

# Biologický korespondenční seminář



## Biozvěst

Ročník 9

Série 4 – řešení

Milé řešitelky, milí řešitelé,

doufáme, že Vás úlohy letošní poslední série bavily a při jejich řešení jste se setkali se zajímavými fenomény. Jak moc jste se shodli s autory úloh si můžete ověřit na následujících stránkách.

Přejeme příjemné čtení!  
autoři Biozvěsta

### Úloha 1: Přelet nad kukaččím hnízdem

Autor: Kateřina Bezányiová

Počet bodů: 25

Parazitovat lze různými způsoby. Když se řekne parazit, většina lidí si vybaví tasemnici ve střevě nebo komára a další krevsající členovce, ti více humanitně zaměřeni si pak možná představí nějakého svého oblíbence z řad *Homo sapiens*. (Komáři a většina podobných trapičů se dnes správně řadí spíše mezi mikropredátory, ale to teď nechme stranou.) Běžný parazit dle učebnicové definice sedí na hostiteli nebo v hostiteli, konzumuje nějakou jeho část a většinou nebývá v jeho zájmu, aby hostitel zemřel, alespoň tedy ne hostitel definitivní, ve kterém se pohlavně rozmnožuje. Některé organismy však neparazitují na organismech jako takových, ale na něčem trochu jiném. Takové organismy označujeme jako kleptoparazity a těm se budeme v této úloze věnovat.

#### 1. Co přesně tedy kleptoparaziti svým hostitelům mohou dělat? Tvoří kleptoparaziti monofyletickou skupinu?

Hledanou odpovědí je cokoli ve smyslu krádeže potravy a dalších zdrojů. Nejde o monofylum, je to velmi obecná ekologická strategie.

*celkem 1 bod  
za vysvětlení kleptoparazitismu 0,5 bodu  
za ekologickou strategii 0,5 bodu*

#### 2. Při hledání odpovědí na předchozí otázku jste už jistě narazili na příklady některých kleptoparazitů, možná včetně hyen či pavouků, kteří kradou čerstvě ulovenou kořist jiným druhům. Známy je tento potravní parazitismus u mořských ptáků. Jmenujte alespoň 3 takové ptáky v různých rodech. (Pokud používáte české či slovenské rodové a druhové názvy organismů, nezapomeňte uvést i vědecký název daného organismu. Připomínám, že rodová a druhová jména ve vědeckých názvech se píšou kurzívou. Rodové jméno také vždy začíná velkým písmenem, druhové s malým. Nad úrovní rodu se pak tato pravidla mírně liší dle konkrétní nomenklatury. Česká rodová jména naopak velkým písmenem nezačínají.)

Příkladem mohou být chaluhy (většina rodu *Stercorarius*), fregatky (*Fregata*), dále řada racků, rybáků a další.

*celkem 1,5 bodu  
za správně uvedený organismus po 0,5 bodu*

#### 3. S kleptoparazitismem se můžeme setkat i na úrovni jednotlivých buněk. Jaké buněčné komponenty jsou obvykle součástí tohoto typu parazitismu a jací živočichové se tohoto parazitismu často účastní (jmenujte ideálně 2 rody i jeden vyšší taxon, do kterého oba tyto rody patří a pro který je tento typ kleptoparazitismu charakteristický)?

Kradeny jsou zejména plastidy (chloroplasty) a někdy jádra. Tohoto parazitismu se často účastní plži skupiny Sacoglossa, příkladem mohou být rody *Elysia*, *Costasiella*.

*celkem 1,5 bodu  
za správně uvedenou organelu po 0,5 bodu  
za plže a jejich vyjmenování 0,5 bodu*

#### 4. Kleptoparazitismu z předchozí otázky se věnuje i jeden z nálevníků (Ciliata). O jakého nálevníka jde a co a komu z buněk krade (a proč)? Na tohoto nálevníka je pak vázán ještě jeden rod protist, který si dané organely nedokáže z původního hostitele obstarat sám, ale umí je získat právě z tohoto nálevníka. O koho jde?

Nálevník *Myrionecta rubra* (*Mesodinium rubrum*) získává kleptoplastidy ze skrytěnek (Cryptophyta). Plastidy samotné vydrží dlouho, ale potřebuje ze skrytěnek často vysosávat nová jádra, jež mají menší trvanlivost. Plastidy z *M. rubra* získávají obrněnky rodu *Dinophysis*.

*za vysvětlení v tomto duchu celkem 2 body*

Nyní postupně přejdeme k jedné specifické skupině kleptoparazitů – konkrétně kleptoparazitickým blanokřídlým a zejména tzv. kukaččím včelám. Název odkazuje ke kukačce obecné (*Cuculus canorus*) a jejímu typickému chování, kdy samice odkládá vejce do hnízd jiných ptáků. Vejce dokonce napodobují vejce hostitele, u kterého se samice vylíhla – to je pravděpodobně zařízeno tak, že barva vajec je kódována geny vázanými na W chromosom, který je přítomen pouze u samic, jež jsou u ptáků he-

terogametickým pohlavím. Náhodné páření se samci tedy nemá na barvu vajec vliv a samice kukaček tvoří tzv. gentes (kmeny) specializované na určitého hostitele. Přídomek "kukaččí" si tak vysloužili i další organismy, které praktikují podobnou strategii, mimo jiné i jedna paprskoploutvá ryba.

##### 5. Která ryba to je a na kom a jak parazituje?

Sumec peřovec kukaččí (*Synodontis multipunctatus*), parazituje na tlamovcích. Naklade své jikry mezi jikry hostitele, který následně všechny sesbírá do tlamy. Zde se sumec vylíhne jako první a sežere tlamovčí jikry.

celkem 1 bod  
za parazita po 0,5 bodu  
za hostitele a vysvětlení 0,5 bodu

##### 6. Zdaleka ne všechny kukačky jsou však tímto způsobem kukaččí. Jak to má s péčí o mláďata kukačka ani (*Crotophaga ani*) nebo kukačka kohoutí (*Geococcyx californianus*)?

*Crotophaga ani* žije převážně v teritoriálních koloniích, vejce jsou snášena do společného hnízda. *Geococcyx californianus* je monogamní, vytváří dlouhodobé páry, staví si vlastní hnízdo a občas mohou klást do hnízd jiných druhů.

celkem 2 body  
za popis každého druhu po 1 bodu

##### 7. A nyní již ke kukaččím včelám. Jde o ekologickou skupinu, nejde tedy o přirozený (monofyletický) taxon. Ke vzniku kukaččího chování došlo několikrát nezávisle na sobě. Pokuste se vyjmenovat co nejvíce skupin včel, u kterých se tato strategie vyvinula. (Pokud je tato strategie u celého taxonu, tak nemusíte vyjmenovávat jednotlivé rody nebo druhy.) Pokud narazíte na něco, u čeho si nejste jistí, že jde přímo o kukaččí chování, uveďte tuto skupinu také a jen její chování popište.

