

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 10

Série 1

Milé řešitelky, milí řešitelé,

Váš zrak se právě upírá na první sérii 10. ročníku našeho biologického korespondenčního semináře Biozvěstu. V této sérii úloh na Vás čeká v teoretických úlohách řešení otázek týkajících se radosti i strasti spojených s potomstvem, hloubání nad problematikou receptorů a prozkoumání tématu ekologie tropického lesa. V praktické úloze jsme si pro Vás nově připravili úlohu, ve které bude třeba pečlivě přečíst a kriticky zhodnotit předkládaný vědecký text dotýkající se problematiky konvergence v adaptivních radiacích karibských ještěřů. Seriály celého letošního ročníku se budou točit okolo paměti. Nejprve se zaměříme na fosilie, tedy paměť dávné minulosti.

Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na [internetové stránce Biozvěstu](#) (nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplíte (pouze v případě, že je tato série vaše první řešená v rámci aktuálního ročníku; **přidat se můžete kdykoli v průběhu roku**). Úlohy vám budeme zasílat automaticky na e-mailovou adresu uvedenou v přihlášce. Pokud budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail.

Dále se k nám můžete připojit prostřednictvím [Facebooku](#), [skupiny „Biozvěst“](#), kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti. Nově nás můžete sledovat též na Instagramu (<https://www.instagram.com/biozvest/>).

Vaše řešení nám posílejte na adresu biozvest@gmail.com

Nejpraktičtější formou řešení bude prostý text v e-mailu, ale přijímáme veškeré formáty příloh. Každou úlohu pište do samostatného e-mailu a v předmětu uveďte **Ročník-Série-Úloha-Jméno_Příjmení**, např. **10-1-2-Bioslav_Biomilný** v případě druhé úlohy první série aktuálního ročníku. Moc nám pomůže, když uvedený zápis dodržíte (na jeho základě si došlá řešení filtrujeme).

Uzávěrka 1. série: 7. 11. 2022 ve 23:59.

Po oficiální uzávěrce necháváme pro opozdilce tzv. „penalizační týden“, kdy ještě můžete zasílat svá řešení, budou Vám bodově ohodnocena, ale musíte již počítat s bodovou penalizací. Strhávat se bude 1 bod za každý den v každé úloze, která v tomto období přijde. Maximální ztráta za úlohu je tedy - 7 bodů, pošlete-li úlohu v nejpозdějši možný termín a zároveň minimální počet bodů za řádně řešenou úlohu po penalizaci nebude nikdy nižší než 1 bod. **Penalizační týden končí 14.11.2022 ve 23:59, po této době již nelze přijmout žádná řešení.** Další den, tj. 15. 11. 2022, bude vydáno autorské řešení pro 1. sérii.

Hodnocení Vašich řešení i první výsledkovou listinu dostanete e-mailem nejpозdějši v první polovině ledna 2023.

Nelekejte se, když Vám přijdou úlohy na první pohled příliš těžké, ponořte se do informačních zdrojů a uvidíte, že na vše lze někde nalézt odpověď. Dobré tipy k řešení naleznete také na stránce Biozvěstu v sekci „Návody“. **Není nutné, abyste kompletně vyřešili všechny úlohy a asi se to ani nikomu nepodaří, stačí odeslat libovolně velký fragment. Vždy ale odpovídejte svými slovy;** přepísování textu odjinud je velmi ošemetné. Když už se k němu uchýlíte, vždy uveďte zdroj.

Oceníme, pokud připišete jakékoliv nápady či připomínky (např. úloha byla příliš lehká/těžká, nesrozumitelná, nudná), úlohy se pokusíme tvořit k Vaší maximální spokojenosti.

Veškeré dotazy či připomínky směřujte na adresy biozvest@gmail.com či ell.psenickova@seznam.cz (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky), nebo na e-mailové adresy autorů konkrétních úloh. Kontakty naleznete na webu Biozvěstu.

Biodiverzité a řešení Biozvěstu zdar!

za celý kolektiv autorů Biozvěstu

koordinátorka
Eliška Pšeničková

Úloha 1: Honba za potomstvím

Autor: Jakub Štenc

Počet bodů: 15

Každý dosud známý organismus na planetě Zemi je v důsledku potomkem svých předků, od kterých získal svou genetickou výbavu a základní části svého těla. Tvorba potomstva je následně jedním ze základních kamenů biologické evoluce, umožňující přenos genů na další generace a podmiňující fungování života tak, jak ho známe. Evoluční tlak na tvorbu a přežívání dalších generací vedl k divoké honbě za potomstvím o které bude následující úloha.

1. Dle Wikipedie se pojmem potomek a potomkyně označuje jedinec, který je v přímém příbuzenském vztahu ke svému rodiči a vznikl v důsledku buď pohlavního nebo nepohlavního rozmnožování. Tyto dva základní typy rozmnožování mají své výhody a nevýhody. Stručně popište alespoň tři výhody a tři nevýhody pohlavního či nepohlavního rozmnožování (vyberte si jeden způsob rozmnožování dle libosti).
2. U většiny živočichů dnes převažuje pohlavní rozmnožování. U rostlin je velmi časté, ale zároveň je u mnohých druhů doplněno a někdy i nahrazeno klonálním rozmnožováním. S ním se pojí pojmy *rameta* a *geneta*. Vysvětlíte, prosím, oba pojmy.
3. Klonální růst dokonce pomohl stvořit i jeden z největších organismů na planetě Zemi, minimálně v rámci rostlinné říše. Jak se tento organismus nazývá, o jaký druh rostliny se jedná a kde se nachází?
4. Jak již bylo řečeno, klonální rozmnožování nabývá různé míry důležitosti u různých druhů rostlin. Zkuste popsat, u které ekologické skupiny rostlin může nabývat na relativně vyšším významu a svou domněnku odůvodněte.
5. Dále se blíže zaměříme hlavně na pohlavní rozmnožování. Při něm je zpravidla důležité nalézt partnera opačného pohlaví a ideálně stejného druhu. Když se to podaří a organismy mají na výběr z více partnerů, tak si vybírají zpravidla takové partnery, se kterými mohou zplodit co nejvyšší kvalitu potomstva. Například hypotéza *sexy synů* (*Sexy son hypothesis*) předpokládá, že by si z toho důvodu měly samice (ale případně i samci) přednostně vybírat za partnery takové protějšky, které shledávají ostatní jedinci jejich druhu obecně za velmi atraktivní a s těmi mít potomstvo přednostně. Jakou výhodu může takový výběr pohlavních partnerů přinášet jejich potomkům? Dovedete si představit i nevýhody takového výběru pro jejich přežívání? Jmenujte je.
6. Svou atraktivitu lze opačnému pohlaví dokázat mnohými způsoby. Poměrně časté jsou různé soutěže krásy, pěvecká

