního řetězce jsou členovci příbuzní dnešním rakům — kyjonožci (*Eurypteridi*). Některé druhy byly menší, jiné však dosahovaly rozměrů přes dva metry.



Devonu se někdy přezdívá věk ryb, protože tehdy došlo k obrovské diverzifikaci chrupavčitých i kostnatých ryb. Vznikla také pro budoucnost velmi významná skupina lalokoploutvých ryb, ze kterých se později vyvinuly první druhy obratlovců, které vystoupily na souš. Největšími velikány tehdejších moří byly pancířnaté ryby. Měly chrupavčitou kostru a povrch jejich těla byl kryt pevnými kostěnými pláty. Největší mohly podle odhadů dorůstat až do velikosti 4 metrů. Oproti dřívějším formám hlavonožců s rovnou schránkou se hojně objevují hlavonožci, kteří mají schránku stočenou podobně jako dnešní loděnky.



Obr. 21 Texty pro čtení s porozuměním.

3.5 Prvohory – výstup na souš

Zařazení: Opakování, úvod do tématu výstupu na souš.

Cíle:

- Žáci se v diskusi shodnou na společných bodech.
- Žáci vyjmenují vybrané útvary prvohor.

Pomůcky: psací potřeby.

Učitel rozdá pracovní list. V prvním úkolu je využita metoda *Myslím si – myslíme si* (Keeley 2008). Po přečtení zadání má každý žák několik minut času na rozmyšlenou a vyplnění části *myslím si* ve svém pracovním listu. Poté jsou žáci vyzváni k diskusi ve čtveřici a zapíšou si společný výsledek debaty do části *Myslíme si* (obr. 22). Učitel chodí mezi skupinami, naslouchá a případně klade návodné otázky. Následuje společná diskuse, kterou je vhodné doplnit o správné informace a zápis na tabuli. Tato aktivita může trvat dle potřeby a zapojení žáků 10–20 minut.

PRVOHORY – VÝSTUP NA SOUŠ

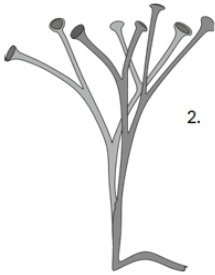
1. Zamysli se, jak vypadal povrch kontinentů před tím, než se objevily suchozemských rostlin. Co se díky nim změnilo? Jaké nové podmínky vytvořily, že mohla být souš časem příznivá i pro živočichy? **Napiš svoje nápady** a myšlenky a potom je **diskutuj** se spolužáky. Nápady, na kterých se shodnete, **společně sepište a prezentujte** zbytku třídy.

<p style="text-align: center;"><u>Myslím si:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>např. vytvořila se půda</i>	<p style="text-align: center;"><u>Myslíme si:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>intenzivnější srážkový cyklus kvůli vypařování vody z listů,</i>• <i>úkryt, stín a potrava,</i>• <i>půda...</i>
---	--

Obr. 22 Autorské řešení cvičení 1.

Cvičení č. 2 je vhodné jako opakování ke konci hodiny. Žáci samostatně vyplňují křížovku a poté doplní názvy rostlin k obrázkům (obr. 23). Toto cvičení trvá 3–5 min.

2. Doplně chybějící písmena a vyplň tajenku. Přiřaď k obrázkům názvy rostlin z otázek 5 a 6.



Cooksonia

1. P E R M

2. K A R B O N

3. S I L U R

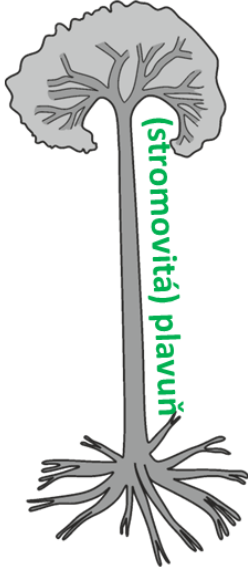
4. L I S T

5. P L A V U N Ě

6. C O O K S O N I A

7. K O Ř E N

8. V Y M Í R Á N Í



(stromovitá) plavuň

1. Poslední část prvohor. Na konci tohoto období dochází k největšímu vymírání v historii Země.
2. Prvohorní útvar, který je na našem území typický nálezy obřích stromovitých přesliček a plavuní.
3. Prvohorní útvar, ze kterého máme první makroskopickou zkamenělinu suchozemské rostliny.
4. Zelený rostlinný orgán.
5. Skupina rostlin, která v karbonu dorůstala desítek metrů.
6. První dochovaná makroskopická suchozemská rostlina.
7. Podzemní rostlinný orgán.
8. České slovo pro extinkci.

Tajenka: Pro výstup živočichů na souš bylo třeba, aby před nimi souš kolonizovaly ROSTLINY.

Obr. 23 Autorské řešení druhého cvičení pracovního listu.

Vzor pro vytvoření obrázků: Virtual Museum of Geology [online] a Gonez & Gerrienne (2010).

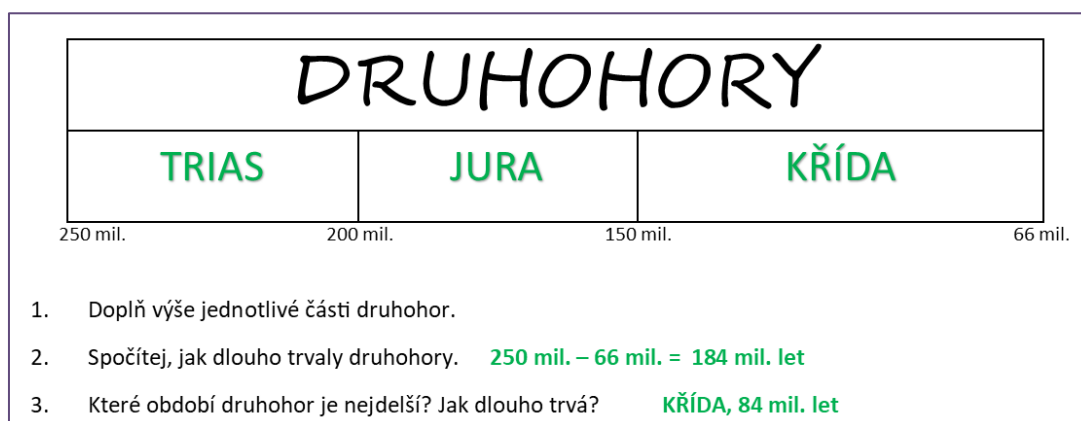
3.6 Druhohory

Cíle:

- Žáci srovnají časové vzdálenosti mezi stratigrafickým výskytem *Stegosaura*, *Tyrannosaure Rexe* a současností.
- Žáci jmenují fosilní i recentní zástupce skupiny hlavonožců.
- Žáci s využitím textu určí a zakreslí na obrázku hloubku, ve které se ne/rozpouští struktury z kalcitu a aragonitu.
- Žáci napíší vzorek kalcitu a aragonitu.

Pomůcky: Psací potřeby, červená a modrá pastelka nebo fixa.

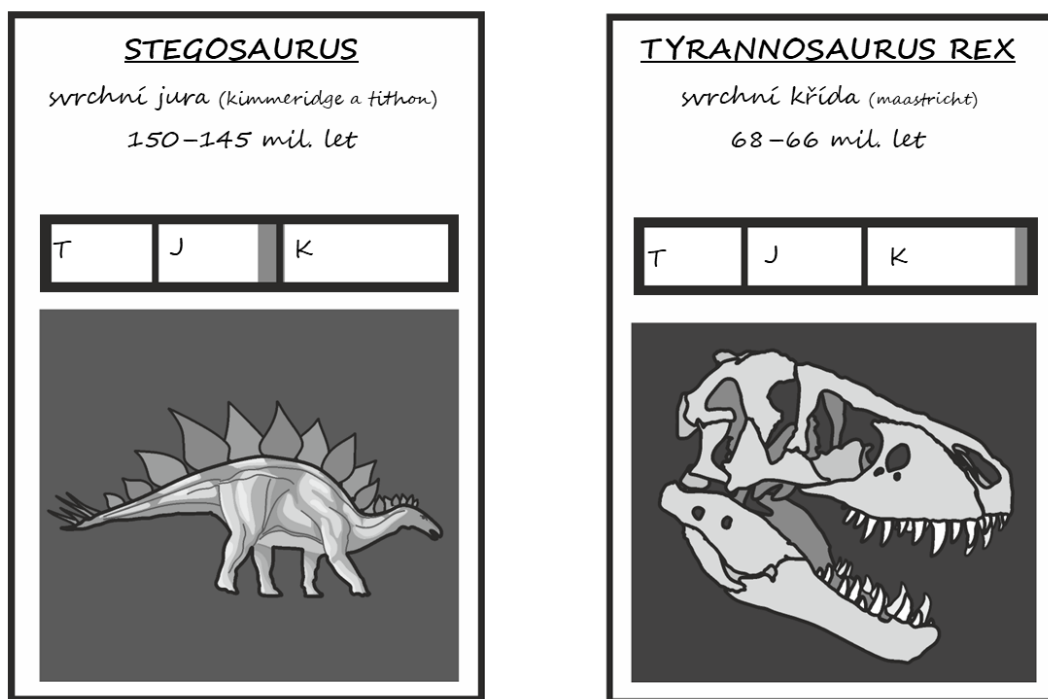
Úvod pracovního listu pracuje se stratigrafickou tabulkou. Žáci pomocí údajů počítají délku jednotlivých útvarů a srovnáním výsledků rozhodnou o tom, který útvar trval nejdelší dobu (obr. 24).



Obr. 24 Autorské řešení pracovního listu o druhohorách, úkoly 1–3.

Následně s pomocí kartiček porovnávají časovou vzdálenost *Tyrannosaura rexe* a *Stegosaura* (obr. 25). Vizuál a druh informací na kartičkách je inspirován taxoboxem Wikipedie (Wikipedie: Jak číst taxobox [online]) a to z důvodu, že žáci při každodenním dohledávání informací pracují nejčastěji právě s wikipedií.

4. Z údajů o stratigrafickém rozšíření stegosaura a tyrannosaura zakroužkuj všechna pravdivá tvrzení.
- a) Stegosaura najdeme v **mladších** horninách než T. Rexe.
 - b) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **větší** než mezi tyrannosaurem a současností.
 - c) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **menší** než mezi tyrannosaurem a současností.
 - d) Stegosaura najdeme ve **starších** horninách než T. Rexe.



Obr. 25 Kartičky a autorské řešení cvičení č. 4. Ilustrace podle Encyklopedia Britannica [online] a irozhlas.cz [online].

Druhá strana pracovních listů se věnuje amonitům a zejména jejich aptychům. Žáci vyplňují pracovní list a pracují se schématickým obrázkem. S pomocí obrázku a daných informací odpovídají na uzavřené otázky. Otevřené otázky jsou zaměřené na opakování učiva, které by už žáci měli znát (obr. 26).

5. Velmi hojnými nálezy z druhohorních moří jsou aptychy amonitů. **Aptychy** byly součástí jejich spodní čelisti a jsou tvořeny **kalcitem**. Kalcit se na rozdíl od aragonitu, který tvoří zbytek jejich schránky, **hůře rozpouští**.

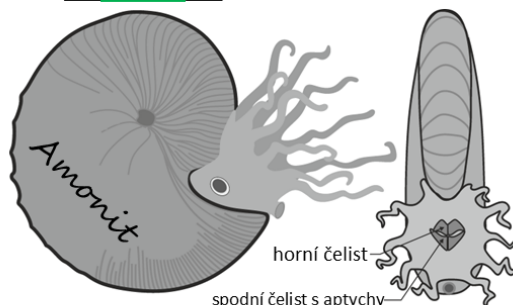
S pomocí obrázku mořského dna, textu a vlastních znalostí odpověz na následující otázky:

5.1. Do jaké skupiny (třídy), patří amoniti? hlavonožci

5.2. Jaký dnes žijící zástupce této třídy má také stočenou schránku? loděnka

5.3. Nalezli jsme pouze aptych bez schránky.

- Vyznač **červeně** na spodním obrázku, v jakém hloubkovém rozpětí mohl amonit žít a vytvářet svoji schránku.
- Vyznač **modře** prostor, v jaké hloubce se mohlo nacházet dno, kde hlavonožec sedimentoval?



5.4. Co bychom mohli nalézt na dně mezi ACD a CCD?

- a) Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- b) Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- c) Ani schránku ani aptych.
- d) Kompletně zachovaného amonita.

5.5. Co bychom mohli nalézt na dně pod kalcitovou kompenzační hloubkou?

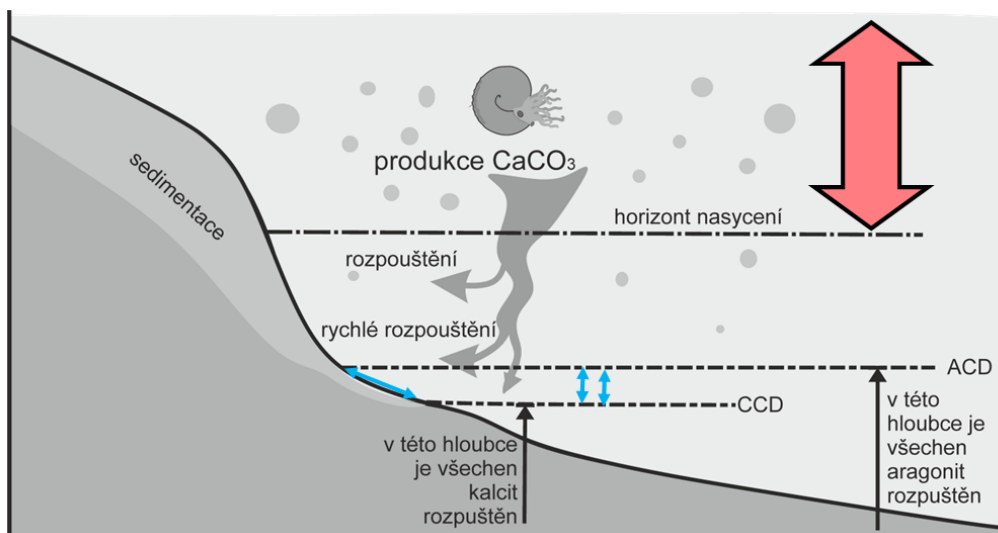
- a) Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- b) Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- c) Ani schránku ani aptych.
- d) Kompletně zachovaného amonita.

5.6. Jaký je chemický vzorec kalcitu a aragonitu?



5.7. Jmenuj nějaké další zástupce třídy, do které patří amoniti.

chobotnice, loděnka, sépie, oliheň... (fossilní: ortocer, belemnit)



ACD = aragonite compensation depth = aragonitová kompenzační hloubka

CCD = calcite compensation depth = kalcitová kompenzační hloubka

Obr. 26 Autorské řešení druhé strany pracovního listu zaměřené na hlavonožce.

3.7 Vymírání

Zařazení: Evokace, uvědomění i reflexe

Cíle:

- Žáci si zapamatují a předají své skupině informaci, kterou se dozvěděli na stanovišti.
- Žáci se v diskusi shodnou na společném řešení.
- Žáci aplikují informace, které se dozvěděli, a vlastní znalosti k propojování dílčích událostí, které mohou vést k vymírání.

Pomůcky: psací potřeby, nůžky, izolepa nebo špendlíky potřebné pro rozmístění papírů na stanoviště, rovný prostor (např. lavice) na seskupování výstřižků.

Poslední pracovní list vytvořený pro účely této práce se věnuje tématu hromadného vymírání. Tento list vyplní většinu vyučovací hodiny. Je popisován pro použití ve třídě, ale jeho využití není fixováno pouze na prostředí školní učebny.

Učitel nastříhá a rozmístí nápovědy (*sopečná erupce, skleníkový efekt, snížení pH vody, koloběh vody a hladina oceánů, salinita, albedo, anoxie*) viditelně a odděleně po třídě.

V první části pracují žáci v tzv. expertních skupinách. Pohybují se po třídě po sedmi stanovištích, kde najdou nápovědy a vybrané užitečné informace. Na každé stanoviště může skupina poslat jen jednoho spolužáka, který se stane tzv. expertem na dané téma. Expert poté zbytku skupiny převypráví, co se na stanovišti dozvěděl. Může se na místo opakovaně vracet. Tato metoda se nazývá skládankové učení (Kyncl 2013 [online]).

Cílem skupiny je uspořádat vystříhané lístečky na lavici tak, aby co nejlépe vystihly možné příčiny a následky ve změnách prostředí. Několik lístků je volných a žáci si na ně mohou doplnit chybějící slova podle vlastní potřeby.

Učitel chodí mezi skupinami a zapojuje se do debaty s žáky, koriguje některé chybné předpoklady žáků a pokládá návodné otázky.

15 minut před koncem hodiny rozdává učitel druhou část pracovních listů (obr. 27). Žáci pracují samostatně.

Zakroužkuj správnou možnost a doplň chybějící část textu.

Na konci permu se kvůli srážce kontinentů vytváří obrovská sopečná oblast, která bez zastavení chrlí tuny lávy, plynů a sopečného popela. Krátkodobě může popel zastínit slunce a způsobit tak krátkodobé *oteplení/ochlazení*. S nedostatkem světla se nedaří rostlinám a mnoho z nich vymírá, načež vymírají další organismy, které jsou na nich závislé.

Do atmosféry se také dostává oxid uhličitý (CO₂). Nárůst tohoto skleníkového plynu způsobí *oteplení/ochlazení*. S rostoucím obsahem ve vodě rozpuštěného CO₂ klesá i pH a voda je čím dál *zásaditější/kyselejší*. Kvůli tomu se snadněji rozpouští vápenaté schránky mořských živočichů a ti vymírají.

Kvůli sopečné činnosti dochází k prohřátí sedimentů, ve kterých je uložen metan. Ten v atmosféře *dál zrychluje oteplování* / *zastavuje skleníkový efekt*. Mnoho druhů se nedokáže přizpůsobit novým teplotám a vymírá. Kvůli oteplení se mění i cirkulace vody v oceánech zhoršuje se prokysličení a dochází k anoxii. I díky tomuto stavu mnoho organismů vymírá.

Při permském vymírání vymřelo přes 90 % mořských a více než 70 % suchozemských druhů.

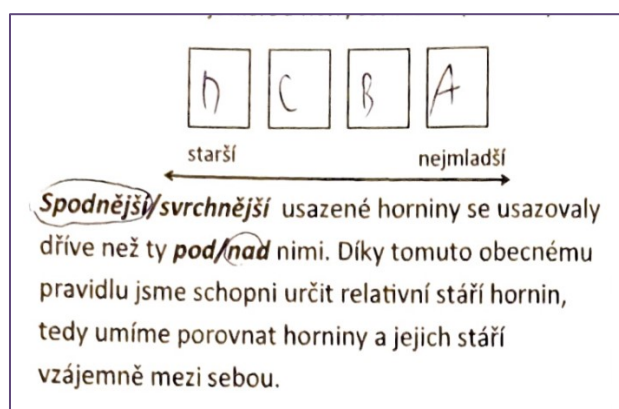
Obr 27. Autorské řešení úlohy zaměřené na permské vymírání.

4. Testování pracovních listů

Tato kapitola se věnuje způsobu a výsledkům pilotního testování pracovních listů. Listy byly testovány na žácích devátého ročníku na Základní škole Jana Kubelíka, Neveklov.

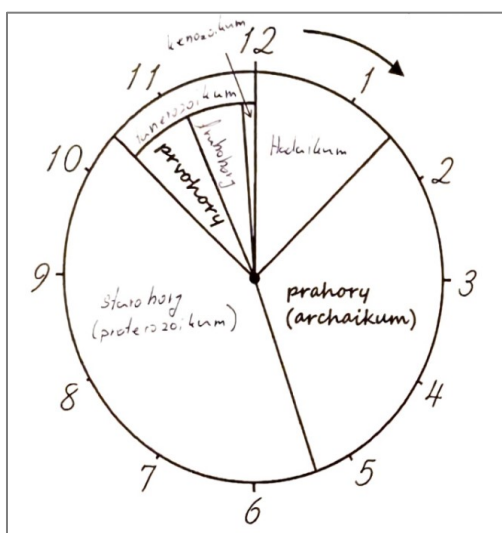
4.1 Geologický čas a prekambrium

První cvičení proběhlo a bylo provedeno bez problémů.



Obr. 28 Řešení žáka.

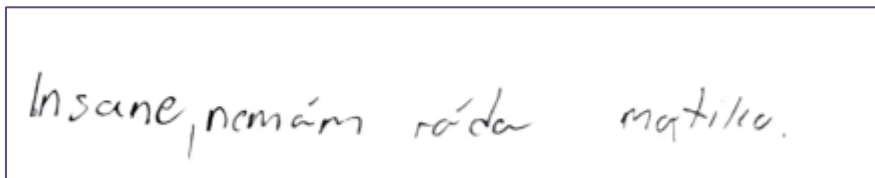
Na úkol o vepisování názvů do hodin část žáků zapoměla, ale většina z těch, kteří ho vyplnili, jej měla správně.



Obr. 29 Řešení žáka.

V práci s tabulkou měli při počítání někteří žáci obtíže, někteří to zvládli bez problémů a poté pomáhali spolužákům. Část žáků z počátku nepočítala dobu trvání eonu (v milionech let) z údajů na levé straně tabulky, ale snažila se to spočítat ze zaokrouhlených hodnot minut.

Ve zpětné vazbě k první straně se často objevovaly postoje žáků k matematice, mnoho žáků se vyjádřilo, že jim počítání dělá problém.



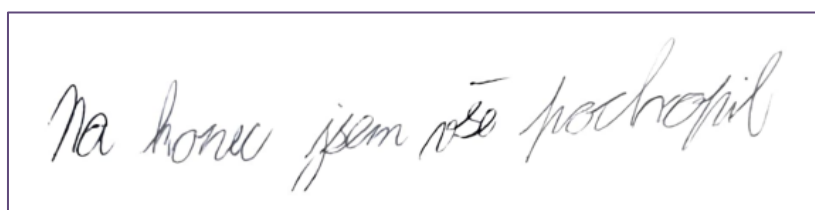
Insane, nemám ráda matiku.

Obr. 30 Zpětná vazba žáka.

Někteří žáci počáteční obtíže s trojčlenkou překonali a příklad zvládli. Někteří do zpětné vazby napsali:

To počítání s trojčlenkou nechápu, ale pak to šlo.

Šlo mi to trvání a přepočet na 12 hodin.



Na konci jsem vše pochopil

Obr. 31 Zpětná vazba žáka.

let	období		trvání	přepočet na 12 hodin
0	Fanerozoikum	Kenozoikum (třetihory + čtvrtohory)	66 000 000	10 min
66 000 000		Druhohory (mesozoikum)	184 000 000	29 min
250 000 000		Prvohory (paleozoikum)	290 000 000	45 min
540 000 000		Starohory (proterozoikum)	1 960 000 000	5 h 7 min
2 500 000 000		Prahory (archaikum)	1 500 000 000	235 min = 3 h 55 min
4 000 000 000		Hadaikum	600 000 000	1 h 34 min
4 600 000 000				

Obr. 32 Řešení žáka.

Někteří žáci zvládli vypočítat přepočet v tabulce, ale nápověda nad tabulkou pro ně byla matoucí.

Pro některé žáky byl tento list jednoduchý a někteří tuto hodinu hodnotili pozitivně. Ve zpětné vazbě napsali:

- *Všechno jednoduchý.*
- *Pochopil jsem ten obrázek, připomněl jsem si trojčlenku. 1. cvičení jsem nejvíce pochopil.*
- *Tabulka mi šla.*
- *Hodina mě docela bavila.*

V první třídě byl tento pracovní list zařazen po prvních 20 minutách vyučovací hodiny a byla otestovaná první strana věnující se geologickému času, jejíž řešení a reflexe zabraly 20 minut. Úkol č. 4 a 5, které se věnují prekambriu, byl testován následující vyučovací hodinu. Na diskusi úkolu č. 4 bylo vyhrazeno 10 minut výuky. Celkově část věnovaná prekambriu včetně reflexe a opakování zabrala 25 minut.

V druhé třídě byl list zařazen po prvních několika minutách výuky a jeho řešení proběhlo v jedné vyučovací hodině. Kromě této změny proběhlo testování v obou třídách podobným způsobem

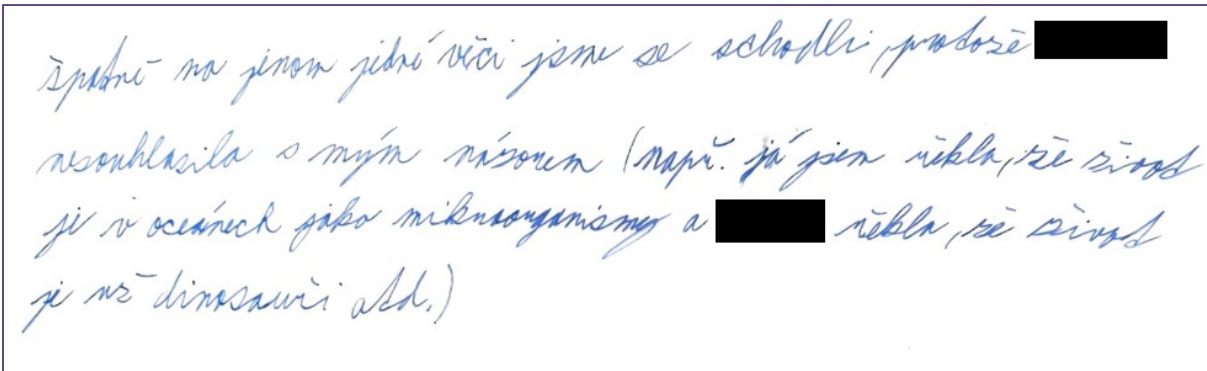
Žáci si rozdali druhou stranu a dostali čas na promyšlení vlastního pořadí. Čas nebyl předem omezen a byl přizpůsoben potřebám žáků ve třídě, což ve výsledku zabralo 4 až 6 minut. Když

měli žáci rozmyšlené a zapsané vlastní pořadí, diskutovali ve dvojicích. Po 6 minutách byli poslední samostatně pracující žáci vyzváni k práci ve dvojicích. Na práci ve dvojici dostali 4 minuty a poté pracovali ve čtveřicích. Jejich úkolem bylo zapsat pořadí událostí, na kterém se shodli.

Následně žáci dostali třetí stranu. Byli vyzváni k samostatné práci a poté, co měla většina z nich hotovo, proběhla společná kontrola správných odpovědí.

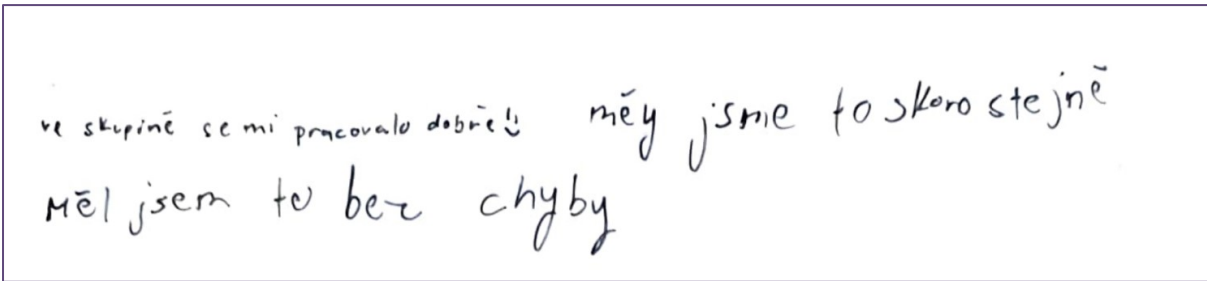
Ve zpětné vazbě k druhé a třetí straně byli žáci dotázáni, jak se jejich odpovědi lišily, jak by zhodnotili svou práci ve skupině a případně, co dalšího by chtěli zmínit.

Ze zpětné vazby i z pozorování žáků v hodině bylo patrné, že kooperace v rámci skupiny probíhala velmi rozdílně. Někteří žáci si stěžovali na své spolužáky, jiní neměli problém se shodnout.



Zpětně na jinou jednu věc jsme se shodli, protože [redacted] nesouhlasila s mým názorem (např. já jsem řekla, že život je v oceánech jako mikrosorganismy a [redacted] řekla, že život je u dinosaurů atd.)

Obr. 33 Zpětná vazba žáka. Upraveno z důvodu anonymizace.



ve skupině se mi pracovalo dobře! měly jsme to skoro stejně
měl jsem to bez chyby

Obr. 34 Zpětná vazba žáka.

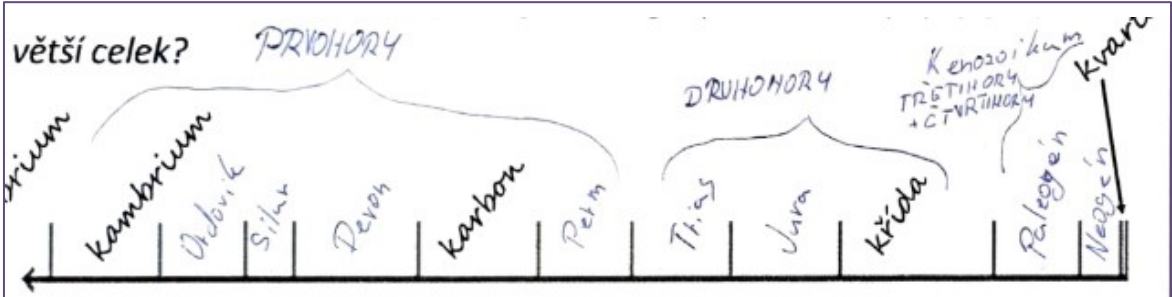
Jeden žák vyjádřil zájem o další skupinové aktivity při hodinách (obr. 35).

to celkem fajr (občas) jsou tam hodiny
 a celkem bych brala skupinové práce častěji

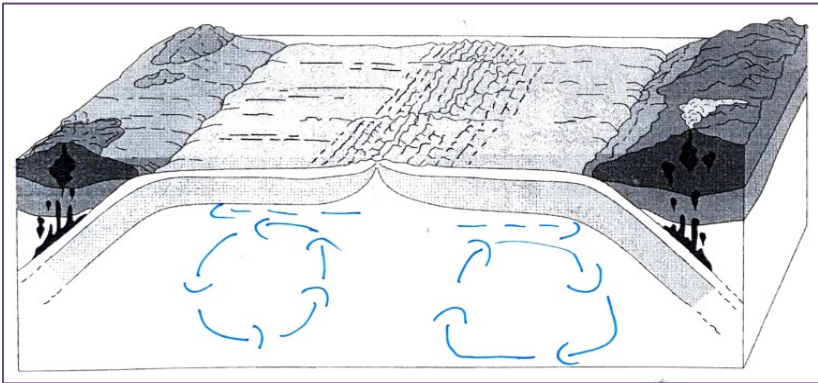
Obr. 35 Zpětná vazba žáka.

4.2 Putování kontinentů po Zemi

Po úvodním stručném opakování předchozí hodiny si žáci si rozdali první stranu pracovního listu. Společně si přečetli průvodní text až po úkol č. 2 a byli vyzváni k samostatné práci (obr. 36 a 37).



Obr. 36 Řešení žáka.



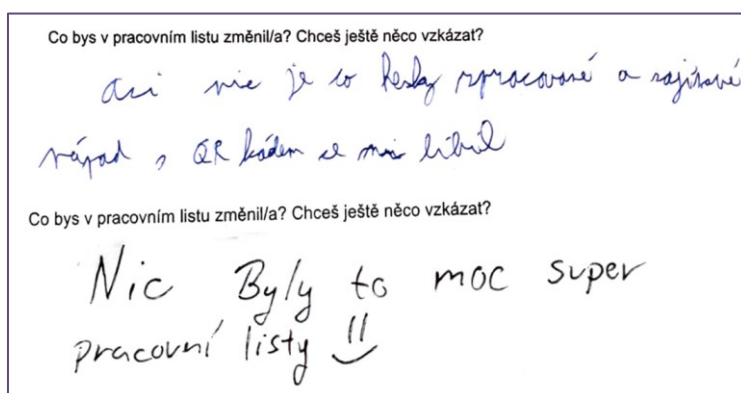
Obr. 37 Řešení žáka.

V začátku měli někteří žáci problém s pochopením cvičení č. 3. Došlo ke společnému vysvětlení, přičemž jeden žák řešil úkol na tabuli. Po přibližně 7 minutách měla většina žáků hotovo, a proto si rozdali druhou stranu pracovního listu a vzali si vlastní telefony, které jinak

během hodiny leží v krabici na katedře. Žáci načetli QR kód a mohli pracovat ve dvojicích na úkolech č. 4.1–4.5.

Práce na druhé straně zabrala žákům přibližně 15 minut. Dalších 8–10 minut trvala kontrola a na ni navazující reflexe a zpětná vazba. Celkový čas věnovaný pracovnímu listu se pohyboval kolem 35 minut.

Žáci byli ve zpětné vazbě dotázáni, které 3 věci se z pracovních listů dozvěděli. Mezi nejčastějšími odpověďmi bylo, že se kontinenty pohybují, jak vznikaly. Velmi častou odpovědí byla rychlost pohybu kontinentů, ačkoliv v pracovních listech přímo zmiňovaná není. Tato informace vyplynula v průběhu hodiny v diskusi s žáky a je vidět, že je velmi zaujala. Často také zmiňují, že do té doby nevěděli, že prvohory, druhohory a třetihory lze dělit na další a kratší úseky. Z konkrétních názvů geologických útvarů jmenují kvartér, juru a kambrium. Také je zmíněna existence Gondwany.



Obr. 38 Zpětná vazba od žáků.

Hodnocení náročnosti ve zpětné vazbě bylo různorodé. Jako jednoduché cvičení hodnotili žáci často doplňování do časové osy a práci s mapami. Jako složitější závěrečné otázky.

Které cvičení se ti zdálo nejjednodušší? časová osa	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? to cvičení s touto osou
Které cvičení se ti zdálo nejjednodušší? přičasová nástin k mapám	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? kontinenty - obrázky nebyly zastavit
Které cvičení se ti zdálo nejjednodušší? Zapisování map	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? objevit jakýže období se vyskytla Indie
Které cvičení se ti zdálo nejjednodušší? na doplňoval nikdy období	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? 2 Nevěděla jsem kde je Gondwana
Co Tě bavilo? Proč? práce s interakcím	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? otázky
Co Tě bavilo? Proč? přičasová nástin k mapám	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? záhadné
	Které cvičení bylo nejnáročnější? Proč? zakusit šipky

Obr. 39 Zpětná vazba od žáků.

4.3 Tafonomická okna

V úvodu hodiny proběhlo opakování předchozí látky a následně obdrželi žáci pracovní listy, prohlédli si kartičky a měli čas na přečtení jejich obsahu. Poté se hlásili, aby zodpověděli dotaz, z jakého období který organismus je. Když jsem se takto ujistila, že s tím žáci nemají výraznější problém, vybarvili žáci jednou barvou kambrické a druhou barvou ediakarské kartičky. Nato rozstříhali kartičky a rozdělili na *tvrdé a měkké* organismy. Také proběhla krátká diskuse s výsledkem, že i ty s tvrdou schránkou mají i měkké tkáně.

Následně v samostatné práci vyplnili první cvičení, načež si ho společně zkontrolovali.

Byli vybráni dva dobrovolníci, kteří šli k tabuli předvádět okno. Při čtení úvodního textu procházeli ostatní dobrovolníci vytvořeným oknem – pokud bylo otevřené.

Tato aktivita sklídila velký ohlas u žáků, kteří v závěru poctili potleskem své kolegy.