Zmíněny by měly být příslušné taxony spadající do Hylaeinae (Colletidae), Halictinae (Halictidae), Megachilinae (Megachilidae), Nomadinae a Apinae (Apidae).

celkem 2 body  
za vyjmenované taxony z každé čeledi po 0,5 bodu

##### 8. Možná jste při hledání odpovědi na předchozí otázku narazili na debaty o tom, zda pět druhů jedné včely z čeledi, která jinak není parazitická, může být parazitických. Dnes se ví, že kukaččí chování je u tohoto rodu opravdu přítomné. Napovím, že jde o pětici druhů na souostroví, které je známé také evoluční radiací příbuzných jednoho modelového organismu. O jaký rod z jaké čeledi jde, na jakém se vyskytuje souostrovím a kdo je oním modelovým organismem?

Hledaným druhem je maskonoska *Hylaeus (Nesoprosopis)* z čeledi Colletidae vyskytující se na Havajských ostrovech. Modelovým druhem je pak všeobecně známá a v mnohých odvětvích biologického výzkumu využívaná octomilka obecná (*Drosophila melanogaster*).

celkem 1,5 bodu  
za parazita 0,5 bodu  
za souostroví 0,5 bodu  
za octomilku 0,5 bodu

##### 9. Pokud by vám někdo ukázal kukačku obecnou (*Cuculus canorus*) a vy byste nevěděli, že jde o tento druh, připadala by vám nejspíše jako obyčejný pták. Někteří z vás by si možná povšimli, že svým zbarvením lehce připomíná krahujce, ale to by bylo všechno. Typickou kukaččí včelu si však s jinou „obyčejnou“ včelou nespletete. Popište, jak se morfologicky kukačky odlišují od svých kukaččích příbuzných a proč to tak nejspíše je.

Vyznačují se redukcí pylosběrného aparátu, protože nepotřebují zásobovat vlastní hnízdo. Dále mají obvykle zesílenou hrubou kutikulu k ochraně před výpady hostitele. Běžné mívají také výrazné aposematické zbarvení a redukované ochlupení, některé kukaččí včely tak mohou připomínat vosy nebo kutilky. Toto může představovat potenciální ochrana u druhů, které většinu času tráví mimo hnízdo.

celkem 1,5 bodu  
za vysvětlení (pylosběrný aparát, kutikula, zbarvení) po 0,5 bodu

##### 10. Předchozímu se vymyká včela rodu *Osiris* z čeledi včelovitých (Apidae). Jak je na tom morfologicky a s čím si vystačí při parazitování?

Včely rodu *Osiris* mají relativně slabou kutikulu. Jako ochrana jim slouží velmi dlouhé žihadlo.

1 bod

##### 11. Nyní se blíže podíváme na dvě vybrané kukaččí včely, které patří mezi ty nejznámější: nomádu (*Nomada*) z čeledi včelovitých (Apidae) a ruděnku (*Sphecodes*) z čeledi ploskočelkovitých (Halictidae). Vyberte si jeden konkrétní druh

**nomády a jeden druh ruděnky, napište, u koho parazitují, popište, co jim pomáhá proniknout do hnízda hostitele, jak se v hnízdě chovají a pokud je to známo, jak se jim hostitel brání.**

Bude hodnoceno individuálně, u nomád by mělo být zmíněno parfémování hostitelskými feromony samice samcem při páření, u ruděnek agresivita. Možná obrana může zahrnovat zahrabávání otvoru do hnízda, časté návraty do hnízda nebo stavění stráží u sociálních hostitelů.

*celkem 3 body  
za popis každého druhu po 1,5 bodu*

**12. Jako kukaččí včely se někdy označují i parazitičtí čmeláci, v češtině označovaní též jako pačmeláci. Jaká je jejich strategie? K jaké změně jejich rodového jména a proč nedávno došlo?**

Pačmeláci královna uzurpuje hnízdo hostitelských čmeláků, hostitelské dělnice jsou následně nuceny starat se o její potomstvo. Došlo ke změně ze samostatného rodu *Psithyrus* na *Bombus*, protože pačmeláci jsou vnitřní větví čmeláků.

*celkem 1,5 bodu  
za vysvětlení 1 bod  
za rodový název 0,5 bodu*

**13. Podobnou strategii jako kukaččí včely aplikuje také skupina blanokřídlých, jež je v některých jazycích, jako je angličtina či francouzština, přezdívaná „kukaččí vosy“. Některé druhy této skupiny jsou parazitoidi, skupina je však známá zejména jako kleptoparazit. O kterém taxonu je řeč?**

Řeč je o zlatěnkách (čeleď Chrysididae).

*0,5 bodu*

**14. Taxon z předchozí otázky je jednou z bazálnějších skupin žahadlových blanokřídlých (Aculeata). Nicméně žihadla se u nich bát nemusíte, z velké části ho mají redukované. Z čeho se žihadlo u blanokřídlých původně vyvinulo, co tuto strukturu nahradilo u hledaného taxonu z předchozí otázky a jak se tato změna projevuje na vnější morfologii samic?**

Žihadlo vzniklo z kladélka (ovipositoru), u čeledi Chrysididae jej nahradilo trubicovité kladélko vyrobené z několika posledních zadečkových článků, jež byly vtaženy dovnitř těla. U samic jsou zvnějšku proto viditelné jen 3–4 zadečkové články.

*celkem 1,5 bodu  
za vysvětlení 1 bod  
za morfologii zadečku 0,5 bodu*

**15. Daný taxon se dělí na více skupin, z nichž se u nás vyskytují dvě. Jedna z nich, zastoupená v ČR jen jedním rodem, zahrnuje výhradně parazity „širopasých“ blanokřídlých („Symphyta“, uvozovky označují parafyletický taxon). Druhá skupina zahrnuje kleptoparazity a parazitoidy ostatních žahadlových a na rozdíl od předchozí skupiny je schopná tzv. volvace. O jaké dvě skupiny se jedná a co je to volvace? Napište alespoň 4 další živočichy mimo tuto skupinu, jež volvaci provádějí. (Mělo by jít o různé živočichy. Pokud dospějete k názoru, že tento mechanismus využívá zebra, nevypisujte všechny různé zebry.)**

Jedná se o zlatušky (Cleptinae) a zlatěnky (Chrysidinae). Volvace je obranný mechanismus stočení se do kuličky, který praktikuje řada živočichů, jako jsou svinky, svinule, ježci, ježury, pásovci, luskouni, kruhochvosti a mnozí další.

*celkem 3,5 bodu  
za skupinu po 0,5 bodu  
za vysvětlení volvace 0,5 bodu  
za příklady živočichů po 0,5 bodu*

## Úloha 2: Zimní

Autor: Anna-Marie Buková

Počet bodů: 20

Letos to vypadá, že snad konečně přichází jaro, a tak si spousta našich živočichů může konečně vydechnout. Zima je pro živočichy docela velkou výzvou. Pomineme-li, že se většina z nich musí vypořádat s nedostatkem potravy, je pro ně nutné vyřešit i problém s klesající teplotou a zpomalením metabolismu. V živočišné říši se setkáme se dvěma základními skupinami adaptací na změny v teplotě prostředí. Vývojově starší jsou adaptace na kolísání vlastní tělesné teploty, těmi vývojově pokročilejšími pak adaptace pomocí mechanismů, které kolísání tělesné teploty zabrání. Během fylogeneze docházelo postupně k vývoji aktivní regulace vedoucí k lepší schopnosti udržení homeostázy. Živočichové, u kterých došlo v průběhu evoluce k vytvoření pokročilejších termoregulačních mechanismů, jsou schopni udržovat relativně stálou tělesnou teplotu, naproti tomu pak teplota živočichů, u kterých k vývoji těchto mechanismů nedošlo, do značné míry závisí na teplotě okolí.