- klání, ale i drsné souboje při kterých může jít až o život. Poměrně násilné souboje probíhají i mezi samci žiraf. Popište, jakým způsobem spolu soupeří.
- Na druhou stranu, některé námluvní rituály působí opravdu jak z pera beznadějně zamilovaného spisovatele. Z naší fauny se jedná například o jeřáby popelavé (*Grus grus*), kteří provozují zasnubní rituály na konci zimy, či velmi brzy na jaře. Jak jejich zasnubní rituál vypadá?
 - Vytvořit potomstvo je (relativně) snadné. Horší je to se zajištěním přežití mladých jedinců do dospělosti, protože mladí jedinci jsou typicky ti nejzranitelnější a jejich mortalita je v rámci populace také nejvyšší. Část organismů tak o své potomstvo poměrně starostlivě pečují. Zajímavým příkladem rodičovské péče jsou mohutnatky druhu *Abedus herberti*. Který rodič se u nich stará o vajíčka a jakým způsobem?
 - V některých extrémních případech se ve spojení s péčí o potomstvo jiných příslušníků daného druhu často zmiňuje altruistické chování. Jak se takové chování projevuje a pro koho je výhodné?
 - O potomstvo nepečují jen živočichové. Například rostliny pečují o svá semínka, a to hlavně vkládáním dostatečného množství živin k vyklíčení do pletiv semen (zpravidla endospermu). Mateřská rostlina tak obětuje část svých zdrojů, které by mohla užít k růstu a kompetici s dalšími rostlinami. Navíc čelí dilematu, jak rozdělit své zdroje mezi svá semena, tak aby dosáhla co největšího úspěchu svého potomstva. Vzniká tedy pak otázka, zda má vsadit vše na jedno supersemínko s mnoha živinami nebo na velké množství menších semínek. Obě strany tohoto dilematu mají své výhody a nevýhody. Popište výhody a nevýhody obou možných extrémů popsaných v textu výše ohledně rozdělení zdrojů do tvorby semen. Jaké jsou výhody a nevýhody velkých a malých semen? K oběma případům popište prostředí, ve kterém se tato strategie vyplácí.

Úloha 2: Receptorová

Autor: Anna-Marie Buková

Počet bodů: 16

V průběhu evoluce docházelo postupně ke zvyšování complexity forem života, které vedlo až ke vzniku složitých mnohobuněčných organismů, mezi které patří i člověk. Když si však člověka představíme třeba vedle krásnoočka, musí nám být jasné, že muselo dojít k daleko složitějším změnám než jen k pouhému seskupování více buněk, aby buňky, které vyšší organismy tvoří, mohly fungovat jako jeden celek. Bylo nutné vyvinout mechanismy, které byly schopny koordinovat činnost jednotlivých buněk tak, aby dotyčný organismus fungoval a prospíval. Zaměřme se teď na organismy savců a pojďme se na tyto mechanismy podívat.

- Jakými dvěma systémy je koordinován organismus savců? Kterými dvěma způsoby jsou v těchto systémech zprostředkovány signály?
- Co všechno mohou tyto systémy v těle regulovat? Zkuste ke každému systému vymyslet tři konkrétní příklady.

Pro kteroukoliv informaci, která má být předána z jedné buňky na další platí, že v první buňce musí vzniknout nějaký signál, který je dále veden k cílové buňce, která musí být vy-

bavena něčím, co je schopné přichodit signál zpracovat. Pro příjem signálů cílovými buňkami vznikly mj. i speciální vazebná místa, kterým říkáme receptory.

- Popište, co to je receptor. Jak se říká látce, která se na receptor váže?
 - Zkuste vymyslet či dohledat konkrétní příklad signální látky a jejího receptoru a popište jejich interakci. Na závěr uveďte, co je v tomto případě jejím výsledkem. Jak tato interakce přispěla ke zvýšení stability organismu?
- Mezi signální látky savců patří i hormony. Hormony jsou chemické látky, které v organismu řídí činnost orgánů a metabolické procesy. Jejich chemická struktura je variabilní a díky tomu se liší i mechanismy, kterými v těle působí.
- Jaké dva typy hormonů obecně rozeznáváme na základě rozpustnosti ve vodě? Zkuste si představit receptor umístěný na plazmatické membráně a jeden z uvedených typů k němu přiřaďte. Vysvětlete, proč myslíte, že tento typ interaguje právě s tímto receptorem.

- Kde působí druhý typ hormonu? Proč tomu tak je?

Velkou rodinou buněčných membránových receptorů jsou receptory spřažené s G-proteiny. Tyto proteiny mají tři podjednotky a jedna z nich v klidovém stavu váže GDP. Pokud s tímto receptorem interaguje např. náš hormon, naváže se vzniklý komplex na podjednotku s GDP, samotná GDP je vyměněna za GTP z cytosolu a dochází k odštěpení komplexu dvou zbývajících podjednotek a prvotního komplexu hormon-receptor.

- Jaké ionty jsou potřeba pro to, aby proběhly výše popsané děje?

Dalším aktérem je v našem případě enzym adenylátcykláza, jehož aktivita může být aktivována nebo tlumena.

- Který ze tří vznikajících komplexů ovlivňuje aktivitu adenylátcyklázy? Co rozhoduje o tom, zda je interakce aktivizační, nebo inhibiční?
- Nakreslete strukturu substrátu adenylátcyklázy a produktu přeměny.
- Na čem je závislé množství vznikajícího produktu? Pokuste se vysvětlit, proč se při nízkých koncentracích substrátu děj řídí kinetikou prvního řádu, ale od určité koncentrace je rychlost reakce konstantní.

Produkt činnosti adenylátcyklázy v buňkách aktivuje fosforylaci proteinů, která vyvolá buněčnou odpověď na přijatý signál. Specifická buněčná odpověď závisí na tom, který protein je fosforylován. O tom rozhoduje druh enzymů, které jsou v dané buňce k dispozici, a proto je možné, aby stejná signální látka a stejný receptor vyvolávaly v různých buňkách různé odpovědi.

- Jak se nazývá celý signální řetězec od vazby signální látky po buněčnou odpověď?
- Uveďte příklady lidských hormonů vázajících se na receptory spřažené s G-proteiny. Zkuste vyhledat jejich funkci v různých tkáních i to, jakým způsobem fungují v různých tkáních na molekulární úrovni. Pro tento účel čerpejte z odborných článků, ke své odpovědi připište zdroje, ze kterých jste čerpali.

Úloha 3: Za diverzitou! – (makro)ekologie a tropické lesy

Autor: Vojtěch Waldhauser

Počet bodů: 16

Tropické lesy patří mezi nejohroženější biomy na světě, jedná se ovšem také o ten biologicky nejbohatší. Přestože nepokrývají ani 3 % zemského povrchu, hostí totiž téměř 80 % všech známých druhů organismů. Tento paradox trápil ekology po desetiletí, nicméně některé jeho aspekty stále nejsou uspokojivě vysvětleny. Disciplíně ekologie, která podobné velkoprostorové a částečně teoretické vztahy organismů a prostředí zkoumá, se říká makroekologie. V této úloze se podíváme na pár makroekologických poznatků právě z prostředí tropických lesů, na jejich úžasné přírodní bohatství i na hrozby, kterým musí čelit.