Hra:

Žáci si vylosovali jednu ze svých kartiček a přečetli si ji. Byli instruováni, aby se zaměřili na přítomnost tvrdých struktur. Házelo se kostkou a četlo se, co se s organismy děje. Mnohokrát za sebou už v prvním kole došlo k zničení organismu. Proběhla krátká řízená diskuse a následně bylo dovysvětleno, že se zachová jen opravdu malé procento organismů, které žijí. Po několika pokusech došlo v jedné třídě k přiznanému podvádění, aby padla vhodná kombinace, v druhé třídě to nebylo nutné.

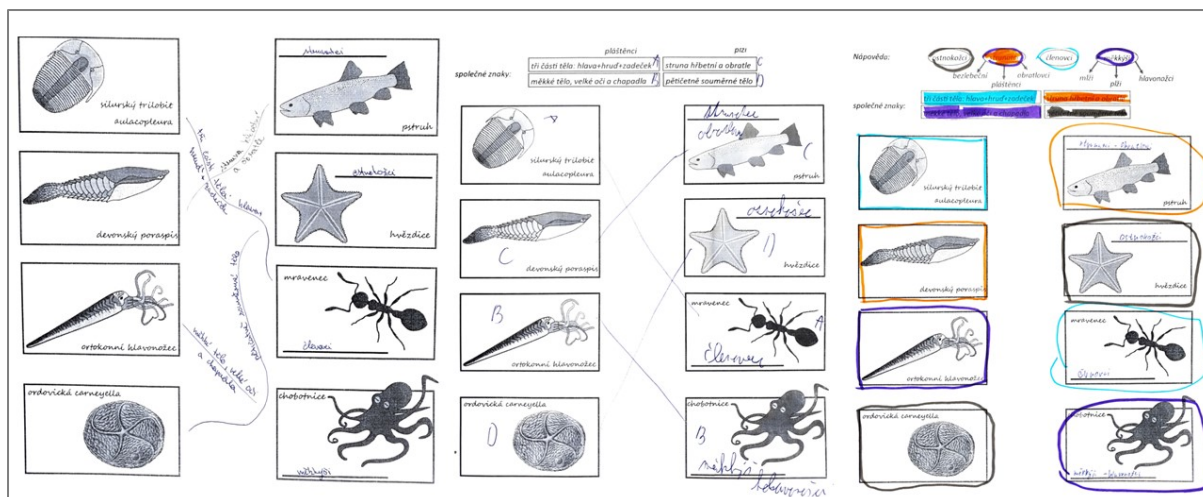
Po každém kole byl ze začátku vyzván žák, aby svou kartičku přečetl a vysvětlil, proč se v tomto kole nezachoval.

Po této aktivitě následoval zápis na tabuli a výklad. Na konci hodiny došlo k opakování, rekapitulaci a reflexi.

Žáci pochopili, že je malá pravděpodobnost zachování organismu ve fosilním záznamu. Na dotázání a při pozdějším ověřování znalostí v testu prokázali, že vědí, že se tvrdší struktury zachovávají snadněji. Mnoho žáků si zapamatovalo některé organismy, obzvláště trilobitu, *Dickinsonii* a *Anomalocara*.

4.4 Prvohory – moře plné života

Žáci si rozdali pracovní listy, přečetli si zadání a byli vyzváni k samostatné práci na prvním cvičení (obr 40). V případě nejasností bylo dovysvětleno, co mají žáci dělat, a bylo jim řečeno, že mají libovolným způsobem znázornit, které znaky patří které skupině organismů. Když měla většina tříd hotovou první část, došlo ke společné kontrole první strany.



Obr. 40 Řešení žáků.

Poté žáci samostatně pracovali na druhé části listů. Bylo jim doporučeno, aby si v textu podtrhli věty, které poskytují odpovědi na zadané otázky. Někteří žáci s pomalejším tempem čtení potřebovali více času, a proto rychlejší žáci dostali za úkol vytvořit z textu výpisky do sešitu. Až když měli všichni hotovo, proběhla společná kontrola. Kromě svých odpovědí předčítali jako důkaz správnosti i ty části textu, kde se informaci dočetli.

Většinu odpovědí měli žáci správně, ovšem jako odpověď na otázku „*Jaké změny na planetě vedly ke vzniku anoxie?*“ uváděli zpravidla „*tání ledovců*“. K této odpovědi došli s pomocí textu, kde se píše: „*Kvůli tajícím ledovcům se v první části tohoto období prudce zvedá hladina světového oceánu, což má za následek změny v cirkulaci mořských proudů, čímž dochází ke vzniku anoxie*“ a z celé myšlenky vynechali velmi podstatnou část o cirkulaci mořských proudů.

Po skončení kontroly jsem s pomocí žáků vytvořila zápis na tabuli, který jsem obohatila o některé vlastní poznámky a poznatky.

Aktivita trvala 25 minut.

4.5 Prvohory – výstup na souš

V úvodu hodiny byl veden řízený rozhovor o tom, jak vypadala Země před tím, než se na ní objevily cévnaté rostliny. Žáci byli vyzváni, ať odpoví na otázky v pracovním listě do kolonky *myslím si*. Poté měli žáci prodiskutovat ve dvojici svoje výsledky se spolužákem v lavici a dohodnout se na jednotném řešení, a to zapsat do kolonky *myslíme si* (obr 41).

Myslím si:	Myslíme si:
1. nešli zde žabky a' v'očichové! velké vedro, sucho	ve-š: vlhkost více kyslíku - fotosyntéza
2. bylo více vlhko a více kyslíku a chladno	vhodnější podmínky pro život
3. byly potravou pro mnohé živočichy vhodnější podmínky pro život	

Obr. 41 Řešení žáka.

Následně proběhla diskuze, při které jsem na tabuli psala nápady a myšlenky, které mi žáci nadiktovali. Ostatní spolužáci byli tázáni, zda souhlasí nebo nesouhlasí a proč. Společné výsledné závěry si žáci zapsali do sešitů. Tato aktivita trvala 10 minut.

Cvičení č. 2 bylo využito přibližně 15 minut před koncem vyučovací hodiny k opakování. Žáci měli cvičení hotové po 5 minutách a výsledek tajenky nás tematicky vrátil na začátek hodiny, čímž bylo možné plynule navázat a zopakovat si i učivo k tématu výstupu na souš.

Někteří žáci měli v křížovce problém s doplněním č. 4 a 7, jelikož neznali pojem *rostlinný orgán*. S ostatními otázkami neměli výraznější obtíže.

Žáci při reflexi hodnotili pracovní list jako relativně snadný. Někteří vyjádřili názor, že by se jim podobné úkoly líbily častěji, protože jim udělalo radost, že to měli dobře.

4.6 Druhohory

Po úvodním opakování učiva předešlé hodiny si žáci rozdali první stranu pracovních listů. Byli vyzváni k samostatné práci a mezitím jsem na tabuli obkreslila úvodní tabulku. Když měli žáci vyplněno, vybrali vyplněné listy a poté došlo k odhalení správného řešení řízeným rozhovorem s pomocí nákresu na tabuli.

Nato dostali druhou stranu pracovních listů, 5 minut pracovali samostatně a poté mohli pokračovat ve vyplňování po dvojicích. Já chodila po třídě, zapojovala jsem se do rozhovorů s žáky a pomáhala jim návodnými otázkami s řešením problému v úkolu 5.3 a 5.4. Poté jeden žák vyřešil a okomentoval úkol na tabuli a došlo k dovysvětlení nejasností. První cvičení měli všichni žáci bez chyby. Při práci s tabulkou a čísly chybovalo několik žáků z nepozornosti. Při určení nejdelšího období uvedly 3 žákyně jako chybnou odpověď trias a ani jedna z nich nespočítala jeho délku. Při srovnání mohlo jít o záměnu slov nejdelší a nejstarší. Přibližně polovina žáků měla chybně odpovědi v otázce č. 4 (obr. 42). Někteří dokonce zakroužkovali odpovědi, které jsou ve vzájemném rozporu. Častou chybnou odpovědí byl (u 6 žáků z 15) v otázce 5.2 hlemýžď/šnek (obr. 43). Vzorec kalcitu/aragonitu měli všichni žáci správně. Úkol 5.4 a 5.5 měla většina správně nebo z části chybně. Někteří žáci úkol nevyplnili.

4. Z údajů o stratigrafickém rozšíření stegosaura a tyrannosaura zakroužkuj všechna pravdivá tvrzení.

- a) Stegosaura najdeme v **mladších** horninách než T. Rexe.
- b) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **větší** než mezi tyrannosaurem a současností.
- c) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **menší** než mezi tyrannosaurem a současností.
- d) Stegosaura najdeme ve **starších** horninách než T. Rexe.

<p style="text-align: center;">STEGOSAURUS</p> <p style="text-align: center;">svrchní jura (kimmeridge a titthon) 150-145 mil. let</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"><tr><td style="width: 33%; text-align: center;">T</td><td style="width: 33%; text-align: center;">J</td><td style="width: 33%; text-align: center;">K</td></tr></table>	T	J	K	<p style="text-align: center;">TÝRANNOSAURUS REX</p> <p style="text-align: center;">svrchní křída (Maastricht) 68-66 mil. let</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"><tr><td style="width: 33%; text-align: center;">T</td><td style="width: 33%; text-align: center;">J</td><td style="width: 33%; text-align: center;">K</td></tr></table>	T	J	K
T	J	K					
T	J	K					

Obr. 42 Vzájemně si odporující odpovědi žáka.

S pomocí obrázku mořského dna, textu a vlastních znalostí odpověz na následující otázky:

5.1. Do jaké skupiny (třídy), patří amoniti? hlavonožci

5.2. Jaký dnes žijící zástupce této třídy má také stočenou schránku? šnek

Obr. 43. Opakující se chybná odpověď.

Ve zpětné vazbě se objevovaly jak pozitivní, tak negativní ohlasy:

„Bylo to supr. Nemám ráda šutry, ale tohle bylo fajn.“

„Takže bylo to asi dobrý, ale moje hlava toto nikdy nepochopí. Nebavilo mě to.“

„Všechna cvičení byla lehká.“

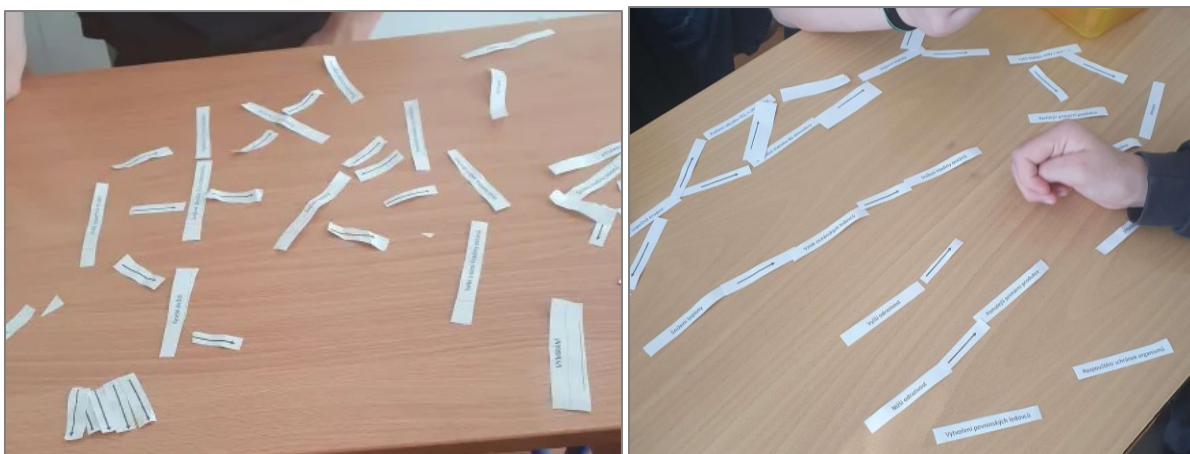
„Všechno mě bavilo, první cvičení bylo nejlehčí.“

4.7 Hromadná vymírání

V úvodu hodiny byli žáci rozděleni do skupin. Každá skupina dostala jednu kopii první strany pracovního listu. Žáci se dozvěděli, kde jsou jednotlivá stanoviště a jaký je jejich cíl.

Žáci si rozdělili úkoly, rozstříhali tabulku a šipky a začali obcházet stanoviště. V závislosti na zvolené strategii skupin chodili buď po jednom, nebo všichni společně. Občas objevili nejasnosti, které byly buď vysvětleny, nebo byli žáci posláni zpět na některé ze stanovišť.

Na základě pilotního testování došlo ke změně obsahu některých kartiček a zvýšení počtu šipek, kterých bylo u všech skupin nedostatek. Každá skupina stavěla své řešení na jiném prekonceptu, a proto došly skupiny k různým výsledkům (obr. 44). Žáci využili prázdné lístečky na přidání vlastních pojmů, které potřebovali, aby propojili části vztahové mapy podle svých potřeb.

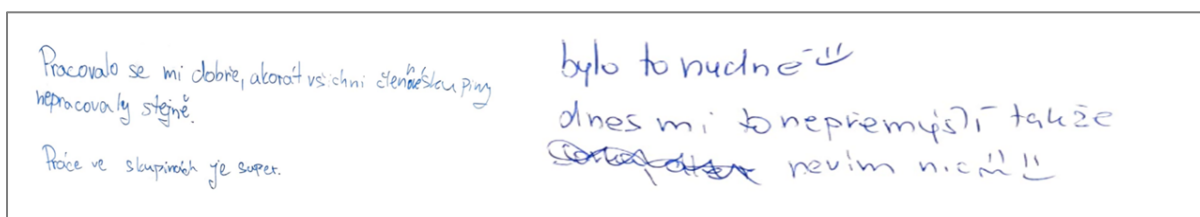


Obr. 44 Skupinová práce v hodině, různá řešení žáků při probíhající diskusi.

Při testování se ukázalo, že snaha o rozlišení důsledků existence a tání pevninských a oceánských ledovců působila spíše zmatení. Na základě toho byly oceánské ledovce z kartiček vyňaty.

20 minut před koncem vyučovací hodiny dostali žáci text věnující se permskému vymírání. Ten samostatně vypracovali a poté došlo ke společné kontrole. Tato aktivita i s kontrolou trvala 5 minut. Poté došlo k diskusi doprovázené vytvářením nákresu na tabuli. Na závěr hodiny došlo k zopakování a shrnutí učiva.

Ve zpětné vazbě žáci zejména oceňovali možnost skupinové práce. Některé žáky aktivita nebavila, celková atmosféra třídy byla ovšem přátelská.



Pracovalo se mi dobře, aborát všichni členové skupiny
nepracovali stejně.
Práce ve skupinách je super.

bylo to nudné :-(
dnes mi to nepřemýšlím takže
~~nevim nic~~ nevim nic!!

Obr. 45 Zpětná vazba od žáků.

5. Diskuse

Téma vývoje života na Zemi je velmi široké a jeho předání žákům se neobejde bez nutného zjednodušení. Při vytváření listů proto dochází ke kompromisům, zejména mezi množstvím informací, které chceme žákům předat, prostorem, který pro to máme, a kognitivní kapacitou žáků, tedy množstvím informací, jež jsou schopni během plánované vyučovací jednotky vstřebat. Aktivitu, které jsou pro žáky zajímavější a zábavnější zároveň nepojmou takové množství informací jako přednáškový výklad nebo čtení učebnice. Aktivizující prvky a cvičení ovšem násobně zvyšují množství informací, které si žák zapamatuje (Rambousek 2014). Mohou také vzbudit zájem žáka a jeho vnitřní motivaci se o tématu dozvědět více sám, což je zásadní prvek, kterého chceme dosáhnout a který je základním předpokladem pro orientaci každého jedince ve svém okolí (Petty 2013).

Typy úloh, které žáci znají, jsou pro ně lépe uchopitelné, jelikož vědí, co od nich mohou očekávat. Brzy se ale stanou jednotvárnými a žáci se tak mohou brzy začít nudit a ztrácí zájem se aktivně podílet na vyučovacím procesu. Proto je třeba činnosti diverzifikovat a dbát na různorodost aktivit v hodinách.

Pracovní listy mají silnou motivační funkci (Frýzová 2014). Při jejich zařazení do hodiny proto již obvykle není potřeba zařazovat další motivační aktivity. Obrázky, úkoly či výzvy v nich zařazené jsou pro žáky devátých tříd dostatečně aktivizujícím prvkem.

Nejbližší běžně využívaná forma podobná pracovním listům jsou pracovní sešity. Ty zpravidla doplňují učebnici, ve které je množství informací a učebních textů. Mají tak často ověřovací charakter. Oproti pracovním sešitům musí pracovní listy obsáhnout i informující část – tedy připojit i informace, které mají žákům předat. Výhodou pracovních listů je, že jsou univerzálně použitelné nezávisle na učebnici.

Pro zjednodušení při komunikaci s žáky používají pracovní listy slovo období namísto slov éra, útvar nebo perioda atd. Jsem toho názoru, že tyto informace a exaktní názvosloví není v tomto případě přínosné a pouze ztěžuje komunikaci.

V podkapitolách 5.1–5.7 bude diskutováno, jakým způsobem pracovní listy vznikaly. Jednotlivě zaměřené listy jsou postupně rozebrány, je zde shrnuta zpětná vazba, ze které jsou

vyvozeny závěry. Probíhá tu zamyšlení, do jaké míry splnily pracovní listy své cíle a jaké jsou možnosti aplikace těchto listů.

5.1 Geologický čas a prekambrium

První strana pracovního listu zaměřená na geologický čas propojuje učivo geologie s matematikou a rozvíjí mezipředmětové uvažování. Díky práci s hodinami si žáci názorně ukážou, jak poměrně krátký čas v kontextu existence Země trvalo fanerozoikum, popř. kenozoikum.

Druhá a třetí strana pracovního listu je zaměřena na prekambrium. Při aktivitě *myslím – myslíme* nutí žáky shodnout se na společném řešení a při skupinové práci tím rozvíjí komunikační a argumentační dovednosti (Keeley 2008) a nutí žáky logicky uvažovat a své návrhy argumentačně odůvodnit. Druhá strana tohoto pracovního listu dává žákům v reflexní části hodiny možnost analyzovat mechanismy tvoření a změny názoru a přehodnocování názoru na základě nových informací. Při řešení třetí strany se žáci seznámí se správným řešením, ke kterému mohli v ideálním případě dojít při skupinové práci.

V původním listu se mnoho žáků pokoušelo odvodit délku trvání „období“ ze zadané hodnoty přepočítané na 12hodinovém ciferníku a bylo třeba je při řešení navádět ke správnému postupu. Proto byla první strana pracovního listu věnující se geologickému času po pilotním testování, na základě zpětné vazby žáků a vzhledem k průběhu testování přepracována. Byly změněny zadané hodnoty v tabulce a pro usnadnění komunikace s žáky byly úkoly očíslovány.

Úkol s doplňováním „období“ do hodin byl zařazen před úkol ve kterém žáci počítají. Původním záměrem bylo, aby žáci vepsali do hodin název „období“ až poté, co si spočítají jeho délku. Po zdlouhavém počítání na to ovšem většina žáků zapoměla.

Věřím, že tyto změny zjednoduší řešení a zkrátí čas potřebný pro vypracování tohoto úkolu. Zkrátí se tak celková doba nutná k vypracování listu, jemuž se žáci při testování věnovali celkem 40 minut.

V reflexní části vyučovací jednotky je třeba žákům připomenout, že neměli dostatek informací, takže není *chyba*, že se jejich řešení neshoduje s výsledkem ze třetí strany. Toho lze docílit otázkami typu „*Které informace ti chyběly k tomu, abys to seřadil právě takto?*“ Zároveň

odpovídáním na tyto otázky žák určí, které informace/souvislosti jsou pro něj nové a tímto si také ukotvuje a opakuje nově získané znalosti.

Ze zpětné vazby k druhé a třetí straně je patrné, že se práce ve skupinách se v rámci třídy lišila. V některých skupinách bylo snazší vést diskusi, v jiných těžší. Jedna skupina měla výraznější problém, když jedna žákyně odmítala spolupracovat a pokoušela se aktivitu sabotovat. To vedlo k nespokojenosti zbytku skupiny. Bylo zřejmé, že by ve třídě se zmíněným problémem měla být skupinové práci věnována pozornost i v dalších hodinách. Celkově však reagovali žáci na skupinovou aktivitu pozitivně.

Cíle „*žáci vypočítají a srovnají trvání jednotlivých éř*“ a „*žáci se shodnou na jednotném řešení na základě kooperace a společné diskuse*“ byly splněny jen z části. Nenaplněné cíle týkající se diskuse nepovažují za nedostatek pracovního listu. Naopak to ukazuje, že podobné aktivity je potřeba ve třídě zařazovat častěji, aby si žáci tyto komunikační kompetence osvojili. Ostatní cíle („*žáci aplikují pravidlo superpozice pro relativní určení vzájemného stáří vrstev, žáci chronologicky seřadí vybrané události raného vývoje Země a života na Zemi*“) byly při pilotním testování splněny.

5.2 Putování kontinentů po Zemi

Tento pracovní list seznamuje žáky s rozložením kontinentů v jednotlivých útvarech (periodách), a to formou přiřazování názvů útvarů k jednotlivým mapám. S názvy jednotlivých útvarů se seznamují ve cvičení č. 1. Z předchozího pracovního listu (*Geologický čas a prekambrium*) nebo předchozí výuky by již žáci měli mít znalost pojmů jako jsou prvohory, druhohory, kenozoikum, třetihory a čtvrtohory, které si tímto zopakují. Na časové ose mohou názorně pozorovat a srovnat délku těchto period (útvarů) a je jim textovou formou vysvětleno, proč se třetihory a čtvrtohory sdružují pod pojem kenozoikum. Toto pochopení je vhodné ověřit při reflexní části výuky/aktivity. Cvičení č. 2 uvádí žáky do konceptu deskové tektoniky a pohybu kontinentů, který je třeba si osvojit pro pochopení pohybu kontinentů na Zemi v geologické historii. O pohybech kontinentů se žáci pilotního testování učili v rámci tematického celku *vnitřní geologické děje* a tento úkol plnil funkci opakování staršího učiva a propojoval tak znalosti, které si žáci osvojili o několik měsíců dříve.

Žáci využívají moderní technologie, které jsou běžnou součástí jejich života, aby mohli správně přiřadit mapy k obdobím. Poté je možné s těmito mapami ve výuce dále pracovat. Žáci si mohou mapy pracovního listu později nastříhat a vlepít do sešitu k příslušné látce. Pro tyto potřeby je vhodné tisknout pracovní list jednostranně.

U tohoto pracovního listu není cílem, aby žáci uměli rozložení kontinentů v každém období, ale aby získali obecnou představu o jejich pohybu. K ověření schopnosti žáků pozorovat vývoj a změny v rozložení kontinentů jsou využity otázky č. 4.2, 4.3 a 4.5. Žáci deváté třídy by podle mého názoru neměli být z podrobných paleogeografických znalostí testováni.

Celkový čas věnovaný pracovnímu listu byl při pilotním testování přibližně 35 minut.

Při pilotním testování nebyly nalezeny žádné větší nedostatky. Při úkolu č. 3 je třeba se zvláště ujistit, že žáci porozuměli zadání. Celkově hodnotili žáci aktivitu jako zábavnou a v průběhu hodiny se nevyskytly žádné větší nebo neobvyklé problémy.

V začátku měli někteří žáci problém s pochopením cvičení deskové tektoniky. Je proto vhodné se v úvodu ujistit, že žáci porozuměli zadání i obrázku.

Při testování byly v obou testovaných třídách splněny všechny cíle, které si pracovní listy stanovují (viz kap. 4.2).

5.3 Tafonomická okna

Tyto pracovní listy jsou zaměřeny na možnosti, faktory a pravděpodobnost zachování organismů ve fosilním záznamu. Vysvětlují pojem tafonomie. Snaží se, aby si žáci ukotvili informaci, že se snáze zachovávají tvrdé tkáně než měkké.

Hru s kostkou není možné hrát příliš dlouho, jinak se mohou žáci začít nudit. Proto není na škodu při házení kostkou *podvádět*, ovšem takové ovlivnění kostky je potřeba přiznat a zdůvodnit např.: „*A bychom tady nesesedeli celý den, tak ted' házím a padá mi pětka, to je ale náhoda.*“

V závislosti na potřebě třídy a učitele může pracovní list zabrat 15–25 minut. V případě potřeby je možné čas věnovaný aktivitám pracovního listu zkrátit až na 5 minut. Takovéto zkrácení jde ovšem na úkor kvality a nebude v tomto případě plně využitý potenciál pracovního listu.

Je vhodné aktivity spojené s pracovními listy zařadit do první poloviny hodiny, hned za úvodní opakování. Na konci hodiny je třeba se k aktivitám vrátit. Při rekapitulaci a opakování si žáci lépe zapamatují, co se na hodině naučili.

Kartičky ze hry si mohou žáci nalepit do sešitu k příslušným kapitolám a využít je v dále probírané látce. Při čtení nahlas si žáci zdokonalují své přednesové dovednosti.

Při testování u aktivity, kde žáci předváděli proskakování tafonomickým oknem, naplnil pracovní list svůj potenciál navodit pozitivní atmosféru, pobavit a aktivizovat. Tato aktivita měla u žáků výrazný pozitivní ohlas a došlo k aktivizaci i některých žáků, kteří mají v hodinách pasivní přístup.

Mnoho žáků si zapamatovalo některé organismy, které měli na kartičkách, a to zejména trilobita, *Anomalocaris* a *Dickinsonii*.

Při testování došlo k naplnění obou cílů, které si pracovní list stanovil.

5.4 Prvohory – moře plné života

Tyto pracovní listy mají dvě části. V první části se žáci učí, že mnoho vymřelých skupin má dnes své žijící příbuzné. Druhá část používá čtení s porozuměním, které podporuje a rozvíjí čtenářskou gramotnost podstatnou pro současný i budoucí rozvoj žáka ve všech oborech (Altmanová *et al.* 2011; Wildová 2012). V pracovním listě jsou různě obtížné otevřené i uzavřené otázky.

Učební text je vhodný pro další použití ve výuce i pro samostatnou domácí přípravu žáka. Použití listu ve výuce zabere přibližně 25 minut a nechává prostor pro další aktivity a opakování.

Žáci byli kreativní ve způsobu, kterým sdělí, které znaky se vážou ke které skupině. Pracovní list jim přímo nezadává, jakým způsobem mají znaky přiřadit. To ovšem nepovažují

za negativum. Úroveň rychlosti čtení se mezi žáky výrazně liší, a proto je vhodné mít připravenou práci pro rychlejší čtenáře. Při pilotním testování se ukázalo jako prospěšné změřit se při kontrole na odpověď týkající se vzniku anoxie. Je podstatné se ujistit, že žáci při čtení textu nevynechali podstatný poznatek týkající se změny oceánského proudění na přelomu ordoviku a siluru.

Při pilotním testování byly splněny všechny tři cíle, které stanovuje kapitola 3.4. Žáci úspěšně přiřadili fosilní druhy k jejich recentním příbuzným a s pomocí čtení s porozuměním odpověděli na položené otázky a správně rozhodli o pravdivosti tvrzení o životě ve spodním paleozoiku.

5.5 Prvohory – výstup na souš

Pracovní list o výstupu na souš zapojuje skupinovou práci a podporuje logické uvažování a komunikační dovednosti. V křížovce si žáci zopakují názvy některých útvarů. Pořadí prvního a druhého cvičení je možné v případě potřeby vyměnit.

Křížovka představuje úkol se snadnou obtížností, který umožní i slabším žákům prožít dobrý pocit z úspěchu. To je velmi potřebné pro motivaci žáků, kteří dosahují všeobecně horších studijních výsledků.

Aktivity tohoto pracovního listu trvají 15–25 minut.

Překvapivý byl problém některých žáků s pojmem *rostlinný orgán*. Stačilo tento termín při hodině substituovat termínem *část rostliny* a žáci na odpověď přišli bez dalších obtíží.

Při pilotním testování byl splněn cíl „*žáci se v diskusi shodnou na společných bodech*“. Toto naplnění cíle kontrastuje výsledky obdobného cvičení z pracovního listu *Geologický čas a prekambrium*. To je pravděpodobně dané tím, že tentokrát pracovali a diskutovali žáci pouze ve dvojicích. Při vyplňování křížovky žáci vyjmenovali vybrané útvary, čímž došlo ke splnění i druhého cíle.

5.6 Druhohory

První část pracovního listu ilustruje časové vzdálenosti. Mnoho lidí vnímá výskyt dinosaurů jako jednu událost. Cvičení pracovního listu pomůže žákům si uvědomit, že jednotlivé druhy dělí stejná a někdy i větší vzdálenost, než dělí vyhynutí neptačích dinosaurů od současnosti. Kromě tohoto úkolu pracují žáci s tabulkou a ukotvují si základní matematické uvažování. Po vyplnění první strany byly papíry při pilotním testování vybrány. Dle mého názoru by bylo vhodnější, kdyby si žáci své chyby opravili přímo do listů, které by jim zůstaly.

Druhá strana činila některým žákům potíže. Nutila je přemýšlet, využívat text zadání a pracovat s obrázkem. Pracovní list odhalil nedostatky ve znalostech hlavonožců, kdy téměř polovina třídy za recentního hlavonožce označili šneka. Pracovní list tak splnil i svou diagnostickou funkci a já se tak mohla ve výuce na tento nedostatek zaměřit. Vzájemně si rozporující chybné odpovědi ve cvičení č. 4 naznačují, že žáci možná nerozuměli, co se myslí slovy starší a mladší. Dalším vysvětlením může být nedostatečná motivace dát si s plněním úkolu práci a mohlo dojít k prostému kroužkování náhodných odpovědí.

Při pilotním testování byl naplněn cíl „žáci srovnají časové vzdálenosti mezi stratigrafickým výskytem *Stegosaura*, *Tyrannosaura Rexe* a současností“ u poloviny žáků. Cíl „žáci jmenují fosilní i recentní zástupce skupiny hlavonožců“ byl splněn s výhradou, jelikož mimo správně jmenované zástupce hlavonožců zároveň označili žáci za hlavonožce i hlemýždě, který se řadí mezi plže. Většina žáků určila správně hloubku, ve které se ne/rozpouští kalcit a aragonit, čímž došlo ke splnění třetího cíle. Vzorec kalcitu byl pro ně opakovaním staršího učiva, žáci s ním neměli problém a při testování tak došlo k naplnění i posledního cíle.

5.7 Hromadná vymírání

Pracovní list se zabývá příčinami a následky změn životního prostředí. Dává do souvislosti zpětné vazby různých dějů naší planety v širokém měřítku.

Při pilotním testování měli žáci nedostatek šipek pro spojování lístečků, proto vznikla opravená verze pracovního listu, která tento nedostatek napravuje. Stejně tak na základě pilotního testování byly z lístečků vyškrtnuty oceánské ledovce. Prázdné lístečky, které žákům umožnily doplnit do vztahových map vlastní pojmy, se osvědčily jako dobrý nápad. Dovolily žákům přemýšlet i mimo zadané hranice.

Pracovní list využívá metodu skládkového učení a vede žáky k odpovědnosti vůči skupině (Kyncl 2013). Aktivita rozvíjí kritické myšlení žáků a dává jim prostor k diskusi, čímž mohou rozvíjet své argumentační schopnosti (Belz & Siegrist 2001).

Při procházení třídou je třeba dbát na to, aby se všichni členové skupiny do práce zapojili (Petty 2013). Kromě pozorování řazení lístečků je důležité se žáků ptát, proč a jak se věci dějí. Tyto otázky vedou žáky k tomu, aby pronikli hlouběji do jádra problému.

Poslední část pracovního listu má ověřovací funkci. Znalosti získané a upevněné při práci ve skupinách použijí žáci na příkladu permského vymírání. Aktivity spojené s tímto pracovním listem vyplňují celou vyučovací hodinu.

Mezi žáky je skupinová práce relativně vítaná. Celková atmosféra třídy byla během této aktivity přátelská. Ve srovnání se skupinovou prací prvního pracovního listu pozorují pozitivní posun v přístupu žáků k vzájemné spolupráci a diskusi.

Při pilotním testování byly splněny všechny tři cíle, které tato práce stanovuje (kap. 3.7). Cílem tohoto pracovního listu nebylo kompletní porozumění všech komplexních mechanismů, které při hromadných vymíráních působí, to by nebylo přiměřené úrovni znalostí ani myšlení žáků devátých tříd. Věřím ovšem, že si žáci i díky této aktivitě uvědomili složitost a propojenost v životním prostředí.

Závěr

Tato diplomová práce představila vytvořené pracovní listy, jejichž použití je možné ve výuce učiva vývoje života na Zemi. Tyto listy byly otestovány ve dvou devátých třídách na ZŠ Jana Kubelíka, Neveklov. Tato diplomová práce také zasazuje pracovní listy do kontextu vývoje globálního ekosystému. Cíl práce byl splněn.

Tato diplomová práce představila 7 pracovních listů, které se zabývají proměnou Země a globálních ekosystémů v geologickém čase. Pracovní listy seznamují žáky se základními koncepty geologických věd, jako je pravidlo superpozice, geologický čas nebo desková tektonika a základní principy tafonomie. Provází žáky od raného vývoje Země až do konce mesozoika, přičemž žáky seznamuje s příklady vyhynulých skupin flóry i fauny.

Za poslední roky došlo k významným změnám v RVP a očekávané výstupy učiva geologie byly výrazně redukovány. Tato nevýhoda může být i ku prospěchu, jelikož tím odpadá tlak na učitele a žáky na systematické povrchní zvládnutí veškerého učiva a umožňuje učitelům vybrané učivo předat žákům s pomocí zábavnějších aktivit, které jdou do hloubky jen ve vybraných úzkých oblastech. Porozumění těchto detailů může žákům osobněji přiblížit paleontologii a geologii. Zároveň je ale třeba propojit učivo s dalšími oblastmi, a proto jsou pracovní listy, které tato práce představila, zaměřené i na rozvíjení klíčových kompetencí a mezioborových vztahů skrze učivo o vývoji života na Zemi.

Pracovní listy jsou různorodé svým charakterem, didaktickými metodami, časovými požadavky i zařazením v rámci vyučovací jednotky. Liší se také svou obtížností. Lehčí úkoly umožňují žákům získat sebevědomí a zažít pocit úspěchu, který je nutný pro zvýšení vnitřní motivace žáků. Náročnější úkoly se naopak více zaměřují na způsoby myšlení a logické postupy. Pracovní listy jsou cílené na práci ve školní třídě, ale je možné je snadno upravit dle potřeby i na jiné prostředí. Výhodou pracovních listů je, že jsou univerzálně použitelné bez vazby na konkrétní učebnici.

V dnešní době je kladen velký důraz na klíčové kompetence a dovednosti žáků. Pracovní listy představené v této diplomové práci rozvíjejí kompetence k učení, k řešení problémů a také kompetence sociální a personální. Stejně tak i komunikační a digitální kompetence.

Pracovní listy umožňují zdokonalovat žákům své verbální i nonverbální komunikační dovednosti, a to díky častému zapojení skupinové práce, diskuse nebo práce ve dvojicích. Stejně tak i tím, že listy využívají i prvky dramatizace a prezentace nebo skládkového učení. Při skupinové práci jsou často žáci nuceni se shodnout na jednom řešení.

V pracovních listech je kladen důraz na rozvoj analytického a logického myšlení. K tomu dochází při vytváření vztahových map a plnění úkolů, kde žáci pracují s tabulkami a schematickými obrázky nebo s časovou osou. Žáci jsou nuceni přemýšlet nad komplexními problémy a musí syntézou získaných informací vyvodit závěry.