**1. Jak se nazývají živočichové, kterým teplota těla kolísá? A jak ti, kteří si ji udržují relativně stálou?**

Živočichové, kterým teplota těla výrazněji kolísá, jsou tzv. poikilotermové. Opakem je homoitermie, homoiterm si udržuje relativně stálou tělesnou teplotu.

*celkem 0,5 bodu  
za každý termín 0,25 bodu*

**2. V souvislosti s tělesnou teplotou se objevují ještě další dva termíny, kterými popisujeme, zda je daný druh schopen si sám generovat teplo, nebo jestli pouze přijímá teplo z okolního prostředí. Které termíny to jsou? A jak byste popsali rozdíl mezi nimi a termíny z otázky 1.? Zkuste vytvořit dvojice, které ve většině případů popisují stejného živočicha. Zároveň zkuste vymyslet, kdy většinová shoda neplatí, a kdy živočich neschopný sám vytvářet teplo udržuje stálou teplotu svého těla.**

Druh schopný sám vytvářet teplo bývá označován jako endoterm, jeho opakem je ektoterm, který toho schopný není. Ve většině případů je homoiterm zároveň endotermem a poikiloterm ektotermem. Výjimkou jsou např. polární ryby, které si udržují stálou tělesnou teplotu přesto, že sami nejsou schopné vytvářet teplo (žijí v prostředí, které má stálou teplotu).

*celkem 1,5 bodu  
za pojmy a jejich srovnání 1 bod  
za příklad 0,5 bodu*

**3. Zkuste vymyslet alespoň tři mechanismy pasivní regulace.**

Pasivně lze tělesnou teplotu regulovat například chováním – shlukování do skupin, přesunem za sluncem a podobně. Dále toho lze docílit přizpůsobením tělesného povrchu (přítomnost srsti apod., specifická barva, tukové zásoby...). Někteří poikilotermové jsou díky přítomnosti speciálních proteinů v intersticiu schopni vytvářet extracelulárně krystalky ledu, ale zároveň nedojde k poškození jejich buněk díky přítomnosti kryoprotektivních látek v intracelulárním prostoru (setkáme se s tím např. u skokanů, ještěrky zední nebo pamloka sibiřského).

*1 bod*

**4. Jaký byste očekávali rozdíl mezi metabolismem živočicha s vyvinutou aktivní termoregulací a tím, který ji postrádá, při teplotách blízkých se ke spodnímu limitu přežití daného jedince?**

Homoiterm při teplotách blízkých se ke spodnímu limitu přežití zvýší metabolismus na maximum, naproti tomu poikiloterm má už metabolismus prakticky zastavený.

*1 bod*

**5. Jakým způsobem je možné zjistit aktuální hodnotu metabolismu např. myši? Zkuste obecně popsat, jak byste při měření postupovali (stačí myšlenková úvaha). V souvislosti s měřením metabolismu se setkáváme s tzv. respiračním koeficientem (RQ), který získáme jako poměr objemů vydýchaného CO<sub>2</sub> a přijatého O<sub>2</sub>. Normální RQ se pohybuje kolem hodnoty 0,82, ale závisí na poměrném zastoupení sacharidů, proteinů a lipidů v potravě. Proč tomu tak je? Zkuste odvodit RQ v případě, kdy dochází k oxidaci glukózy a v případě, kdy je oxidovanou látkou lipid, který vznikl z kyseliny stearové a glycerolu a na jeho vzniku se podíleli 3 molekuly této mastné kyseliny (budete potřebovat vyčíslené rovnice obou reakcí, nezapomeňte je uvést i ve svém řešení).**

Aktuální metabolismus nejčastěji měříme pomocí nepřímé kalorimetrie, kdy je měřena spotřeba kyslíku a zároveň i výdej oxidu uhličitého daným organismem. Hodnota RQ je potom podílem objemu vydechovaného CO<sub>2</sub> a spotřebovaného O<sub>2</sub>. Prakticky se využívá přístrojové měření, kde přístroj sám změří RQ a na jeho základě dopočítá aktuální hodnotu metabolismu. Myš by tak mohla být umístěna do komory, do které je přiváděno konstantní množství vzduchu s normální koncentrací O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> a na výstupu z komory je detekován rozdíl těchto koncentrací, z čehož lze dopočítat RQ.

Výsledný RQ je závislý na poměru makroživin v potravě, protože se pro jednotlivé látky liší, viz následující výpočty:

Výpočet RQ u oxidace glukózy:  $6 \text{ O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

$$\text{RQ} = V_{\text{CO}_2} / V_{\text{O}_2} = n_{\text{CO}_2} / n_{\text{O}_2} = 1/1 = 1$$

Výpočet RQ u oxidace 1,2,3-tristearoylglycerolu:  $2 \text{ C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 + 163 \text{ O}_2 \rightarrow 114 \text{ CO}_2 + 110 \text{ H}_2\text{O}$

$$\text{RQ} = V_{\text{CO}_2} / V_{\text{O}_2} = n_{\text{CO}_2} / n_{\text{O}_2} = 114/163 = 0,7$$

*celkem 5 bodů  
za design experimentu 2 body  
za každý z dějů (+ rovnice) 1,5 bodu*

**6. Bude hodnota RQ myši s cukrovkou vyšší, nebo nižší, než u zdravé myši? Vysvětlete proč.**

RQ se u myši s cukrovkou sníží – dochází k ovlivnění metabolismu sacharidů.

*0,5 bodu*

**7. Co byste zařadili mezi fyzikální termoregulační mechanismy a co mezi ty chemické? Uveďte od každého alespoň dva příklady.**

Mezi fyzikální termoregulační mechanismy patří např. přizpůsobení tělního povrchu – ať už např. přítomností kůže, srsti, peří nebo podkožního tuku, ale např. i vazokonstrikci v případě poklesu teplot a vazodilataci při jejím nárůstu. Dalším ze způsobů je i pocení, které se uplatňuje v případě, kdy se organismus potřebuje ochladit, stejně jako další mechanismy vedoucí k ochlazení organismu – vyzařování, vedení a proudění tepla. Stejně jako poikiloterm může i homoiterm regulovat svou tělesnou teplotu změnou chování (shlukování tučňáků). Mezi chemické termoregulační mechanismy řadíme třesovou a netřesovou termogenezi.

*1 bod*

**8. Chemické termoregulační mechanismy fungují na základě změn v metabolismu. Jak nazýváme hodnotu metabolismu organismu, který se nachází v klidu a ve svém teplotním optimu? A jak označujeme hodnotu metabolismu, při které už živočich není dále schopen pokrýt svou tepelnou ztrátu? Poměrem obou hodnot získáme tzv. metabolický kvocient. Zkuste odhadnout, jaký tento poměr řádově bude.**

Metabolismus organismu v klidu a za optimální teploty označujeme jako tzv. bazální metabolismus. Metabolismus, při kterém už není organismus dále schopný pokrýt svou tepelnou ztrátu, bývá označován jako vrcholový. Metabolický kvocient je výsledkem jejich poměru, řádově je vrcholový metabolismus cca 4x vyšší než bazální (samozřejmě závisí na konkrétním druhu, jedinci i jeho zdravotním stavu).