Obr. 1: Kekoldi Indigenous Reserve, Kostarika. Foto autora úlohy.

1. Na úvod vysvětlíte, jaký je hlavní rozdíl mezi primárním a sekundárním lesem z hlediska jejich vzniku, jak se v nich liší diverzita flóry a krátce shrňte hlavní rozdíly v ekologii rostlin.
2. Vysoká diverzita dřevin v tropickém lese bývá vysvětlována tzv. Janzen-Connellovým efektem. Podle této teorie je koexistence velkého množství druhů umožněna jejich nízkými populačními hustotami, jež slouží jako mechanismus obrany proti druhově specifickým predátorům. Tento efekt může být ovšem narušen dalšími procesy, které se v pralese odehrávají. Vysvětlíte pojem „dělové zahrady“ (*devil's gardens*) a uveďte, jakým mechanismem tento fenomén vzniká.
3. Diverzita většiny skupin organismů stoupá po tzv. latitudinálním gradientu – čím více se blížíme rovníku, tím více druhů můžeme potkat. Nejvíce druhů většiny skupin tedy potkáme právě v tropických lesích. Přesto existují výjimky. Uveďte skupinu organismů, pro kterou latitudinální gradient diverzity neplatí a vysvětlíte proč.
4. Pokud nás zajímá diverzita v tropických lesích, neměli bychom opomíjet ani jejich evoluční historii. Uveďte, jak se lišily rozloha a rozšíření tropických lesů během poslední doby ledové a v eocénu oproti současnosti.
5. Tropické lesy jsou původním domovem několika zemědělských plodin, které si postupem času našly cestu i do evropských kuchyní. Uveďte rodová i druhová jména rostlin, které produkují následující plodiny a oblast jejich původního výskytu.
 - a. kakao

- b. pepř
 - c. káva arabika
 - d. arašidy
 - e. pravá vanilka
 - f. tamarind
6. Nyní se podíváme na živočišné obyvatele tropických lesů. V jihovýchodní Asii se nezávisle u několika zvířat vyvinula schopnost klouzavého letu. Uveďte příklady zástupce následujících skupin, který tento způsob pohybu využívá:
 - a. savce
 - b. hada
 - c. ještěra
 - d. žaby
 7. Nedílnou součástí tropických večerů bývá volání mnoha druhů žab. V současné době jsou ovšem tyto obojživelníci, zejména v tropických oblastech, významně ohroženi jedním nebezpečným patogenem.
 - a. O jaký patogen se jedná?
 - b. Co způsobilo jeho rozšíření do celého světa?
 - c. Uveďte příklad druhu, který byl touto nemocí vyhuben.
 8. V reakci na pokračující ztrátu biodiverzity byl zaveden koncept tzv. „*Biodiversity hotspots*“. Jaká kritéria musí region splňovat, aby získal toto označení? Proč se mezi tyto hotspoty nepočítá Amazonský prales či Papua-Nová Guinea?

Úloha 4 (experimentální): Konvergence v adaptivních radiacích karibských ještěrů rodu *Anolis*

Autor: Tomáš Charvát

Počet bodů: 24

V profesionální biologii, stejně jako v každém jiném vědním oboru, je potřeba držet krok s neustále narůstajícím objemem nových informací. To v praxi znamená především studium odborných článků vycházejících ve vědeckých časopisech. Články jako takové jsou výstupem vědecké práce a jejich citovanost a prestižnost časopisu, ve kterém jsou publikovány, slouží v dnešní době jako ukazatel kvality vědce. Pochopitelně, pakliže se jako vědec snažíte oslovit co nejvíce potenciálních zájemců o vaši práci, nebudete k tomu používat například češtinu, nýbrž nějaký ze světových jazyků. V dnešní době se, až na drobné a lokální výjimky, pro majoritní většinu takových publikací používá angličtina. Bez té se tedy žádný budoucí vědec neobejde. I proto se bude následující praktická úloha týkat především základní orientace v článku a porozumění vědeckého textu v angličtině. Zde by bylo asi příhodné zdůraznit, že po vás nebude vyžadován žádný komplexní rozbor, a i jedinci s nulovou znalostí angličtiny a internetových překladů si mohou přijít na pár bodů navíc.

Pro první takto navrženou úlohu Biozvěstu jsem vybral krátký článek s názvem „*Exceptional Convergence on the Macroevolutionary Landscape in Island Lizard Radiations*“ od kolektivu autorů Mahler, D. L., Ingram, T., Revell, L. J., a Losos, J. B. publikovaný v roce 2013 v časopise Science. Přístup k tomuto článku, stejně jako k mnohým jiným napříč všemi odvětvími vědy, je redakcí časopisu nicméně zpoplatněn, což může mnohdy představovat nemalou bariéru, zvláště pro mladé a začínající vědce, při studiu potřebné literatury. Naštěstí

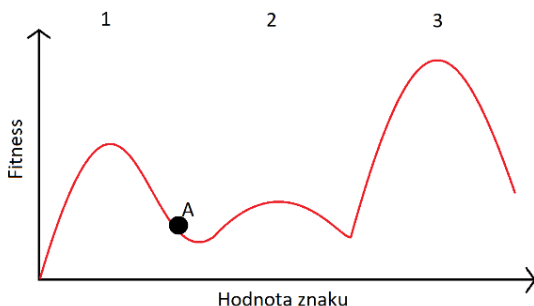
existují stránky jako například [researchgate.net](https://www.researchgate.net), kde mohou autoři za určitých podmínek legálně zpřístupnit výsledky své práce čtenářům zadarmo.

Vášim prvním úkolem bude článek najít, stáhnout a otevřít.

Hned na první pohled si uvědomíte, že pro porozumění textu budete potřebovat nejenom angličtinu, ale i znalosti z oboru dané publikace. V takovém případě je dobré si osvěžit základní pojmy, se kterými článek pracuje.

PS: Nejdetailnější vysvětlení všemožných (nejen biologických) pojmů najdete většinou jinak než v angličtině. Vše ale popisujte vlastními slovy, doslovné překlady nebudou akceptovány.

1. Vysvětlíte pojem adaptivní radiace a proč je zde zmiňován právě s ještěry rodu *Anolis*.
2. Popište konvergentní evoluci a uveďte, jak se liší od paralelní.
3. Definujte pojem ekomorfa, vyjmenujte pět nejčastěji zmiňovaných ekomorf anolisů a uveďte, podle čeho jsou pojmenovány.
4. Co je to biologická zdatnost (*fitness*)?
5. Popište koncept adaptivní krajiny. Určete, na který vrchol krajiny (1,2,3) na přiloženém obrázku (obr. 2) bude nejspíše směřovat evoluce znaku A a proč by mělo být za stabilních podmínek těžké (avšak možné), se pro znak A dostat na vrchol 3, přestože poskytuje nositeli nejvyšší *fitness*?