Rozvíjení kompetencí k učení dosahují pracovní listy mimo jiné využitím metod čtení s porozuměním, čímž přispívají k zdokonalování čtenářské gramotnosti a kritického myšlení žáků. Skládkové učení vede žáky k odpovědnosti vůči skupině a zvyšuje jejich motivaci k zapamatování informací. Pracovní listy využívají mezioborových vztahů, a to zejména s matematikou, ekologií a biologií. Zároveň propojují nové znalosti s učivem geologie, které se žáci učili o několik měsíců dříve.

Některé pracovní listy nebo jejich části slouží k opakování učiva, některé naopak představují žákům nové informace a provázejí je procesem zpracování těchto informací. Žáci mohou využít části pracovních listů i pro samostatnou domácí přípravu.

Pracovní listy jako celek splnily splnily své dílčí cíle. Problematický byl v tomto ohledu pracovní list zabývající se druhohorami, který mohl být pro žáky příliš náročný, nebo žáci nebyli dostatečně motivováni.

DP popsala u jednotlivých listů jejich přednosti i nedostatky a místa, u kterých je třeba klást důraz na správné pochopení zadání. Na základě pilotního testování došlo ke změnám v některých listech.

Pilotní testování ukázalo, že je práce ve skupinách oblíbenou aktivitou testované třídy. Při testování prvního pracovního listu byly ale pozorovány problémy v komunikaci mezi žáky. Při pozdějším testování další práce ve skupinách tento problém vymizel. Zda měly pracovní listy této práce přímý vliv na zlepšení komunikace žáků není možné určit.

Při pilotním testování neměli žáci výraznější problémy s řešením úloh.

Pevně věřím, že toto testování nebylo poslední příležitostí pro využití mých pracovních listů a doufám, že budou užitečným pomocníkem pro zpestření a obohacení výuky na základních školách.

Pro využití potenciálu pracovních listů představených v této diplomové práci je nezbytné aktivní zapojení pedagoga. Učitel provází žáky činnostmi a řídí směr společné diskuse. Při skupinových aktivitách musí učitel dbát na to, aby se všichni členové skupiny zapojili do společné práce. Pracovní listy mohou plnit i diagnostickou funkci, pokud bude tento potenciál učitelem využit. Vždy je třeba se k aktivitám vrátit na konci hodiny. Při rekapitulaci učiva si žáci lépe zapamatují, co se na hodině naučili.

Literatura

ADRAIN, J.M., WESTROP, S.R., CHATTERTON, B.D.E. & RAMSKÖLD, L. 2000. Silurian trilobite alpha diversity and the end-Ordovician mass extinction. *Paleobiology* 26(4), 625–646.

AHLBERG, P.E. 1995. Elginerpeton pancheni and the earliest tetrapod clade. *Nature* 373(6513), 420–425.

AHLBERG, P.E. & MILNER, A.R. 1994. The origin and early diversification of tetrapods. *Nature* 368(6471), 507–514.

ALFARO, M.E., FAIRCLOTH, B.C., HARRINGTON, R.C., SORENSON, L., FRIEDMAN, M., THACKER, C.E., OLIVEROS, C.H., ČERNÝ, D. & NEAR, T.J. 2018. Explosive diversification of marine fishes at the Cretaceous-Palaeogene boundary. *Nature ecology & evolution* 2(4), 688–696.

ALGEO, T.J. & SHEN, J. 2024. Theory and classification of mass extinction causation. *National science review* 11(1), nwad237.

ALGEO, T.J., BERNER, R.A., MAYNARD, J.B. & SCHECKLER, S.E. 1995. Late Devonian Oceanic Anoxic Events and Biotic Crises: “Rooted” in the Evolution of Vascular Land Plants? *GSA today: a publication of the Geological Society of America* 5(3), 63–66.

ALLÈGRE, C.J., MANHÈS, G. & GÖPEL, C. 2008. The major differentiation of the Earth at ~4.45 Ga. *Earth and planetary science letters* 267(1-2), 386–398.

ALLWOOD, A.C., WALTER, M.R., KAMBER, B.S., MARSHALL, C.P. & BURCH, I.W. 2006. Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia. *Nature* 441(7094), 714–718.

ALROY, J. 1999. The fossil record of North American mammals: evidence for a Paleocene evolutionary radiation. *Systematic biology* 48(1), 107–118.

ALROY, J., ABERHAN, M., BOTTJER, D.J., FOOTE, M., FÜRSICH, F.T., HARRIES, P.J., HENDY, A.J.W., HOLLAND, S.M., IVANY, L.C., KIESSLING, W., KOSNIK, M.A., MARSHALL, C.R., MCGOWAN, A.J., MILLER, A.I., OLSZEWSKI, T.D., PATZKOWSKY, M.E., PETERS, S.E., VILLIER, L., WAGNER, P.J., BONUSO, N., BORKOW, P.S., BRENNEIS, B., CLAPHAM, M.E., FALL, L.M., FERGUSON, C.A.,

- HANSON, V.L., KRUG, A.Z., LAYOU, K.M., LECKEY, E.H., NÜRNBERG, S., POWERS, C.M., SESSA, J.A., SIMPSON, C., TOMASOVYCH, A. & VISAGGI, C.C. 2008. Phanerozoic trends in the global diversity of marine invertebrates. *Science* 321(5885), 97–100.
- ALTMANOVÁ, J., HAUSENBLAS, O., HESOVÁ, A., KOŠŤÁLOVÁ, H., KOUBEK, P., PALKOVSKÁ, L., PRCHLÍKOVÁ, H., ŠAFRÁNKOVÁ, K. & ŠLAPAL, M. 2011. *Čtenářská gramotnost*. Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků (NÚV), divize VÚP, Praha.
- ANDERSON, J.M., ANDERSON, H.M. & CRUICKSHANK, A.R.I. 1998. Late Triassic ecosystems of the Molteno/Lower Elliot biome of southern Africa. *Palaeontology* 41, 387–421.
- ASCARRUNZ, E., RAGE, J.-C., LEGRENEUR, P. & LAURIN, M. 2016. Triadobatrachus massinoti, the earliest known lissamphibian (Vertebrata: Tetrapoda) re-examined by μ CT scan, and the evolution of trunk length in batrachians. *Contributions to zoology (Amsterdam, Netherlands: 1995)* 85(2), 201–234.
- AWRAMIK, S.M. & SPRINKLE, J. 1999. Proterozoic stromatolites: The first marine evolutionary biota. *Historical biology* 13(4), 241–253.
- BABCOCK, L.E., PENG, S.-C., BRETT, C.E., ZHU, M.-Y., AHLBERG, P., BEVIS, M. & ROBISON, R.A. 2015. Global climate, sea level cycles, and biotic events in the Cambrian Period. *Palaeoworld* 24(1-2), 5–15.
- BAMBACH, R.K., KNOLL, A.H. & WANG, S.C. 2004. Origination, extinction, and mass depletions of marine diversity. *Paleobiology* 30(4), 522–542.
- BARDET, N. 1994. Extinction events among Mesozoic marine reptiles. *Historical biology* 7(4), 313–324.
- BARRETT, P.M., MCGOWAN, A.J. & PAGE, V. 2009. Dinosaur diversity and the rock record. *Proceedings. Biological sciences* 276(1667), 2667–2674.
- BAUMILLER, T.K., SALAMON, M.A., GORZELAK, P., MOOI, R., MESSING, C.G. & GAHN, F.J. 2010. Post-Paleozoic crinoid radiation in response to benthic predation

preceded the Mesozoic marine revolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(13), 5893–5896.

BECKER R. T., KÖNIGSHOF P. & BRETT C. E. 2016. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications* 423(1), 1–10.

BELZ, H. & SIEGRIST, M. 2001. *Klíčové kompetence a jejich rozvíjení: východiska, metody, cvičení a hry*. 375 s. Portál, Praha.

BENSON, R.B.J., EVANS, M. & DRUCKENMILLER, P.S. 2012. High diversity, low disparity and small body size in plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia) from the Triassic-Jurassic boundary. *PloS one* 7(3), e31838.

BENTON, M.J. 1986. More than one event in the late Triassic mass extinction. *Nature* 321(6073), 857–861.

BENTON, M.J. 1989. Mass extinctions among tetrapods and the quality of the fossil record. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 325(1228), 369–385; discussion 386.

BENTON, M.J. 2001. 2.13.5 End-Triassic, 194–198. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology: A synthesis*. Blackwell, Oxford, England.

BENTON, M.J. 2016. The Triassic. *Current biology: CB* 26(23), R1214–R1218.

BENTON, M.J. 2024. The dinosaur boom in the Cretaceous. *Geological Society special publication* 544(1). DOI 10.1144/sp544-2023-70

BENTON, M.J. & HARPER, D.A.T. (ed.). 2009. Origin of the metazoans, 234–259. In: *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.

BENTON, M.J. & TWITCHETT, R.J. 2003. How to kill (almost) all life: the end-Permian extinction event. *Trends in ecology & evolution* 18(7), 358–365.

BENTON, M.J., BERNARDI, M. & KINSELLA, C. 2018. The Carnian Pluvial Episode and the origin of dinosaurs. *Journal of the Geological Society* 175(6), 1019–1026.

- BENTON, M.J., WILF, P. & SAUQUET, H. 2022. The Angiosperm Terrestrial Revolution and the origins of modern biodiversity. *The new phytologist* 233(5), 2017–2035.
- BERNARDI, M., GIANOLLA, P., PETTI, F.M., MIETTO, P. & BENTON, M.J. 2018. Dinosaur diversification linked with the Carnian Pluvial Episode. *Nature communications* 9(1), 1499.
- BERNER, R.A. 1999. Atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96(20), 10955–10957.
- BERNER, R.A. 2001. The Effect of the Rise of Land Plants on Atmospheric CO₂ During the Paleozoic, 173–178. In: GENSEL, P.G. & EDWARDS, D. (ed.) *Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives*. Columbia University Press, New York.
- BERNER, R.A. 2002. Examination of hypotheses for the Permo-Triassic boundary extinction by carbon cycle modeling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(7), 4172–4177.
- BERNER, R.A. 2006. GEOCARBSULF: A combined model for Phanerozoic atmospheric O₂ and CO₂. *Geochimica et cosmochimica acta* 70(23), 5653–5664.
- BOND, D.P.G. & GRASBY, S.E. 2017. On the causes of mass extinctions. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 478, 3–29.
- BOWRING, S.A. & WILLIAMS, I.S. 1999. Priscoan (4.00-4.03 Ga) orthogneisses from northwestern Canada. *Contributions to mineralogy and petrology. Beitrage zur Mineralogie und Petrologie* 134(1), 3–16.
- BRAND, U., POSENATO, R., CAME, R., AFFEK, H., ANGIOLINI, L., AZMY, K. & FARABEGOLI, E. 2012. The end-Permian mass extinction: A rapid volcanic CO₂ and CH₄-climatic catastrophe. *Chemical geology* 322-323, 121–144.
- BRASIER, M., COWIE, J. & TAYLOR, M. 1994. Decision on the Precambrian-Cambrian boundary stratotype. *Episodes* 17(1-2), 3–8.
- BRASSLER, R.S. 1935. *The Classification of the Edrioasteroidea*. 15 s. Smithsonian Institution, Washington, D.C.

- BRENCHLEY, P.J. 2000. 2.4.2 Late Ordovician Extinction, 220–223. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- BRENCHLEY, P.J. 2001. 4.18 Biofacies, 395–400. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology: A synthesis*. Blackwell, Oxford, England.
- BRETT, C.E. & WALKER, S.E. 2002. Predators and predation in Paleozoic marine environments. *The Paleontological Society papers* 8, 93–118.
- BRIGGS, D.E.G. 2015. Extraordinary fossils reveal the nature of Cambrian life: a commentary on Whittington (1975) „The enigmatic animal *Opabinia regalis*, Middle Cambrian, Burgess Shale, British Columbia". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 370(1666), 20140313.
- BRUSATTE, S.L., BUTLER, R.J., BARRETT, P.M., CARRANO, M.T., EVANS, D.C., LLOYD, G.T., MANNION, P.D., NORELL, M.A., PEPPE, D.J., UPCHURCH, P. & WILLIAMSON, T.E. 2015a. The extinction of the dinosaurs: Dinosaur extinction. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90(2), 628–642.
- BRUSATTE, S.L., O’CONNOR, J.K. & JARVIS, E.D. 2015b. The origin and diversification of birds. *Current biology: CB* 25(19), R888–R898.
- BRUSCA, R.C., GIRIBET, G. & MOORE, W. 2022. Introduction, 1–34. In: *Invertebrates*. Oxford University Press.
- BUATOIS, L.A. 2018. *Treptichnus pedum* and the Ediacaran–Cambrian boundary: significance and caveats. *Geological magazine* 155(1), 174–180.
- BUSS, L.W. 1994. The Phylum Vendobionta: A Sister Group of the Eumetazoa? *Paleobiology* 20(1), 1–4.
- BUTLER, R.J., BARRETT, P.M., KENRICK, P. & PENN, M.G. 2009. Diversity patterns amongst herbivorous dinosaurs and plants during the Cretaceous: implications for hypotheses of dinosaur/angiosperm co-evolution. *Journal of evolutionary biology* 22(3), 446–459.
- CAI, C., ESCALONA, H.E., LI, L., YIN, Z., HUANG, D. & ENGEL, M.S. 2018. Beetle pollination of cycads in the Mesozoic. *Current biology: CB* 28(17), 2806–2812.e1.

- CAMERON, A.G.W. & BENZ, W. 1991. The origin of the moon and the single impact hypothesis IV. *Icarus* 92(2), 204–216.
- CARR, R.K. 1994. Placoderm systematics, diversity, and evolution.
- CLAPHAM, M.E., SHEN, S. & BOTTJER, D.J. 2009. The double mass extinction revisited: reassessing the severity, selectivity, and causes of the end-Guadalupian biotic crisis (Late Permian). *Paleobiology* 35(1), 32–50.
- CLEMENS, W. 1970. Mesozoic Mammalian Evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 1, 357–390.
- COCKS, L.R.M. 2001. Ordovician and Silurian global geography. *Journal of the Geological Society* 158(2), 197–210.
- COCKS, L.R.M. & TORSVIK, T.H. 2021. Ordovician palaeogeography and climate change. *Gondwana research: international geoscience journal* 100, 53–72.
- COHEN, K.M., FINNEY, S.C., GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. 2013. The ICS international chronostratigraphic chart. *Episodes* 36(3), 199–204.
- COOPER, R.A., NOWLAN, G.S. & WILLIAMS, S.H. 2001. Global Stratotype Section and Point for base of the Ordovician System. *Episodes* 24(1), 19–28.
- COPPER, P. 1994. Ancient reef ecosystem expansion and collapse. *Coral reefs* 13(1), 3–11.
- COPPER, P. 2002. Reef development at the Frasnian/Famennian mass extinction boundary. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 181(1), 27–65.
- COPPER, P. & JIN, J. 2012. Early Silurian (Aeronian) East Point coral patch reefs of Anticosti Island, eastern Canada: First reef recovery from the Ordovician/Silurian mass extinction in eastern Laurentia. *Geosciences* 2(2), 64–89.
- CREPET, W.L. 2000. 4.1.17 Plant-Animal Interactions: Insect Pollination, 426–429. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.

- CROWELL, J.C. 1982. Continental Glaciation through Geologic Time, 77–82. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (ed.) *Climate in earth history: Studies in geophysics*. National Academies Press, Washington, D.C.
- CUNY, G. & BENTON, M.J. 1999. Early radiation of the Neoselachian sharks in Western Europe. *Geobios* 32(2), 193–204.
- DAESCHLER, E.B., SHUBIN, N.H. & JENKINS, F.A., Jr. 2006. A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature* 440(7085), 757–763.
- DAL CORSO, J., BERNARDI, M., SUN, Y., SONG, H., SEYFULLAH, L.J., PRETO, N., GIANOLLA, P., RUFFELL, A., KUSTATSCHER, E., ROGHI, G., MERICO, A., HOHN, S., SCHMIDT, A.R., MARZOLI, A., NEWTON, R.J., WIGNALL, P.B. & BENTON, M.J. 2020. Extinction and dawn of the modern world in the Carnian (Late Triassic). *Science advances* 6(38). DOI 10.1126/sciadv.aba0099
- DALY, E. 1969. A new procolophonoid reptile from the lower Permian of Oklahoma. *Journal of Paleontology* 43(3), 676–687.
- DARROCH, S.A.F., SMITH, E.F., LAFLAMME, M. & ERWIN, D.H. 2018. Ediacaran Extinction and Cambrian Explosion. *Trends in ecology & evolution* 33(9), 653–663.
- DAVYDOV, V.I., GLENISTER, B.F., SPINOSA, C., RITTER, S.M., CHERNYKH, V.V., WARDLAW, B.R. & SNYDER, W.S. 1998. Proposal of aidaralash as global stratotype section and point (GSSP) for base of the Permian system. *Episodes* 21(1), 11–18.
- DIMICHELE, W.A., PFEFFERKORN, H.W. & GASTALDO, R.A. 2001. Response of late Carboniferous and Early Permian plant communities to climate change. *Annual review of earth and planetary sciences* 29(1), 461–487.
- DIMICHELE, W.A., KERP, H.A.N.S., KRINGS, M.I.C.H.A.E.L. & CHANEY, D.S. 2005. The Permian peltasperm radiation: evidence from the southwestern United States. The Nonmarine Permian. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 30, 67–79.
- DUDLEY, R. 1998. Atmospheric Oxygen, Giant Paleozoic Insects and the Evolution of Aerial Locomotor Performance. *Journal of Experimental Biology* 201(8), 1043–1050.

- DUNN, F.S. & LIU, A.G. 2019. Viewing the Ediacaran biota as a failed experiment is unhelpful. *Nature Ecology & Evolution* 3(4), 512–514.
- DUNN, F.S., LIU, A.G. & DONOGHUE, P.C.J. 2018. Ediacaran developmental biology: Ediacaran developmental biology. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 93(2), 914–932.
- DUNN, F.S., KENCHINGTON, C.G., PARRY, L.A., CLARK, J.W., KENDALL, R.S. & WILBY, P.R. 2022. A crown-group cnidarian from the Ediacaran of Charnwood Forest, UK. *Nature ecology & evolution* 6(8), 1095–1104.
- DURMAN, P.N. & SENNIKOV, N.V. 1993. A new rhabdopleurid hemichordate from the Middle Cambrian of Siberia. *Palaeontology* 36, 283–283.
- EDWARDS, D. & WELLMAN, C. 2001. Embryophytes on Land: The Ordovician to Lochkovian (Lower Devonian) Record, 3–28. In: GENSEL, P.G. & EDWARDS, D. (ed.) *Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives*. Columbia University Press.
- ERWIN, D., BOWRING, S. & YUGAN, J. 2002. End-Permian mass extinctions: A review. *Special Papers-Geological Society of America* 356, 363–383.
- EVANS, S.D., DROSER, M.L. & ERWIN, D.H. 2021. Developmental processes in Ediacara macrofossils. *Proceedings. Biological sciences* 288(1945), 20203055.
- EVANS, S.E., MILNER, A.R. & MUSSETT, F. 1988. The earliest known Salamanders (Amphibia, Caudata): A record from the Middle Jurassic of England. *Geobios* 21(5), 539–552.
- EWING, M. & DONN, W.L. 1961. Pleistocene Climate Changes, 931–941. In: RAASCH, G.O. (ed.) *Geology of the Arctic*. University of Toronto Press, Toronto.
- FALKOWSKI, P.G. 2006. Evolution. Tracing oxygen's imprint on earth's metabolic evolution. *Science (New York, N.Y.)* 311(5768), 1724–1725.
- FAN, J.-X., SHEN, S.-Z., ERWIN, D.H., SADLER, P.M., MACLEOD, N., CHENG, Q.-M., HOU, X.-D., YANG, J., WANG, X.-D., WANG, Y., ZHANG, H., CHEN, X., LI, G.-X., ZHANG, Y.-C., SHI, Y.-K., YUAN, D.-X., CHEN, Q., ZHANG, L.-N., LI, C. & ZHAO, Y.-

Y. 2020. A high-resolution summary of Cambrian to Early Triassic marine invertebrate biodiversity. *Science (New York, N.Y.)* 367(6475), 272–277.

FEDONKIN, M.A. 2003. The origin of the Metazoa in the light of the Proterozoic fossil record. *Paleontological research* 7(1), 9–41.

FLANNERY, T.F., RICH, T.H., VICKERS-RICH, P., ZIEGLER, T., VEATCH, E.G. & HELGEN, K.M. 2022. A review of monotreme (Monotremata) evolution. *Alcheringa An Australasian Journal of Palaeontology* 46(1), 3–20.

FRIEDMAN, M. 2010. Explosive morphological diversification of spiny-finned teleost fishes in the aftermath of the end-Cretaceous extinction. *Proceedings. Biological sciences* 277(1688), 1675–1683.

FRIIS, E.M., PEDERSEN, K.R. & CRANE, P.R. 2000. Origin and Radiation of Angiosperms, 97–102. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, PETER., R (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.

FRIIS, E.M., CRANE, P.R. & PEDERSEN, K.R. (ed.). 2011. Introduction to angiosperms, 1–21. In: *Early flowers and angiosperm evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, England.

FRIIS, E.M., CRANE, P.R. & PEDERSEN, K.R. 2024. The Cretaceous diversification of angiosperms: perspectives from mesofossils. *Geological Society special publication* 544(1). DOI 10.1144/sp544-2023-170

FRIZON DE LAMOTTE, D., FOURDAN, B., LELEU, S., LEPARMENTIER, F. & DE CLARENS, P. 2015. Style of rifting and the stages of Pangea breakup: STYLE OF RIFTING AND PANGEA BREAK-UP. *Tectonics* 34(5), 1009–1029.

FRÝZOVÁ, I. 2014. Pracovní list nejen v přírodovědném vzdělávání. *Komenský* 139(1), 48–54.

GARROUSTE, R., CLÉMENT, G., NEL, P., ENGEL, M.S., GRANDCOLAS, P., D’HAESE, C., LAGEBRO, L., DENAYER, J., GUERIAU, P., LAFAITE, P., OLIVE, S., PRESTIANNI, C. & NEL, A. 2012. A complete insect from the Late Devonian period. *Nature* 488(7409), 82–85.

- GEIST, J., HOLCOVÁ, K., VAŇKOVÁ, L., MAZUCH, M. & KOŠŤÁK, M. 2023. Belemnites and calcareous nannoplankton: Proxy tools for recognising of cryptic Jurassic geological history of Central Europe. *Palaeobiodiversity and palaeoenvironments* 103(2), 303–325.
- GENSEL, P.G. & BERRY, C.M. 2001. Early Lycoplyte Evolution. *American Fern Journal* 91(3), 74–98.
- GIESEN, P. & BERRY, C.M. 2013. Reconstruction and growth of the early tree calamophyton (pseudosporochnales, cladoxylopsida) based on exceptionally complete specimens from Lindlar, Germany (mid-Devonian): Organic connection of calamophyton branches and duisbergia trunks. *International journal of plant sciences* 174(4), 665–686.
- GLIKSON, A.Y. 2023. An asteroid impact origin of the Hirnantian (end-Ordovician) glaciation and mass extinction. *Gondwana research: international geoscience journal* 118, 153–159.
- GOLDBLATT, C., LENTON, T.M. & WATSON, A.J. 2006. Bistability of atmospheric oxygen and the Great Oxidation. *Nature* 443(7112), 683–686.
- GOLDMAN, D., LESLIE, S.A., LIANG, Y. & BERGSTRÖM, S.M. 2023. Ordovician biostratigraphy: index fossils, biozones and correlation. *Geological Society special publication* 532(1), 31–62.
- GONEZ, P. & GERRIENNE, P. 2010. A new definition and a lectotypification of the genus *cooksonia* Lang 1937. *International journal of plant sciences* 171(2), 199–215.
- GRADSTEIN, F., WASKOWSKA, A. & GLINSKIKH, L. 2021. The first 40 million years of planktonic Foraminifera. *Geosciences* 11(2), 85.
- GRAHAM, J.B., AGUILAR, N.M., DUDLEY, R. & GANS, C. 1995. Implications of the late Palaeozoic oxygen pulse for physiology and evolution. *Nature* 375(6527), 117–120.
- GROSSNICKLE, D.M. & POLLY, P.D. 2013. Mammal disparity decreases during the Cretaceous angiosperm radiation. *Proceedings. Biological sciences* 280(1771), 20132110.
- GUEX, J. 1995. Ammonites hettangiennes de la Gabbs Valley Range (Nevada, USA). *Mémoires de Géologie Lausanne* 27, 1–131.

GULICK, S.P.S. 2024. End of the Cretaceous. *Geological Society special publication 544(1)*. DOI 10.1144/sp544-2023-176

GUMSLEY, A.P., CHAMBERLAIN, K.R., BLEEKER, W., SÖDERLUND, U., DE KOCK, M.O., LARSSON, E.R. & BEKKER, A. 2017. Timing and tempo of the Great Oxidation Event. *Proceedings of the National Academy of Sciences 114(8)*, 1811–1816.

HALLA, J., NOFFKE, N., REIS, H., AWRAMIK, S., BEKKER, A., BRASIER, A., CALLEFO, F., CHOUDHURY, A., DUDA, J.-P., FEDO, C., GALANTE, D., HADDOCK, J., HAINES, P., HINNOV, L., HOFMANN, A., HOMANN, M., HUSTON, D., JOHNSON, S., KAH, L., KAUFMAN, A., KOVALICK, A., KUCHENBECKER, M., KÖYKKÄ, J., LOWE, D., NHLEKO, N., RENO, B., SANCHEZ, E., SHUKLA, Y., SMITH, A., VAN ZUILEN, M., WESTALL, F. & WHITEHOUSE, M. 2024. Ratification of the base of the ICS Geological Time Scale: the Global Standard Stratigraphic Age (GSSA) for the Hadean lower boundary. *Episodes 47(2)*, 381–389.

HALLAM, A. 2001. A review of the broad pattern of Jurassic sea-level changes and their possible causes in the light of current knowledge. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology 167(1-2)*, 23–37.

HALLIDAY, A.N. 2000. Terrestrial accretion rates and the origin of the Moon. *Earth and Planetary Science Letters 176(1)*, 17–30.

HARPER, D.A.T., HAMMARLUND, E.U. & RASMUSSEN, C.M.Ø. 2014. End Ordovician extinctions: A coincidence of causes. *Gondwana research: international geoscience journal 25(4)*, 1294–1307.

HARTMANN, W.K. 2014. The giant impact hypothesis: past, present (and future?). *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences 372(2024)*, 20130249.

HART, M.B., HYLTON, M.D., OXFORD, M.J., PRICE, G.D., HUDSON, W. & SMART, C.W. 2003. The search for the origin of the planktic Foraminifera. *Journal of the Geological Society 160(3)*, 341–343.

HEARING, T.W., HARVEY, T.H.P., WILLIAMS, M., LENG, M.J., LAMB, A.L., WILBY, P.R., GABBOTT, S.E., POHL, A. & DONNADIEU, Y. 2018. An early Cambrian greenhouse climate. *Science advances* 4(5), eaar5690.

HERENDEEN, P.S., FRIIS, E.M., PEDERSEN, K.R. & CRANE, P.R. 2017. Palaeobotanical redux: revisiting the age of the angiosperms. *Nature plants* 3(3), 17015.

HILLEBRANDT, A. v., KRISTYN, L., KÜRSCHNER, W.M., BONIS, N.R., RUHL, M., RICHOSZ, S., SCHOBEN, M.A.N., URLICHS, M., BOWN, P.R., KMENT, K., MCROBERTS, C.A., SIMMS, M. & TOMÁSOVÝCH, A. 2013. The global stratotype sections and point (GSSP) for the base of the Jurassic system at Kuhjoch (Karwendel mountains, northern calcareous alps, Tyrol, Austria). *Episodes* 36(3), 162–198.

HLADIL, J. 1991. Evaluation of the sedimentary record in the Silurian/Devonian boundary stratotype at Klonk (Barrandian area, Czechoslovakia). *Newsletters on stratigraphy* 25(2), 115–125.

HOFFMAN, P.F., ABBOT, D.S., ASHKENAZY, Y., BENN, D.I., BROCKS, J.J., COHEN, P.A., COX, G.M., CREVELING, J.R., DONNADIEU, Y., ERWIN, D.H., FAIRCHILD, I.J., FERREIRA, D., GOODMAN, J.C., HALVERSON, G.P., JANSEN, M.F., HIR, G.L., LOVE, G.D., MACDONALD, F.A., MALOOF, A.C., PARTIN, C.A., RAMSTEIN, G., ROSE, B.E.J., ROSE, C.V., SADLER, P.M., TZIPERMAN, E., VOIGT, A. & WARREN, S.G. 2017. Snowball Earth climate dynamics and Cryogenian geology-geobiology. *Science Advances* 3(11), e1600983.

HOLLAND, C.H. 1985. Series and stages of the Silurian system. *Episodes* 8(2), 101–103.

HONGFU, Y., KEXIN, Z., JINNAN, T., ZUNYI, Y. & SHUNBAO, W. 2001. The global stratotype section and point (GSSP) of the Permian-Triassic boundary. *Episodes* 24(2), 102–114.

HOPSON, J.A. 2000. 1.3.10 Origin of Mammals, 97–102. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.

HÖRNSCHEMEYER, T., HAUG, J.T., BETHOUX, O., BEUTEL, R.G., CHARBONNIER, S., HEGNA, T.A., KOCH, M., RUST, J., WEDMANN, S., BRADLER, S. & WILLMANN, R. 2013. Is *Strudiella* a Devonian insect? *Nature* 494(7437), E3–E4; discussion E4–E5.

HOUSE, M.R. & KERR, W.A. 1989. Ammonoid extinction events. *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 325(1228), 307–326.

HUANG, Y., CHEN, Z.-Q., WIGNALL, P.B., GRASBY, S.E., ZHAO, L., WANG, X. & KAIHO, K. 2018. Biotic responses to volatile volcanism and environmental stresses over the Guadalupian-Lopingian (Permian) transition. *Geology* 47(2), 175–178.

HUGHES, N.C. & CHAPMAN, R.E. 1995. Growth and variation in the Silurian proetide trilobite *Aulacopleura koninckii* and its implications for trilobite palaeobiology. *Lethaia* 28(4), 333–353.

HUGHES, N.C. & HEIM, N.A. 2005. Cambrian, 163–175. In: *Encyclopedia of Geology* vol. 4. Elsevier.

CHIARENZA, A.A., FARNSWORTH, A., MANNION, P.D., LUNT, D.J., VALDES, P.J., MORGAN, J.V. & ALLISON, P.A. 2020. Asteroid impact, not volcanism, caused the end-Cretaceous dinosaur extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117(29), 17084–17093.

CHLUPÁČ, I. & VACEK, F. 2003. Thirty years of the first international stratotype: The Silurian-Devonian boundary at Klonk and its present status. *Episodes* 26(1), 10–15.

IBA, Y., SANO, S.-I., MUTTERLOSE, J. & KONDO, Y. 2012. Belemnites originated in the Triassic—A new look at an old group. *Geology* 40(10), 911–914.

JARAULA, C.M.B., GRICE, K., TWITCHETT, R.J., BÖTTCHER, M.E., LEMETAYER, P., DASTIDAR, A.G. & FELIPE OPAZO, L. 2013. Elevated pCO₂ leading to Late Triassic extinction, persistent photic zone euxinia, and rising sea levels. *Geology* 41(9), 955–958.

JENKYNS, H.C. 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 11(3). DOI 10.1029/2009GC002788

JOHANSON, Z., UNDERWOOD, C. & RICHTER, M. 2019. *Evolution and Development of Fishes*. JOHANSON, Z., UNDERWOOD, C. & RICHTER, M. (ed.). 280 s. Cambridge University Press, Cambridge, England.

JURIKOVA, H., GUTJAHR, M., WALLMANN, K., FLÖGEL, S., LIEBETRAU, V., POSENATO, R., ANGIOLINI, L., GARBELLI, C., BRAND, U., WIEDENBECK, M. &

EISENHAUER, A. 2020. Permian–Triassic mass extinction pulses driven by major marine carbon cycle perturbations. *Nature geoscience* 13(11), 745–750.

KEELEY, P.D. (ed.). 2008. *Science Formative Assessment: 75 Practical Strategies for Linking Assessment, Instruction, and Learning*. 248 s. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA.

KELLY, P.H. & HANSEN, T.A. 2000. 1.4.1 Mesozoic Marine Revolution, 97–102. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.

KEMP, A. 2002. Unique dentition of lungfish. *Microscopy Research and Technique* 59(5), 435–448.

KENRICK, P., WELLMAN, C.H., SCHNEIDER, H. & EDGEcombe, G.D. 2012. A timeline for terrestrialization: consequences for the carbon cycle in the Palaeozoic. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367(1588), 519–536.

KIESSLING, W. 2001. Paleoclimatic significance of Phanerozoic reefs. *Geology* 29(8), 751–754.

KIESSLING, W. 2008. Sampling-standardized expansion and collapse of reef building in the Phanerozoic. *Fossil Record* 11(1), 7–18.

KLUG, C., KRÖGER, B., KIESSLING, W., MULLINS, G.L., SERVAIS, T., FRÝDA, J., KORN, D. & TURNER, S. 2010. The Devonian nekton revolution: Devonian nekton revolution. *Lethaia* 43(4), 465–477.

KNOLL, A.H. 2003. Biomineralization and evolutionary history. *Reviews in mineralogy and geochemistry* 54(1), 329–356.

KNŮROVÁ, K., MAČÁKOVÁ, M., MARCOŇOVÁ, M., PERNIKÁŘOVÁ, R., SEIDLOVÁ, D., ŠŤOVÍČKOVÁ, K., ZIMPLOVÁ, K., ŽÍDKOVÁ, H. & DI MAGGIO, S. 2021. *Hravý přírodopis 9: Pracovní sešit*. Vydavatelství Taktik, Praha.

KOLÁŘ, Z. 2012. *Výkladový slovník z pedagogiky*. 194 s. Grada Publishing.

KONHAUSER, K.O., PLANAVSKY, N.J., HARDISTY, D.S., ROBBINS, L.J., WARCHOLA, T.J., HAUGAARD, R., LALONDE, S.V., PARTIN, C.A., OONK, P.B.H., TSIKOS, H., LYONS, T.W., BEKKER, A. & JOHNSON, C.M. 2017. Iron formations: A global record of Neoproterozoic to Palaeoproterozoic environmental history. *Earth-science reviews* 172, 140–177.

KOŠŤÁK, M., MAZUCH, M., OPLUŠTIL, S., KRAFT, P., MAREK, J., FATKA, O., KACHLÍK, V., SAKALA, J., MARTÍNEK, K., HOLCOVÁ, K., KVAČEK, Z. & ŽÁK, J. 2011. *Putování naším pravěkem*. KOŠŤÁK, M. & MAZUCH, M. (ed.). Granit, s.r.o, Praha.

KRAFT, P. & MERGL, M. 2022. Struggle for phosphorus and the Devonian overturn. *Trends in ecology & evolution* 37(8), 645–654.

KRUG, A.Z. & PATZKOWSKY, M.E. 2004. Rapid recovery from the Late Ordovician mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(51), 17605–17610.

KSEPKA, D.T. 2020. Feathered dinosaurs. *Current biology: CB* 30(22), R1347–R1353.

KSEPKA, D.T., STIDHAM, T.A. & WILLIAMSON, T.E. 2017. Early Paleocene landbird supports rapid phylogenetic and morphological diversification of crown birds after the K-Pg mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(30), 8047–8052.

KUNDRÁT, M. 2004. When did theropods become feathered?--evidence for pre-Archaeopteryx feathery appendages: OLDEST DINOSAUR FEATHERY APPENDAGES. *Journal of experimental zoology. Part B, Molecular and developmental evolution* 302(4), 355–364.