*1 bod*

**9. Mezi chemické termoregulační mechanismy patří třesová a netřesová termogeneze. Z čeho vzniká teplo v případě třesové termogeneze?**

Při třesové termogenezi je teplo výsledkem kontrakce příčně pruhovaných svalů (dochází ke štěpení ATP).

*0,5 bodu*

**10. Netřesová termogeneze je většinou primárním způsobem vytváření tepla v organismu. Jaký hormon se při jejím zahájení uplatňuje?**

Uplatňuje se hlavně noradrenalin.

*0,5 bodu*

**11. Jednou ze tkání, ve které dochází k netřesové termogenezi je tzv. hnědý tuk. U jakých živočichů byste ho hledali? Jaký protein se nachází na membránách mitochondrií buněk hnědé tukové tkáně? A jakým mechanismem působí?**

Hnědý tuk nalezneme u mláďat všech savců, ale i dospělců z řad hibernantů nebo drobnějších savců, kteří mají vzhledem ke své velikosti poměrově větší povrch těla, a tak snáze ztrácí teplo. U člověka bychom ho našli pouze u miminek. Buňky hnědé tukové tkáně mají zvláštní mitochondrie, pro které je charakteristická přítomnost termogeninu (UCP proteinu) v membráně. Termogenin je schopný odpřáhnout oxidaci od fosforylace, čímž se energie uvolňuje přímo bez vazby na ATP.

*1 bod*

**12. Kterí zástupci střeoevropské fauny patří mezi pravé hibernanty a kteří mezi nepravé? Uveďte od každého alespoň dva příklady.**

Mezi pravé hibernanty patří např. ježek nebo svišť, mezi ty nepravé jezevec a medvěd.

*0,5 bodu*

**13. Co může být výhodou nepravé hibernace proti té klasické? A co naopak může být nevýhodou?**

Výhodou může být lepší snášení kolísajících teplot během zimy – probuzení je pro pravého hibernanta energeticky daleko náročnější a pokud znovu usne, nemusí mít dostatek energie na to, aby se znovu probudil. Nevýhodou je např. menší úspora energie.

*celkem 2 body*

*výhody i nevýhody po 1 bodu*

**14. Letošní únor byl mimořádně teplý. Bude to mít vliv na naše hibernanty, nebo i teplejší zimu v klidu zaspí? A co se může stát, pokud by po teplejší zimě znovu začalo mrznout? Diskutujte tuto možnost pro pravou i nepravou hibernaci.**

Na hibernanty teplejší zima vliv mít může, vlivem rostoucí teploty může dojít k probuzení z hibernace. Pokud k tomu dojde např. u ježka, je pro něj další mráz nebezpečím – pokud by znovu hibernoval a neměl by dostatek energie na další probuzení, uhynul by. Naproti tomu nepravému hibernantovi neklesá zásadním způsobem metabolismus, takže pro něj není proces probuzení zdaleka tolik vysilující.

*2 body*

**15. Seřad'te následující živočichy podle toho, jak moc jsou ohroženi mírnou zimou s následným výrazným ochlazením. Živočichy řad'te podle klesajícího rizika. Vysvětlete, jak jste ke svým závěrům došli.**

**jezevec – ježek – svišť – veverka**

ježek > svišť > jezevec > veverka

Ježek je ohrožen nejvíce, je stejně jako svišť pravým hibernantem, ale zimuje v nadzemním úkrytu, takže je v těsnějším kontaktu se vzrůstající teplotou okolí. Jezevec je nepravý hibernant, veverka naproti tomu nehibernuje.

*celkem 2 body  
za seřazení 1 bod  
za vysvětlení 1 bod*

**Úloha 3: Sekvence DNA a její význam pro moderní taxonomii a fylogenetiku**

Autor: Albert František Damaška

Počet bodů: 25

K poznání světa byla vždy velmi významná znalost organismů, které ho obývají. Abychom mohli organismy zkoumat a přemýšlet o nich v kontextu, je třeba vědět, které vlastně existují – a tušit, jaké jsou mezi nimi příbuzenské vztahy. Druhý fenomén, tedy příbuzenské vztahy mezi jednotlivými druhy a vyššími systematickými skupinami organismů, zkoumá fylogenetika, a jako taková mohla vzniknout až v druhé polovině 19. století. Právě tehdy totiž první myslitelé (v čele s Charlesem Darwinem a Russellem Wallacem) přišli s myšlenkou, že všechny organismy na světě pochází z jednoho společného předka, a jsou si tedy všechny nějak příbuzné. Naopak popis organismů a jejich pojmenování, tedy taxonomie, je disciplínou daleko starší. V současné podobě existuje už od poloviny 18. století, kdy švédský botanik Carl Linné vymyslel přehledný způsob rozřazení druhů organismů do taxonomických kategorií (druh, rod, čeleď, řád, třída, kmen a podobně) a pro každý druh pak zavedl jednoduché označení pomocí dvou jmen, kdy jedno je vlastní rodu (vyšší systematické jednotce než druh), do kterého organismus náleží, zatímco druhé je v rámci daného rodu vlastní pouze příslušnému druhu.

**1. I před Linnéem měly samozřejmě organismy svá jména, přestože v jejich pojmenování byl značný nepořádek. Pojmenování živých jsooucn je totiž potřeba nejen pro vědce, kteří je studují, ale do značné míry i pro všechny ostatní lidi. Pojmenování organismů mohli vnímat lidé jako součást lidského poslání už dávno před naším letopočtem. Pokuste se ve vám dobře známých literárních pramenech najít co nejstarší text, který vyzývá lidi k pojmenování a klasifikaci organismů.**

např. Bible, Genesis, kde Bůh dává Adamovi za úkol pojmenovat živé tvory

*0.5 bodu*

**2. Přestože sekvence DNA není pro systematiku organismů nikterak všespásná, a bylo by chybou úplně zapomenout na morfologii, mají genetické znaky oproti morfologickým několik značných výhod. Jmenujte alespoň dvě výhody molekulárních znaků oproti morfologickým a svůj názor vysvětlete.**

bývají selektivně neutrální, dají se srovnávat i u morfologicky zcela nepodobných organismů (např. eukaryoty) či u organismů, které žádnou morfologii nemají (kvasinky), snáze se kvantifikují, jejich získání nevyžaduje přílišnou zkušenost, dají se skládat elektronicky, je jich mnohem více, než morfologických znaků

*1,5 bodu*

**3. Jaké lokusy se obvykle používají pro DNA barcoding u živočichů, a jaké u rostlin? Zjistěte nejen, o které konkrétní geny se jedná, ale uveďte také, zda se jedná o geny jaderné, mitochondriální či plastidové.**

živočichové – 1. podjednotka cytochrom c oxidázy (cox1), eventuálně u obratlovců i ND5 (nekodující úsek na mitochondrii) nebo cox2 (vše mitochondriální geny)

rostliny – rubis-c-o (plastidový gen)