Obr. 2: Adaptivní krajina.

Přestože není pro organismy úplně jednoduché překonávat údolí v adaptivní krajině z vámi jistě už vysvětlených důvodů, jsou způsoby, jak toho dosáhnout. Náš článek na těchto adaptive peak shifts v evoluci funkčních znaků anolisů poměrně staví. Anolisové si je s největší pravděpodobností mohli dovolit, protože při své radiaci osidlovali nová stanoviště a zbavili se tak mnohokrát přímých kompetitorů/predátorů. Také získání evolučně nových znaků může pomoci ke zdolání údolí adaptivních krajin, stejně jako mnoho jiných a složitějších procesů, které pro tentokrát necháme stranou.

A teď už k článku samotnému, následující otázky z něj přímo vychází. Pakliže jste zodpověděli ty předchozí, měli byste už mít o problematice alespoň základní znalosti pro práci s textem. Nutno podotknout, že není potřeba rozumět úplně každému slůvku a pojmu, aby člověk dostal pro začátek představu, o čem článek pojednává.

6. Kolik druhů anolisů a z jakých/kolika ostrovů bylo dohromady pro tuto studii použito?
7. Jaká DNA byla použita pro rekonstrukci fylogeneze anolisů pro tuto studii?

8. Kolik fenotypových znaků bylo použito pro určení ekomorfologické podobnosti druhů a jaké to byly (stačí 2 příklady)?

9. Jaký byl hlavní záměr a cíl tohoto výzkumu? Diskutujte, čím může být takový výzkum přínosný.

Jakmile máme nějakou představu o pozadí a motivacích výzkumu, můžeme se podívat na výsledky. Ty jsou často prezentované nejen v podobě vysvětlujícího textu, ale mnohdy jsou doplněny i o grafy a obrázky pro snazší orientaci v dané problematice.

10. Popište obrázek 2 (Fig.2.) z článku. Co znázorňuje grafika nalevo s fylogenetickým stromem? Co znázorňují malé a velké body adaptivní krajiny v pravé půlce obrázku (díváte se na ni ze shora)?

11. Stručně popište, co se vlastně snaží autoři obrázkem 2 ukázat?

12. Jaké širší evoluční patrnosti z výsledků této práce autoři vyvozují?

Na různých stupních našeho školského systému nám učitelé předkládají informace jako fakta, která máme akceptovat bez potřeby/možnosti se nad nimi výrazně zamyslet nebo zhodnotit důvěryhodnost, s jakou byla získána a interpretována, protože to za nás už nejspíš udělali jiní. Při četbě primárních článků si ale mnohdy musíme udělat názor o silných a slabších stránkách publikovaného výzkumu sami, a to i když se jedná o kvalitní a přijímanou publikaci.

Například, jako jeden z problémů systémů konvergentně vyvinutých ekomorf anolisů já osobně vidím fakt, že autoři většinou považují jednotlivé ostrovy Antil za od sebe vzájemně izolované. Fauny by se na nich tedy měly vyvíjet nezávisle na sobě. Nicméně pravdou je, že je tato oblast každoročně vystavena hurikánům, které do moře splachují mnoho živého i neživého a plazi jsou přeborníky v dlouhém hladovění a mezidruhové hybridizaci. Dovedeme si tedy snadno představit scénář, kdy se jedinec z jednoho ostrova dostane na druhý a začne se tam pářit s tamní faunou. Tato poslední část je spekulativní a vychází z mého názoru a dojmu po přečtení článku.

13. Vysvětlíte pojem introgrese.

14. Jak by hybridizace druhů anolisů mezi různými ostrovy mohla změnit příběh o konvergentních ekomorfách? Proč není úplně jednoduché hybridizaci vždy odhalit a jak v tom může figurovat zvolený materiál pro rekonstrukci fylogeneze v této práci?

15. Zhodnoťte článek. Napište, co si o něm myslíte, jak náročné pro vás bylo ho přečíst, jak mu rozumíte, jaké jsou jeho silné a slabé stránky a popřípadě, co si o něm myslíte.

Úloha 5 (seriálová): Fosílie – paměť dávné minulosti

Autor: Jakub Repaský

Počet bodů: 18,5

Tento ročník Biozvěstu sa seriálové úlohy budú niesť v znamení témy „pamäť“. V úvode sa pozrieme na pamäť dávných dôb našej planéty, ktorú nám zaznamenali vo vrstvách sedimentov fosílie.

Keď sa chceme pozrieť na zrodenie paleontológie, teda vedy o skamenelinách, musíme sa vrátiť do Talianska na začiatok šestnásteho storočia. Práve v tomto období našiel Leonardo

da Vinci v Apeninách skamenené zvyšky morských lastúr, na základe čoho usúdil, že miesto po ktorom chodí, bolo kedysi zaplavené morom. Leonardo svojou dedukciou správne interpretoval to, čo iní myslitelia jeho doby považovali za „hru prírody“ či zvyšky obeda rímskych legionárov.

1. Z akého jazyka pochádza slovo fosília a čo znamená doslovný preklad tohoto slova?

Fosílie sú teda zachované stopy života z geologickej histórie Zeme. Môže sa jednať priamo o pozostatok organizmu, kedy hovoríme o **pravej fosílii** (napr. skamené schránky, kosti, zuhoľnatené rastlinné zvyšky). V prípade, že sa nám zachová v sedimente len otláčok organizmu (napr. otláčky lastúr, amonitov či kostí) ide o **nepravú fosíliu**. Tretiu skupinu predstavujú tzv. **ichnofosílie**, medzi ktoré radíme stopy po činnosti organizmov zachované v horninách. Ide napríklad o stopy po chôdzi, zachované stopy po rytí červov na dne mora, ale patria sem aj **koprolity**, čo je fosilizovaný trus.

2. Urči z obrázkov 3 až 6, o aké typy fosílii sa jedná.”



Obr. 5: Zdroj bude uvedený v riešení.



Obr. 3: lokalita Sandberg (Slovensko), foto Jakub Repaský.



Obr. 4: Dinosauria museum Praha, foto Jakub Repaský.



Obr. 6: Lokalita Beňatinský kameňolom (východné Slovensko), zdroj bude uvedený v riešení.