KVAČEK, Z. 2000. *Základy systematické paleontologie. I, Paleobotanika, paleozoologie bezobratlých*. KVAČEK, Z. (ed.). Karolinum, Nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha, Czech Republic.

KVASNIČKOVÁ, D. & TONIKA, J. 2009. *Ekologický přírodopis 9: pracovní sešit*. 32 s. Fortuna, Praha.

- LABANDEIRA, C.C. 1997. Insect mouthparts: Ascertaining the paleobiology of insect feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics* 28(1), 153–193.
- LABANDEIRA, C.C. 2000. 1.3.9 Rise and Diversification of Insects, 97–102. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology II*. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- LABANDEIRA, C.C. & SEPKOSKI, J.J., Jr. 1993. Insect diversity in the fossil record. *Science (New York, N.Y.)* 261(5119), 310–315.
- LACINA, M.J. 2020. *Historický vývoj Země a organismů na Zemi v učebnicích pro základní a střední školy*. Bakalářská práce, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 40 s.
- LANDING, E. 1994. Precambrian-Cambrian boundary global stratotype ratified and a new perspective of Cambrian time. *Geology* 22(2), 179–182.
- LANDMAN, N.H., GOOLAERTS, S., JAGT, J.W.M., JAGT-YAZYKOVA, E.A. & MACHALSKI, M. 2015. Ammonites on the brink of extinction: Diversity, abundance, and ecology of the order ammonoidea at the cretaceous/Paleogene (K/pg) boundary, 497–553. In: *Topics in Geobiology*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- LANGER, M.C., EZCURRA, M.D., BITTENCOURT, J.S. & NOVAS, F.E. 2010. The origin and early evolution of dinosaurs. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 85(1), 55–110.
- LEHMANN, J. 2015. Ammonite biostratigraphy of the cretaceous—an overview, 403–429. In: *Topics in Geobiology*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- LEWIS, L.A. & MCCOURT, R.M. 2004. Green algae and the origin of land plants. *American journal of botany* 91(10), 1535–1556.
- LIBERTÍN, M., LABUŤA, R. & DAŠKOVÁ, J. 2003. Nález nejstarších cévnatých rostlin v Českém masivu. *Zprávy o geologických výzkumech* 2002, 127–127.
- LIBERTÍN, M., KVAČEK, J., BEK, J., ŽÁRSKÝ, V. & ŠTORCH, P. 2018. Sporophytes of polysporangiate land plants from the early Silurian period may have been photosynthetically autonomous. *Nature Plants* 4(5), 269–271.

- LI, C., WU, X.-C., RIEPPEL, O., WANG, L.-T. & ZHAO, L.-J. 2008. An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China. *Nature* 456(7221), 497–501.
- LIU, J., HU, S.-X., RIEPPEL, O., JIANG, D.-Y., BENTON, M.J., KELLEY, N.P., AITCHISON, J.C., ZHOU, C.-Y., WEN, W., HUANG, J.-Y., XIE, T. & LV, T. 2014. A gigantic nothosaur (Reptilia: Sauropterygia) from the Middle Triassic of SW China and its implication for the Triassic biotic recovery. *Scientific reports* 4(1), 7142.
- LONGRICH, N.R., TOKARYK, T. & FIELD, D.J. 2011. Mass extinction of birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(37), 15253–15257.
- LONGRICH, N.R., SCRIBERAS, J. & WILLS, M.A. 2016. Severe extinction and rapid recovery of mammals across the Cretaceous-Palaeogene boundary, and the effects of rarity on patterns of extinction and recovery. *Journal of evolutionary biology* 29(8), 1495–1512.
- LONGRICH, N.R., MARTILL, D.M. & ANDRES, B. 2018. Late Maastrichtian pterosaurs from North Africa and mass extinction of Pterosauria at the Cretaceous-Paleogene boundary. *PLoS biology* 16(3), e2001663.
- LOWE, D.R. 1980. Stromatolites 3,400-myr old from the Archean of western Australia. *Nature* 284(5755), 441–443.
- LUCAS, S.G. 2021. Tetrapod Origins, 138–146. In: *Encyclopedia of Geology*. Elsevier.
- LUCAS, S.G. & HUNT, A.P. 2023. There was no Mesozoic marine revolution, 87. In: *IECG 2022 – IECG 2022*. MDPI, Basel Switzerland.
- LUCAS, S.G. & ORCHARD, M.J. 2005. Triassic, 344–351. In: SELLEY, R.C., COCKS, R. & PLIMER, I. (ed.) *Encyclopedia of Geology Series vol. 3*. Elsevier, Oxford.
- LUCAS, S.G. & TANNER, L.H. 2015. End-Triassic nonmarine biotic events. *Journal of Palaeogeography* 4(4), 331–348.
- LUO, Z.-X., YUAN, C.-X., MENG, Q.-J. & JI, Q. 2011. A Jurassic eutherian mammal and divergence of marsupials and placentals. *Nature* 476(7361), 442–445.

- MACGABHANN B. A. 2007. Discoidal fossils of the Ediacaran biota: a review of current understanding. *Geological Society, London, Special Publications 286(1)*, 297–313.
- MACGABHANN, B.A. 2014. There is no such thing as the ‘Ediacara Biota’. *Geoscience Frontiers 5(1)*, 53–62.
- MACLEOD, K.G., HUBER, B.T., BERROCOSO, Á.J. & WENDLER, I. 2013. A stable and hot Turonian without glacial $\delta^{18}\text{O}$ excursions is indicated by exquisitely preserved Tanzanian foraminifera. *Geology 41(10)*, 1083–1086.
- MACLEOD, N. 2005. Cretaceous, 360–372. In: SELLEY, R.C., COCKS, R. & PLIMER, I. (ed.) *Encyclopedia of Geology Series vol. 3*. Elsevier, Oxford.
- MACLEOD, N., RAWSON, P.F., FOREY, P.L., BANNER, F.T., BOUDAGHER-FADEL, M.K., BOWN, P.R., BURNETT, J.A., CHAMBERS, P., CULVER, S., EVANS, S.E., JEFFERY, C., KAMINSKI, M.A., LORD, A.R., MILNER, A.C., MILNER, A.R., MORRIS, N., OWEN, E., ROSEN, B.R., SMITH, A.B., TAYLOR, P.D., URQUHART, E. & YOUNG, J.R. 1997. The Cretaceous-Tertiary biotic transition. *Journal of the Geological Society 154(2)*, 265–292.
- MALETZ, J. 2017. Graptolites and Stratigraphy, 94–110. In: MALETZ, J. (ed.) *Graptolite Paleobiology*. Wiley & Sons, Limited, John.
- MÁNGANO, M.G. & BUATOIS, L.A. 2016. The Cambrian Explosion, 73–126. In: *Topics in Geobiology*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- MARTILL, D.M. & SMITH, R.E. 2025. Cretaceous pterosaur history, diversity and extinction. *Geological Society special publication 544(1)*. DOI 10.1144/sp544-2023-126
- MARTINELLI, A.G., FRANCISCHINI, H., DENTZIEN-DIAS, P.C., SOARES, M.B. & SCHULTZ, C.L. 2017. The oldest archosauromorph from South America: postcranial remains from the Guadalupian (mid-Permian) Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), southern Brazil. *Historical biology 29(1)*, 76–84.
- MATYÁŠEK, J. & KLINKOVSKÁ, L. 2022. *Přírodopis 9: Pracovní sešit*. NOVÁ ŠKOLA, Brno.

- MATYÁŠEK, J., HRUBÝ, Z. & KLINKOVSKÁ, L. 2018. *Přírodopis: Geologie a ekologie*. NOVÁ ŠKOLA, Brno.
- MCCARTHUR, J.M., DOYLE, P., LENG, M.J., REEVES, K., WILLIAMS, C.T., GARCIA-SANCHEZ, R. & HOWARTH, R.J. 2007. Testing palaeo-environmental proxies in Jurassic belemnites: Mg/Ca, Sr/Ca, Na/Ca, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 252(3-4), 464–480.
- MCGHEE, G.R., SHEEHAN, P.M., BOTTJER, D.J. & DROSER, M.L. 2012. Ecological ranking of Phanerozoic biodiversity crises: The Serpukhovian (early Carboniferous) crisis had a greater ecological impact than the end-Ordovician. *Geology* 40(2), 147–150.
- MCKERROW, W.S., MAC NIOCAILL, C. & DEWEY, J.F. 2000. The Caledonian Orogeny redefined. *Journal of the Geological Society* 157(6), 1149–1154.
- MELCHIN, M.J., SADLER, P.M. & CRAMER, B.D. 2020. The Silurian period, 695–732. In: *Geologic Time Scale 2020*. Elsevier.
- MERGL, M. 2022. Devonský koněpruský útes jako cíl geologické exkurze. *Arnica* 12(1–2), 16–42.
- MERRIAM, J.C. 1904. A new marine reptile from the Triassic of California.
- MIKHAILOVA, K., ROGOV, M., ERSHOVA, V., VERESHCHAGIN, O., SHUREKOVA, O., FEODOROVA, A. & ZAKHAROV, V. 2021. Middle Jurassic–Lower Cretaceous glendonites from the eastern Barents Shelf as a tool for paleoenvironmental and paleoclimatic reconstructions. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 579(110600), 110600.
- MILNER, A.C. 2001. 1.8.4 Vertebrates, 68–72. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology: A synthesis*. Blackwell, Oxford, England.
- MODESTO, S.P. 2006. The cranial skeleton of the Early Permian aquatic reptile *Mesosaurus tenuidens*: implications for relationships and palaeobiology. *Zoological journal of the Linnean Society* 146(3), 345–368.

- MORGAN, J.V., BRALOWER, T.J., BRUGGER, J. & WÜNNEMANN, K. 2022. The Chicxulub impact and its environmental consequences. *Nature reviews. Earth & environment* 3(5), 338–354.
- MORRIS, S.C. & WHITTINGTON, H.B. 1979. The animals of the Burgess shale. *Scientific American* 241(1), 122–135.
- MOTANI, R. 2005. Evolution of fish-shaped reptiles (reptilia: Ichthyopterygia) in their physical environments and constraints. *Annual review of earth and planetary sciences* 33(1), 395–420.
- MUTTERLOSE, J., MALKOC, M., SCHOUTEN, S., SINNINGHE DAMSTÉ, J.S. & FORSTER, A. 2010. TEX86 and stable $\delta^{18}\text{O}$ paleothermometry of early Cretaceous sediments: Implications for belemnite ecology and paleotemperature proxy application. *Earth and planetary science letters* 298(3-4), 286–298.
- NANCE, R.D. 2010. The Rheic Ocean: Palaeozoic evolution from Gondwana and Laurussia to Pangaea — Introduction. *Gondwana research: international geoscience journal* 17(2-3), 189–192.
- NANCE, R.D., GUTIÉRREZ-ALONSO, G., KEPPIE, J.D., LINNEMANN, U., MURPHY, J.B., QUESADA, C., STRACHAN, R.A. & WOODCOCK, N.H. 2012. A brief history of the Rheic Ocean. *Geoscience frontiers* 3(2), 125–135.
- NARBONNE, G.M. 2005. THE EDIACARA BIOTA: Neoproterozoic Origin of Animals and Their Ecosystems. *Annual review of earth and planetary sciences* 33(1), 421–442.
- NAUJOKAITYTE, J., GARB, M., LANDMAN, N., COCHRAN, J., WITTS, J., LOWERY, C.M., RASHKOVA, A., PHILLIPS, G., BROUSSARD, J., LARINA, E. & MYERS, C. 2021. DID AMMONITES SURVIVE FOR A BRIEF TIME AFTER THE K/PG MASS EXTINCTION ON THE U.S. GULF COASTAL PLAIN?. In: *GSA Connects 2021 in Portland, Oregon*. GSA.
- NEENAN, J.M., KLEIN, N. & SCHEYER, T.M. 2013. European origin of placodont marine reptiles and the evolution of crushing dentition in Placodontia. *Nature communications* 4(1), 1621.

- NEL, P., BERTRAND, S. & NEL, A. 2018. Diversification of insects since the Devonian: a new approach based on morphological disparity of mouthparts. *Scientific reports* 8(1), 3516.
- NIEDŹWIEDZKI, G., SZREK, P., NARKIEWICZ, K., NARKIEWICZ, M. & AHLBERG, P.E. 2010. Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland. *Nature* 463(7277), 43–48.
- NIKLAS, K.J. 1988. Patterns of vascular plant diversification in the fossil record: Proof and conjecture. *Annals of the Missouri Botanical Garden. Missouri Botanical Garden* 75(1), 35.
- NIKLAS, K.J., TIFFNEY, B.H., KNOLL, A.H. & VALENTINE, J.W. 1985. Patterns in vascular land plant diversification: an analysis at the species level. Phanerozoic diversity patterns: profiles in macroevolution. , 97–128.
- NISBET, E.G. & SLEEP, N.H. 2001. The habitat and nature of early life. *Nature* 409(6823), 1083–1091.
- OJI, T., DORNBOS, S.Q., YADA, K., HASEGAWA, H., GONCHIGDORJ, S., MOCHIZUKI, T., TAKAYANAGI, H. & IRYU, Y. 2018. Penetrative trace fossils from the late Ediacaran of Mongolia: early onset of the agronomic revolution. *Royal Society open science* 5(2), 172250.
- ONOUE, T., SATO, H., NAKAMURA, T., NOGUCHI, T., HIDAKA, Y., SHIRAI, N., EBIHARA, M., OSAWA, T., HATSUKAWA, Y., TOH, Y., KOIZUMI, M., HARADA, H., ORCHARD, M.J. & NEDACHI, M. 2012. Deep-sea record of impact apparently unrelated to mass extinction in the Late Triassic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(47), 19134–19139.
- ONTIVEROS, D.E., BEAUGRAND, G., LEFEBVRE, B., MARCILLY, C.M., SERVAIS, T. & POHL, A. 2023. Impact of global climate cooling on Ordovician marine biodiversity. *Nature communications* 14(1), 6098.
- OWENS, R.M. 1990. Carboniferous trilobites: the beginning of the end. *Geology today* 6(3), 96–100.
- PAGE, K.N. 2005. Jurassic, 352–360. In: SELLEY, R.C., COCKS, R. & PLIMER, I. (ed.) *Encyclopedia of Geology Series vol. 3*. Elsevier, Oxford.

- PAPROTH, E., FEIST, R. & FLAJS, G. 1991. Decision on the Devonian-Carboniferous boundary stratotype. *Episodes* 14(4), 331–336.
- PARRY, L.A., BOGGIANI, P.C., CONDON, D.J., GARWOOD, R.J., LEME, J. de M., MCILROY, D., BRASIER, M.D., TRINDADE, R., CAMPANHA, G.A.C., PACHECO, M.L.A.F., DINIZ, C.Q.C. & LIU, A.G. 2017. Ichnological evidence for meiofaunal bilaterians from the terminal Ediacaran and earliest Cambrian of Brazil. *Nature ecology & evolution* 1(10), 1455–1464.
- PAWLOWSKI, J. 2009. Foraminifera, 646–662. In: *Encyclopedia of Microbiology*. Elsevier.
- PEÑA-KAIRATH, C., DELCLÒS, X., ÁLVAREZ-PARRA, S., PEÑALVER, E., ENGEL, M.S., OLLERTON, J. & PERIS, D. 2023. Insect pollination in deep time. *Trends in ecology & evolution* 38(8), 749–759.
- PERIS, D. & CONDAMINE, F.L. 2024. The angiosperm radiation played a dual role in the diversification of insects and insect pollinators. *Nature communications* 15(1), 552.
- PETERSEN, S.V., DUTTON, A. & LOHMANN, K.C. 2016. End-Cretaceous extinction in Antarctica linked to both Deccan volcanism and meteorite impact via climate change. *Nature communications* 7(1), 12079.
- PETTY, G. 2013. *Moderní vyučování (Šestá, rozšířené a přepracované vydání)*. Portál, Praha. 562 s.
- PLUMB, K.A. 1991. New Precambrian time scale. *Episodes* 14(2), 139–140.
- POKORNÝ, V., HOUŠA, J.V., KRHOVSKÝ, J., MAREK, J., PACLTOVÁ, B. & ŠPINAR, Z. 1992. *Všeobecná paleontologie*. POKORNÝ, V. (ed.). Karolinum, Nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha.
- POLCYN, M.J., JACOBS, L.L., ARAÚJO, R., SCHULP, A.S. & MATEUS, O. 2014. Physical drivers of mosasaur evolution. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 400, 17–27.
- POTT, C., MCLOUGHLIN, S. & LINDSTRÖM, A. 2010. Late Palaeozoic foliage from China displays affinities to cycadales rather than to bennettitales necessitating a re-evaluation of the Palaeozoic Pterophyllum species. *Acta palaeontologica Polonica* 55(1), 157–168.

- PROKOP, J., NEL, A. & HOCH, I. 2005. Discovery of the oldest known Pterygota in the Lower Carboniferous of the Upper Silesian Basin in the Czech Republic (Insecta: Archaeorthoptera). *Geobios* 38(3), 383–387.
- PRŮCHA, J., WALTEROVÁ, E. & MAREŠ, J. 2003. *Pedagogický slovník*. Portál, Praha. 322 s.
- PRUSS, S.B., HELMS, L. & ROTH, E. 2023. Skeletal abundance of Upper Ordovician coral reefs, Lourdes Formation, western Newfoundland. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 632(111842), 111842.
- QIE, W., ALGEO, T.J., LUO, G. & HERRMANN, A. 2019. Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 531, 109259.
- RACKI, G. & WIGNALL, P. 2005. Chapter 10 late permian double-phased mass extinction and volcanism: an oceanographic perspective. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy* 20, 263–297.
- RACKI, G., RAKOCIŃSKI, M., MARYNOWSKI, L. & WIGNALL, P.B. 2018. Mercury enrichments and the Frasnian-Famennian biotic crisis: A volcanic trigger proved? *Geology* 46(6), 543–546.
- RADLEY, J.D. 2002. Distribution and palaeoenvironmental significance of molluscs in the late Jurassic-early cretaceous purbeck formation of Dorset, southern England: A review. *Special papers in palaeontology* 68, 41–52.
- RAMBOUSEK, V. 2014. *Materiální didaktické prostředky*. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Praha.
- RAUP, D.M. & SEPKOSKI, J.J., Jr. 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science* 215(4539), 1501–1503.
- REHM, P., BORNER, J., MEUSEMANN, K., VON REUMONT, B.M., SIMON, S., HADRYŠ, H., MISOF, B. & BURMESTER, T. 2011. Dating the arthropod tree based on large-scale transcriptome data. *Molecular phylogenetics and evolution* 61(3), 880–887.

- REISZ, R.R. 1997. The origin and early evolutionary history of amniotes. *Trends in ecology & evolution* 12(6), 218–222.
- RETALLACK, G.J. & JAHREN, A.H. 2008. Methane release from igneous intrusion of coal during late Permian extinction events. *The journal of geology* 116(1), 1–20.
- RICKARDS, R.B. 2000. The age of the earliest club mosses: the Silurian Baragwanathia flora in Victoria, Australia. *Geological magazine* 137(2), 207–209.
- ROBERT, B., DOMEIER, M. & JAKOB, J. 2021. On the origins of the Iapetus ocean. *Earth-science reviews* 221(103791), 103791.
- ROČEK, Z. 1985. 6. Přejít obratlovců na souš – vznik obojživelníků, 79–95. In: ROČEK, Z. (ed.) *Evoluce obratlovců*. Academia-nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- ROSCHE, M., STORDAL, F. & SVENSEN, H. 2011. The effect of global warming and global cooling on the distribution of the latest Permian climate zones. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 309(3-4), 186–200.
- ROWLAND, S.M. & SHAPIRO, R.S. 2002. Reef Patterns and Environmental Influences in the Cambrian and Earliest Ordovician, 0. In: KIESSLING, W., FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (ed.) *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM Society for Sedimentary Geology.
- ROYER, D.L., BERNER, R.A., MONTAÑEZ, I.P., TABOR, N.J. & BEERLING DAVID, J. 2004. CO₂ as a primary driver of Phanerozoic climate. *GSA today: a publication of the Geological Society of America* 13(3), 4–10.
- RUBINSTEIN, C.V., GERRIENNE, P., DE LA PUENTE, G.S., ASTINI, R.A. & STEEMANS, P. 2010. Early Middle Ordovician evidence for land plants in Argentina (eastern Gondwana). *The New phytologist* 188(2), 365–369.
- RUFFELL, A., SIMMS, M.J. & WIGNALL, P.B. 2016. The Carnian Humid Episode of the late Triassic: a review. *Geological magazine* 153(2), 271–284.
- SAKAMOTO, M., BENTON, M.J. & VENDITTI, C. 2016. Dinosaurs in decline tens of millions of years before their final extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113(18), 5036–5040.

- SCOTESE, C.R., SONG, H., MILLS, B.J.W. & VAN DER MEER, D.G. 2021. Phanerozoic paleotemperatures: The earth's changing climate during the last 540 million years. *Earth-science reviews* 215(103503), 103503.
- SCOTT, R.W. 1995. Global environmental controls on Cretaceous reefal ecosystems. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 119(1-2), 187–199.
- SCRUTTON, C.T. 2001. 1.7.3 Reefs, 52–56. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology: A synthesis*. Blackwell, Oxford, England.
- SEILACHER, A., GRAZHDANKIN, D. & LEGOUTA, A. 2003. Ediacaran biota: The dawn of animal life in the shadow of giant protists. *Paleontological research* 7(1), 43–54.
- SELLWOOD, B.W. & VALDES, P.J. 2008. Jurassic climates. *Proceedings of the Geologists' Association. Geologists' Association* 119(1), 5–17.
- SEPKOSKI, J.J., Jr. 1996. Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global data bases, 35–51. In: *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- SERVAIS, T. & HARPER, D.A.T. 2018. The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration. *Lethaia* 51(2), 151–164.
- SERVAIS, T., CASCALES-MIÑANA, B., HARPER, D.A.T., LEFEBVRE, B., VAN BOCXLAER, B. & WANG, W. 2023. Cambrian explosion and Ordovician biodiversification or Cambrian biodiversification and Ordovician explosion? *Evolving Earth* 1(100018), 100018.
- SESSIONS, A.L., DOUGHTY, D.M., WELANDER, P.V., SUMMONS, R.E. & NEWMAN, D.K. 2009. The Continuing Puzzle of the Great Oxidation Event. *Current biology: CB* 19(14), R567–R574.
- SHEAR, W.A. 2012. Palaeontology: An insect to fill the gap: Palaeontology. *Nature* 488(7409), 34–35.
- SHEAR, W.A. & KUKALOVÁ-PECK, J. 1990. The ecology of Paleozoic terrestrial arthropods: the fossil evidence. *Canadian journal of zoology* 68(9), 1807–1834.

- SHEAR, W.A. & SELDEN, P.A. 2001. Rustling in the Undergrowth: Animals in Early Terrestrial Ecosystems, 29–51. In: GENSEL, P.G. & EDWARDS, D. (ed.) *Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives*. Columbia University Press.
- SHEEHAN, P.M. 2001. The Late Ordovician Mass Extinction. *Annual review of earth and planetary sciences* 29, 331–364.
- SHELLNUTT, J.G. 2014. The Emeishan large igneous province: A synthesis. *Geoscience frontiers* 5(3), 369–394.
- SHEN, B., DONG, L., XIAO, S. & KOWALEWSKI, M. 2008. The Avalon Explosion: Evolution of Ediacara Morphospace. *Science* 319(5859), 81–84.
- SCHACHAT, S.R., GOLDSTEIN, P.Z., DESALLE, R., BOBO, D.M., BOYCE, C.K., PAYNE, J.L. & LABANDEIRA, C.C. 2022. Illusion of flight? Absence, evidence and the age of winged insects. *Biological journal of the Linnean Society. Linnean Society of London* 138(2), 143–168.
- SCHECKLER, S.E. 1986. Floras of the Devonian - Mississippian transition. *Notes for a Short Course: Studies in Geology* 15, 81–96.
- SCHOCH, R.R. 2009. Evolution of life cycles in early amphibians. *Annual review of earth and planetary sciences* 37(1), 135–162.
- SCHOENE, B., SAMPERTON, K.M., EDDY, M.P., KELLER, G., ADATTE, T., BOWRING, S.A., KHADRI, S.F.R. & GERTSCH, B. 2015. Earth history. U-Pb geochronology of the Deccan Traps and relation to the end-Cretaceous mass extinction. *Science (New York, N.Y.)* 347(6218), 182–184.
- SCHOPF, J.W. 2006. Fossil evidence of Archaean life. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 361(1470), 869–885.
- SCHOPF, J.W. 2021. Precambrian Paleobiology: Precedents, Progress, and Prospects. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9. DOI 10.3389/fevo.2021.707072
- SCHOPF, J.W., KUDRYAVTSEV, A.B., CZAJA, A.D. & TRIPATHI, A.B. 2007. Evidence of Archean life: Stromatolites and microfossils. *Precambrian research* 158(3-4), 141–155.

- SIMMS, M.J. & RUFFELL, A.H. 1989. Synchronicity of climatic change and extinctions in the Late Triassic. *Geology* 17(3), 265–268.
- SKUTSCHAS, P.P., KOLCHANOV, V.V. & SCHWERMANN, A.H. 2020. First salamander from the lower cretaceous of Germany. *Cretaceous research* 116(104606), 104606.
- SLATER, B.J. & BOHLIN, M.S. 2022. Animal origins: The record from organic microfossils. *Earth-science reviews* 232(104107), 104107.
- SOCHOROVÁ, L. 2011. Didaktická hra a její význam ve vyučování. *Metodický portál RVP*.
- SPIEKERMANN, R., JASPER, A., SIEGLOCH, A.M., GUERRA-SOMMER, M. & UHL, D. 2021. Not a lycopsid but a cycad-like plant: *Iratinia australis* gen. nov. et sp. nov. from the Irati Formation, Kungurian of the Paraná Basin, Brazil. *Review of palaeobotany and palynology* 289(104415), 104415.
- STANLEY, S.M. 2016. Estimates of the magnitudes of major marine mass extinctions in earth history. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113(42), E6325–E6334.
- STANLEY, S.M., RIES, J.B. & HARDIE, L.A. 2005. Seawater chemistry, coccolithophore population growth, and the origin of Cretaceous chalk. *Geology* 33(7), 593–596.
- STEEL, L. & BUFFETAUT, E. 2016. Arthur Smith Woodward, Florentino Ameghino and the first Jurassic ‘sea crocodile’ from South America. *Geological Society special publication* 430(1), 311–319.
- STEIN, W.E., BERRY, C.M., HERNICK, L.V. & MANNOLINI, F. 2012. Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa. *Nature* 483(7387), 78–81.
- STEIN, W.E., BERRY, C.M., MORRIS, J.L., HERNICK, L.V., MANNOLINI, F., VER STRAETEN, C., LANDING, E., MARSHALL, J.E.A., WELLMAN, C.H., BEERLING, D.J. & LEAKE, J.R. 2020. Mid-Devonian Archaeopteris roots signal revolutionary change in earliest fossil forests. *Current biology: CB* 30(3), 421–431.

STEWART, W.N. & ROTHWELL, G.W. 2010. Major evolutionary events and trends – in retrospect, 505–512. In: STEWART, W.N. & ROTHWELL, G.W. (ed.) *Paleobotany and the Evolution of Plants*. Cambridge University Press, Cambridge, England.

STEWART, W.N. (wilson N. & ROTHWELL, G.W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, England.

STIGALL, A. 2012. Speciation collapse and invasive species dynamics during the Late Devonian “Mass Extinction”. *GSA Today* 22(1), 4–9.

STIGALL, A.L., EDWARDS, C.T., FREEMAN, R.L. & RASMUSSEN, C.M.Ø. 2019. Coordinated biotic and abiotic change during the Great Ordovician Biodiversification Event: Darriwilian assembly of early Paleozoic building blocks. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 530, 249–270.

STRACHAN, R., MURPHY, J.B., DARLING, J., STOREY, C. & SHIELDS, G. 2020. Precambrian (4.56–1 Ga), 481–494. In: GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G., SCHMITZ, M.D. & OGG, G. (ed.) *Geologic Time Scale 2020*. Elsevier.

ŠEVČÍK, D., JUREČKA, J., FAMĚRA, M., DANČÁK, M. & KURAS, T. 2017. *Přírodopis 9: geologie - ekologie*. PRODOS, Olomouc.

ŠMÍDL, M., DUPALOVÁ, A. & JANKUJ, M. 2019. *Přírodopis s nadhledem 9: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. 64 s. Nakladatelství Fraus, Plzeň.

ŠTĚCH, M. 2016. Jak přenést příběh cévnatých rostlin do středoškolské biologie (Milan Štech). *Živa*(2), 70–74.

ŠTORCH, P. 2023. Graptolite biostratigraphy and biodiversity dynamics in the Silurian System of the Prague Synform (Barrandian area, Czech Republic). *Bulletin of Geosciences* 98(1), 1–78.

ŠVECOVÁ, M., MATĚJKA, D. & DUPALOVÁ, A. 2007. *Přírodopis 9: pracovní sešit proo základní školy a víceletá gymnázia s přílohou Přehled učiva*. 64 s. Nakladatelství Fraus, Plzeň.

ŠVECOVÁ, M., DOBROSLAV, M. & DOUPALOVÁ, A. 2017a. *Přírodopis 9: pracovní sešit*. Nakladatelství Fraus, Plzeň.

ŠVECOVÁ, M., DOBROSLAV, M. & DOUPALOVÁ, A. 2017b. *Přírodopis 9: pracovní sešit 2v1*. Nakladatelství Fraus, Plzeň.

TANNER, L.H., LUCAS, S.G. & CHAPMAN, M.G. 2004. Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions. *Earth-science reviews* 65(1-2), 103–139.

TAYLOR, E.L., TAYLOR, T.N. & KRINGS, M. 2014. Cordaitales, 787–804. In: TAYLOR, E.L., TAYLOR, T.N. & KRINGS, M. (ed.) *Paleobotany: The biology and evolution of fossil plants*. Academic Press.

TENNANT, J.P., MANNION, P.D., UPCHURCH, P., SUTTON, M.D. & PRICE, G.D. 2017. Biotic and environmental dynamics through the Late Jurassic-Early Cretaceous transition: evidence for protracted faunal and ecological turnover: Jurassic-Cretaceous biotic and abiotic dynamics. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 92(2), 776–814.

TORSVIK, T.H. & COCKS, L.R.M. 2016. *Earth History and Palaeogeography*. 317 s. Cambridge University Press.

TURK, K.A., PULSIPHER, M.A., BERGH, E., LAFLAMME, M. & DARROCH, S.A.F. 2024. *Archaeichnium haughtoni*: a robust burrow lining from the Ediacaran–Cambrian transition of Namibia. *Papers in palaeontology* 10(1). DOI 10.1002/spp2.1546

TWITCHETT, R.J. 1999. Palaeoenvironments and faunal recovery after the end-Permian mass extinction. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 154(1-2), 27–37.

UDOVYCHENKO, O., MAKARENKO SUMY STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY, UKRAINE, CHKANA, Y., YURCHENKO, A., KHVOROSTINA, Y., MAKARENKO SUMY STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY, UKRAINE, MAKARENKO SUMY STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY, UKRAINE & MAKARENKO SUMY STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY, UKRAINE. 2019. Introduction of didactic games in the educational process. *Physical and Mathematical Education* 22(4). DOI 10.31110/2413-1571-2019-022-4-025

- UREY, H.C., LOWENSTAM, H.A., EPSTEIN, S. & MCKINNEY, C.R. 1951. Measurement of Paleotemperatures and Temperatures of the Upper Cretaceous of England, Denmark, and the Southeastern United States. *GSA Bulletin* 62(4), 399–416.
- VALENTINE, J.W. 1995. Why no new phyla after the Cambrian? Genome and ecospace hypotheses revisited. *Palaios* 10(2), 190.
- VANDENBROUCKE, T.R.A., ARMSTRONG, H.A., WILLIAMS, M., PARIS, F., SABBE, K., ZALASIEWICZ, J.A., NÖLVAK, J. & VERNIERS, J. 2010. Epipelagic chitinozoan biotopes map a steep latitudinal temperature gradient for earliest Late Ordovician seas: Implications for a cooling Late Ordovician climate. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 294(3-4), 202–219.
- VISSCHER, H., VAN HOUTE, M., BRUGMAN, W.A. & POORT, R.J. 1994. Rejection of a Carnian (Late triassic) “pluvial event” in Europe. *Review of palaeobotany and palynology* 83(1-3), 217–226.
- WALTER, M.R. & ALLWOOD, A.C. 2005. Biosediments and Biofilm, 279–294. In: SELLEY, R.C., COCKS, L.R.M. & PLIMER, I.R. (ed.) *Encyclopedia of Geology*. Elsevier.
- WANG, G., ZHAN, R. & PERCIVAL, I.G. 2019. The end-Ordovician mass extinction: A single-pulse event? *Earth-science reviews* 192, 15–33.
- WATKINS, R. 1996. Skeletal composition of Silurian benthic marine faunas. *Palaios* 11(6), 550.
- WEAVER, L.N., KELSON, J.R., HOLDER, R.M., NIEMI, N.A. & BADGLEY, C. 2024. On the role of tectonics in stimulating the Cretaceous diversification of mammals. *Earth-science reviews* 248(104630), 104630.
- WEBB, G.E. 2002. Latest Devonian and Early Carboniferous Reefs: Depressed Reef Building After the Middle Paleozoic Collapse. In: KIESSLING, W., FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (ed.) *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM Society for Sedimentary Geology.
- WEBBY, B.D. 2002. Patterns of Ordovician Reef Development. In: KIESSLING, W., FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (ed.) *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM Society for Sedimentary Geology.

- WELLNHOFER, P. 1990. Archaeopteryx. *Scientific American* 262(5), 70–77.
- WHALEN, C.D. & BRIGGS, D.E.G. 2018. The Palaeozoic colonization of the water column and the rise of global nekton. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 285(1883). DOI 10.1098/rspb.2018.0883
- WIBLE, J.R., ROUGIER, G.W., NOVACEK, M.J. & ASHER, R.J. 2007. Cretaceous eutherians and Laurasian origin for placental mammals near the K/T boundary. *Nature* 447(7147), 1003–1006.
- WIGNALL, P.B. 2005. Permian, 214–218. In: *Encyclopedia of Geology vol. 4*. Elsevier.
- WILDOVÁ, R. 2012. Čtenářská gramotnost v evropském kontextu. *Pedagogika*, 45–62.
- WONG HEARING, T.W., POHL, A., WILLIAMS, M., DONNADIEU, Y., HARVEY, T.H.P., SCOTESE, C.R., SEPULCHRE, P., FRANC, A. & VANDENBROUCKE, T.R.A. 2021. Quantitative comparison of geological data and model simulations constrains early Cambrian geography and climate. *Nature communications* 12(1), 3868.
- WOOTTON, R.J. 2001. 1.9.1 Arthropods, 72–75. In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (ed.) *Paleobiology: A synthesis*. Blackwell, Oxford, England.
- XU, C., YUAN-DONG, Z. & JUN-XUAN, F. 2006. Ordovician graptolite evolutionary radiation: a review. *Geological Journal* 41(3-4), 289–301.
- YANG, J., LAN, T., ZHANG, X.-G. & SMITH, M.R. 2023. Protomelission is an early dasyclad alga and not a Cambrian bryozoan. *Nature* 615(7952), 468–471.
- YOUNG, G.C. 2010. Placoderms (armored fish): Dominant vertebrates of the Devonian period. *Annual review of earth and planetary sciences* 38(1), 523–550.
- YOUNG, M.T., TENNANT, J.P., BRUSATTE, S.L., CHALLANDS, T.J., FRASER, N.C., CLARK, N.D.L. & ROSS, D.A. 2016. The first definitive Middle Jurassic atoposaurid (Crocodylomorpha, Neosuchia), and a discussion on the genus Theriosuchus: Middle Jurassic *Theriosuchus* From Skye. *Zoological journal of the Linnean Society* 176(2), 443–462.