*1 bod*

**4. Proč Bioslav nepoužil k PCR rovnou kousek párku? Vysvětlete, v čem je lepší DNA izolovat ze vzorku přímo namísto použití kousku materiálu (přestože i to může fungovat).**

DNA v extraktu je kvalitnější, není namotána na histonech, není v buňkách, extrakt neobsahuje funkční proteiny (třeba nukleázy), párek navíc obsahuje soli, které by mohly znemožnit průběh PCR

*1 bod*

**5. Jakým způsobem zjistil Bioslav, že PCR proběhla úspěšně a podařilo se amplifikovat produkt? Jakou metodu sekvenace DNA použili v sekvenační laboratoři pro zpracování vzorků, které Bioslav poslal? Stručně vysvětlete, jak obě metody fungují.**

K ověření úspěchu reakce slouží elektroforéza. – Vzorek z PCR reakce je nanesen na gel a následně díky zápornému náboji DNA prochází v elektrickém poli pomalu gelem; pokud je přívod elektřiny včas přerušen, zůstane produkt uvnitř gelu, při-

čemž kratší úseky budou kladné elektrodě blíže než delší; následně jsou pruhy na gelu vizualizovány pod UV zářením, kde DNA svítí díky fluorescenční barvě obsažené v gelu, která se váže na DNA.

V sekvenační laboratoři použili Sangerovu sekvenační metodu, při které se po pročištění produktu první PCR reakce provede další PCR, kdy ovšem reakce obsahuje nukleotidy, které prodlužování řetězce zastaví, jsou-li připojeny, a zároveň jsou fluorescenčně značeny (každý jinou barvou); reakce běží tak dlouho, dokud nevznikne dostatek produktů od každé z možných délek, a následně je provedena elektroforéza v kapiláře, ze které snímač odečte proužky fluoreskující vždy barvou příslušného nukleotidu, čímž se přečte postupně kompletní sekvence fragmentu.

4 body

**6. Hned na začátku druhé sekvence vypadá na první pohled několik pozic zvláště – místo písmen označujících baze DNA zde máme několikrát písmeno N. Co to znamená?**

N znamená, že nukleotid na této pozici se nepodařilo osekvenovat – nevíme tedy, co se na pozici nachází

0,5 bodu

**7. Pomocí nástroje BLAST vyhledejte v databázi GenBank, z jakých organismů byl vyroben párek, jehož neobvyklá chuť přiměla Bioslava k analýze DNA.**

seq1 – sója (*Glycine max*)

seq2 – myš domácí (*Mus musculus*)

1 bod

**8. Abychom mohli vůbec sekvence srovnávat, je nutné nejprve ze všech sekvencí, které máme pro analýzu k dispozici, provést tzv. alignment. Zjistěte, co to je, a proč je to tak nesmírně důležité. U kterých úseků DNA bude nejspíš alignment jednoduchý, a u kterých naopak složitý?**

alignment představuje seřazení sekvencí k sobě tak, aby si jednotlivé pozice vzájemně odpovídaly, tedy abychom vždy srovnávali homologické (ty samé) pozice v rámci genomu; pokud je alignment chybný, je od počátku chybná i celá analýza, protože vůbec nesrovnáváme stejné znaky mezi sebou; jednoduše se alignují protein-kodující geny, kde nejsou časté inserce ani delece a relativně málo mutují, naopak špatně se alignují repetice a nekódující úseky, kde jsou časté masivní mutace

2 body

**9. Popište, jaké vlastnosti by například měl mít gen, který ponese fylogenetický signál. Při rozhodování pomněte veličiny, jako je mutační rychlost, samotný vzhled sekvence (z jakých je bází) či třeba selekční tlak, pod kterým gen je.**

neměl by být pod silným selekčním tlakem, neměl by mutovat extrémně pomalu (aby zde vůbec nějaké substituce byly, případně aby fylogeneze tohoto genu nebyla příliš pozadu za fylogenezí celých organismů – incomplete lineage sorting) ani extrémně rychle (aby nevznikl šum a substituční saturace, případně aby vůbec bylo možné sekvence alignovat), neměl by obsahovat příliš repetice (jsou náchylné k sekvenační chybě, hodí se třeba k vnitrodruhovým fylogenezím či určování paternity, ale ne pro mezidruhové fylogenetické analýzy), měl by být bohatý spíše na G-C páry než A-T páry, neměl by být výrazně pozměněn např. horizontálním genovým transferem

2 body

**10. Vzhledem ke struktuře a funkci DNA nejsou všechny záměny stejně pravděpodobné – k některým dochází zkrátka mnohem snáze a častěji, než k jiným. Před sebou vidíte alignment dvou sekvencí, ve kterém je vyznačeno několik záměn, ke kterým během evoluce obou organismů došlo. Sekvence jsou protein-kodující, první pozice v alignmentu je zároveň první pozicí v kodonu. Seřad'te záměny od nejpravděpodobnější po nejméně pravděpodobnou a své rozhodnutí vysvětlíte. Při rozhodování nezapomeňte použít tabulku genetického kódu.**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

A C C G T A G T C T T G A G G

A C T G T T C T C T A G A G C

3 (transice na třetí pozici – nejpravděpodobnější substituce) – 6 (transverze na třetí pozici, je méně pravděpodobná než tranzice, ale nemění aminokyselinu) – 7 (substituce v první pozici, mění aminokyselinu) – 11 (substituce, která mění kodon pro aminokyselinu na stop-kodon, tedy úplně zastavuje expresi zbytku genu – jedna z nejméně pravděpodobných substitucí)

3 body

**11. Sekvenace celých genomů probíhá výrazně jiným způsobem než sekvenace jednotlivých lokusů DNA. Jmenujte 2 z metod sekvenace DNA, které se v současnosti používají k sekvenaci celých genomů. Která z těch, které jste jmenovali, je v současnosti nejlevnější?**

např. Illumina (dnes asi nejlevnější varianta), SMRT, IonTorrent, PacBio, Oxford Nanopore...

1,5 bodu



12. Pokud zkoumáme fylogenezi skupiny s malým počtem druhů (jako jsou například medvědi), je nejlepší sampling takový, kdy do analýzy zahrneme data ze všech známých druhů. Pokud však zkoumáme skupinu komplikovanější, s větším až obřím počtem druhů (jako jsou například mandelinkovití brouci, motýli, cévnaté rostliny či eukaryota) zařadit všechny známé druhy je nejen technicky nemožné, ale mohlo by to do analýzy dokonce vnést šum. Představte si, že jste od školitele dostali za úkol ve své diplomové práci rámcově zjistit fylogenezi tesaříkovitých brouků (Cerambycidae). Klasická systematika této skupiny je velmi dobře zpracována a na základě dostupných informací se zdá, že všechny hlavní skupiny tesaříků by mohly být monofyletické. Protože jste ale dostali za úkol provést analýzu fylogeneze na základě sekvencí celých genomů (což je velmi drahé) a máte jen omezený rozpočet, můžete do své analýzy zařadit jen 10 druhů. Pokuste se navrhnout, které druhy tesaříků do analýzy zařadíte. Nebojte se, pokud neznáte systematiku tesaříků – její přehled najdete například zde <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id10991/>. Vysvětlíte, proč jste zvolili právě ty druhy, které jste zvolili.