Podme sa teraz spoločne pozrieť, ako vlastne také fosílie vznikne. Všetky živé organizmy po smrti vstupujú do procesu rozkladu, v ktorom sa pôsobením lytických enzýmov a najmä rozkladných organizmov – dekompozitorov (napr. huby, baktérie) rozkladajú až na jednoduché anorganické látky (CO_2 , H_2O a rôzne soli). Samozrejme najskôr sa rozkladajú mäkké tkanivá a pletivá, no postupne aj chemicky odolnejšie časti (buničina rastlín, chitín tvoriaci pancier hmyzu či kosti). Dokonca aj tvrdé mineralizované súčasti tel (schránky, anorganická časť kostí) zložené prevažne z uhličitanu a fosforečnanu vápenatého sa časom rozpušťajú, lámu a drobia. Z uvedeného vyplýva, že za prirodzených podmienok na zemskom povrchu

fosília nemôže vzniknúť, pretože sa z organizmov nič nezachová.

Ako teda fosília vzniknúť môže? Tak, že uhynutý organizmus bude vymanený spod rušivých vplyvov na zemskom povrchu, čo nastáva v prípade, že ho do seba uzavrie vznikajúca hornina. Ani v tomto prípade však ešte nemá vznikajúca fosília vyhrané. Proces sedimentácie (usadzovania) hornín, ktorý je kľúčový pre fosilizáciu, na väčšine zemského povrchu absentuje a je sústredený prevažne na jazerné panvy, nížiny či ľadovcové morény. Naopak procesy erózie a odnosu, ktoré sú nevhodné pre vznik skamenelín na suchej zemi prevažujú. Úplne iné podmienky však panujú v moriach a oceánoch. Tie predstavujú akési „zberné jamy“ erodovaného materiálu z pevnín, a teda sedimentácia tu prevažuje, čo prospieva vzniku skamenelín. A skutočne, morské organizmy a spoločenstvá vo fosílnych záznamoch jasne dominujú, pričom terestrické sú zastúpené veľmi medzerovito. Nie je však sedimentácia ako sedimentácia. Aj v prostredí mora, kde usadzovanie dominuje, môže byť organizmus zničený skôr, ako fosilizuje. Odhliadnuc od biologických faktorov (zdochlinožravce, rozkladné organizmy), máme v moriach, oceánoch, ale i na pevnine miesta, kde prebieha sedimentácia rovnomerne bez prerušovania a miesta, kde je pravidelne narúšaná. Pre vytvorenie skameneliny je vhodnejší prvý prípad, ktorý by sme mohli nájsť v hlbších zónach, kde sú voda a sedimenty málo pohyblivé. Organizmy tu padajú ku dnu tak, ako uhynuli a takto aj fosilizujú, čím sa zachováva vo fosílnom stave pôvodný ekosystém – fosílna spoločenstvo je identické s pôvodnou biocenózou. Druhý prípad, teda prerušovanú sedimentáciu môžeme hľadať v plytkom mori a príbrežnej zóne a na zemskom povrchu na dne jazier či v púštnych oblastiach. Usadzovanie je tu narúšané pohybom vetra a vody, ktoré uhynutý organizmus prenášajú z jedného miesta na druhé, pričom často dochádza k vytriedeniu materiálu podľa hmotnosti (ako piesok na pláži). Fosílna spoločenstvo z takéhoto prostredia už nezodpovedá pôvodnému ekosystému, hovoríme, že ide o posmrtné spoločenstvo – **tanatocenózu**.

Ďalšou, veľmi dôležitou podmienkou, či sa organizmus zachová vo forme fosílie je skutočnosť, čo tvorí jeho telo. Výrazne vyššiu šancu fosilizovať majú organizmy s pevnými časťami tela (kosti, ulity, lastúry, zuby, šupiny, kmene stromov). Mäkké tkanivá bývajú hneď po smrti rozkladané ako prvé a ich zachovanie vyžaduje veľmi rýchle prekrytie sedimentom a zamedzenie prístupu kyslíka a rozkladných organizmov. To sa však stáva len výnimočne, preto organizmy, ktoré nemajú pevné časti tela sa vo fosílnom stave prakticky nevyskytujú, čo je dôvodom medzerovosti fosílnych spoločenstiev. Rozklad pevných častí tiel trvá podstatne dlhšie, preto veľkú časť skamenelín predstavujú práve tvrdé telesné zvyšky.

3. Aj keď sme sa vyššie zmienili o tom, že mäkké časti tiel sa za obvyklých podmienok vôbec nezachovávajú, predsa existujú výnimky. Sú k tomu potrebné špecifické podmienky. Jeden zo spôsobov by sme mohli hľadať na ostrovnom štáte v Karibiku. Vzácné sa dokonca zachoval aj pigment na tunajších nálezoch. Zistiť a uveď, o aké nálezisko sa jedná. Akým spôsobom sa organizmy na tomto mieste zachovali v tak dobrom stave? Uveď aj päť organizmov (rodov), ktoré sa tu našli a geologické obdobie, z ktorého nálezy pochádzajú.

Keď napokon organizmus vo vrstvách sedimentu úspešne

fosilizuje, čaká ho ešte jedna veľká prekážka, kým sa dostane k objaviteľovi a je dostupný pre vedu. Tou prekážkou sú geologické procesy, ktoré podstupujú horniny. Ide predovšetkým o tektoniku (vrásnenie, zlomy v horninách), vulkanizmus a erózne procesy, ktoré môžu fosíliu v hornine úplne zničiť. Skamenelinu môže poškodiť, alebo prinajmenšom aspoň stlačiť aj tlak nadložných vrstiev, teda tých, ktoré sa usadili po pochovaní organizmu.

Vidíme teda, že vznik fosílie je pomerne vzácny proces, pre ktorý je potrebná súhra viacerých okolností. Uvádza sa, že pravdepodobnosť zachovania je 42 kostí zo 152 000 kostí, čo predstavuje približne 0,03 %.

Povedali sme si, aké podmienky sú potrebné pre vznik skamenelín a čo naopak procesu fosilizácie bráni. Poďme sa ale teraz spoločne pozrieť konkrétne na proces fosilizácie, teda čo sa stane s uhynutým organizmom, kým je z neho fosília a ako to môže prebiehať.