ZHANG, K., ZHU, X., WOOD, R.A., SHI, Y., GAO, Z. & POULTON, S.W. 2018. Oxygenation of the Mesoproterozoic ocean and the evolution of complex eukaryotes. *Nature geoscience* 11(5), 345–350.

ZHANG, Z., ZHANG, Z., MA, J., TAYLOR, P.D., STROTZ, L.C., JACQUET, S.M., SKOVSTED, C.B., CHEN, F., HAN, J. & BROCK, G.A. 2021. Fossil evidence unveils an early Cambrian origin for Bryozoa. *Nature* 599(7884), 251–255.

ZHIYAN, Z. & XIANGWU, W. 2006. The rise of ginkgoalean plants in the early Mesozoic: a data analysis. *Geological journal* 41(3-4), 363–375.

ZHU, M., ZHAO, W., JIA, L., LU, J., QIAO, T. & QU, Q. 2009. The oldest articulated osteichthyan reveals mosaic gnathostome characters. *Nature* 458(7237), 469–474.

ZHU, M., YU, X., LU, J., QIAO, T., ZHAO, W. & JIA, L. 2012. Earliest known coelacanth skull extends the range of anatomically modern coelacanths to the Early Devonian. *Nature communications* 3(1), 772.

ZHURAVLEV, A.Y. & WOOD, R.A. 2018. The two phases of the Cambrian Explosion. *Scientific reports* 8(1), 16656.

ZINSMEISTER, W.J. 1987. Cretaceous paleogeography of Antarctica. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 59, 197–206.

Online zdroje:

CARON, J.B. *Vauxia gracilenta* [online] dostupné z <https://burgess-shale.rom.on.ca/fossils/vauxia-gracilenta/> [cit. 30.7.2024].

COLLINS, M. *Ottoia prolifica* [online] dostupné z <https://burgess-shale.rom.on.ca/fossils/ottoia-prolifika/> [cit. 30.7.2024].

DUBEY, A. 2023. *Major Mass Extinctions* – *Encyclopedia Britannica* [online] dostupné z <https://www.britannica.com/list/major-mass-extinctions> [cit. 30.7.2024].

- ICS. *Global Boundary Stratotype Section and Points* [online] dostupné z <https://stratigraphy.org/gssps/> [cit. 30.7.2024].
- iRozhlas. *Lebka tyranosaura rexe* [online] dostupné z https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/priroda/tyranosaurus-rex-lebka-aukce-usa_2212100713_ako [cit. 30.7.2024].
- KYNCL, L. 2013. *Metody RWCT – Skládankové učení*. [online] dostupné z <https://liborkyncl.estranky.cz/clanky/metody-rwct/skladankove-uceni.html> [cit. 30.7.2024].
- MAŇÁK, J. 2011. *Aktivizující výukové metody*. [online] <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/o/14483/AKTIVIZUJICI-VYUKOVE-METODY.html> [cit. 30.7.2024].
- NASA EOS. *Our Changing Planet: The View from Space – The Restless Ocean - Ocean Bathymetry and Plate Tectonics* [online] dostupné z https://eosps.gsfc.nasa.gov/files/ocp/pdf/Page_150_new.pdf [cit. 30.7.2024].
- SCOTese, R. *PALEOMAP Project* [online] dostupné z <http://www.scotese.com/earth.htm> [cit. 30.7.2024].
- Virtual Museum of Geology. *Lepidodendron* [online] dostupné z www.virtualmuseumofgeology.com/lepidodendron.html [cit. 30.7.2024].
- Wikipedie. *Jak číst taxobox* [online] dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Wikipedie:Jak_%C4%8D%C3%ADst_taxobox [cit. 30.7.2024].
- Ždírečná ZOO. *Mravenec* [online] dostupné z <https://www.zdirekazoo.cz/portfolio-item/mravenec/> [online].

Přílohy

Příloha 1: pracovní list č. 1 – Geologický čas a prekambrium

Příloha 2: autorské řešení pracovního listu č. 1

Příloha 3: pracovní list č. 2 – Putování kontinentů po Zemi

Příloha 4: autorské řešení pracovního listu č. 2

Příloha 5: pracovní list č. 3 – Tafonomická okna

Příloha 6: autorské řešení pracovního listu č. 3

Příloha 7: pracovní list č. 4 – Prvohory – moře plné života

Příloha 8: autorské řešení pracovního listu č. 4

Příloha 9: pracovní list č. 5 – Prvohory – výstup na souš

Příloha 10: autorské řešení pracovního listu č. 5

Příloha 11: pracovní list č. 6 – Druhohory

Příloha 12: autorské řešení pracovního listu č. 6

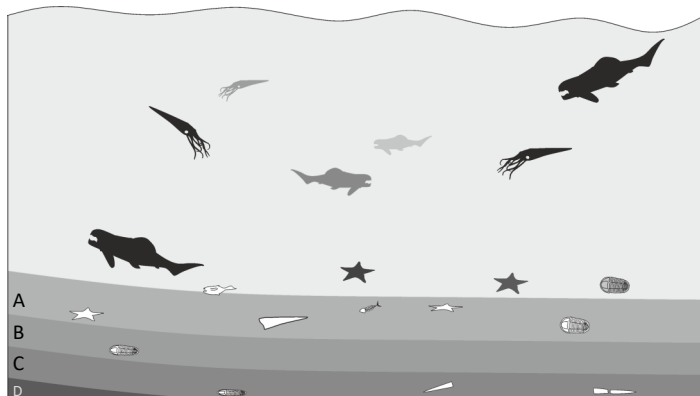
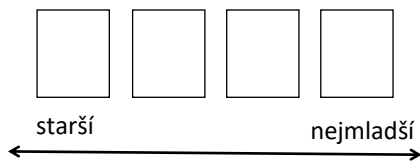
Příloha 13: pracovní list č. 7 – Hromadná vymírání

Příloha 14: autorské řešení pracovního listu č. 7

Příloha 1: pracovní list č. 1 – Geologický čas a prekambrium

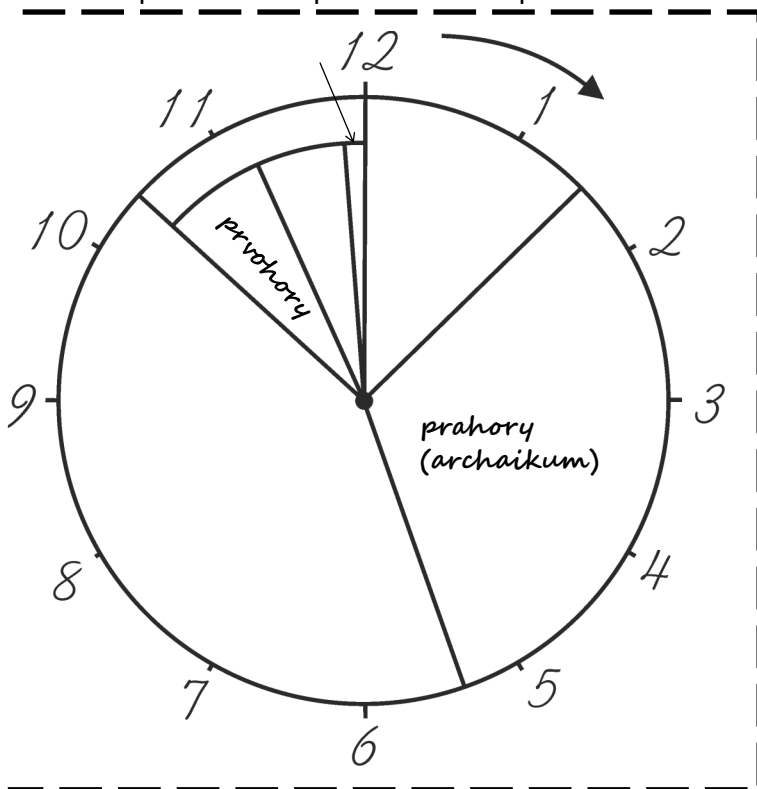
GEOLOGICKÝ ČAS

1. Obrázek znázorňuje moře a vrstvy sedimentů (usazenin). Seřadte vrstvy (A, B, C, D) podle jejich stáří. Zakroužkujte v textu vhodné slovo.



Spodnější/svrchnější usazené horniny se usazovaly dříve než ty **pod/nad** nimi. Díky tomuto obecnému pravidlu jsme schopni určit relativní stáří hornin, tedy umíme porovnat horniny a jejich stáří vzájemně mezi sebou.

Pro přesnější určení doby vzniku jednotlivých hornin jsou už potřeba složitější datovací metody. Například měřením poměru izotopů nestabilních prvků v minerálech.



Představte si, jak by to vypadalo, kdybychom celých 4,6 miliardy let zkusili vměstnat do jednoho ciferníku hodin. Země by vznikla o půlnoci a právě teď by bylo pravé poledne.

2. Do hodin vlevo doplňte chybějící názvy jednotlivých geologických období.

3. Dopačítejte a doplňte do tabulky chybějící údaje. Zaokrouhujte na minuty.

Pozor, tabulka je stejně jako naše sedimenty výše seřazená od nejmladšího po nejstarší období.

let	období	trvání	přepočít na 12 hodin
0			
66 000 000	Fanerozoikum	Kenozoikum (třetihory + čtvrthory)	
250 000 000		Druhohory (mesozoikum)	
540 000 000		Prvohory (paleozoikum)	290 000 000
2 500 000 000	Starohory (proterozoikum)	1 960 000 000	
4 000 000 000	Prahory (archaikum)	1 500 000 000	3 h 55 m
4 600 000 000	Hadaikum	600 000 000	1 h 34 min

PREKAMBRIUM

4. Přečtěte si text v rámečcích a seřadte události tak, jak by podle vás mohly logicky následovat.

Ve dvojicích a následně ve čtveřicích porovnejte své odpovědi, diskutujte a sepište pořadí, na kterém jste se ve čtveřicích shodli.

vznikly organismy schopné fotosyntézy

Země o něco ochladla

mnohobuněčné velké komplexní organismy

došlo ke změně na oxidační prostředí

vznikl první oceán

vznik života

Země se začala formovat

došlo k zalednění Země od pólů k rovníku

Moje pořadí

8. _____

7. *došlo k zalednění Země od pólů k rovníku*

6. _____

5. _____

4. _____

3. _____

2. _____

1. _____

mladší
↑
↓
starší

Pořadí naší čtveřice

8. _____

7. *došlo k zalednění Země od pólů k rovníku*

6. _____

5. _____

4. _____

3. _____

2. _____

1. _____

PREKAMBRIUM

5. Doplňte do textu úryvky z rámečků.

Nakolik se vaše odpovědi z předchozího cvičení shodují?

vznikly organismy schopné fotosyntézy

vznikl první oceán

Země o něco ochladla

život vznikl

mnohobuněčné velké komplexní organismy

Země se začala formovat

došlo ke změně na oxidační prostředí

došlo k zalednění Země od pólů k rovníku

1. *Země se začala formovat* před 4,6 miliardami let. Postupně se srážela vesmírná tělesa, při srážkách se uvolňovala spousta kinetické energie v podobě tepla. Země vypadala jako žhavá koule. Z tohoto období, kterému říkáme hadaikum, nemáme zachovány žádné horniny. Když 2. , mohla se na povrchu žhavé koule vytvořit krusta pevných hornin — kůry. Kůra rozpučala na jednotlivé desky, které se vlivem proudění v plášti daly do pohybu. Tomu říkáme desková tektonika.

Až poté, pravděpodobně i díky vodě z komet 3. . Jelikož máme první doklady o životě z oceánu, předpokládáme, že 4. právě ve vodě. Prvními organismy na Zemi byly jednobuněčné chemotrofní bakterie.

Až později 5. .

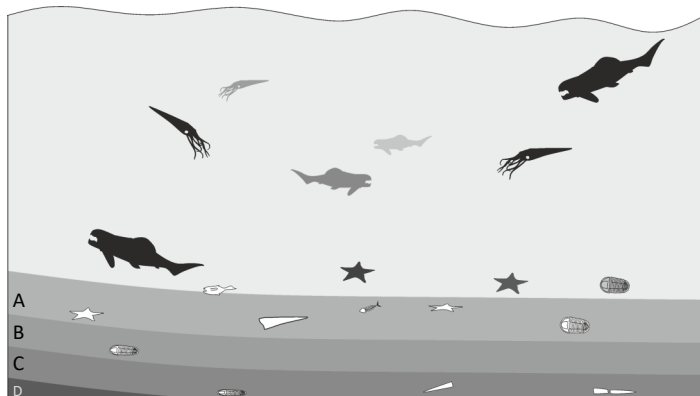
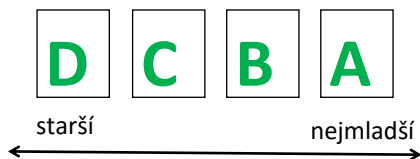
V archaiku (prahorách) se nám zachovaly sedimentární horniny bohaté na železo, které nám prozrazují, že došlo k velké změně chemismu oceánu. V původně redukčním prostředí oceánu bylo volně rozpuštěno velké množství železa, ale s nástupem řas 6. nejprve v hydrosféře a poté i v atmosféře. V mladších starohorách 7. . To trvalo minimálně kolem 80 milionů let.

V nejsvrchnějších starohorách prvně nacházíme 8. , které řadíme k ediakarské fauně (podle období ediakar, ve kterém tito podivní tvorové žili). Byli to převážně živočichové s měkkým tělem, ale některé nálezy jsou přisuzovány koloniím jednobuněčných organismů.

Příloha 2: autorské řešení pracovního listu č. 1

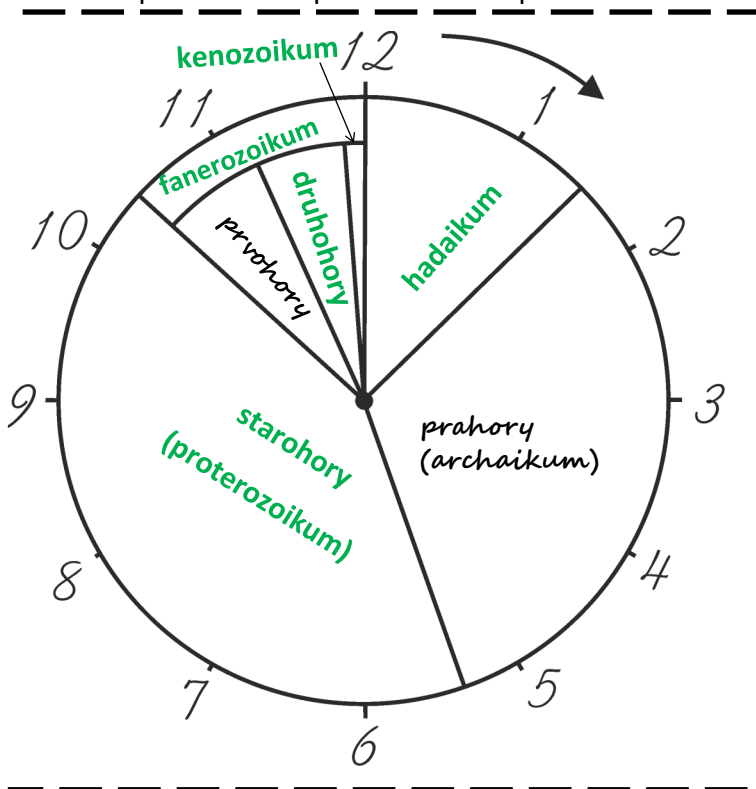
GEOLOGICKÝ ČAS

1. Obrázek znázorňuje moře a vrstvy sedimentů (usazenin). Seřadte vrstvy (A, B, C, D) podle jejich stáří. Zakroužkujte v textu vhodné slovo.



Spodnější / **svrchnější** usazené horniny se usazovaly dříve než ty **podnad** nimi. Díky tomuto obecnému pravidlu jsme schopni určit relativní stáří hornin, tedy umíme porovnat horniny a jejich stáří vzájemně mezi sebou.

Pro přesnější určení doby vzniku jednotlivých hornin jsou už potřeba složitější datovací metody. Například měřením poměru izotopů nestabilních prvků v minerálech.



Představte si, jak by to vypadalo, kdybychom celých 4,6 miliardy let zkusili vměstnat do jednoho ciferníku hodin. Země by vznikla o půlnoci a právě teď by bylo právě poledne.

2. Do hodin vlevo doplňte chybějící názvy jednotlivých geologických období.

3. Dopočítejte a doplňte do tabulky chybějící údaje. Zaokrouhujte na minuty.

Pozor, tabulka je stejně jako naše sedimenty výše seřazená od nejmladšího po nejstarší období.

let	období		trvání	přepočít na 12 hodin
66 000 000	Fanerozoikum	Kenozoikum (třetihory + čtvrthory)	66 000 000	10 min
250 000 000		Druhohory (mesozoikum)	184 000 000	29 min
540 000 000		Prvohory (paleozoikum)	290 000 000	45 min
2 500 000 000	Starohory (proterozoikum)		1 960 000 000	5 h 6 min
4 000 000 000	Práhory (archaikum)		1 500 000 000	3 h 55 m
4 600 000 000	Hadaikum		600 000 000	1 h 34 min

PREKAMBRIUM

4. Přečtěte si text v rámečcích a seřaďte události tak, jak by podle vás mohly logicky následovat.

Ve dvojicích a následně ve čtveřicích porovnejte své odpovědi, diskutujte a sepište pořadí, na kterém jste se ve čtveřicích shodli.

vznikly organismy schopné fotosyntézy

Země o něco ochladla

mnohobuněčné velké komplexní organismy

došlo ke změně na oxidační prostředí

vznikl první oceán

vznik života

Země se začala formovat

došlo k zalednění Země od pólů k rovníku

Moje pořadí

8. **mnohobuněčné komplexní organismy**
7. *došlo k zalednění Země od pólů k rovníku*
6. **došlo ke změně na oxidační prostředí**
5. **vznikly organismy schopné fotosyntézy**
4. **vznikl život**
3. **vznikl první oceán**
2. **Země o něco ochladla**
1. **Země se začala formovat**

Pořadí naší čtveřice

- mladší ↑
8. _____
 7. *došlo k zalednění Země od pólů k rovníku*
 6. _____
 5. _____
 4. _____
 3. _____
 2. _____
 1. _____
- ↓ starší

PREKAMBRIUM

5. Doplňte do textu úryvky z rámečků.

Nakolik se vaše odpovědi z předchozího cvičení shodují?

vznikly organismy schopné fotosyntézy

vznikl první oceán

Země o něco ochladla

život vznikl

mnohobuněčné velké komplexní organismy

Země se začala formovat

došlo ke změně na oxidační prostředí

došlo k zalednění Země od pólů k rovníku

1. *Země se začala formovat* před 4,6 miliardami let. Postupně se srážela vesmírná tělesa, při srážkách se uvolňovala spousta kinetické energie v podobě tepla. Země vypadala jako žhavá koule. Z tohoto období, kterému říkáme hadaikum, nemáme zachovány žádné horniny. Když 2. **Země o něco ochladla**, mohla se na povrchu žhavé koule vytvořit křusta pevných hornin — kůry. Kůra rozpučala na jednotlivé desky, které se vlivem proudění v plášti daly do pohybu. Tomu říkáme desková tektonika.

Až poté, pravděpodobně i díky vodě z komet 3. **vznikl první oceán**. Jelikož máme první doklady o životě z oceánu, předpokládáme, že 4. **život vznikl** právě ve vodě. Prvními organismy na Zemi byly jednobuněčné chemotrofní bakterie.

Až později 5. **vznikly organismy schopné fotosyntézy**.

V archaiku (prahorách) se nám zachovaly sedimentární horniny bohaté na železo, které nám prozrazují, že došlo k velké změně chemismu oceánu. V původně redukčním prostředí oceánu bylo volně rozpuštěno velké množství železa, ale s nástupem řas 6. **došlo k změně na oxidační prostředí** nejprve v hydrosféře a poté i v atmosféře. V mladších starohorách 7. **došlo k zalednění Země od pólů k rovníku**. To trvalo minimálně kolem 80 milionů let.

V nejsvrchnějších starohorách prvně nacházíme 8. **mnohobuněčné velké komplexní organismy**, které řadíme k ediakarské fauně (podle období ediakar, ve kterém tito podivní tvorové žili). Byli to převážně živočichové s měkkým tělem, ale některé nálezy jsou přisuzovány koloniím jednobuněčných organismů.

Příloha 3: pracovní list č. 2 – Putování kontinentů po Zemi

PUTOVÁNÍ KONTINENTŮ PO ZEMI

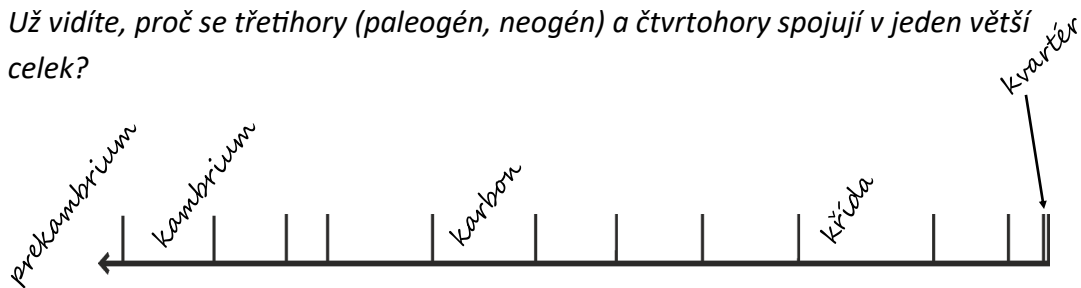
Vpravo vidíte stratigrafickou tabulku fanerozoika — tedy od začátku prvohor až po současnost. První období prvohor se jmenuje _____. Všem předchozím obdobím (hadaikum, starohory a prahory) říkáme souhrnně **prekambrium** (z lat. *pre* = před, před kambriem).

Po prvohorách přichází druhohory a po nich by přece měly přijít třetihory... Kde jsou? Třetihory se skrývají pod názvy dvou období: paleogénu a neogénu. Spolu s kvartérem (neboli s čtvrtohorami) tvoří dohromady kenozoikum.

1. Doplňte do časové osy chybějící názvy geologických období.

2. Svorkou do časové osy vyznačte prvohory, druhohory a kenozoikum a srovnejte jejich délku.

Už vidíte, proč se třetihory (paleogén, neogén) a čtvrtohorami spojují v jeden větší celek?

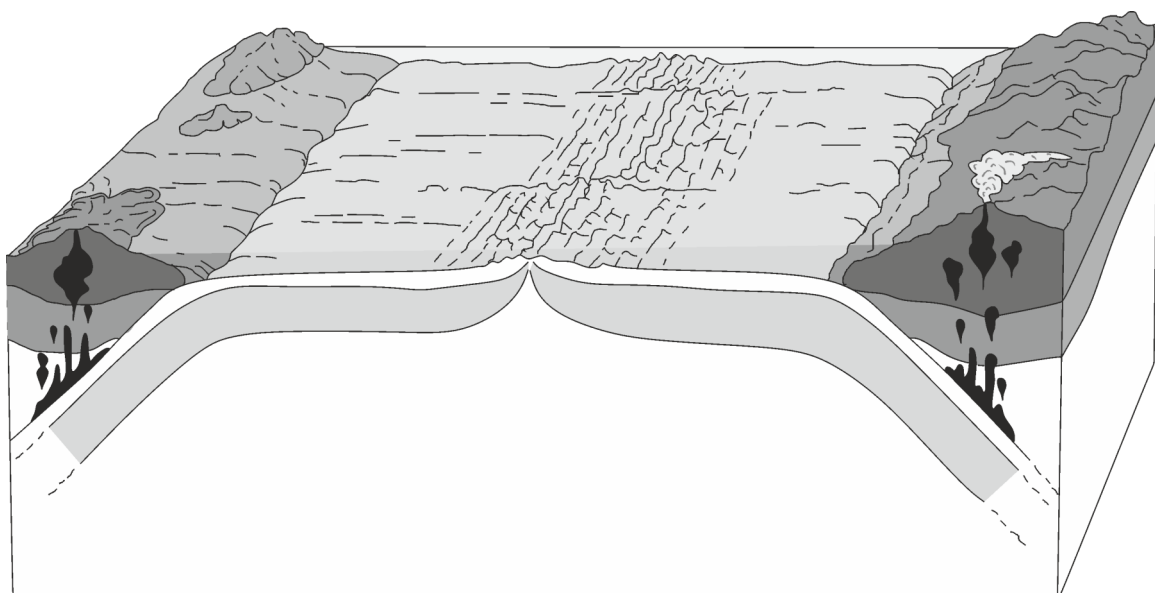


Kenozoikum	Kvartér
	Neogén
	Paleogén
Druhohory	Křída
	Jura
	Trias
Prvohory	Perm
	Karbon
	Devon
	Silur
	Ordovik
	Kambrium

Jak se tektonické desky pohybují, tak se mění i rozložení různých kontinentů na Zemi. Ty se spojují a vznikají velká pohoří. Pak se zase rozpadají a mezi nimi vznikají nejprve úzká moře, která někdy přerostou ve velké oceány.

Z nitra Země v některých místech stoupají žhavé horniny pláště. Blízko k povrchu Země se ochlazují a klesají. Na obrázku označ barevně místo, kde vzniká nová oceánská kůra.

3. Nakresli šipky → které budou znázorňovat horké výstupné proudy a přerušovanou čárou - - -> šipky, které znázorní, kterým směrem se pohybují oceánské desky.



4.1 Naskenuj telefonem QR kód pro zobrazení nápovědy. S její pomocí napište k mapě do levého horního rohu název příslušného období.

Období je 12, map je 14. Některá období jsou znázorněna dvakrát, ale žádné dvě mapy nejsou stejné.

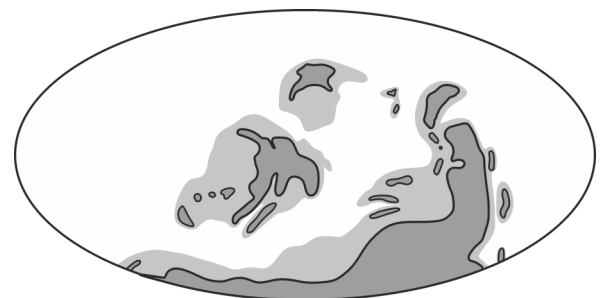
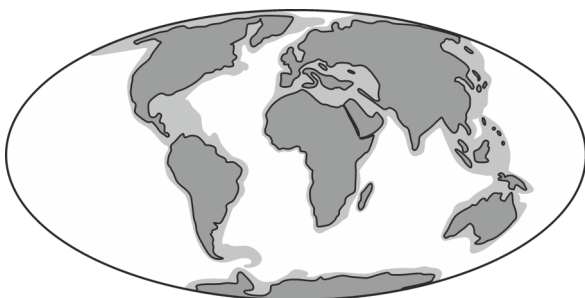
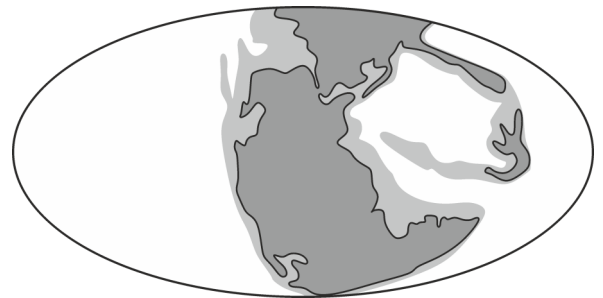
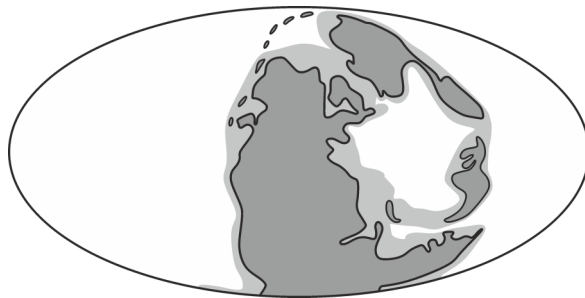
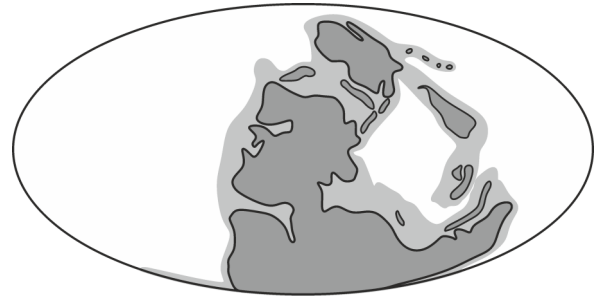
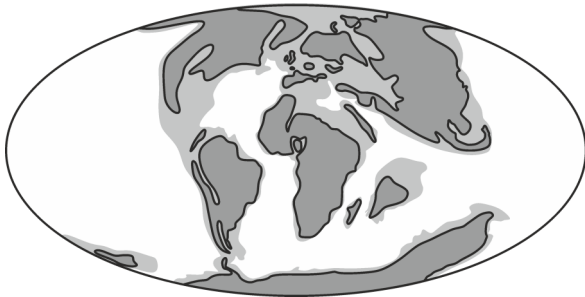
4.2 Ve starších prvohorách se na jižní polokouli nacházel velký kontinent — Gondwana. Najděte ho na mapě kambria, ordoviku a siluru a zvýrazněte ho barevně.

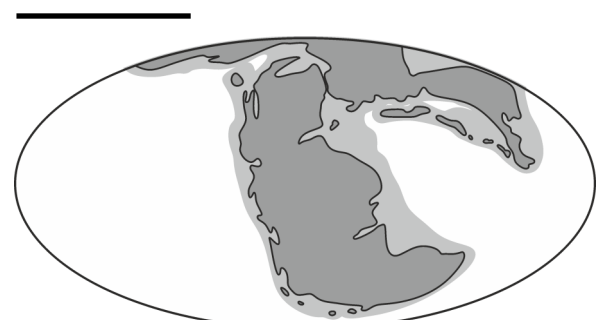
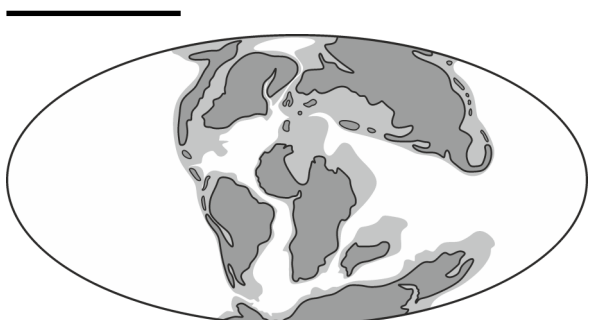
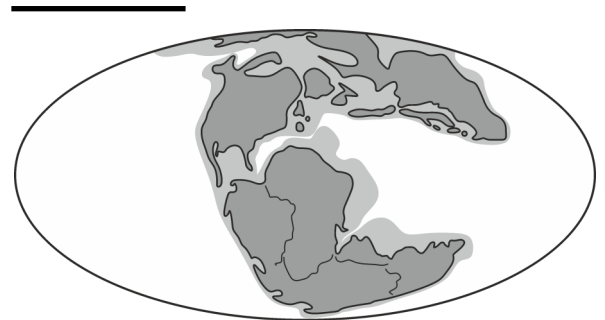
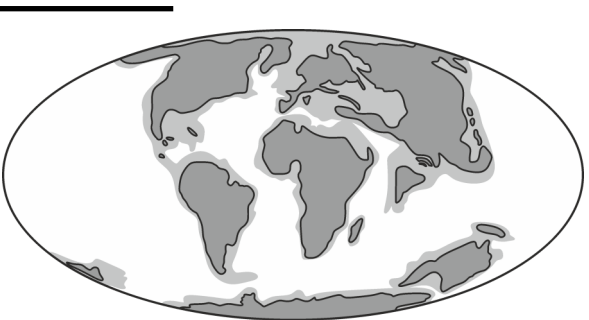
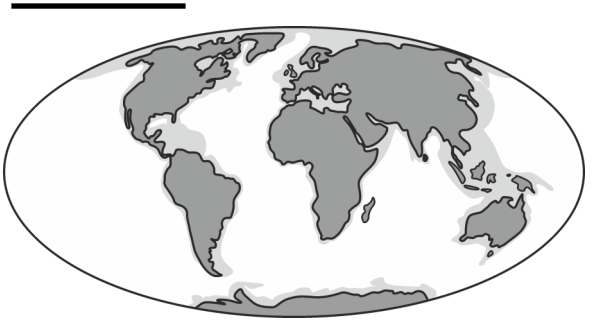
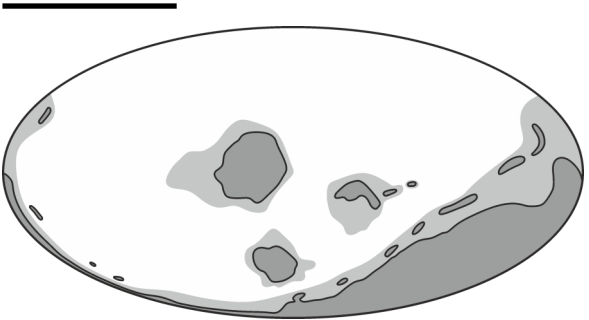
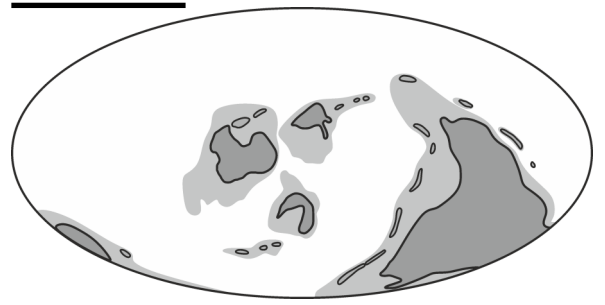
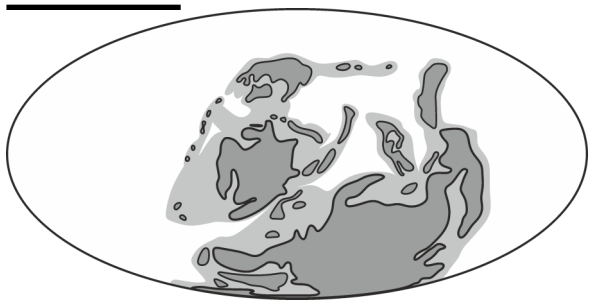
4.3 Napiš, v jakém období se oddělila Indie od Afriky. _____

4.5 Porovnej mapy jury, křídly a paleogénu a napiš na základě pohybu kontinentů k mapám z křídly „dříve“ a „později“.



hranice křídly a paleogénu





Příloha 4: autorské řešení pracovního listu č. 2

PUTOVÁNÍ KONTINENTŮ PO ZEMI

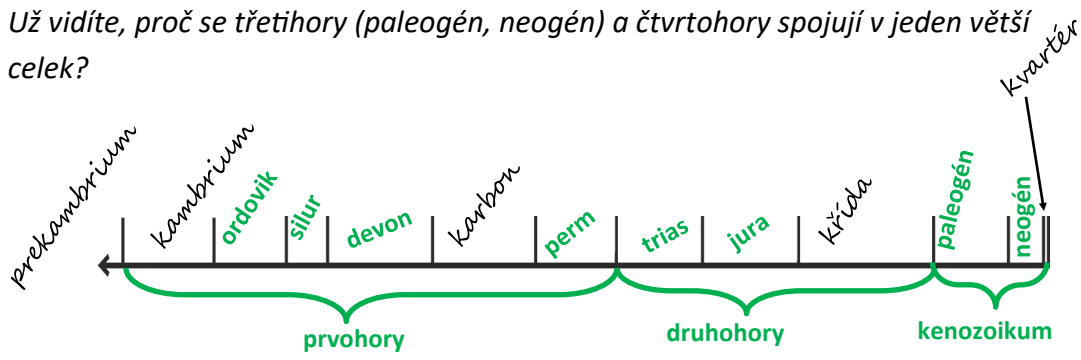
Vpravo vidíte stratigrafickou tabulku fanerozoika — tedy od začátku prvohor až po současnost. První období prvohor se jmenuje **kambrium**. Všem předchozím obdobím (hadaikum, starohory a prahory) říkáme souhrnně **prekambrium** (z lat. *pre* = před, před kambriem).