klíč k správnému řešení je zvolit zástupce z každé z podčeledí tesaříků, přičemž ideálně aspoň dva fylogeneticky vzdálené druhy z každé podčeledi, u diversifikovaných podčeledí pak i více

4 body

13. Bioslav získal v letošním roce mnoho výzkumných grantů, ale nemožnost během koronavirové krize vycestovat do tropů způsobila, že bude mít problém rozpočet utratit. Jelikož neutracený rozpočet vadí grantové agentuře mnohem více než rozpočet utracený na něco jiného než původní výzkumný cíl, rozhodl se Bioslav v rámci karanténní prokrastinace zjistit fylogenezi pásnic (Nemertea), jejichž vzorky měl ze svých zámořských cest již dlouho v mrazáku. Když Bioslav z pásnic získal potřebná genetická data, začal se rozhodovat, jakými outgroupy skupinu zakoření. V nabídce měl genetická data z následujících organismů: háďátko (*Caenorhabditis elegans*), hlemýžď zahradní (*Helix pomatia*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), bakterie *Escherichia coli*, žížala obecná (*Lumbricus terrestris*), mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*), člověk (*Homo sapiens*), koronavirus SARS-CoV-2, trepka velká (*Paramecium caudatum*). Z těchto organismů si vybral dva. Které z nabízených organismů si Bioslav pro zakoření fylogeneze pásnic zvolil a proč jsou ostatní organismy nevhodné? Co by se mohlo stát, kdyby Bioslav zvolil pro zakoření své fylogeneze některý z nich?

hlemýžď a žížala – stejně jako pásnice patří mezi Lophotrochozoa. ostatní organismy jsou výrazně méně příbuzné, takže i výrazně vzdálené co se týče vzhledu genomu, při jejich použití jako outgroupu tak jejich linie sedne do fylogeneze pásnic spíše náhodně a chybně (pokud genomy vůbec půjdou srovnat, např. u koronaviru to nejspíše prakticky vůbec nebude možné)

2 body

14. Najděte a vysvětlíte nějaký evoluční fenomén, který v historii nějaké linie mohl vést k tomu, že molekulární systematika nepovede k plnému rozřešení fylogeneze.

extrémně rychlá radiace v minulosti, silný vliv horizontálního genového transferu (třeba u bakterií), hybridizace, polyploidizace, zásah mimozemšťanů

1 bod

#### Úloha 4 (experimentální): Tam za vodou v rákosí

Autor: Tereza Štochlová

Počet bodů: 20

Nedílnou součástí biologické práce je i pobyt v terénu. Všechny ty zajímavé druhy a biologické procesy se totiž vyskytují tam venku, v přírodě. Je tedy na čase obléknout terénní oblečení a zamazat se od bláta. Doslova, protože v této úloze se zaměříme na obojživelníky. Na jejich příkladu si ukážeme, jak může vypadat práce terénního biologa, ekologa nebo ochránce přírody při mapování zájmových druhů, a ukážeme si některé užitečné nástroje, které se při záznamech rozšíření druhů používají.

1. Proč? Uveďte jeden důvod, proč jsou obojživelníci vhodnými bioindikátory, a jeden způsob, kterým jsou prospěšní člověku.

Obyvají během roku více různých prostředí; jejich kůže je citlivá ke znečištění. Požirají škůdce, jako jsou plži nebo dokonce hlodavci, larvy komárů; dále jsou používáni ve výzkumu.

celkem max. 1 bod

za vysvětlení bioindikátorů 0,5 bodu

za využití člověkem 0,5 bodu

I přesto, že jich není mnoho, je složité od sebe některé druhy poznat – a to zejména takové druhy, které se mezi sebou kříží. Jde především o zelené druhy skokanů (rod *Pelophylax*) s úzkou vazbou na vodu i v dospělosti – skokana zeleného (*P. esculentus*), skokana skřehotavého (*P. ridibundus*) a skokana krátkonohého (*P. lessonae*).

2. **Jak konkrétně se mezi sebou výše zmíněné druhy skokanů kříží? Které z nich jsou rodičovské druhy? Jak je možné, že se populace vzniknuvšího hybrida jsou schopny udržovat i při zpětném zkřížení s rodičovským druhem (nápověď: souvisí s gametogenezí)?**

Skokan zelený (*P. esculentus*) je hybridem skokana skřehotavého (*P. ridibundus*) a skokana krátkonohého (*P. lessonae*). Samice skokana zeleného umí dělat tzv. hybridogenezi, kdy je při produkci pohlavních buněk eliminována chromozomová sada od otce a ve vajíčku se tak vyskytují chromozomy pouze matky. Po spáření se stejným druhem, jako byl otec, tedy pak dochází ke stejnému křížení jako původně, a vzniká znovu klasický skokan zelený.

*celkem max. 2 body  
za každý rodičovský druh 0,5 bodu  
za vysvětlení hybridogeneze 1 bod*

3. **Který z našich druhů obojživelníků tráví v dospělosti celý rok na souši a do vody pouze klade?**

Je to mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*).

*celkem max. 0,5 bodu  
za mloka 0,5 bodu*

4. **Jaké další vlivy ohrožují obojživelníky? Uveďte dva.**

Jedná se např. o ničení vhodných biotopů, nadměrnou rybní osádku, znečištění krajiny, celosvětově také chytridiomykózu.

*celkem max. 1 bod  
za každý důvod 0,5 bodu*

K tomu, abychom mohli určit, kde všude jsou zájmové druhy rozšířeny, slouží mapování. Mapování bývá většinou krátkodobější a jde spíše o jednorázová pozorování. Naproti tomu více do hloubky jde monitoring, při kterém se dané druhy sledují dlouhodobě, lokality jsou navštěvovány opakovaně a důraz je kladen i na početnost jednotlivých populací.

5. **K čemu jsou data získaná mapováním a monitoringem vhodná? Zamyslete se a napište jeden praktický výstup toho, k čemu tato data mohou být využita.**

Díky údajům o rozšíření a početnosti populací mohou být efektivněji vybrána ta stanoviště, která je potřeba chránit.

*celkem max. 1 bod  
za důvod 1 bod*

6. **Ne všechny druhy obojživelníků však lze bezpečně určit pouze neinvazivními metodami mapování (ať už pozorováním, nebo po hlase). U které skupiny obojživelníků je potřeba s živočichy blíže manipulovat, aby bylo možné jednoznačně určit druh?**

Jsou to čolci.

*celkem max. 0,5 bodu  
za správnou odpověď 0,5 bodu*

7. **Co je nutné při mapování dodržet, abychom mezi sebou mohli navštívené lokality porovnávat z hlediska početnosti místních populací jednotlivých druhů? Uveďte alespoň dvě takové zásady.**

Pokud lokalitu neprojdeme kompletně celou, tak je třeba dodržet stejnou délku linie, po které jdeme. Dále je třeba lokality navštívit za obdobného počasí, mapováním zde strávit stejnou dobu a také porovnávat mezi sebou lokality, které jsme navštívili ve stejném období sezóny.