Fosília, aj keď je pozostatkom živých organizmov, je sama o sebe materiálom anorganickým. Sediment s pochovaným organizmom býva často nasýtený podzemnou vodou, ktorá obsahuje v sebe rozpustené anorganické minerály. Tie nahrádzajú stavebné látky organizmu atóm po atóme. Proces fosilizácie je teda procesom **mineralizácie** – nahradením pôvodných stavebných látok inými, anorganickými látkami (minerálmi). Avšak vieme, že mnoho organizmov má telesné časti tvorené anorganickými látkami (ulity, lastúry). V tomto prípade sa často zvykne zachovať pôvodná stavba, pričom však mineralizácia nie je vylúčená, čo ale objasníme nižšie. V závislosti od látok, ktoré nahrádzajú pôvodný materiál rozlišujeme štyri základné fosilizačné procesy:

I. disulfid železnatý – FeS_2 (pyrit)

Tento typ fosilizácie prebieha v hlbších jazerných alebo morských panvách, kde sa usádzajú jemnozrnné íly a kľúčovým faktorom je tu nízky obsah, ba až neprítomnosť kyslíka. Namiesto rozkladu tu za spoluúčasti anaeróbných baktérií dochádza k hnitiu. Baktérie odčerpávajú organickým zlúčeninám kyslík, čím vznikajú uhlíkovodíky. Zahŕňajúce organizmy klesajú ku dnu a zachovávajú sa v pomerne dobrom stave (v dôsledku neprítomnosti kyslíka). Vďaka redukčnému prostrediu (bez kyslíka) tu vystupuje zo zemskej kôry dvojmocné železo, ktoré reaguje so sírou, uvoľňujúcou sa zo zahŕňajúcich tiel organizmov (aminokyseliny obsahujú síru). Síra a železo spolu reagujú za vzniku pyritu, a keďže táto reakcia je mierne kyslá, rozpúšťa schránky a iné pevné časti tvorené uhličitanom vápenatým. Ten je celkom nahradený pyritom, preto hovoríme o takýchto skamenelinách, že sú **pyritizované**. Dochádza pritom k úplnému nahradeniu pôvodného zloženia (CaCO_3) iným minerálom (FeS_2), čomu hovoríme **permineralizácia**. Pyrit spravidla nepodlieha stlačeniu nadložných vrstiev, čiže takéto fosílie majú väčšinou pôvodný tvar.

II. uhličitan vápenatý – CaCO_3 (kalcit)

Druhý, a dá sa povedať aj najčastejší typ fosilizačného prostriedku, je uhličitan vápenatý. Skameneliny tvorené týmto nerastom vznikajú v oblastiach, kde je zásoba kyslíka pravidelne dopĺňaná. Jedná sa predovšetkým o plytké moria a horniny vznikajúce v tomto prostredí sú najmä vápence, pieskovce a vápenaté slieňovce. Odhliadnuc od niekoľkých výnimiek, tvorí schránky bezstavovcov a kosti stavovcov z veľkej

časti práve uhličitán vápenatý. Ten sa vyskytuje v dvoch formách: stabilnejší kalcit kryštalizujúci v klencovej sústave a menej stabilný aragonit, tvoriaci kosoštvorcové kryštály. Ak sú schránky tvorené kalcitom (napr. Brachiopoda, Echinodermata), môžu sa zachovať bez zmeny svojho minerálneho zloženia (najmä nálezy z mladších vrstiev – treťohory). Aragonit, ako už bolo spomenuté, je menej stabilný nerast, preto schránky organizmov pozostávajúce z tohoto minerálu (napr. Bivalvia, Ammonoidea), bývajú takmer vždy rozpustené. To sa deje hlavne v horninách, kde pórovitosť dovoľuje kolobeh vody (napr. pieskovce). Často sa ale stretávame aj s tzv. **rekryštalizáciou**, kedy málo stabilný aragonit zmení svoju kryštalovú štruktúru na rovnakú ako má kalcit. Ak k rekryštalizácii nedôjde, v spevnenej hornine sa zachová po schránke dutý priestor, ktorý poskytne negatívny odtlačok. Ten môže byť druhotne vyplnený látkami vyzrážanými z kolujúcich roztokov, čím vznikne **kamenné jadro**. V niektorých prípadoch dochádza k vytvoreniu kamenného jadra a negatívneho odtlačku, aj keď ešte schránka nie je rozpustená. Tá sa rozpustí až neskôr a medzi jadrom a odtlačkom vzniká dutý priestor, ktorý môže byť minerálmi sekundárne vyplnený, alebo môže dôjsť tlakom nadložných vrstiev k zániku dutiny a priradeniu negatívneho odtlačku na kamenné jadro. Takto vzniknutú fosíliu nazývame **razidlový kameň** (na kamennom jadre sú vyrazené skulptúry vonkajšej strany).

III. kyselina kremičitá/opál - ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

Kremeň, ako všetci dobre vieme už z čias základnej školy, je nerast veľmi tvrdý, a teda aj málo rozpustný. Schránky mrežovcov (Radiolaria) a rozsievok (Diatomeae) však netvorí čistý kremeň, ale jeho hydrát, amorfný nerast nazývaný opál. Ten pri rozklade mäkkého tela relatívne ľahko mení skupenstvo a prechádza do roztoku a z neho aj do sedimentu, kde sa mení na stálejší chalcedón (jemnokryštalický kremeň obsahujúci menej vody ako opál). Chalcedón následne buď tvorí pazúrikové konkrécie (ostrohranná hornina, z ktorej si naši predkovia vyrábali kamenné nástroje), alebo nahrádza uhličitán vápenatý v schránkach pochovaných organizmov. Dochádza tak k procesu **prekremenenia (silicifikácie)**, ktorý spoznáme podľa malých, kruhovitých štruktúr (kremité prstence) na vzniknutej fosílii. Silicifikovať môžu aj rastlinné časti, predovšetkým kmene stromov. V suchých oblastiach vyvoláva erózia povrchové prekremenenie, kedy molekuly buničiny postupne nahrádza kyselina kremičitá a výsledný kmeň si tak zachováva aj veľmi jemné štruktúry dreva.

4. Kmene stromov môžu prekremenieť aj iným spôsobom ako povrchovou silicifikáciou v suchých oblastiach. Zisti a opíš, akým spôsobom, spojeným s vulkanickou činnosťou, môžu ešte kmene stromov silicifikovať. Tento spôsob je známy aj z neogénnych vulkanických pohorí na Slovensku (napr. Slanské vrchy, Poľana).

IV. uhoľnatenie (karbonizácia)

Posledný zmienený typ fosilizácie, karbonizácia, je typický hlavne pre rastliny, ktoré nefosilizujú rovnako ako živočíchy. U rastlín nenachádzame pevné časti, ako povedzme u amonitov. Spevňujúce podporné štruktúry rastlinného tela sú z buničiny, čo je organická látka. Proces karbonizácie prebieha v prostredí chudobnom na kyslík a vodík, pričom ide o proces zmeny rastlinného tela na uhlie (uhlík). To sa spravidla uskutočňuje v poradí rašelina – hnedé uhlie – čierne uhlie. Pri

veľkom množstve nazhromaždeného rastlinného materiálu dochádza ku vzniku uhoľných ložísk, aké vznikali v karbonských močiarsch chudobných na kyslík. V tomto prípade ale často nevieme rozpoznať jednotlivé rastliny. Tie môžeme nájsť v ílovitých sedimentoch, kde jemnozrnný íl bráni prieniku vody a tým aj rozkladných baktérií. Pochované rastliny sú tak v mimoriadne dobrom stave a môžeme na nich študovať mnohé detaily, ako napríklad listy so zachovanou žilnatinou. Popri uvedených fosilizačných prostriedkoch sa môžu v závislosti od chemického zloženia vyskytovať aj iné (sadrovec, fosfáty a iné).