Po prvohorách přichází druhohory a po nich by přece měly přijít třetihory... Kde jsou? Třetihory se skrývají pod názvy dvou období: paleogénu a neogénu. Spolu s kvartérem (neboli s čtvrtohorami) tvoří dohromady kenozoikum.

1. Doplňte do časové osy chybějící názvy geologických období.

2. Svorkou do časové osy vyznačte prvohory, druhohory a kenozoikum a srovnajte jejich délku.

Už vidíte, proč se třetihory (paleogén, neogén) a čtvrtohory spojují v jeden větší celek?

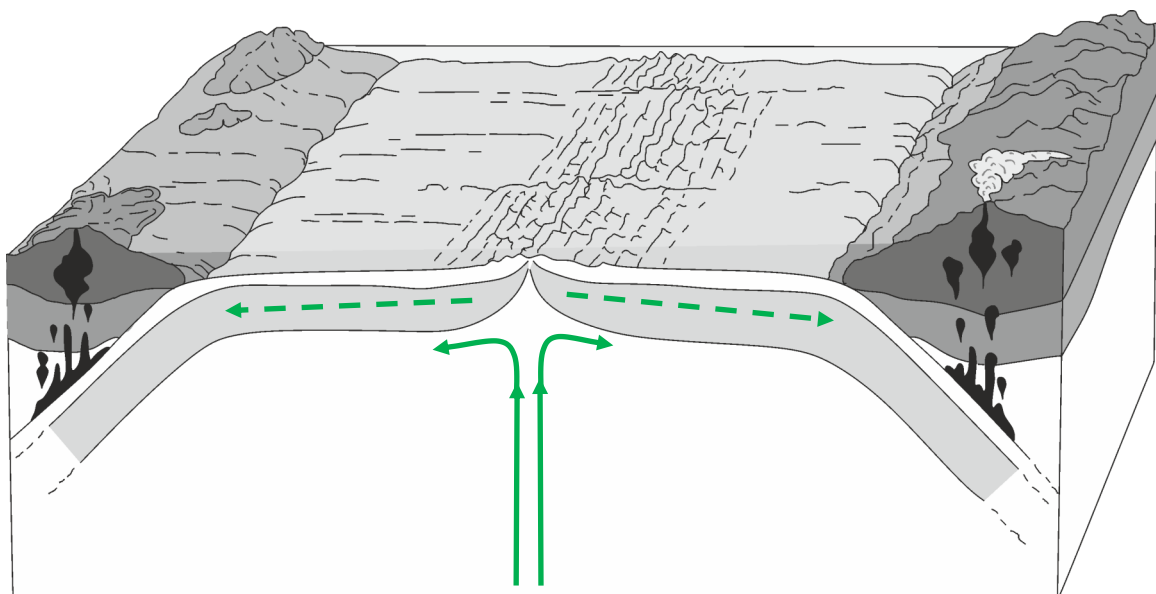


Kenozoikum	Kvartér
	Neogén
	Paleogén
Druhohory	Křída
	Jura
	Trias
Prvohory	Perm
	Karbon
	Devon
	Silur
	Ordovik
	Kambrium

Jak se tektonické desky pohybují, tak se mění i rozložení různých kontinentů na Zemi. Ty se spojují a vznikají velká pohoří. Pak se zase rozpadají a mezi nimi vznikají nejprve úzká moře, která někdy přerostou ve velké oceány.

Z nitra Země v některých místech stoupají žhavé horniny pláště. Blízko k povrchu Země se ochlazují a klesají. Na obrázku označ barevně místo, kde vzniká nová oceánská kůra.

3. Nakresli šipky → které budou znázorňovat horké výstupné proudy v plášti a přerušovanou čarou - - -> šipky, které znázorní, kterým směrem se pohybují oceánské desky.



4.1 Naskenuj telefonem QR kód pro zobrazení nápovědy. S její pomocí napište k mapě do levého horního rohu název příslušného období.

Období je 12, map je 14. Některá období jsou znázorněna dvakrát, ale žádné dvě mapy nejsou stejné.

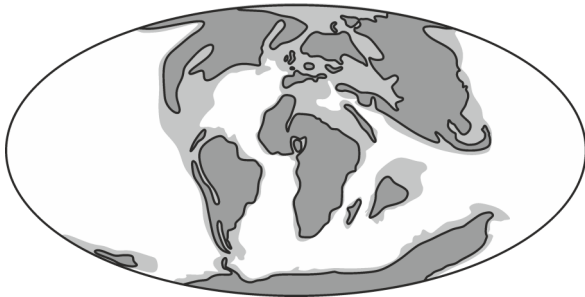
4.2 Ve starších prvohorách se na jižní polokouli nacházel velký kontinent — Gondwana. Najděte ho na mapě kambria, ordoviku a siluru a zvýrazněte ho barevně.

4.3 Napiš, v jakém období se oddělila Indie od Afriky. v juře

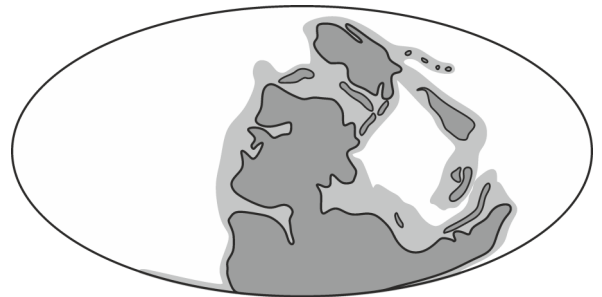
4.5 Porovnej mapy jury, křídly a paleogénu a napiš na základě pohybu kontinentů k mapám z křídly „dříve“ a „později“.



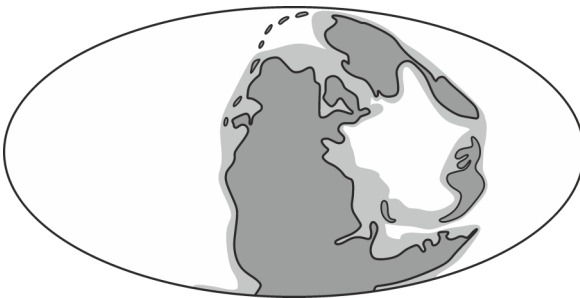
hranice křídly a paleogénu



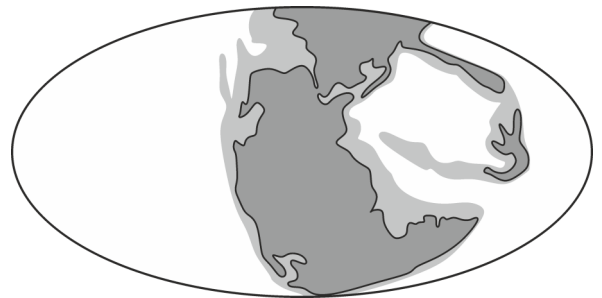
karbon



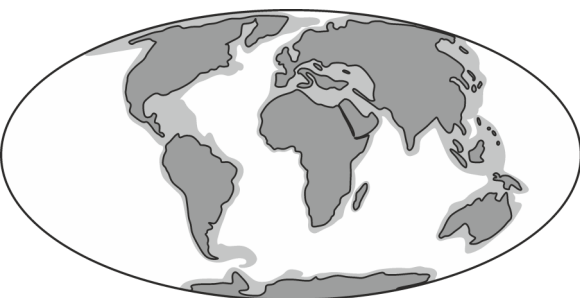
perm



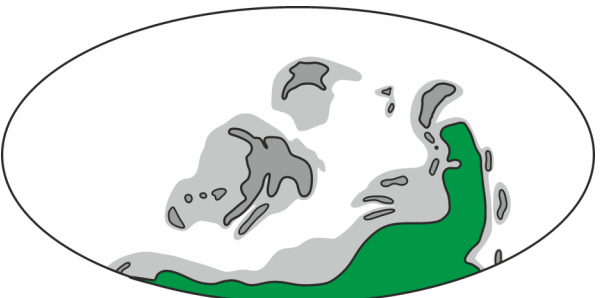
trias



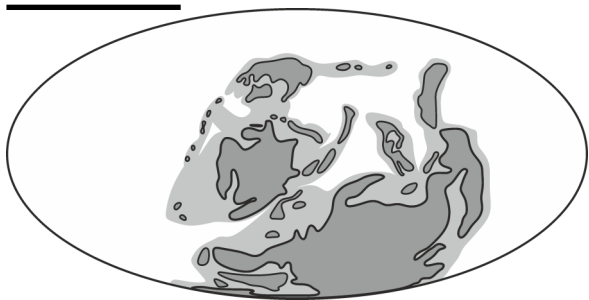
neogén



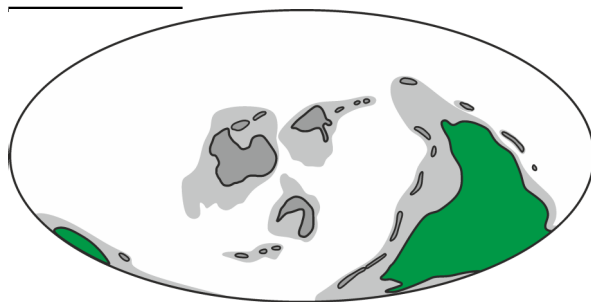
silur



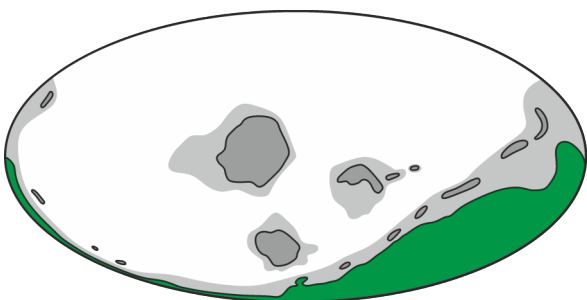
devon



ordovik



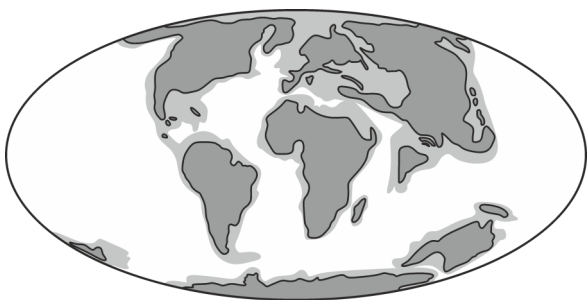
kambrium



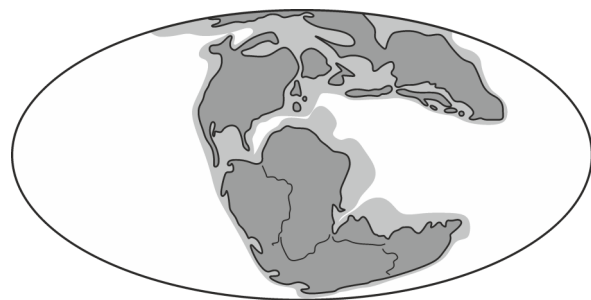
současnost



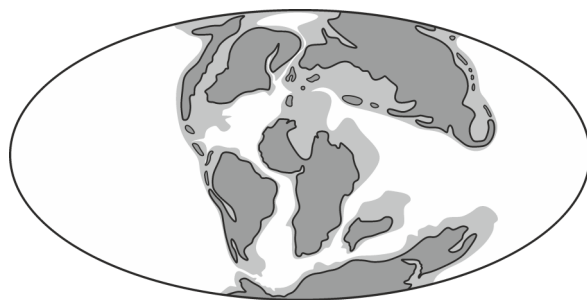
paleogén



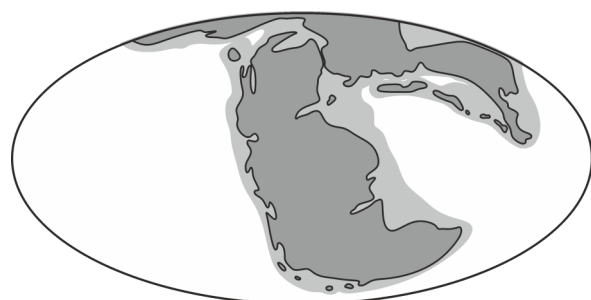
křída — dříve



křída — později



jura



Příloha 5: pracovní list č. 3 – Tafonomická okna

KAMBRICKÁ EXPLOZE ŽIVOTA, KTERÝ SE ZACHOVÁVÁ

V mnoha sedimentárních horninách můžeme najít zkameněliny. Na některých lokalitách jich najdeme mnoho, na jiných nejsou prakticky žádné. Rozhoduje náhoda a mnoho dalších vlivů. Většina organismů je buďto brzy zkonsumována, nebo rozložena za pomoci hub a bakterií. Některé části těl se ale rozkládají hůře. Představte si takovou mušli: Měkké tělo je kryto pevnou schránkou z uhlíkatanu vápenatého. Živočich zemře, rozloží se a zůstane po něm jen pevná mušle. Z obratlovců se naopak nejlépe zachovávají tvrdé zuby a kosti. Z toho můžeme vyvodit obecné pravidlo, že:

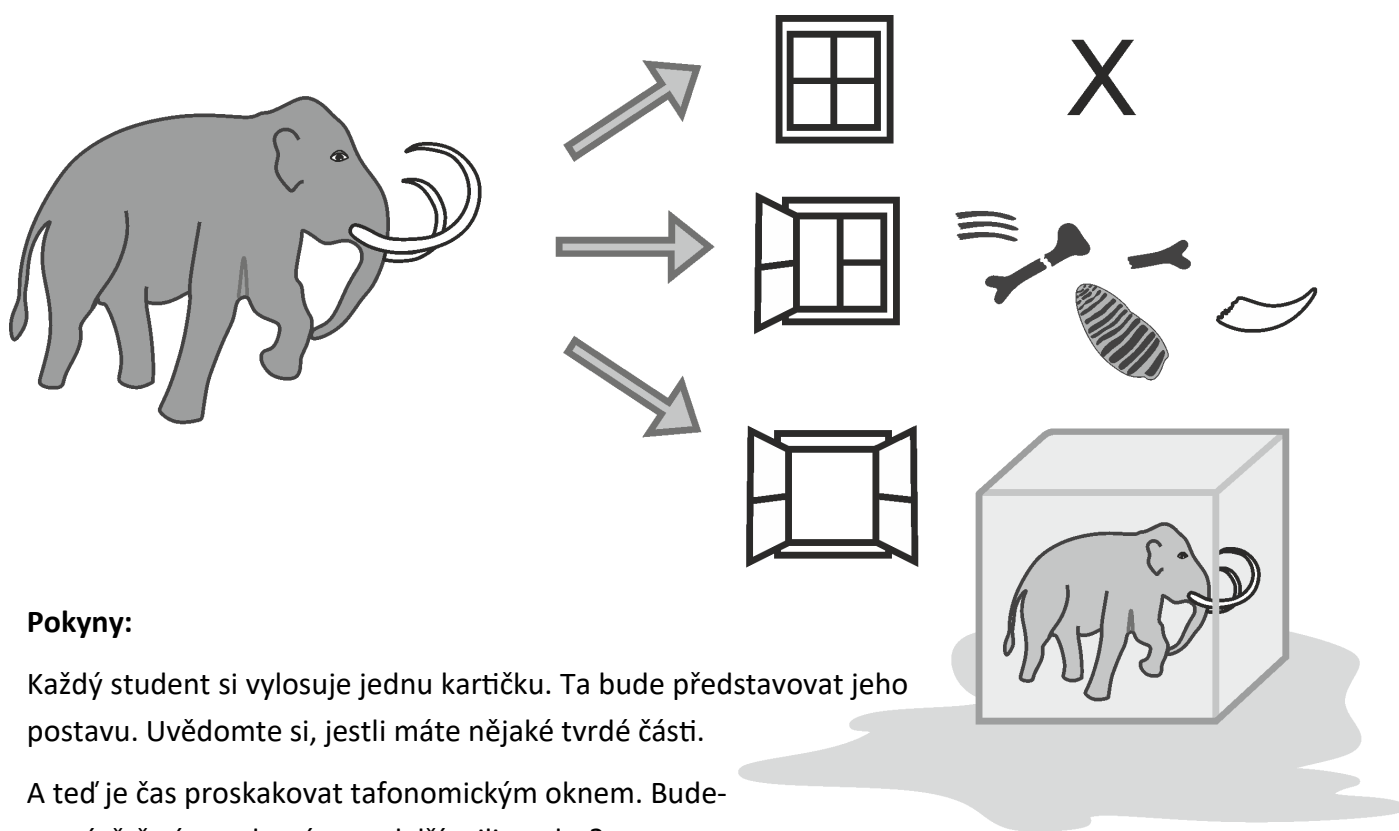
Hůře/Snadněji se nám zachovávají tvrdé struktury než měkké tkáně s vnitřnostmi.

Zakroužkuj správnou možnost.

HRA: KDO PROSKOČÍ TAFONOMICKÝM OKNEM?

Jaké okno?

Tafonomie je věda, která zkoumá jak, za jakých podmínek a jakým způsobem se mohou organismy zachovat jako zkameněliny. Jak je možné, že někdy uhynulý organismus zmizí do pár minut (někdy dní nebo let) a přitom můžeme v horninách najít fosílie staré i stovky milionů let? Schopnost přírody uchovat stopy života by se dala přirovnat k oknu. Když je tafonomické okno otevřené, projde jím organismus celý. To se děje jen zcela výjimečně. Častěji je tafonomické okno otevřené jen z části. Organismus při proskakování skrz neprojde celý, ale pouze ty nejodolnější části jako jsou zuby, kosti, schránky nebo pyl rostlin. Nejčastěji je však tafonomické okno zcela zavřené a naprostá většina organismů, která na Zemi žila, se nedochovala. Největší tafonomická okna máme z období ediakaru a kambria.



Pokyny:

Každý student si vylosuje jednu kartičku. Ta bude představovat jeho postavu. Uvědomte si, jestli máte nějaké tvrdé části.

A teď je čas proskakovat tafonomickým oknem. Bude-
te mít štěstí a zachováte se další miliony let?

Kostkou hází učitel pro celou třídu. Po skončení jdou k tabuli studenti, jejichž postava proskočila tafonomickým oknem a zachovala se. Pokud nikdo tafonomickým oknem neproskočil, představí svou roli a posmrtný příběh náhodně vybraný student. Pokud jich je mnoho, poví si své příběhy vzájemně ve skupinách.

Házení kostkou: 1. kolo—Co se s vámi děje hned po smrti

1—2 Tvé tělo se rozložilo.

3—4 Pokud jste z kambria, byl jsi sežrán predátorem. Pokud z ediakaru, byl jsi rozložen.

5—Tvé měkké části se rozložily, tvrdé části jsou překryty sedimentem. Postupuješ do druhého kola.

6—Překryl tě sediment zaživa. Umíráš v sedimentu. Bez přístupu kyslíku tě bakterie nedokážou rozložit. Postupuješ do druhého kola v celku.



Házení kostkou: 2. kolo—Zachování

1—Tvoje tělo bylo zničeno.

2—Oceánská deska doputovala až do subdukční zóny a roztavila se. A ty s ní.

3—Tvoje deska byla pod silným tlakem a došlo k metamorfóze hornin. Tvoje tělo bylo zničeno.

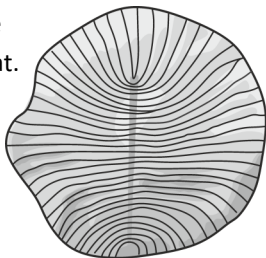
4—Horniny, ve kterých se nacházíš, byly z moře vyzdviženy na povrch a postupně oderodovaly. A ty také.

5—Horniny, ve kterých se nacházíš, jsou hluboko pod povrchem. Ty jsi stále zachovaný, ale nikdo tě nenajde. Zatím....

6—Horniny, ve kterých se nacházíš, byly vyzdviženy nad hladinu. Je z tebe krásná fosílie.

DICKINSONIA

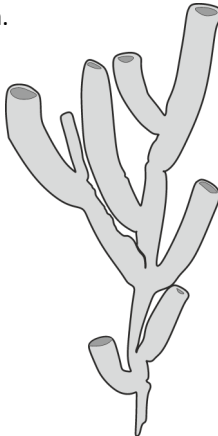
Mé jméno je *Dickinsonia*. Řádím se k tzv. **ediakarské fauně**. Nikdo neví, komu jsem příbuzná. Je možné že jsem kolonií jednobuněčných organismů. Možná jsem ale mnohobuněčný živočich. Mám **měkkou** strukturu a šířím živiny, co padají na dno. Nepotřebuju krunýř, jelikož tu není žádný predátor, který by se mě pokoušel sežrat.



HOUBOVEC

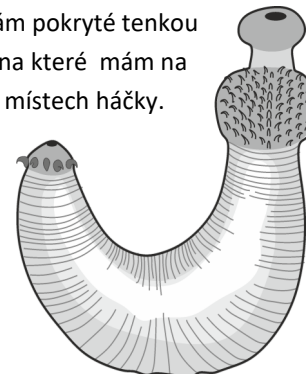
Jsem *Vauxia*. Jsem rohovitá živočišná houba z období **kambria**. Moje tělo je vystuženo organickým a **nepříliš odolným** materiálem.

Žiji přisedle na dně a filtruji vodu.

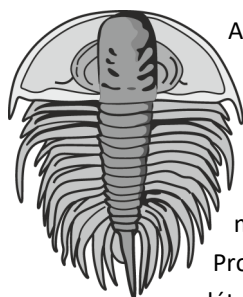


PRIAPULID

Zdravím, jmenuji se *Ottoia* a jsem **kambrický** červ. Žiju zavrtaný v mořském dně, kde číhám na svou kořist. Ústa mám na krátkém chobotu a uvnitř mám **tvrdé** zoubky z chytinu. Celé **měkké** tělo mám pokryté tenkou kutikulou na které mám na některých místech háčky.



TRILOBIT



Ahoj, jmenuju se *Olenellus* a jsem **kambrický** trilobit. Lobos znamená lalok a já mám laloky tři.

Pro obranu před predátory mám silný **tvrdý** hřbetní krunýř, který hned tak někdo neprokousne. Vidíte, jaký mám krásný a **tvrdý** hlavový štít? Můj trup je členěný do článků, přes které mám **pevné** pleury. Když rostu, musím svůj pevný krunýř svlékat.

CHARNIA

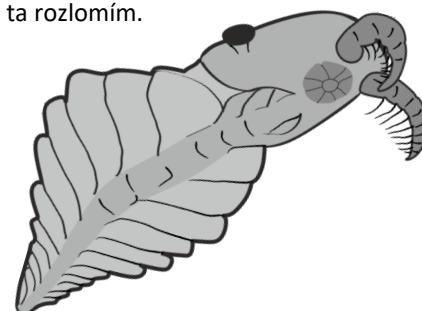
Jmenuji se *Charnia*. Vypadám sice jako list, ale jsem živočich z období **ediakaru**. Žiji přisedle. Mám **měkké** prošívané tělo. Postupně přirůstám odshora a mohu dorůst velikosti až dvou metrů.



ANOMALOCARIS

Ahoj, jmenuju se *Anomalocaris* a jsem **kambrický** vrcholový predátor. Plavu v moři a lovím trilobity a další živočichy, kteří žijí na dně.

Mám **tvrdé** zuby v kulatých ústech a silné končetiny a s jejich pomocí trilobita rozlomím.



Příloha 6: autorské řešení pracovního listu č. 3

KAMBRICKÁ EXPLOZE ŽIVOTA, KTERÝ SE ZACHOVÁVÁ

V mnoha sedimentárních horninách můžeme najít zkameněliny. Na některých lokalitách jich najdeme mnoho, na jiných nejsou prakticky žádné. Rozhoduje náhoda a mnoho dalších vlivů. Většina organismů je buďto brzy zkonsumována, nebo rozložena za pomoci hub a bakterií. Některé části těl se ale rozkládají hůře. Představte si takovou mušli: Měkké tělo je kryto pevnou schránkou z uhlíkatanu vápenatého. Živočich zemře, rozloží se a zůstane po něm jen pevná mušle. Z obratlovců se naopak nejlépe zachovávají tvrdé zuby a kosti. Z toho můžeme vyvodit obecné pravidlo, že:

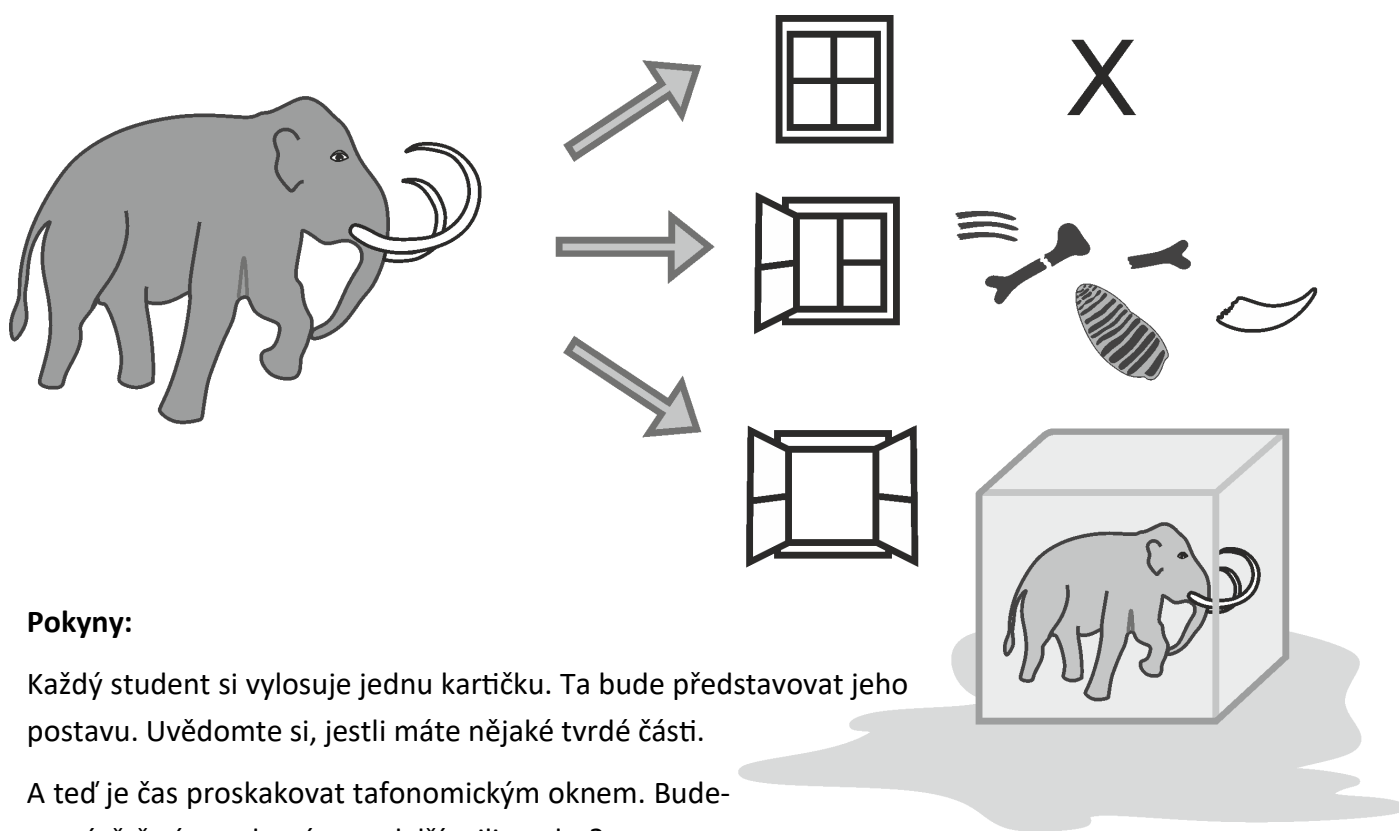
Hůře **Snadněji** se nám zachovávají tvrdé struktury než měkké tkáně s vnitřnostmi.

Zakroužkuj správnou možnost.

HRA: KDO PROSKOČÍ TAFONOMICKÝM OKNEM?

Jaké okno?

Tafonomie je věda, která zkoumá jak, za jakých podmínek a jakým způsobem se mohou organismy zachovat jako zkameněliny. Jak je možné, že někdy uhynulý organismus zmizí do pár minut (někdy dní nebo let) a přitom můžeme v horninách najít fosílie staré i stovky milionů let? Schopnost přírody uchovat stopy života by se dala přirovnat k oknu. Když je tafonomické okno otevřené, projde jím organismus celý. To se děje jen zcela výjimečně. Častěji je tafonomické okno otevřené jen z části. Organismus při proskakování skrz neprojde celý, ale pouze ty nejodolnější části jako jsou zuby, kosti, schránky nebo pyl rostlin. Nejčastěji je však tafonomické okno zcela zavřené a naprostá většina organismů, která na Zemi žila, se nedochovala. Největší tafonomická okna máme z období ediakaru a kambria.



Pokyny:

Každý student si vylosuje jednu kartičku. Ta bude představovat jeho postavu. Uvědomte si, jestli máte nějaké tvrdé části.

A teď je čas proskakovat tafonomickým oknem. Bude-
te mít štěstí a zachováte se další miliony let?

Kostkou hází učitel pro celou třídu. Po skončení jdou k tabuli studenti, jejichž postava proskočila tafonomickým oknem a zachovala se. Pokud nikdo tafonomickým oknem neproskočil, představí svou roli a posmrtný příběh náhodně vybraný student. Pokud jich je mnoho, poví si své příběhy vzájemně ve skupinách.

Házení kostkou: 1. kolo—Co se s vámi děje hned po smrti

1—2 Tvé tělo se rozložilo.

3—4 Pokud jste z kambria, byl jsi sežrán predátorem. Pokud z ediakaru, byl jsi rozložen.

5—Tvé měkké části se rozložily, tvrdé části jsou překryty sedimentem. Postupuješ do druhého kola.

6—Překryl tě sediment zaživa. Umíráš v sedimentu. Bez přístupu kyslíku tě bakterie nedokážou rozložit. Postupuješ do druhého kola v celku.



Házení kostkou: 2. kolo—Zachování

1—Tvoje tělo bylo zničeno.

2—Oceánská deska doputovala až do subdukční zóny a roztavila se. A ty s ní.

3—Tvoje deska byla pod silným tlakem a došlo k metamorfóze hornin. Tvoje tělo bylo zničeno.

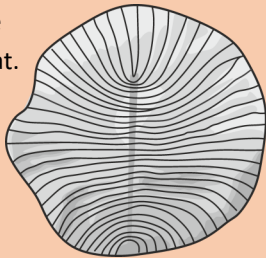
4—Horniny, ve kterých se nacházíš, byly z moře vyzdviženy na povrch a postupně oderodovaly. A ty také.

5—Horniny, ve kterých se nacházíš, jsou hluboko pod povrchem. Ty jsi stále zachovaný, ale nikdo tě nenajde. Zatím....

6—Horniny, ve kterých se nacházíš, byly vyzdviženy nad hladinu. Je z tebe krásná fosílie.

DICKINSONIA

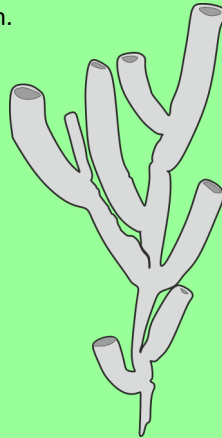
Mé jméno je *Dickinsonia*. Řádím se k tzv. **ediakarské fauně**. Nikdo neví, komu jsem příbuzná. Je možné že jsem kolonií jednobuněčných organismů. Možná jsem ale mnohobuněčný živočich. Mám **měkkou** strukturu a šířím živiny, co padají na dno. Nepotřebuju krunýř, jelikož tu není žádný predátor, který by se mě pokoušel sežrat.



HOUBOVEC

Jsem *Vauxia*. Jsem rohovitá živočišná houba z období **kambria**. Moje tělo je vystuženo organickým a **nepříliš odolným** materiálem.

Žiji přisedle na dně a filtruji vodu.

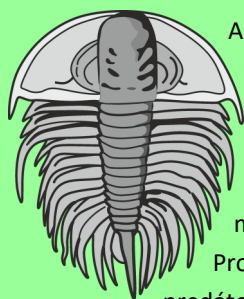


PRIAPULID

Zdravím, jmenuji se *Ottoia* a jsem **kambrický** červ. Žiju zavrtaný v mořském dně, kde číhám na svou kořist. Ústa mám na krátkém chobotu a uvnitř mám **tvrdé** zoubky z chytinu. Celé **měkké** tělo mám pokryté tenkou kutikulou na které mám na některých místech háčky.



TRILOBIT



Ahoj, jmenuju se *Olenellus* a jsem **kambrický** trilobit. Lobos znamená lalok a já mám laloky tři.

Pro obranu před predátory mám silný **tvrdý** hřbetní krunýř, který hned tak někdo neprokousne. Vidíte, jaký mám krásný a **tvrdý** hlavový štít? Můj trup je členěný do článků, přes které mám **pevné** pleury. Když rostu, musím svůj pevný krunýř svlékat.

CHARNIA

Jmenuji se *Charnia*. Vypadám sice jako list, ale jsem živočich z období **ediakaru**. Žiji přisedle. Mám **měkké** prošívané tělo. Postupně přirůstám odshora a mohu dorůst velikosti až dvou metrů.



ANOMALOCARIS

Ahoj, jmenuju se *Anomalocaris* a jsem **kambrický** vrcholový predátor. Plavu v moři a lovím trilobity a další živočichy, kteří žijí na dně.

Mám **tvrdé** zuby v kulatých ústech a silné končetiny a s jejich pomocí trilobita rozlomím.