*celkem max. 1 bod  
za každou zásadu 0,5 bodu*

8. **Nyní tedy již k praktickému aspektu této úlohy. Navštivte pět mokřadních lokalit ve vašem okolí (např. tůň, rybníky), na kterých se vyskytují obojživelníci, a zaznamenejte, jaké druhy obojživelníků a v jaké početnosti jste zde pozorovali. Všechna pozorování zanechte do aplikace BioLog (<https://biolog.nature.cz/biolog/cz>), spravovanou Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. Aplikace bohužel není dostupná pro iOS, ale pozorování jdou vložit i zpětně přes počítač. Jako výsledek odevzdejte standardní laboratorní protokol, který bude obsahovat hlavičku (název úlohy, vaše jméno, datum vypracování), teoretický úvod (tedy krátké shrnutí povídání z této úlohy), pomůcky, postup práce (stačí velmi stručně, v bodech), samotné vypracování (tedy odpovědi na teoretické otázky a zpracování praktické části úlohy, viz dále) a závěr (stručně shrnutí výsledků).**

Vypracování praktické části úlohy bude obsahovat:

1) tabulku, ve které bude uvedeno místo a datum nálezů, druh (případně alespoň rod), stádium a počet jedinců/snůšek (případně odhad), metoda (pozorování/poslech), autor – viz tabulku 1, případně můžete doplnit i další relevantní informace, např. počasí, denní dobu;

2) fotodokumentaci – z každého navštíveného místa alespoň jednu fotografii, buď přímo daných jedinců obojživelníků, pokud se nepodaří, tak alespoň fotografii dané lokality, všechny fotografie budou řádně označené (co je na fotografii, kde bylo foceno, autor);

3) mapu se zanesenými body pozorování – screenshot z aplikace BioLog, nebo můžete také využít schopností nabytých v úloze 8-2-4 a pozorování zanést do QGISu, případně použít Moje mapy na Google nebo mapy.cz

Druh	Autor	Datum	Lokalita	Souřadnice	Počet	Stádium	Metoda
kuňka obecná ( <i>Bombina bombina</i> )	T. Štochlová	10.5.2022	EVL Rokycany – vojenské cvičiště	N 49.725806° E 13.582472°	8	jedinci	pozorování
skokan sp. ( <i>Pelophylax</i> spp.)	T. Štochlová	12.5.2022	rybník Labutinka, Osek	N 49.780278° E 13.58825°	10 + 5	jedinci + snůšky	poslech + pozorování

Tabulka 1: Příklad vyplněné tabulky pozorování. Pokud nebudete schopni určit druh, vyplňte alespoň rod, tak jako je zde u druhého pozorování. Pokud nebudete schopni určit přesný počet jedinců, запиšte alespoň odhad. Sloupec se souřadnicemi je nepovinný – přesná poloha je důležitá, ale budete ji již zanášet do aplikace BioLog.

*celkem max. 10 bodů  
za pozorování z každé lokality 1 bod  
za fotografii z každé lokality 0,5 bodu  
za mapu s body 0,5 bodu  
za zpracování ve formě protokolu 2 body*

9. Určitě narazíte i na nějakou lokalitu, kde žádné obojživelníky nenaleznete. Zamyslete se nad možnými důvody, proč místo pro obojživelníky není vhodné, a krátce to v odpovědi vysvětlete. V případě, že jste objevili pouze lokality, kde se obojživelníci vyskytovali, zamyslete se obecně nad tím, proč mohou být některé vodní plochy pro obojživelníky nevhodné.

Mohou to být například strmé (vybetonované) břehy, přílišná rybní osádka, špatná dostupnost (bariéry kolem stanoviště), znečištění či eutrofizace vody.

*celkem max. 1 bod  
za vysvětlení 1 bod*

10. To, že nalezneme jedince obojživelníků v nějakém vodním tělese ještě nutně neznamená, že je tato lokalita pro obojživelníky vhodná. Kdy můžeme mluvit o tom, že se zde obojživelníkům dobře daří – respektive, jak to můžeme potvrdit?

Lokalitu navštívíme znovu později v sezóně a sledujeme, zda se zde úspěšně vyvíjejí i larvy.

*celkem max. 1 bod  
za vysvětlení 1 bod*

11. To, že jste některé druhy na vámi navštívených lokalitách nezastihli, ještě nemusí znamenat, že se zde vůbec nevyskytují. Je pravděpodobné, že některé druhy pouze unikly vašemu pozorování. Uveďte dva nedostatky této praktické úlohy, které to mohly zapříčinit.

Může to být špatnou dobou návštěvy v sezóně (byli jsme zde příliš brzo), dále tím, že proběhla pouze jedna návštěva lokality během roku. Další důvody, které mohly zapříčinit to, že druh nebyl zaznamenán, je provedení pouze vizuálního pozorování a pouze jedné návštěvy v rámci dne.

*celkem max. 1 bod  
za každý nedostatek 0,5 bodu*

## Úloha 5 (seriálová): Smrt člověka

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 21

Smrt člověka fascinovala od nepaměti. Jednak proto, že čeká každého bez rozdílu, jednak proto, že nikdo neví, co bude potom, až se dostane „na druhý břeh“. A proto si různé kultury napříč věky vymýšlely různé scénáře, které mohly duši po smrti potkat, ať už se jedná o vikingskou Valhalu, egyptskou zemi mrtvých či křesťanské nebe. Nicméně i procesy, které se dějí s tělem po smrti, vyvolávaly v lidské mysli odjakživa značné znepokojení a zároveň fascinaci. Již od pravěku bylo známo, že se tělo po smrti do značné míry mění a to do ne zrovna pěkné podoby. To vedlo k vytvoření neméně zajímavých historek o upírech, zombiích, čarodějnicích a vlkodlacích. Autor této úlohy samozřejmě netuší, kam se odebere dušička zemřelého člověka, ale pokusí se objasnit alespoň to, jaké procesy se dějí s tělem poté, co dojde k tzv. ireverzibilní smrti.

1. V teplovodní rouře bylo v listopadu nalezeno tělo 50letého neznámého muže. Tělo silně zapáchalo, mělo tmavě zelenou barvu, přičemž z dutiny ústní čněl jazyk a odcházela hnědočervená tekutina. Obličej muže byl výrazně oteklý, černý, genitál byl silně oteklý, kůže na břiše byla napjatá a tvořily se na ní puchýře.

a. Zkuste odhadnout, jak dlouho je muž po smrti.

Vzhledem k tomu, že se již tvoří puchýře na kůži, která je již celá infiltrována sulfohemoglobinem a došlo již k rozvoji podkožního emfysemu, muž zemřel asi před dvěma až třemi týdny.

1 bod

b. Jaké zevní faktory se budou podílet na rozkladu těla v dané době nejvíce?

Nejistota pramení především z toho, že se nacházel v okolí teplovodu, tedy v místě s vyšší teplotou proti okolí a tudíž rozklad mohl být takto urychlen. Zároveň ale je v okolí pravděpodobně nižší teplota, protože je listopad, což může vést ke zpomalení rozkladných procesů. Záleží na aktuálním vytižení teplovodního potrubí.

Dále je pravděpodobné, že vzhledem k umístění těla na nepřístupném místě zabrání přístupu megafauny a období vegetačního klidu v listopadu bude mít vliv na absenci hmyzu, který by rozklad těla uspišil.

2 body

c. Dá se určit příčina smrti? Jaké příčiny by mohly být i v tomto stavu patrné. Jaké naopak zjistit nelze?