Keď naša fosília úspešne prekonala všetky prekážky a dostala sa do rúk vedca, nastáva pre paleontológa najvzrušujúcejšia časť práce, kedy sa snaží z fosílie zistiť čo najviac informácií o živote v minulosti. Ako sme sa zmienili vyššie, pravdepodobnosť fosilizácie je veľmi nízka. Ak vezmeme do úvahy, že mäkké časti tel až na mimoriadne výnimky nefosilizujú vôbec, potom skameneliny predstavujú iba akési drobné a náhodné sondy do minulosti planéty Zem. Otázka teda znie: Je možné na základe takto zachovaných zvyškov formulovať odpovede o niekdajšom živote a správaní organizmov, či dokonca rekonštruovať celé prehistorické ekosystémy?

Keď vychádzame z poznatku, že v prírode sú jednotlivé druhy zastúpené väčším či menším počtom jedincov, potom môžeme usudzovať, že niektorý z jedincov väčšiny druhov fosilizoval. Prirodzene, závisí to od množstva faktorov, o ktorých sme rozprávali vyššie, predovšetkým rozdielom v sedimentačných procesoch v moriach a na suchej zemi. Pri mnohých organizmoch sú dokonca zachované iba zlomkovité útržky ich tel. Napríklad z niektorých dinosaurov máme len zopár kostí, často v zlom stave. Ako si teda vieme vytvoriť obraz o výzore, anatómii, či dokonca správaní sa týchto tvorov z tak chabého záznamu?

Každý živý organizmus predstavuje celok, kde jednotlivé súčasti sú od seba závislé a súvisia spolu. Na základe zmeny jednej časti môžeme teda usudzovať o zmenách iných častí organizmu. Znamená to, že zákonitá vzťahy existujú aj medzi tvrdými a mäkkými časťami organizmov. Túto zákonitosť nazývame **korelácia orgánov** a popísal ju začiatkom 19. storočia francúzsky prírodovedec Georges Cuvier. Takto vieme napríklad na základe zachovaných pancierov článkonožcov (Arthropoda), napríklad trilobitov, usudzovať o vnútorných orgánoch rozdelených do jednotlivých článkov. Paleontológom výrazne pomáha aj metóda **porovnávacej anatómie**, pri ktorej je ale nevyhnutné poznať telesnú stavbu súčasných zástupcov danej skupiny živočíchov. Týmto spôsobom je možné porovnávať povedzme vyhynuté amonity (Ammonoidea) s ich najbližšími žijúcimi príbuznými lodienkami (Nautiloidea), a tak predpokladať, ako amonity žili.

5. V zásade platí, že čím väčší daný organizmus je, tým je väčšia pravdepodobnosť, že zachovaná fosília bude nekompletná. Platí to hlavne pre stavovce. U drsnokožcov (Chondrichthyes) ako sú napríklad žraloky sa nám zachovávajú iba zuby, prípadne šupiny, keďže tieto živočíchy majú chrupkovitú kosť, ktorá ľahšie podlieha rozkladu a jej zvyšky fosilizujú len vzácné. Mnohí z vás určite vedia, že za najväčšieho žraloka sa považuje vyhynutý žralok veľkozubý (Carcharocles megalodon), ktorý brázdil svetové oceány od mladšieho terciéru približne do začiatku kvartéru. Vedci odhadli jeho dĺžku na 15 metrov. Vychádzali pri tom z nálezov zubov, ktoré mali miestami 18 cm.

Existuje mnoho metód, ako paleontológovia pri určovaní dĺžky tohoto žraloka postupovali. Jedna a zároveň najstaršia je založená na porovnávaní s recentným druhom. Zisti, o aký recentný druh ide a prečo je porovnávanie s týmto druhom v súčasnosti vedcami považované za menej presné.

Keď metódami korelácie orgánov a porovnávacou anatómiou a morfológiou vieme aspoň v hrubých črtách odhadnúť stavbu a funkciu tiel vyhynutých organizmov, oveľa náročnejšie je to s výskumom ich správania. V niektorých prípadoch je možné aj tu uplatniť metódy porovnávania so súčasnými žijúcimi potomkami daných rodov, avšak čím hlbšie ideme do minulosti planéty, tým sú formy života odlišnejšie od akýchkoľvek recentných organizmov. Preto môžeme len odhadovať, ako sa napríklad dinosaury starali o svoje potomstvo, či aké vzájomné vzťahy panovali medzi obyvateľmi kambrického mora zachovaného v Burggeských bridliciach.

V rekonštrukcii zaniknutých ekosystémov si vieme opäť pomôcť porovnávaním s dnešnými. Znova ale platí, že čím hlbšie do minulosti ideme, tým je to zložitejšie. Porovnaním životných podmienok už spomenutých lodenkovcov (Nautiloides) vieme približne rekonštruovať životné prostredie amonitov. Podobne ak poznáme životné nároky recentných skupín rýb (hlbka, salinita, atď.), môžeme usudzovať o prostredí ich vyhynutých zástupcov. Podľa rôznych ichnofosilií vieme určovať hĺbku, v ktorej súčasné horninové bloky predstavovali v minulosti morské dno ak vieme, že tvor vytvárajúci túto ichnofosiliu je typický napríklad pre šelfové oblasti morí a tento zase nachádzame vo veľkých hĺbkach. S čím však porovnáme takú ediakarskú faunu z konca prekambria, keď nevieme ani poriadne to, či dané organizmy boli živočíchy, rastliny, alebo niečo úplne iné?

6. Okrem vyššie uvedených informácií, ktoré sa môžeme dozvedieť z fosilií, nám tieto okná do minulosti ponúkajú aj dôkazy, že samotné zemské teleso sa správalo inak ako dnes. Takúto informáciu v sebe uchovávajú aj koralové skorého devónu, spreď približne 400 miliónov rokov. Jeden z nich môžeš vidieť na obrázku 5. Pokús sa zistiť z dostupných zdrojov o akú informáciu o zemeguli ide a napíš, prečo to v tomto období bolo práve takto. Pomôckou ti môže byť skutočnosť, že koral vo svojej schránke ukladá každý deň novú vrstvičku uhličitanu vápenatého.



Obr. 7: Devónsky koral (Iowa, USA), zdroj bude uvedený v riešení.