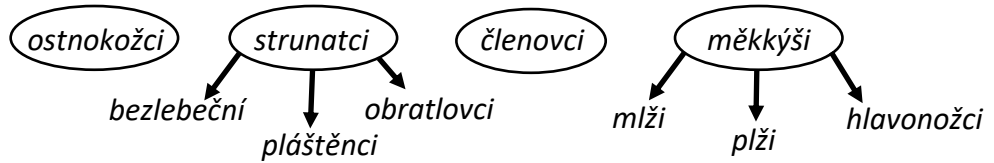


Příloha 7: pracovní list č. 4 – Prvohory – moře plné života

PRVOHORY — MOŘE PLNÉ ŽIVOTA

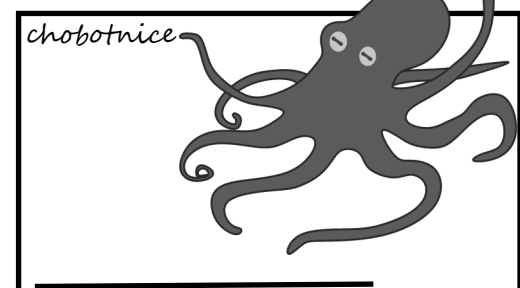
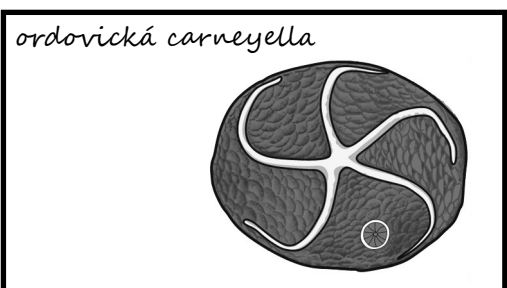
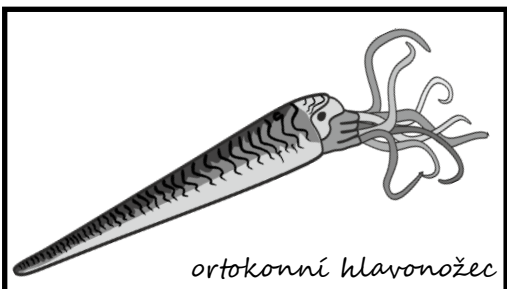
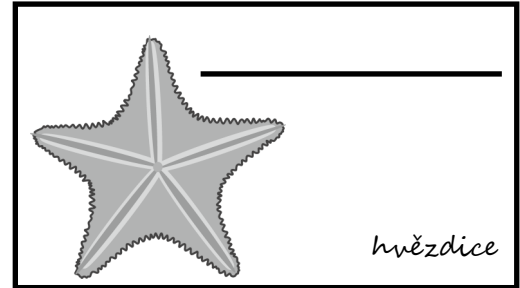
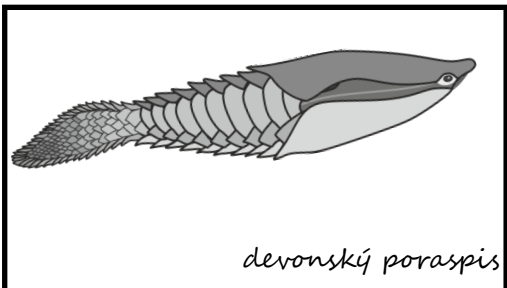
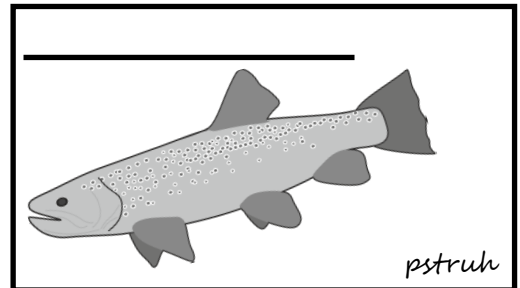
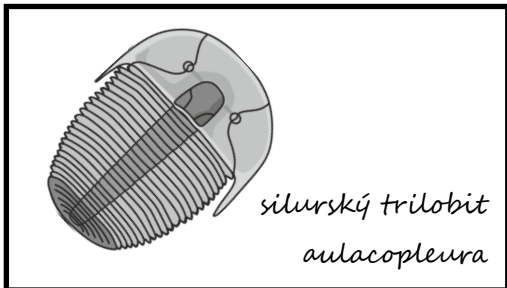
1. V prvohorách se objevily skupiny živočichů a mnoho těchto skupin žije i dnes. Do pravé řady rámečků **doplňte název kmene, popř. třídy nebo podkmene**. Na základě společných znaků **spojte čarou**, které fosilní druhy jsou příbuzné těm dnešním.

Nápověda:



společné znaky:

tři části těla: hlava+hruď+zadeček	struna hřbetní a obratle
měkké tělo, velké oči a chapadla	pětičetně souměrné tělo



LETEM SVĚTEM PRASTARÝMI MOŘI

2. S využitím učebního textu odpovězte na následující otázky:

Co je to diverzifikace?

Čím se liší prvohorní hlavonožci od většiny těch, kteří žijí dnes?

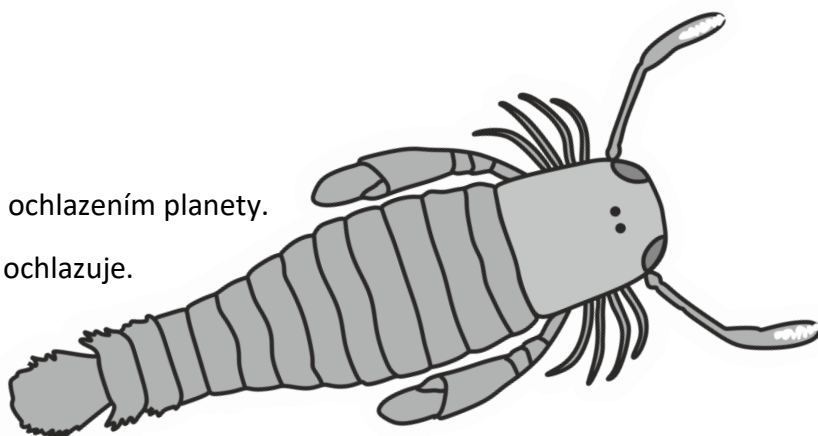
Kteří velcí predátoři žili v devonu?

Co je to anoxie?

Jaké změny na planetě vedly ke vzniku anoxie?

3. Rozhodni o pravdivosti následujících tvrzení: ✓ ✗

- Graptoliti byli vrcholoví predátoři devonských moří.
- V silurských břidlicích se hojně vyskytují graptoliti.
- Ordovické vymírání vyhubilo trnoploutvé ryby.
- Devon je obdobím, ve kterém dochází k velkému rozvoji ryb a hlavonožců.
- Ordoviku se přezdívá věk ryb, jelikož v něm vystoupily lalokoploutvé ryby na souš.
- Trnoploutví měli chrupavčitou kostru.
- Devon byl před ordovikem.
- Silur byl po ordoviku.
- Vymírání v ordoviku souvisí mimo jiné s ochlazením planety.
- Během siluru se po celou dobu výrazně ochlazuje.

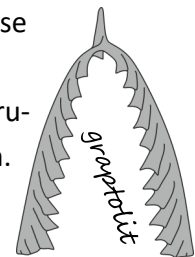


Acutiramus bohemicus je silurský kyjonožec, který se nacházel na našem území.

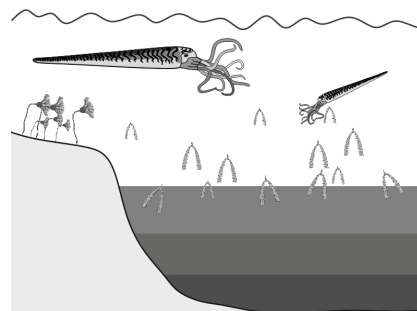
O

Po kambriu začíná **ordovik**, kdy diverzifikace (rozdružení a vznik druhů) pokračuje. Z tohoto období jsou známy první nálezy graptolitů — pradávčných koloniálních planktonních živočichů, kteří žili v tehdejších mořích. Trilobiti, ale i další živočichové, kteří žili na dně byli vhodnou potravou pro plovoucí predátory — hlavonožce. Oproti většině dnes žijících hlavonožců, měli tehdejší tzv. *ortokonní hlavonožci* pevnou schránku z CaCO_3 . Dnes je jediným živým hlavonožcem se schránkou loděnka — *Nautilus*, ale v prvohorách měly schránku všechny druhy.

Na konci ordoviku došlo k prudkému ochlazení, a tím i k poklesu hladiny oceánů a to natolik, že se na souš dostaly okraje kontinentů — šelfy, které byly dříve zaplaveny mořem. Šelfy jsou také místem, kde je život v moři nejbohatší, a proto došlo k velkému vymírání. Zbylé chladnomilné druhy, které se vyrovnaly s globálními změnami, byly poté zasaženy následným prudkým oteplením. A tak je vymírání z konce ordoviku druhým největším v historii Země.

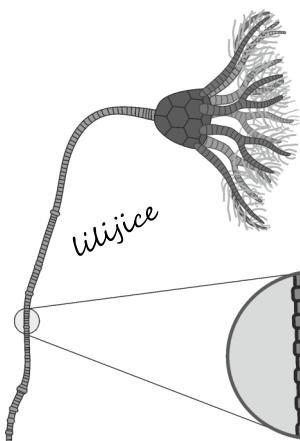
**S**

Na začátku **siluru** se ekosystém vzpamatovává z vymírání. Dochází k rychlé evoluci a k obsazování volných nik, které se uvolnily při předchozím vymírání. Postupně se otepluje. Kvůli tajícím ledovcům se v první části tohoto období prudce zvedá hladina světového oceánu, což má za následek změny v cirkulaci mořských proudů, čímž dochází ke vzniku anoxie—tedy podmínek, při nichž je ve vodním sloupci velmi malé množství kyslíku.

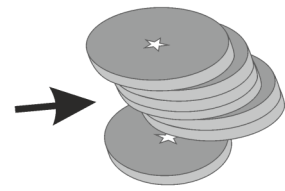


V anoxicých vodách není příliš mnoho obyvatel mořského dna, jelikož by neměli, co dýchat. Voda bez kyslíku má také kyselejší pH, díky čemuž se snadněji rozpouští schránky živočichů, kteří si je tvoří z uhličitanu vápenatého. Na dně takového moře vznikají černé břidlice, ve kterých lze najít pouze zkameněliny graptolitů. Brzy (po několika milionech let) se cirkulace v moři obnovila.

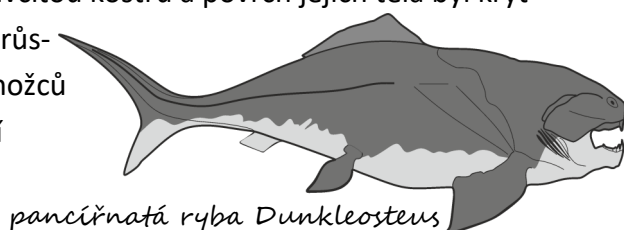
Tam, kde je kyslíku dostatek, daří se životu lépe. Počátek potravního řetězce tvoří planktonní řasy. Těmi se živí drobní korýši a také planktonní graptoliti. Některá zvířata žijí přisedle a filtrují z vody plankton — například lilijice a ramenonožci. Některé druhy trilobitů lezou po dně a seškrábávají co na dně roste. Stejně tak se živí i mořští plži.



V této době se vyvinuli první čelistnatci — trnoploutvé ryby. Jsou to chrupavčití obratlovci, kteří jsou příbuzní dnešním parybám (žralokům). Důležitými predátory tehdejších vod jsou stále hlavonožci, kteří si tvoří ve většině případů rovnou schránku. Vrcholem potravního řetězce jsou členovci příbuzní dnešním rakům — kyjonožci (*Eurypteridi*). Některé druhy byly menší, jiné však dosahovaly rozměrů přes dva metry.

**D**

Devonu se někdy přezdívá věk ryb, protože tehdy došlo k obrovské diverzifikaci chrupavčitých i kostnatých ryb. Vznikla také pro budoucnost velmi významná skupina lalokoploutvých ryb, ze kterých se později vyvinuly první druhy obratlovců, které vystoupily na souš. Největšími velikány tehdejších moří byly pancířnaté ryby. Měly chrupavčitou kostru a povrch jejich těla byl kryt pevnými kostěnými pláty. Největší mohly podle odhadů dorůstat až do velikosti 4 metrů. Oproti dřívějším formám hlavonožců s rovnou schránkou se hojně objevují hlavonožci, kteří mají schránku stočenou podobně jako dnešní loděnky.

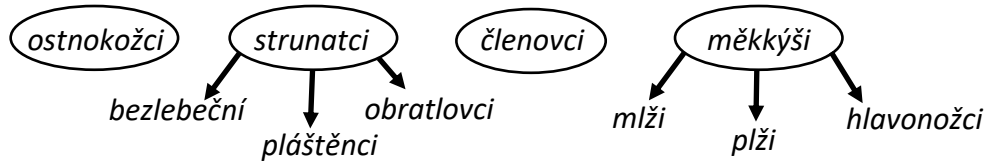


Příloha 8: autorské řešení pracovního listu č. 4

PRVOHORY — MOŘE PLNÉ ŽIVOTA

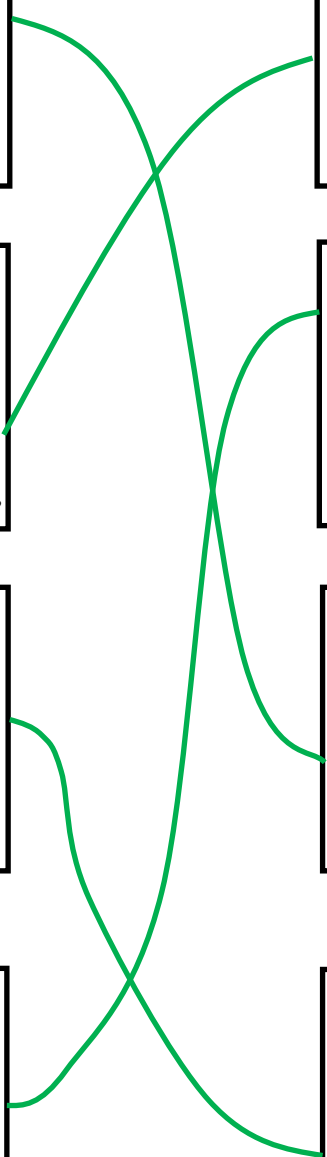
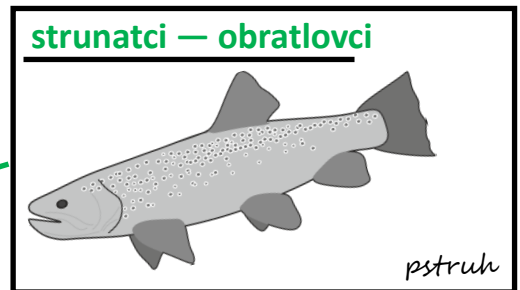
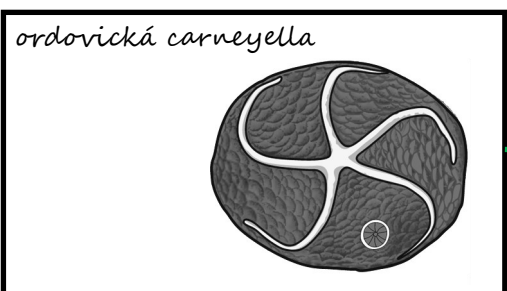
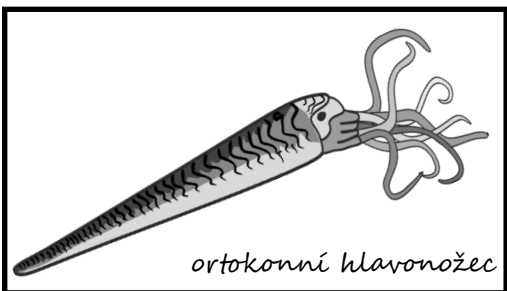
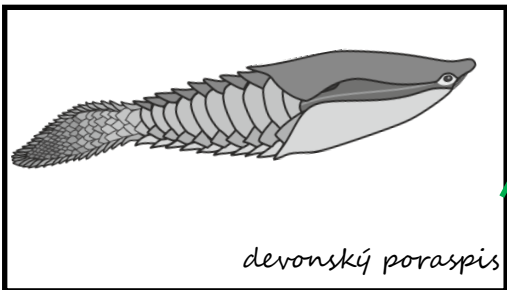
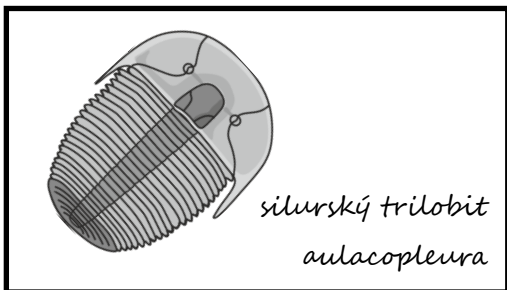
1. V prvohorách se objevily skupiny živočichů a mnoho těchto skupin žije i dnes. Do pravé řady rámečků **doplňte název kmene, popř. třídy nebo podkmene**. Na základě společných znaků **spojte čarou**, které fosilní druhy jsou příbuzné těm dnešním.

Nápověda:



společné znaky:

tři části těla: hlava+hruď+zadeček	struna hřbetní a obratle
měkké tělo, velké oči a chapadla	pětičetně souměrné tělo



LETEM SVĚTEM PRASTARÝMI MOŘI

2. S využitím učebního textu odpovězte na následující otázky:

Co je to diverzifikace?

rozdílení druhů

Čím se liší prvohorní hlavonožci od většiny těch, kteří žijí dnes?

Dnešní hlavonožci s výjimkou loděnek nemají vnější schránku.

Kteří velcí predátoři žili v devonu?

pancířnaté ryby (např. Dunkleosteus)

Co je to anoxie?

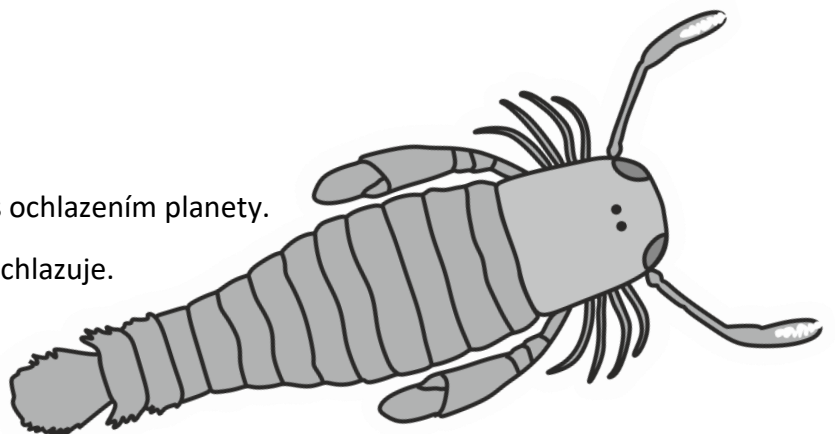
stav bez kyslíku

Jaké změny na planetě vedly ke vzniku anoxie?

změny v cirkulaci mořských proudů

3. Rozhodni o pravdivosti následujících tvrzení: ✓ ✗

- ✗ Graptoliti byli vrcholoví predátoři devonských moří.
- ✓ V silurských břidlicích se hojně vyskytují graptoliti.
- ✗ Ordovické vymírání vyhubilo trnoploutvé ryby.
- ✓ Devon je obdobím, ve kterém dochází k velkému rozvoji ryb a hlavonožců.
- ✗ Ordoviku se přezdívá věk ryb, jelikož v něm vystoupily lalokoploutvé ryby na souš.
- ✓ Trnoploutví měli chrupavčitou kostru.
- ✗ Devon byl před ordovikem.
- ✓ Silur byl po ordoviku.
- ✓ Vymírání v ordoviku souvisí mimo jiné s ochlazením planety.
- ✗ Během siluru se po celou dobu výrazně ochlazuje.

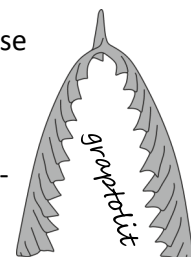


Acutiramus bohemicus je silurský kyjonožec, který se nacházel na našem území.

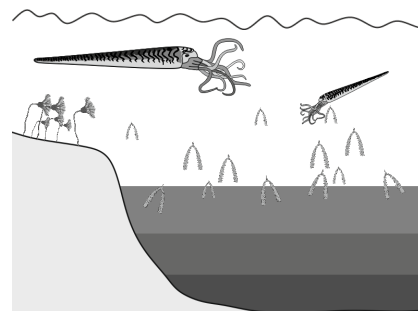
O

Po kambriu začíná **ordovik**, kdy diverzifikace (rozdílení a vznik druhů) pokračuje. Z tohoto období jsou známy první nálezy graptolitů — pradávných koloniálních planktonních živočichů, kteří žili v tehdejších mořích. Trilobiti, ale i další živočichové, kteří žili na dně byli vhodnou potravou pro plovoucí predátory — hlavonožce. Oproti většině dnes žijících hlavonožců, měli tehdejší tzv. ortokonní hlavonožci pevnou schránku z CaCO₃. Dnes je jediným živým hlavonožcem se schránkou loděnka — *Nautilus*, ale v prvohorách měly schránku všechny druhy.

Na konci ordoviku došlo k prudkému ochlazení, a tím i k poklesu hladiny oceánů a to natolik, že se na souš dostaly okraje kontinentů — šelfy, které byly dříve zaplaveny mořem. Šelfy jsou také místem, kde je život v moři nejbohatší, a proto došlo k velkému vymírání. Zbylé chladnomilné druhy, které se vyrovnaly s globálními změnami, byly poté zasaženy následným prudkým oteplením. A tak je vymírání z konce ordoviku druhým největším v historii Země.

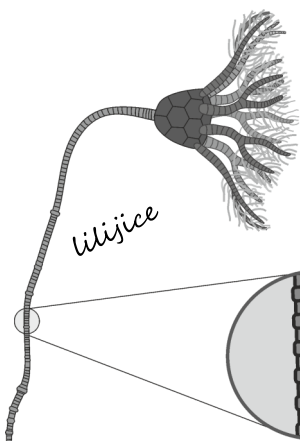
**S**

Na začátku **siluru** se ekosystém vzpamatovává z vymírání. Dochází k rychlé evoluci a k obsazování volných nik, které se uvolnily při předchozím vymírání. Postupně se otepluje. Kvůli tajícím ledovcům se v první části tohoto období prudce zvedá hladina světového oceánu, což má za následek změny v cirkulaci mořských proudů, čímž dochází ke vzniku anoxie—tedy podmínek, při nichž je ve vodním sloupci velmi malé množství kyslíku.

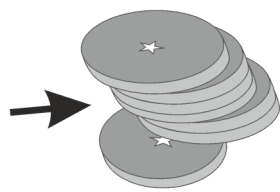


V anoxicých vodách není příliš mnoho obyvatel mořského dna, jelikož by neměli, co dýchat. Voda bez kyslíku má také kyselejší pH, díky čemuž se snadněji rozpouští schránky živočichů, kteří si je tvoří z uhličitanu vápenatého. Na dně takového moře vznikají černé břidlice, ve kterých lze najít pouze zkameněliny graptolitů. Brzy (po několika milionech let) se cirkulace v moři obnovila.

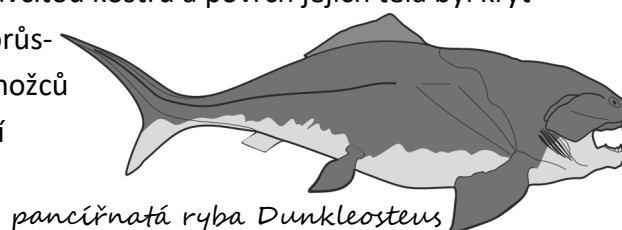
Tam, kde je kyslíku dostatek, daří se životu lépe. Počátek potravního řetězce tvoří planktonní řasy. Těmi se živí drobní korýši a také planktonní graptoliti. Některá zvířata žijí přisedle a filtrují z vody plankton — například lilijice a ramenonožci. Některé druhy trilobitů lezou po dně a seškrabávají co na dně roste. Stejně tak se živí i mořští plži.



V této době se vyvinuli první čelistnatci — trnoploutvé ryby. Jsou to chrupavčití obratlovci, kteří jsou příbuzní dnešním parybám (žralokům). Důležitými predátory tehdejších vod jsou stále hlavonožci, kteří si tvoří ve většině případů rovnou schránku. Vrcholem potravního řetězce jsou členovci příbuzní dnešním rakům — kyjonožci (*Eurypteridi*). Některé druhy byly menší, jiné však dosahovaly rozměrů přes dva metry.

**D**

Devonu se někdy přezdívá věk ryb, protože tehdy došlo k obrovské diverzifikaci chrupavčitých i kostnatých ryb. Vznikla také pro budoucnost velmi významná skupina lalokoploutvých ryb, ze kterých se později vyvinuly první druhy obratlovců, které vystoupily na souš. Největšími velikány tehdejších moří byly pancířnaté ryby. Měly chrupavčitou kostru a povrch jejich těla byl kryt pevnými kostěnými pláty. Největší mohly podle odhadů dorůstat až do velikosti 4 metrů. Oproti dřívějším formám hlavonožců s rovnou schránkou se hojně objevují hlavonožci, kteří mají schránku stočenou podobně jako dnešní loděnky.



Příloha 9: pracovní list č. 5 – Prvohory – výstup na souš

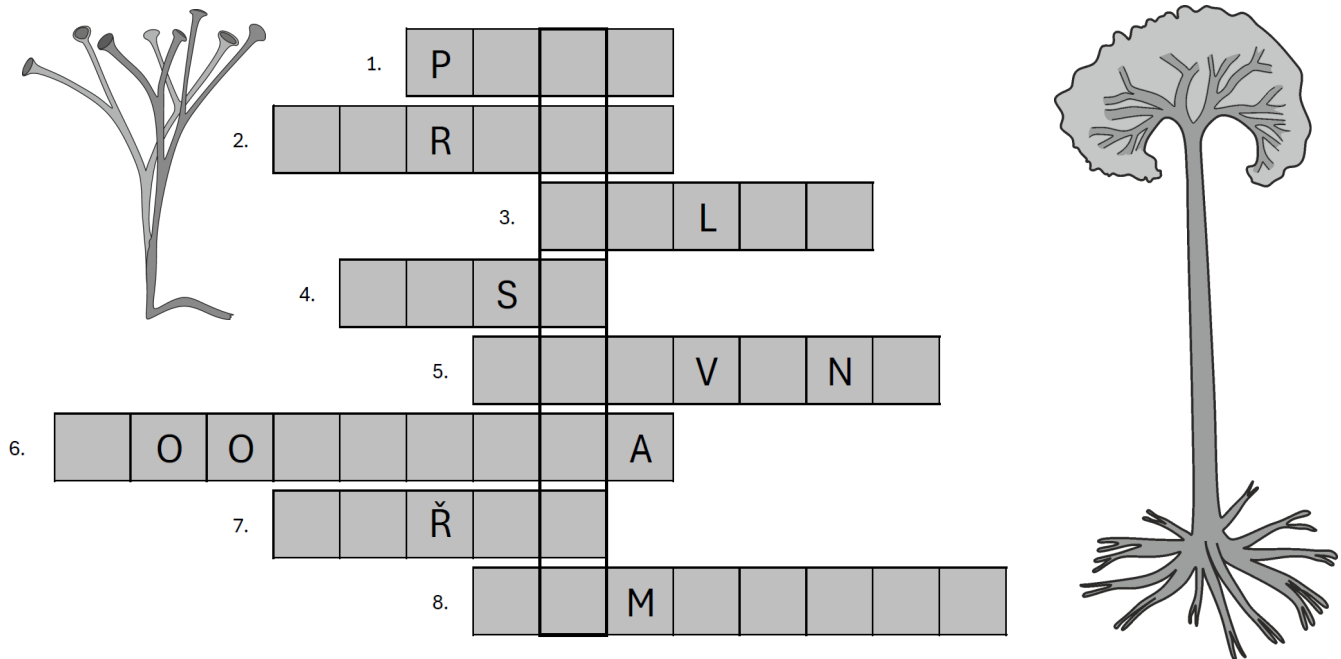
PRVOHORY – VÝSTUP NA SOUŠ

1. Zamysli se, jak vypadal povrch kontinentů před tím, než se objevily suchozemských rostlin. Co se díky nim změnilo? Jaké nové podmínky vytvořily, že mohla být souš časem příznivá i pro živočichy? Napiš svoje nápady a myšlenky a potom je diskutuj se spolužáky. Nápady, na kterých se shodnete, společně sepište a prezentujte zbytku třídy.

Myslím si:

Myslíme si:

2. Doplň chybějící písmena a vyplň tajenku. Přiřaď k obrázkům názvy rostlin z otázek 5 a 6.



The crossword puzzle grid consists of 8 numbered clues. The grid is as follows:

- 1. P _ _ _
- 2. _ _ R _ _ _
- 3. _ _ L _ _
- 4. _ _ S _
- 5. _ _ V _ N _
- 6. _ O O _ _ _ A
- 7. _ _ Ř _ _
- 8. _ M _ _ _ _ _

Two botanical illustrations are provided: a small tree-like plant on the left and a large tree with a wide canopy and a thick trunk on the right.

1. Poslední část prvohor. Na konci tohoto období dochází k největšímu vymírání v historii Země.
2. Prvohorní útvar, který je na našem území typický nálezy obřích stromovitých přesliček a plavuní.
3. Prvohorní útvar, ze kterého máme první makroskopickou zkamenělinu suchozemské rostliny.
4. Zelený rostlinný orgán.
5. Skupina rostlin, která v karbonu dorůstala desítek metrů.
6. První dochovaná makroskopická suchozemská rostlina.
7. Podzemní rostlinný orgán.
8. České slovo pro extinkci.

Tajenka: Pro výstup živočichů na souš bylo třeba, aby před nimi souš kolonizovaly _____.

Příloha 10: autorské řešení pracovního listu č. 5

PRVOHORY – VÝSTUP NA SOUŠ

1. Zamysli se, jak vypadal povrch kontinentů před tím, než se objevily suchozemských rostlin. Co se díky nim změnilo? Jaké nové podmínky vytvořily, že mohla být souš časem příznivá i pro živočichy? Napiš svoje nápady a myšlenky a potom je diskutuj se spolužáky. Nápady, na kterých se shodnete, společně sepište a prezentujte zbytku třídy.

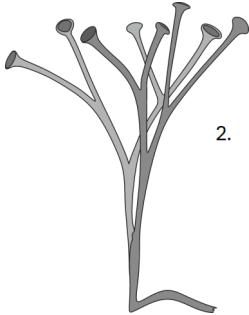
Myslím si:

- např. vytvořila se půda

Myslíme si:

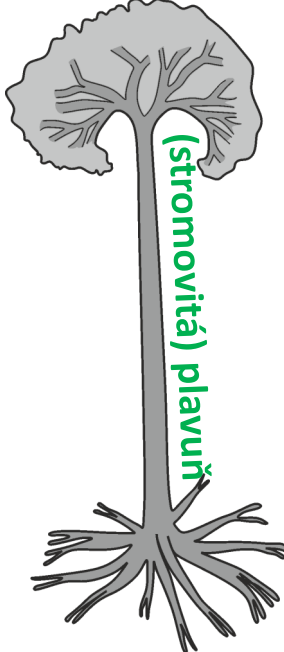
- intenzivnější srážkový cyklus kvůli vypařování vody z listů,
- úkryt, stín a potrava,
- půda...

2. Doplň chybějící písmena a vyplň tajenku. Přiřaď k obrázkům názvy rostlin z otázek 5 a 6.



Cooksonia

1.	P	E	R	M					
2.	K	A	R	B	O	N			
3.	S	I	L	U	R				
4.	L	I	S	T					
5.	P	L	A	V	U	N	Ě		
6.	C	O	O	K	S	O	N	I	A
7.	K	O	Ř	E	N				
8.	V	Y	M	Í	R	Á	N	Í	



(stromovitá) plavuň

1. Poslední část prvohor. Na konci tohoto období dochází k největšímu vymírání v historii Země.
2. Prvohorní útvar, který je na našem území typický nálezy obřích stromovitých přesliček a plavuní.
3. Prvohorní útvar, ze kterého máme první makroskopickou zkamenělinu suchozemské rostliny.
4. Zelený rostlinný orgán.
5. Skupina rostlin, která v karbonu dorůstala desítek metrů.
6. První dochovaná makroskopická suchozemská rostlina.
7. Podzemní rostlinný orgán.
8. České slovo pro extinkci.

Tajenka: Pro výstup živočichů na souš bylo třeba, aby před nimi souš kolonizovaly ROSTLINY.

Příloha 11: pracovní list č. 6 – Druhohory

DRUHOHORY

250 mil.

200 mil.

150 mil.

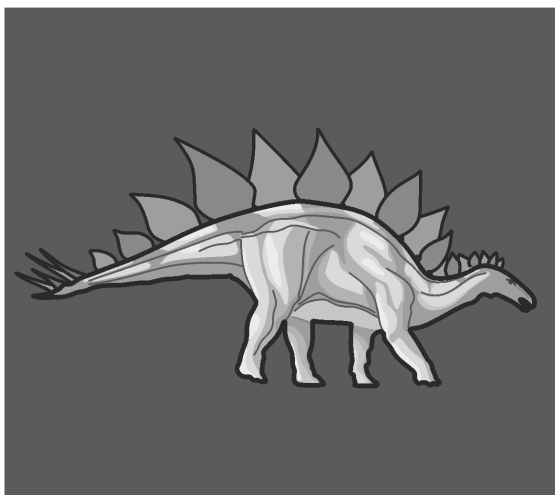
66 mil.

1. Doplň výše jednotlivé části druhohor.
2. Spočítej, jak dlouho trvaly druhohory.
3. Které období druhohor je nejdelší? Jak dlouho trvá?
4. Z údajů o stratigrafickém rozšíření stegosaura a tyrannosaura zakroužkuj všechna pravdivá tvrzení.
 - a) Stegosaura najdeme v **mladších** horninách než T. Rexe.
 - b) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **větší** než mezi tyrannosaurem a současností.
 - c) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurem a prvním tyrannosaurem je **menší** než mezi tyrannosaurem a současností.
 - d) Stegosaura najdeme ve **starších** horninách než T. Rexe.

STEGOSAURUS

svrchní jura (kimmeridge a tithon)

150–145 mil. let



TYRANNOSAURUS REX

svrchní křída (maastricht)

68–66 mil. let



5. Velmi hojnými nálezy z druhohorních moří jsou aptychy amonitů. **Aptychy** byly součástí jejich spodní čelisti a jsou tvořeny **kalcitem**. Kalcit se na rozdíl od aragonitu, který tvoří zbytek jejich schránky, **hůře rozpouští**.

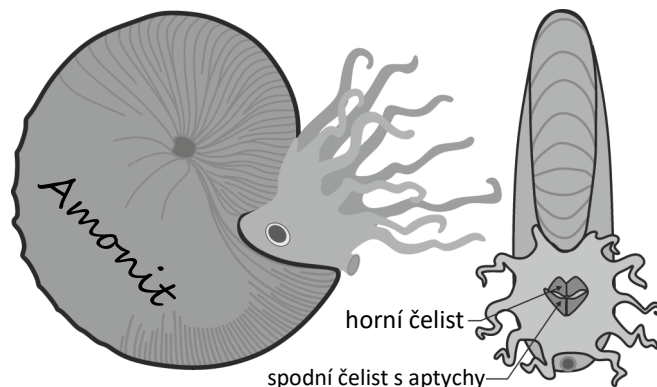
S pomocí obrázku mořského dna, textu a vlastních znalostí odpověz na následující otázky:

5.1. Do jaké skupiny (třídy), patří amoniti? _____

5.2. Jaký dnes žijící zástupce této třídy má také stočenou schránku? _____

5.3. Nalezli jsme pouze aptych bez schránky.

- Vyznač červeně na spodním obrázku, v jakém hloubkovém rozpětí mohl amonit žít a vytvářet svoji schránku.
- Vyznač modře prostor, v jaké hloubce se mohlo nacházet dno, kde hlavonožec sedimentoval?