Příčina smrti se bude prokazovat obtížně. Orgány mají v tomto stavu již velmi pozměněnou vnitřní strukturu a smrt z interních příčin (tedy nádory, infarkt myokardu, cévní mozková příhoda, infekce...) se prakticky prokázat nedají. Stejně tak se obtížně prokazují otravy, především alkoholem. Naproti tomu stále lze identifikovat stavy spojené s velkými krevními výrony, traumata kostí, případně vdechnutí anorganických předmětů (zvratky prokázat nelze). Rovněž lze identifikovat kovové předměty v těle (především kulky) a uškrcení.

2 body

2. Na lovecké chatě bylo objeveno tělo 60letého muže. Muž byl v době smrti oblečen v myslivecké kamizole, seděl na posteli, v ruce držel brokovnici, kterou měl vsunutou do úst. Z nosu a z pravého ucha vytékala krev. Kaluž krve byla rovněž na koberci u postele, pod tělem.

a. Jak se nazývá posmrtná strnulost, ve které bylo nalezeno tělo.

Kataleptická ztuhlost

1 bod

b. Proč tělo zůstalo v této pozici?

Výstřelem z brokovnice došlo k poranění mozkového kmene, což se projeví právě takto.

1 bod

c. Tento typ posmrtné ztuhlosti nejvíce proslavila jedna historická událost, při které došlo ke katastrofě obrovských rozměrů s velkými ztrátami na životech. Oběti této události byly o mnoho set let později konzervovány sádrou, což vedlo k uchování jejich těl v pozici, při které zemřely. O jakou událost se jedná. Proč se vyvinul tento typ strnulosti?

Jedná se o výbuch sopky Vesuv v roce 79 n.l. a zničení měst Pompeje a Herculaneum. Oběti této události zemřely náhle, vdechnutím pyroklastického plynu se jim prakticky náhle vypařily plíce a smrt mozku byla okamžitá. To vedlo k rozvoji kataleptické ztuhlosti. Zároveň byla jejich těla konzervována sopečným popelem, což zabránilo následnému povolení posmrtné ztuhlosti a zhroucení těl do ležící pozice.

2 body

3. 80letá žena byla nalezena ve svém podkrovním bytě mrtvá. Identifikaci těla se podařilo provést pouze na základě občanského průkazu. Tělo bylo nalezeno vedle postele, na břiše, obličejem dolů, se zapřenými horními končetinami. Pravá dolní končetina byla jasně defigurována v nefyziologickém postavení a zkrácena proti levé. Kůže zemřelé byla suchá, temně šedá a pevně lpěla na kostech pánve a žeber. Kontura těla byla zachovalá, ale tělo bylo celkově vyschlé, vážilo 5 kg.

a. K jakému procesu u mrtvé po smrti došlo?

Jedná se o mumifikaci

1 bod

b. Dá se provést pitva?

Nedá

1 bod

**c. Kde byste hledali vnitřní orgány u této zemřelé?**

Vzhledem k tomu, že žena nezemřela ve standardní pozici na zádech, ale na břiše a byla v této pozici mumifikována, dá se předpokládat, že zbytky orgánů se budou nacházet na břiše a v hrudním koši. Ne u páteře, jak bývá u mumií zvykem.

1 bod

**d. Jak dlouho řádově je žena pravděpodobně po smrti?**

Jedná se o roky. Minimálně 2-3 roky, ale může to být i déle. Přesná doba smrti nelze stanovit.

1 bod

**e. Na základě uvedených skutečností zkuste zrekonstruovat, co se před smrtí ženě stalo. Proč nakonec zemřela?**

Žena pravděpodobně upadla při vstávání nebo uléhání do postele a zlomila si pravou dolní končetinu v krčku stehenní kosti. Je možné, že ztratila vědomí v důsledku srdeční arytmie, infarktu myokardu nebo mrtvice, ale také je možné, že jen zakopla o přezuvky. V tomto stavu těla toto není možné stanovit. Pravděpodobně došlo po pádu k obnově vědomí, pokud o něj vůbec přišla, protože podle pozice horních končetin- jejich zapřením- se dá usuzovat, že se pokoušela postavit nebo doplazít pro pomoc. To se jí nepovedlo, a tak zemřela v důsledku dehydratace.

2 body

**4. Na standardním oddělení nemocnice byla nalezena 75 letá pacientka v 8 hodin ráno jinou pacientkou na toaletě mrtvá. Tělo bylo zapleteno do radiátoru, vzhledem k již vyjádřené posmrtné ztuhlosti bylo nutné topení odinstalovat instalatérem. Přivolaný ošetřující lékař pouze zkonstatoval smrt a snažil se zjistit, kdy k události došlo. Sesterská směna se střídá na pracovišti v hodin ráno, proto kontaktoval noční sestru. Ta tvrdila, že s pacientkou mluvila v 6 hodin ráno, když jí dávala ranní medikaci.****a. Věřili byste sestře, že s pacientkou v 6 ráno mluvila? Kdy si myslíte, že pacientka zemřela. Jak byste si ověřili pravdivost jejich slov na místě nálezů.**

Lékař by jí velmi pravděpodobně nevěřil. Takto vyjádřená posmrtná ztuhlost se rozvíjí nejdříve za 6 -12 hodin. Pacientka by tedy zemřela někdy mezi 20:00 -2:00, tedy prakticky po celou dobu trvání noční směny, která nastupuje v 19:00, což by znamenalo, že sestra po celou dobu svojí služby pacientku ani jednou neviděla a měla by velký problém.

Nicméně pravdivost jejich slov by šlo ověřit prostým dotykem na tělo. Vzhledem k tomu, že ke smrti došlo v místnosti, chladnutí těla by bylo cca o 1°C za hodinu. Pokud by zemřela před 2 hodinami, tělo by bylo ještě teplé. Samozřejmě je nutné nařídít pitvu, protože se jedná o neočekávané úmrtí.

2 body

**b. Pokud mluví sestra pravdu, jaký nález byste předpokládali při nařízené pitvě?**

Plně vyjádřená posmrtná ztuhlost v okamžiku smrti nastává pouze u kataleptické strnulosti. Ta je podmíněna náhlou destrukcí mozkového kmene. Pokud by pacientka skutečně v 6 ráno ještě žila, jediným vysvětlením je těžký úraz hlavy s poraněním mozkového kmene, což je při pádu na radiátor sice nepravděpodobné, ale vyloučit to nelze. Nebo je možné, že měla cévní mozkovou příhodu s krvácením do hlavy, které nebude na první pohled patrné.

2 body

**c. Jaké faktory mohou hrát roli v akceleraci posmrtné ztuhlosti.**

Urychlení posmrtné strnulosti mohou urychlit jednak léky, které užívala. Zároveň nevíme, proč byla vlastně hospitalizována- například infekce by rovněž urychlila rozvoj ztuhlosti. Není pravděpodobné, že by 75 letá seniorka oplývala nadměrnou muskulaturou, ale i ta by se mohla podílet na urychlení ztuhlosti.

Zároveň, v našem případě figuruje radiátor. Pokud by byla zima a topení by bylo zapnuté, rovněž by to vedlo k urychlení posmrtné ztuhlosti.

2 body