Skameneliny majú zásadný význam pre biológov aj geológov. V prvom prípade sú dokladom evolučnej teórie a teda vývoja života od najjednoduchších foriem do dnešnej podoby. Vo vrstvách z obdobia proterozoika spreď viac ako 550 miliónov

rokov nachádzame len organizmy jednobunkové a mnohobunkovce s mäkkým telom (ediakarská fauna). Na začiatku paleozoika, kedy dochádza k tzv. **kambrickej explózií**, pozorujeme v horninách fosílie takmer všetkých základných kmeňov, vrátane chordátov, ktoré majú ale zatiaľ len malé telo vystužené chrupkovitou chordou. Postupom času sa nám v silúre (pred asi 430 miliónmi rokov) objavujú **prvé suchozemské rastliny** prenikajúce do nového prostredia zo sladkých vôd. V devóne (410 miliónov rokov) sa vo veľkom rozvíjajú **čelústnatce**, najmä ryby. Ich zástupcovia s mäsitými plutvovými násadcami sa ešte v rovnakom období objavujú na suchej zemi a vytvárajú sa z nich **prvé obojživelníky**. Vo vrstvách ďalšieho obdobia, karbónu (350 miliónov rokov) nachádzame **prvé primitívne plazy**. Nasledujúce obdobie, perm (290 miliónov rokov) sa vyznačuje skupinou tzv., **cicavcovitých plazov**, z ktorých síce na konci tohto obdobia väčšina vyhynie, ale z toho mála čo prežilo, sa vyvinuli v druhohorách **cicavce** a tým aj naši predkovia. Rovnako v mezozoiku prudko zaznamenali rozvoj **krytosemenné rastliny**. Tak máme vytvorené všetky základné skupiny organizmov, ktoré sa ďalej mechanizmami evolúcie a okolnosťami na planéte (vymierania, zmeny klímy) vyvíjajú do dnešnej podoby.

V počiatkoch biológie ako vedy sa vedcom, študujúcim živé organizmy zdali slabo zachované fosílie príliš zlomkovité pre vyvodzovanie záverov o niekdajšom živote. Dokonca aj Charles Darwin pre nedostatočnú zachovalosť fosilií predpokladal, že nie je potrebné sa nimi zaoberať. Avšak po publikovaní jeho práce O pôvode druhov sa začalo ukazovať, že fosilný záznam podporuje jeho myšlienky. Dobrým príkladom sú fosílie organizmov, ktoré vykazujú spoločné znaky viacerých skupín, čo podporuje názor evolučného vývoja.

7. Jeden takýto nález sa podaril v tzv. Solnhofenskom vápenci v Nemecku rok po tom, čo Darwin vydal svoje dielo. Tvor, ktorého tam našli, vykazoval znaky dvoch tried stavovcov, čo významne Darwinovi pomohlo v podpore jeho teórie. Zisti a napíš, ako daného tvora pomenovali, aké dve skupiny stavovcov spája a napíš aspoň 2 spoločné znaky s jednou a 2 spoločné znaky s druhou skupinou, ktoré na skameneline pozorujeme.

Vedomosti z paleontológie sú nevyhnutné aj pre každého geológa. Nezastupiteľnú úlohu plnia fosílie pri určovaní veku hornín, či celých vrstiev, tzv. facií. Stratigrafická geológia rozčleňuje históriu Zeme do niekoľkých geologických útvarov. Sú to prahory a starohory (prekambrium), prvohory (paleozoikum), druhohory (mezozoikum), tret'ohory a štvrtohory (kenozoikum). Hranice medzi týmito obdobiami predstavujú často udalosti masových (veľkých) vymieraní alebo rôzne horotvorné procesy (vrásnenia). Znamená to, že živočíchy žijúce napríklad v paleozoiku nenachádzame už vo vrstvách hornín vzniknutých v mezozoiku, pretože vymreli na konci paleozoika v perme pri tzv. permskom vymieraní. Takéto fosílie, pomocou ktorých určujeme vek hornín nazývame **vedúce**, lebo sú typické pre určité obdobie, po ktorom postupne miznú.

Organizmy s pevnými časťami tela (schránky, kosti) sa uplatňujú aj pri horninotvornej činnosti. Ak sa vyskytovali vo veľkých množstvách (napríklad Radiolaria), ich pevné schránky sa po uhynutí zhromažďovali na morskom dne, kde často vytvorili vrstvy o mocnosti aj tisícov metrov. Ústupom mora, ako aj tlakom nadložných vrstiev tieto schránky spevnili do celistvej horniny (v prípade skupiny Radiolaria vzniknutú

horninu nazývame radiolarit). Skameneliny, ktoré sa týmto spôsobom uplatňujú pri vytváraní hornín nazývame **horninotvorné**.

8. Na obrázkoch 6 až 9 môžeš vidieť rôzne skameneliny. Ku každej z nich napíš, o aké triedy živočíchov sa jedná. Všetky z uvedených fosílií sú buď vedúce, horninotvorné, alebo oboje. Pri vedúcich fosíliách napíš geologický útvar, ktorý pomocou nich datujeme (paleozoikum, mezozoikum, ...), pri horninotvorných napíš názov horniny, ktorú vytvárajú.



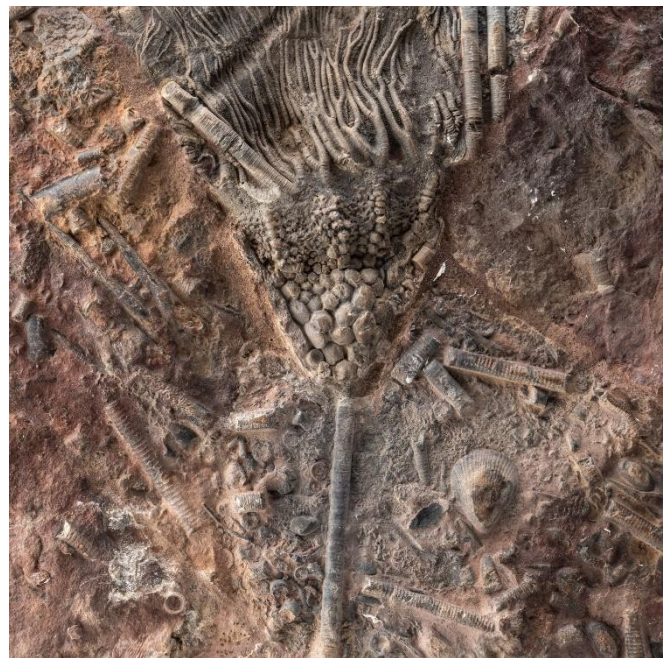
Obr. 8: Lokalita Hradisko (Slovensko), foto Jakub Repaský.



Obr. 9: Dinosauria museum Praha, foto Jakub Repaský.



Obr. 10: Zdroj bude uvedený v riešení.



Obr. 11: Zdroj bude uvedený v riešení.

Paleontológia prináša stále nové a nové poznatky o vývoji života na Zemi. Jej rozvoj výrazne prekopal dovtedajšie predstavy o vývoji sveta založené na teoretickej biológii. Kým pred dvoma storočiami záujem o fosílie predstavoval zbieranie podivuhodných predmetov, v súčasnosti je paleontológia dôležitou vedou pre poznanie života, a to nielen jeho minulosti, ale aj budúcnosti.