5.4. Co bychom mohli nalézt na dně mezi ACD a CCD?

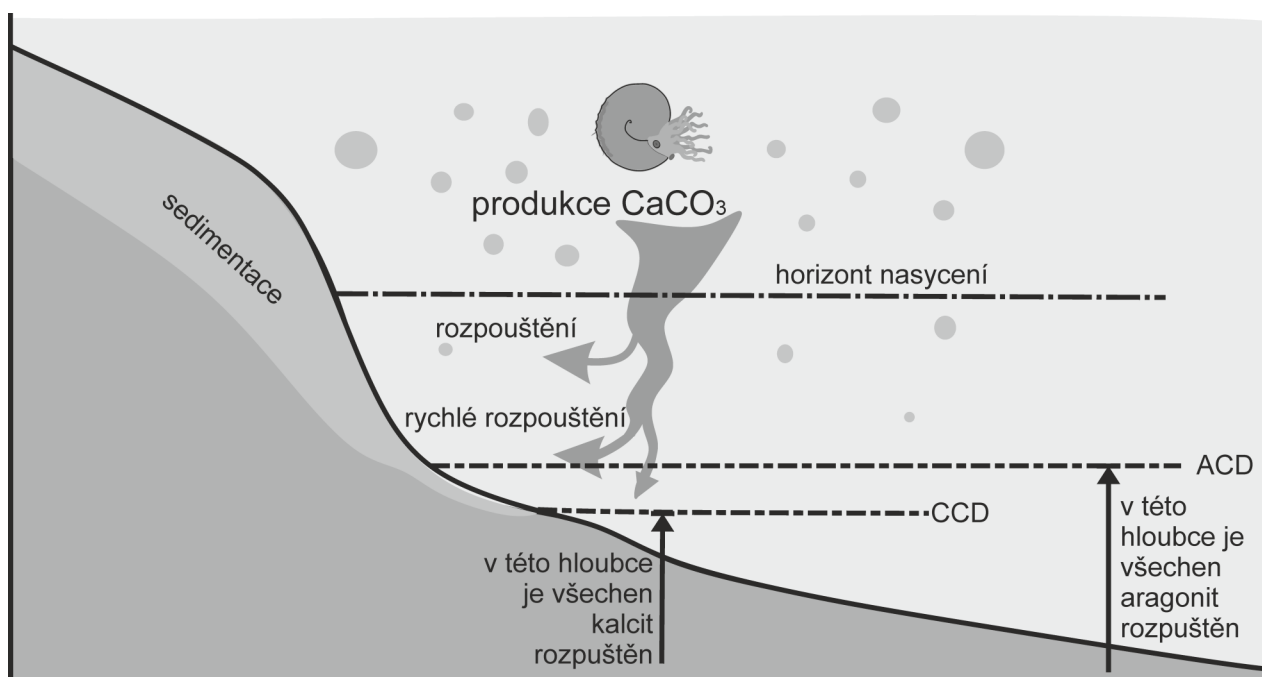
- Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- Ani schránku ani aptych.
- Kompletně zachovaného amonita.

5.6. Jaký je chemický vzorec kalcitu a aragonitu?

5.5. Co bychom mohli nalézt na dně pod kalcitovou kompenzační hloubkou?

- Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- Ani schránku ani aptych.
- Kompletně zachovaného amonita.

5.7. Jmenuj nějaké další zástupce třídy, do které patří amoniti.



ACD = aragonite compensation depth = aragonitová kompenzační hloubka

CCD = calcite compensation depth = kalcitová kompenzační hloubka

Příloha 12: autorské řešení pracovního listu č. 6

DRUHOHORY

TRIAS

JURA

KŘÍDA

250 mil.

200 mil.

150 mil.

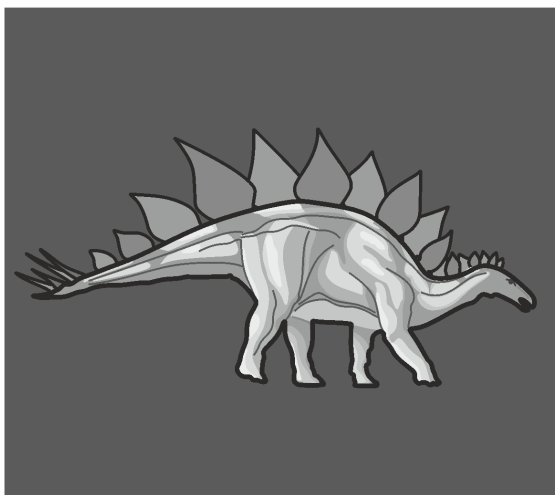
66 mil.

1. Doplň výše jednotlivé části druhohor.
2. Spočítej, jak dlouho trvaly druhohory. **250 mil. – 66 mil. = 184 mil. let**
3. Které období druhohor je nejdelší? Jak dlouho trvá? **KŘÍDA, 84 mil. let**
4. Z údajů o stratigrafickém rozšíření stegosaura a tyrannosaura zakroužkuj všechna pravdivá tvrzení.
 - a) Stegosaura najdeme v **mladších** horninách než T. Rexe.
 - b) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurom a prvním tyrannosaurom je **větší** než mezi tyrannosaurom a současností.
 - c) Časová vzdálenost mezi posledním stegosaurom a prvním tyrannosaurom je **menší** než mezi tyrannosaurom a současností.
 - d) Stegosaura najdeme ve **starších** horninách než T. Rexe.

STEGOSAURUS

svrchní jura (kimmeridge a tithon)

150–145 mil. let



TYRANNOSAURUS REX

svrchní křída (maastricht)

68–66 mil. let



5. Velmi hojnými nálezy z druhohorních moří jsou aptychy amonitů. **Aptychy** byly součástí jejich spodní čelisti a jsou tvořeny **kalcitem**. Kalcit se na rozdíl od aragonitu, který tvoří zbytek jejich schránky, **hůře rozpouští**.

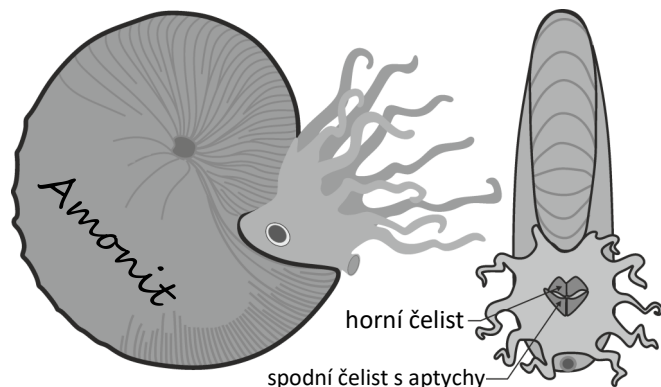
S pomocí obrázku mořského dna, textu a vlastních znalostí odpověz na následující otázky:

5.1. Do jaké skupiny (třídy), patří amoniti? hlavonožci

5.2. Jaký dnes žijící zástupce této třídy má také stočenou schránku? loděnka

5.3. Nalezli jsme pouze aptych bez schránky.

- Vyznač **červeně** na spodním obrázku, v jakém hloubkovém rozpětí mohl amonit žít a vytvářet svoji schránku.
- Vyznač **modře** prostor, v jaké hloubce se mohlo nacházet dno, kde hlavonožec sedimentoval?



5.4. Co bychom mohli nalézt na dně mezi ACD a CCD?

- a) Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- b) Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- c) Ani schránku ani aptych.
- d) Kompletně zachovaného amonita.

5.5. Co bychom mohli nalézt na dně pod kalcitovou kompenzační hloubkou?

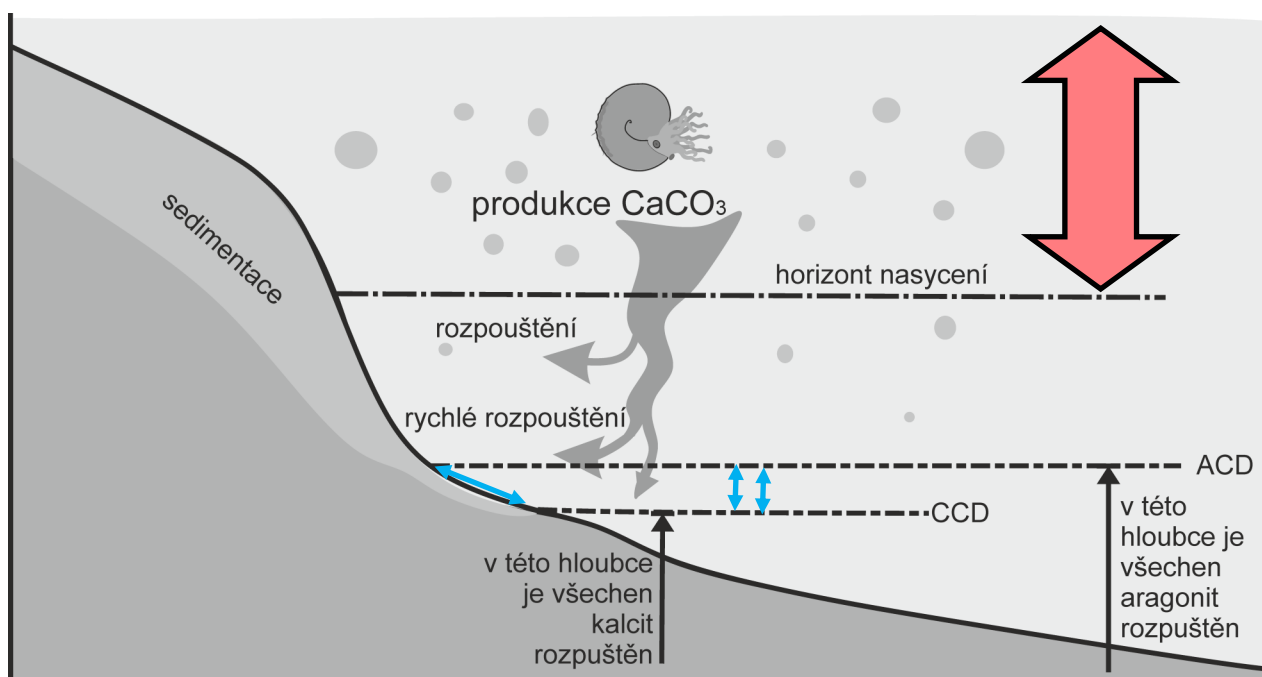
- a) Pouze aptych. Schránka se rozpustila.
- b) Pouze schránku. Aptych se rozpustil.
- c) Ani schránku ani aptych.
- d) Kompletně zachovaného amonita.

5.6. Jaký je chemický vzorec kalcitu a aragonitu?



5.7. Jmenuj nějaké další zástupce třídy, do které patří amoniti.

chobotnice, loděnka, sépie, oliheň... (fossilní: ortocer, belemnit)



ACD = aragonite compensation depth = aragonitová kompenzační hloubka

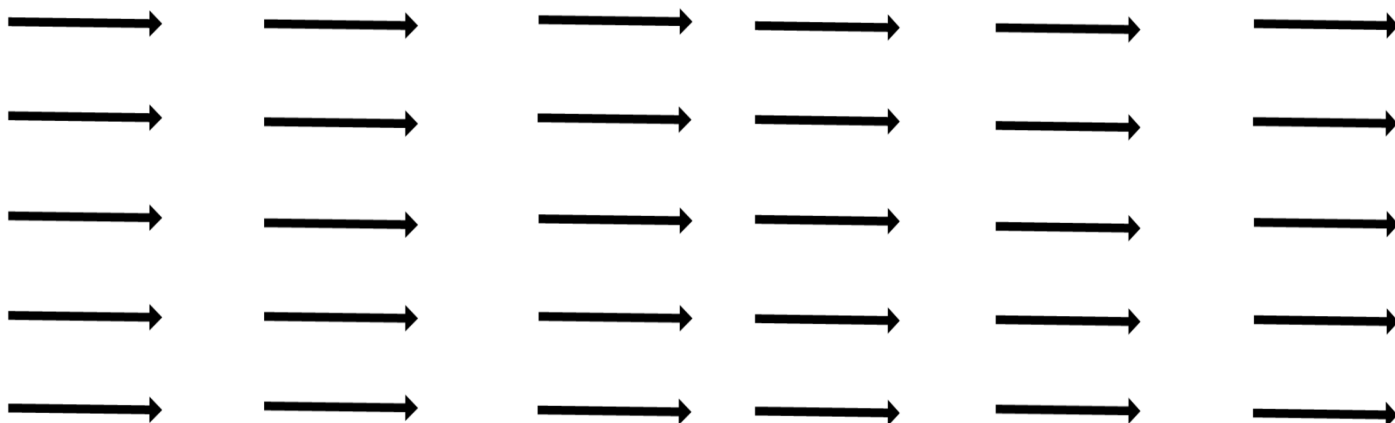
CCD = calcite compensation depth = kalcitová kompenzační hloubka

Příloha 13: pracovní list č. 7 – Hromadná vymírání

HROMADNÁ VYMÍRÁNÍ

1. Na jednotlivých stanovištích najdeš informace a nápovědy k některým změnám a jejich přímé následky.
2. Rozdělte si ve skupině úkoly. Ke každému stanovišti může pouze jeden člen skupiny.
3. Rozstříhej šipky a tabulku.
4. Lístečky seskup tak, jak považuješ za vhodné. Znázorni s nimi, co která změna způsobí. Často se jedná o více možností současně. Do prázdných polí doplň, co budeš potřebovat.

velké zvýšení hladiny oceánů	vytvoření pevninských ledovců
zvýšení obsahu CO ₂ v atmosféře.	rozpuštění pevninských ledovců
zvýšení CO ₂ v oceánu	snížení hladiny oceánů
velká sopečná erupce	vypuštění síry do atmosféry
anoxie	kyselé deště
zvýšení teploty	vyšší teplota vody v oceánu
snížení teploty	vyšší odrazivost
snížení odrazivosti	(doplň vlastní)
zvýšení odrazivosti	(doplň vlastní)
VYMÍRÁNÍ	(doplň vlastní)
VYMÍRÁNÍ	(doplň vlastní)



Zakroužkuj správnou možnost a doplň chybějící část textu.

Na konci permu se kvůli srážce kontinentů vytváří obrovská sopečná oblast, která bez zastavení chrlí tuny lávy, plynů a sopečného popele. Krátkodobě může popel zastínit slunce a způsobit tak krátkodobé *oteplení/ochlazení*. S nedostatkem světla se nedaří rostlinám a mnoho z nich vymírá, načež vymírají další organismy, které jsou na nich závislé.

Do atmosféry se také dostává oxid uhličitý (CO₂). Nárůst tohoto skleníkového plynu způsobí *oteplení/ochlazení*. S rostoucím obsahem ve vodě rozpuštěného CO₂ klesá i pH a voda je čím dál *zásaditější/kyselejší*. Kvůli tomu se snadněji rozpouští vápenaté schránky mořských živočichů a ti vymírají.

Kvůli sopečné činnosti dochází k prohřátí sedimentů, ve kterých je uložen metan. Ten v atmosféře *dál zrychluje oteplování / zastavuje skleníkový efekt*. Mnoho druhů se nedokáže přizpůsobit novým teplotám a vymírá. Kvůli oteplení se mění i cirkulace vody v oceánech zhoršuje se prokysličení a dochází k _____. I díky tomuto stavu mnoho organismů vymírá.

Při permském vymírání vymřelo přes 90 % mořských a více než 70 % suchozemských druhů.

Zakroužkuj správnou možnost a doplň chybějící část textu.

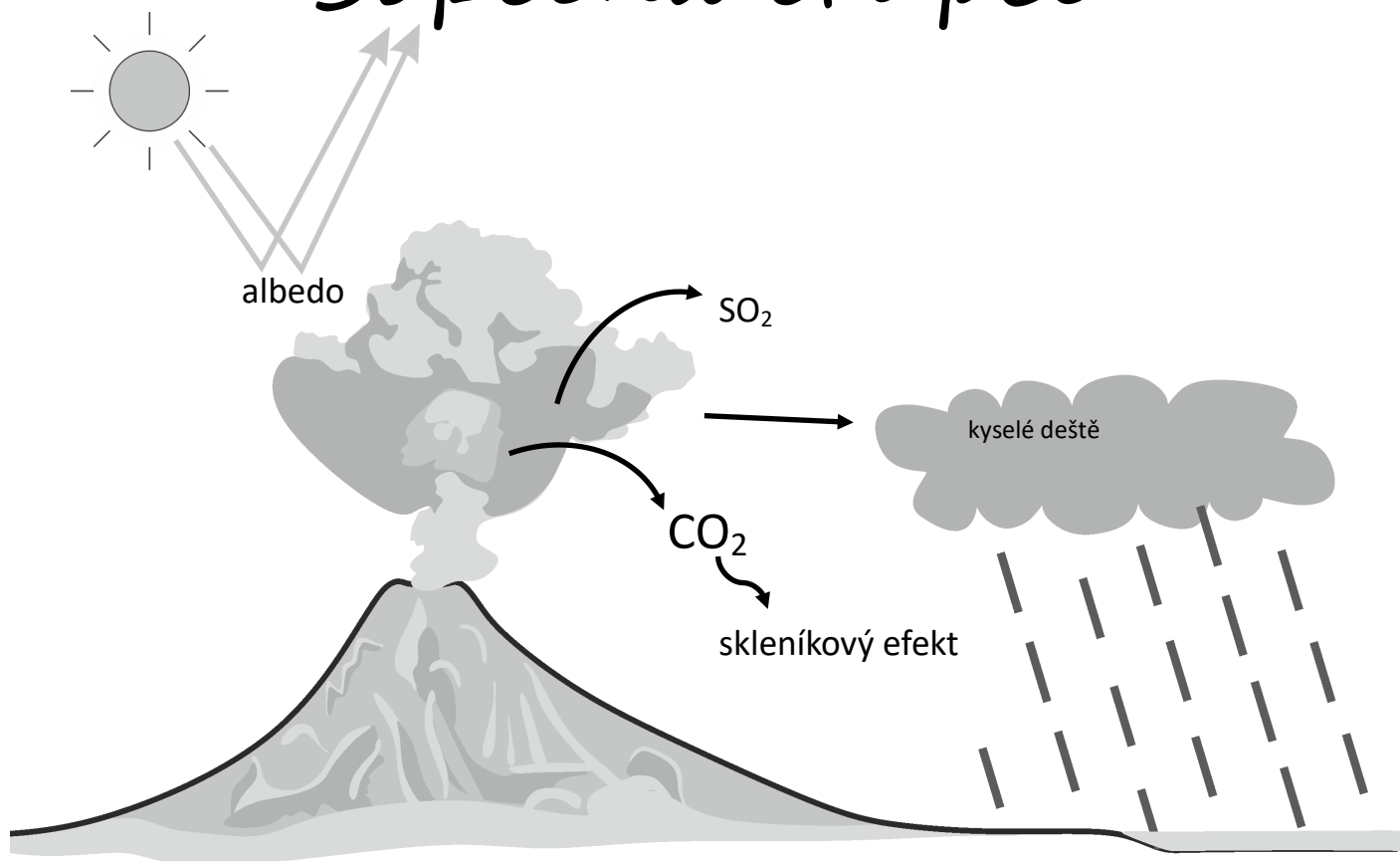
Na konci permu se kvůli srážce kontinentů vytváří obrovská sopečná oblast, která bez zastavení chrlí tuny lávy, plynů a sopečného popele. Krátkodobě může popel zastínit slunce a způsobit tak krátkodobé *oteplení/ochlazení*. S nedostatkem světla se nedaří rostlinám a mnoho z nich vymírá, načež vymírají další organismy, které jsou na nich závislé.

Do atmosféry se také dostává oxid uhličitý (CO₂). Nárůst tohoto skleníkového plynu způsobí *oteplení/ochlazení*. S rostoucím obsahem ve vodě rozpuštěného CO₂ klesá i pH a voda je čím dál *zásaditější/kyselejší*. Kvůli tomu se snadněji rozpouští vápenaté schránky mořských živočichů a ti vymírají.

Kvůli sopečné činnosti dochází k prohřátí sedimentů, ve kterých je uložen metan. Ten v atmosféře *dál zrychluje oteplování / zastavuje skleníkový efekt*. Mnoho druhů se nedokáže přizpůsobit novým teplotám a vymírá. Kvůli oteplení se mění i cirkulace vody v oceánech zhoršuje se prokysličení a dochází k _____. I díky tomuto stavu mnoho organismů vymírá.

Při permském vymírání vymřelo přes 90 % mořských a více než 70 % suchozemských druhů.

Sopečná erupce



Skleníkový efekt

Tzv. skleníkové plyny jako je **metan** nebo **oxid uhličitý** pohlcují záření a poté ho vysílají zpět ve formě infračerveného záření — tepla. Kdyby nebylo skleníkového efektu, naše planeta by měla teplotu -18°C . Čím více je skleníkových plynů v atmosféře, tím silnější efekt mají. Mezi skleníkové plyny patří kromě CO_2 a CH_4 i vodní pára. Ta je v atmosféře velmi proměnlivá, jelikož na rozdíl ostatních plynů kondenzuje v podobě deště.

Snížení pH vody

Když je ve vodě příliš rozpuštěného CO₂ nebo dalších kyselin, tak klesá pH. V prostředí s nízkým pH dochází k rychlejšímu rozpouštění uhličitanu vápenatého, který je základním materiálem pro stavbu schránek živočichů. K tomuto stavu buď dochází díky celkovému obsahu CO₂ v atmosféře, nebo při nedostatečné cirkulaci vody, pokud se okysličená voda nedostane na dno moře nebo jezera.

Rostliny na souši při tzv. kyselých deštích mají problém vstřebávat živiny. To bylo bohužel možné pozorovat v 80. letech minulého století, kdy se z uhelných elektráren dostávalo do atmosféry velké množství síry. Ta pak ve srážkách přšla na lesy, které hromadně hynuly. Tento stav se po odsíření elektráren zlepšil.



Koloběh vody a hladina oceánů

Při velkém ochlazení zůstává více vody v podobě ledovců na pevnině. Tato voda pak není v oceánu, jehož hladina se tím sníží. Při změně množství vody v oceánu se mění salinita vody.

Naopak při roztání pevninských ledovců se hladina zvýší. Na hladinu oceánu má vliv i tepelná roztažnost vody. Teplejší voda zabírá větší objem. Je to malý rozdíl, který při velkém množství způsobí velké změny.

Na hladinu oceánu má velký vliv také rozložení kontinentů a oceánských riftů. Tyto změny jsou většinou pozvolné.



Salinita

Slanost, neboli salinita vyjadřuje podíl minerálních látek rozpuštěných ve vodě. Při změně v salinitě se mnohým druhům poruší osmotická rovnováha v buňkách. Některé druhy jsou náchylnější na změnu salinity, některé jsou vůči těmto změnám odolné.

Albedo

Albedo je míra odrazivosti. Vzpomeň si, jaký je rozdíl, když jdeš v létě ven v bílém a když v černém tričku. Když dopadne paprsek na nějakou věc, tak se část slunečního záření pohltí a část odrazí. Černá více pohlcuje a bílá pohlcuje méně. Tento princip funguje i v celoplanetárním měřítku. Velké plochy pokryté ledovcem odráží lépe záření zpět do vesmíru. Stejně tak oblačnost odráží záření, a to ve vyšších výškách.



Anoxie

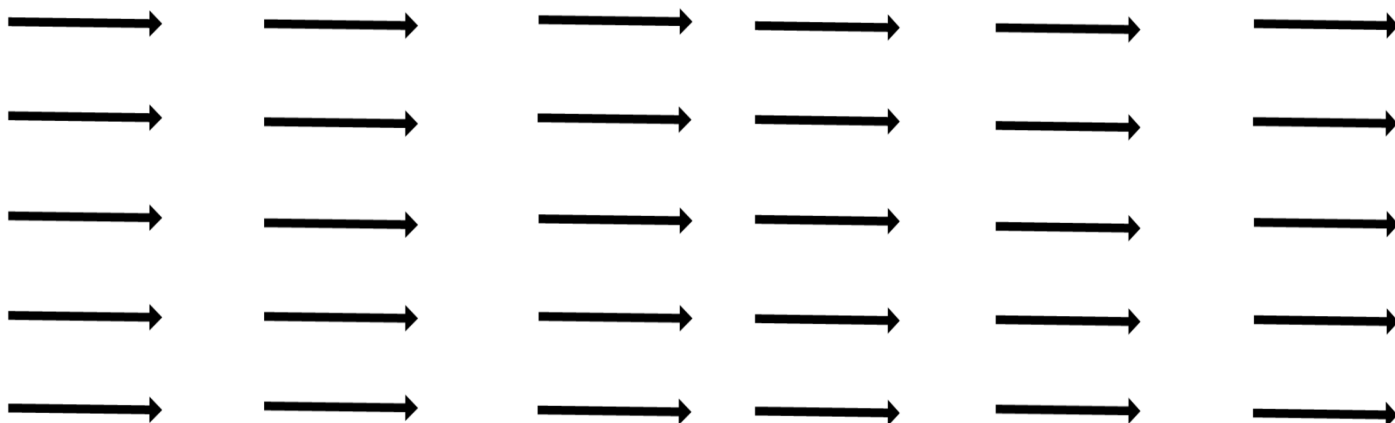
Anoxie je stav, kdy je ve vodě nízký obsah kyslíku. To může být způsobené nedostatečnou cirkulací nebo náhlým vodním květem. Řasy se přemnoží, vzájemně si stíní, takže fotosyntéza není příliš intenzivní a za tmy ty stejné řasy vydýchají kyslík, který předtím samy vyrobily. V anoxickém prostředí je kvůli vysokému podílu CO_2 nízké pH, a snadněji se rozpouští karbonáty (CaCO_3).

Příloha 14: autorské řešení pracovního listu č. 7

HROMADNÁ VYMÍRÁNÍ

1. Na jednotlivých stanovištích najdeš informace a nápovědy k některým změnám a jejich přímé následky.
2. Rozdělte si ve skupině úkoly. Ke každému stanovišti může pouze jeden člen skupiny.
3. Rozstříhej šipky a tabulku.
4. Lístečky seskup tak, jak považuješ za vhodné. Znázorni s nimi, co která změna způsobí. Často se jedná o více možností současně. Do prázdných polí doplň, co budeš potřebovat.

velké zvýšení hladiny oceánů	vytvoření pevninských ledovců
zvýšení obsahu CO ₂ v atmosféře.	rozpuštění pevninských ledovců
zvýšení CO ₂ v oceánu	snížení hladiny oceánů
velká sopečná erupce	vypuštění síry do atmosféry
anoxie	kyselé deště
zvýšení teploty	vyšší teplota vody v oceánu
snížení teploty	vyšší odrazivost
snížení odrazivosti	(doplň vlastní)
zvýšení odrazivosti	(doplň vlastní)
VYMÍRÁNÍ	(doplň vlastní)
VYMÍRÁNÍ	(doplň vlastní)



Zakroužkuj správnou možnost a doplň chybějící část textu.

Na konci permu se kvůli srážce kontinentů vytváří obrovská sopečná oblast, která bez zastavení chrlí tuny lávy, plynů a sopečného popele. Krátkodobě může popel zastínit slunce a způsobit tak krátkodobé *oteplení/ochlazení*. S nedostatkem světla se nedaří rostlinám a mnoho z nich vymírá, načež vymírají další organismy, které jsou na nich závislé.

Do atmosféry se také dostává oxid uhličitý (CO₂). Nárůst tohoto skleníkového plynu způsobí *oteplení/ochlazení*. S rostoucím obsahem ve vodě rozpuštěného CO₂ klesá i pH a voda je čím dál *zásaditější/kyselejší*. Kvůli tomu se snadněji rozpouští vápenaté schránky mořských živočichů a ti vymírají.

Kvůli sopečné činnosti dochází k prohřátí sedimentů, ve kterých je uložen metan. Ten v atmosféře *dál zrychluje oteplování* / *zastavuje skleníkový efekt*. Mnoho druhů se nedokáže přizpůsobit novým teplotám a vymírá. Kvůli oteplení se mění i cirkulace vody v oceánech zhoršuje se prokysličení a dochází k anoxii. I díky tomuto stavu mnoho organismů vymírá.

Při permském vymírání vymřelo přes 90 % mořských a více než 70 % suchozemských druhů.

Zakroužkuj správnou možnost a doplň chybějící část textu.

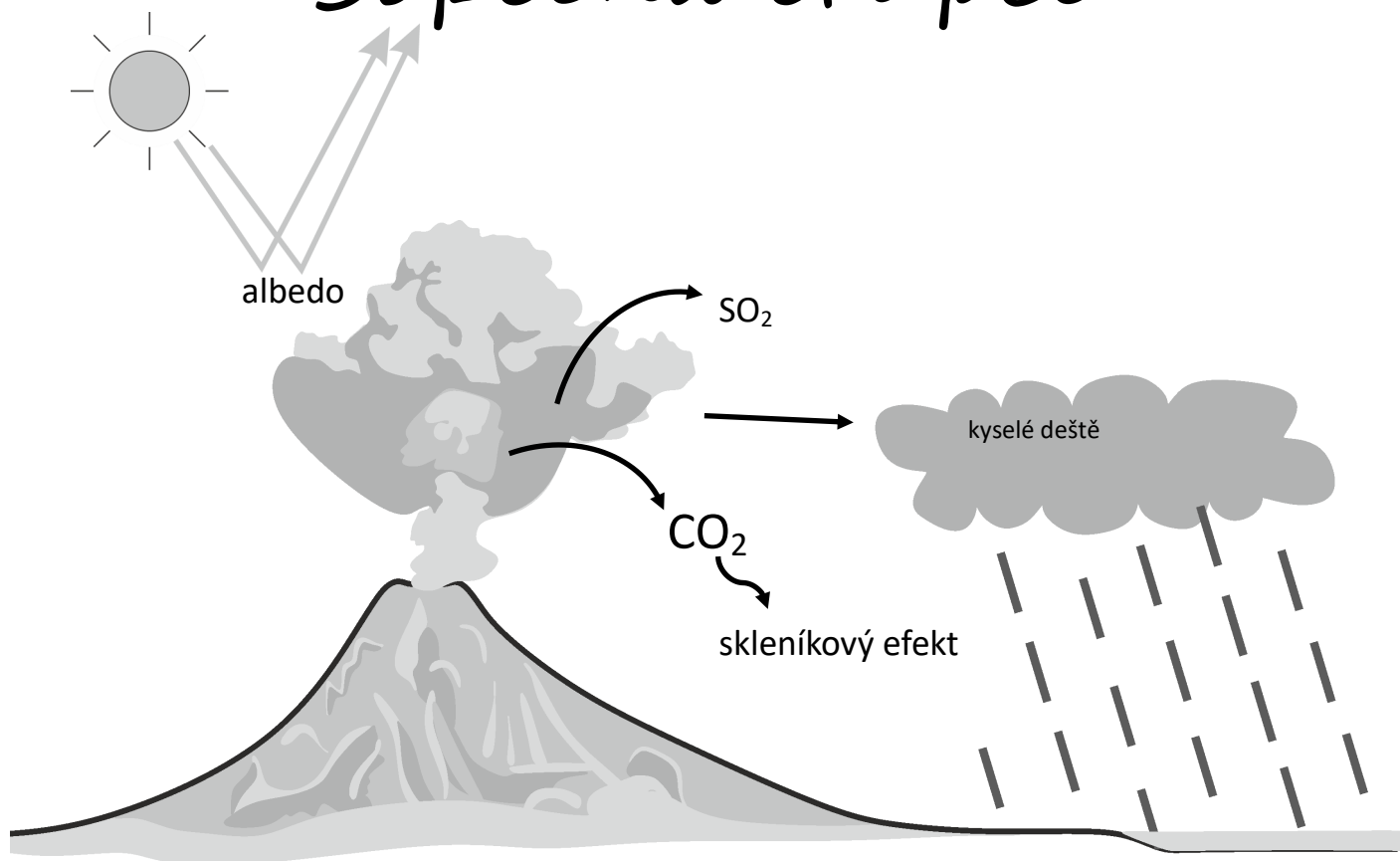
Na konci permu se kvůli srážce kontinentů vytváří obrovská sopečná oblast, která bez zastavení chrlí tuny lávy, plynů a sopečného popele. Krátkodobě může popel zastínit slunce a způsobit tak krátkodobé *oteplení/ochlazení*. S nedostatkem světla se nedaří rostlinám a mnoho z nich vymírá, načež vymírají další organismy, které jsou na nich závislé.

Do atmosféry se také dostává oxid uhličitý (CO₂). Nárůst tohoto skleníkového plynu způsobí *oteplení/ochlazení*. S rostoucím obsahem ve vodě rozpuštěného CO₂ klesá i pH a voda je čím dál *zásaditější/kyselejší*. Kvůli tomu se snadněji rozpouští vápenaté schránky mořských živočichů a ti vymírají.

Kvůli sopečné činnosti dochází k prohřátí sedimentů, ve kterých je uložen metan. Ten v atmosféře *dál zrychluje oteplování* / *zastavuje skleníkový efekt*. Mnoho druhů se nedokáže přizpůsobit novým teplotám a vymírá. Kvůli oteplení se mění i cirkulace vody v oceánech zhoršuje se prokysličení a dochází k anoxii. I díky tomuto stavu mnoho organismů vymírá.

Při permském vymírání vymřelo přes 90 % mořských a více než 70 % suchozemských druhů.

Sopečná erupce



Skleníkový efekt

Tzv. skleníkové plyny jako je **metan** nebo **oxid uhličitý** pohlcují záření a poté ho vysílají zpět ve formě infračerveného záření — tepla. Kdyby nebylo skleníkového efektu, naše planeta by měla teplotu -18°C . Čím více je skleníkových plynů v atmosféře, tím silnější efekt mají. Mezi skleníkové plyny patří kromě CO₂ a CH₄ i vodní pára. Ta je v atmosféře velmi proměnlivá, jelikož na rozdíl ostatních plynů kondenzuje v podobě deště.

Snížení pH vody

Když je ve vodě příliš rozpuštěného CO₂ nebo dalších kyselin, tak klesá pH. V prostředí s nízkým pH dochází k rychlejšímu rozpouštění uhličitanu vápenatého, který je základním materiálem pro stavbu schránek živočichů. K tomuto stavu buď dochází díky celkovému obsahu CO₂ v atmosféře, nebo při nedostatečné cirkulaci vody, pokud se okysličená voda nedostane na dno moře nebo jezera.

Rostliny na souši při tzv. kyselých deštích mají problém vstřebávat živiny. To bylo bohužel možné pozorovat v 80. letech minulého století, kdy se z uhelných elektráren dostávalo do atmosféry velké množství síry. Ta pak ve srážkách přšla na lesy, které hromadně hynuly. Tento stav se po odsíření elektráren zlepšil.



Koloběh vody a hladina oceánů

Při velkém ochlazení zůstává více vody v podobě ledovců na pevnině. Tato voda pak není v oceánu, jehož hladina se tím sníží. Při změně množství vody v oceánu se mění salinita vody.

Naopak při roztání pevninských ledovců se hladina zvýší. Na hladinu oceánu má vliv i tepelná roztažnost vody. Teplejší voda zabírá větší objem. Je to malý rozdíl, který při velkém množství způsobí velké změny.

Na hladinu oceánu má velký vliv také rozložení kontinentů a oceánských riftů. Tyto změny jsou většinou pozvolné.



Salinita

Slanost, neboli salinita vyjadřuje podíl minerálních látek rozpuštěných ve vodě. Při změně v salinitě se mnohým druhům poruší osmotická rovnováha v buňkách. Některé druhy jsou náchylnější na změnu salinity, některé jsou vůči těmto změnám odolné.

Albedo

Albedo je míra odrazivosti. Vzpomeň si, jaký je rozdíl, když jdeš v létě ven v bílém a když v černém tričku. Když dopadne paprsek na nějakou věc, tak se část slunečního záření pohltí a část odrazí. Černá více pohlcuje a bílá pohlcuje méně. Tento princip funguje i v celoplanetárním měřítku. Velké plochy pokryté ledovcem odráží lépe záření zpět do vesmíru. Stejně tak oblačnost odráží záření, a to ve vyšších výškách.



Anoxie

Anoxie je stav, kdy je ve vodě nízký obsah kyslíku. To může být způsobené nedostatečnou cirkulací nebo náhlým vodním květem. Řasy se přemnoží, vzájemně si stíní, takže fotosyntéza není příliš intenzivní a za tmy ty stejné řasy vydýchají kyslík, který předtím samy vyrobily. V anoxickém prostředí je kvůli vysokému podílu CO_2 nízké pH, a snadněji se rozpouští karbonáty (CaCO_3).