

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 8

Série 1

Milé řešitelky, milí řešitelé,

je mi velkým potěšením Vám nyní představit 1. sérii letošního 8. ročníku Biozvěstu. Autorský tým se letos opět mírně obměnil a obohatil o novou krev; s novými autory se brzy seznámíte v jejich úlohách. Seriálové (vždy páté) úlohy se budou letos týkat **MIGRACE**. V této sérii je seriálová úloha zaměřena na migraci ptáků. Těšit se ale můžete i na úlohu pojednávající o biomembránách či vytvoření si etogramů v úloze praktické. Zabrousíme též do dnes velmi aktuální tématiky Covidu-19 a společně s medvídkem Pú odhalíme záhadu bezhlavého rytíře.

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 řešení 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, skupina „Biozvěst“](#), kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti.

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. **8-1-2-Bioslav_Biomilný** v případě páté úlohy čtvrté série aktuálního ročníku. Moc nám pomůže, když uvedený zápis dodržíte (na jeho základě si došlá řešení filtrujeme).

Uzávěrka 1. série: pondělí 7. 12. 2020, 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 určitou bodovou penalizací.

Penalizační týden končí vydáním autorského řešení pro 1. sérii na našich stránkách a po této chvíli již nelze přijímat Vaše řešení. **Autorské řešení bude zveřejněno 15. 12. 2020.**

Vyhodnocení vašich řešení dostanete e-mailem.

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**; překopírování 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 směrujte 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.

A pokud byste chtěli zažít ještě více biologie, doporučujeme

jedno z pravidelných soustředění pořádané naším spřáteleným spolkem Arachne. Více informací naleznete zde <http://arach.cz/>
Biodiverzité a řešení Biozvěstu zdar!

za kolektiv autorů Biozvěstu

Eliška Pšeničková

Úloha 1: Biomembrány

Autor: Václav Bočan

Počet bodů: 19

První úloha se bude věnovat samozřejmě, ale přesto fascinující biologické struktuře – membráně. Membrány jsou univerzálně přítomné u všech známých forem života (pokud nepovažujeme viry za živé). Vykonnávají řadu funkcí, protože mají řadu unikátních vlastností. Pojďme je společně prozkoumat.

1. Základním stavebním kamenem biomembrán jsou fosfolipidy. Právě fosfolipidy mohou tvořit membrány, protože struktura jejich molekul se vyznačuje jednou důležitou vlastností ve vztahu k molekulám vody. Popište tuto interakci fosfolipidu s vodou vyplývající ze struktury a pojmenujte ji termínem.
2. Nakreslete molekulu fosfolipidu, který vznikne spojením glycerolu, kyseliny fosforečné, kyseliny stearové, kyseliny dokosaheptaenové a cholinu. Barevně vyznačte atomy podle jejich původu z výchozích molekul.
3. Jaký dvouslovný termín týkající se membrán je ukryt v těchto obrázcích (obr. 1)? Napište jej a vysvětlete, co znamená.



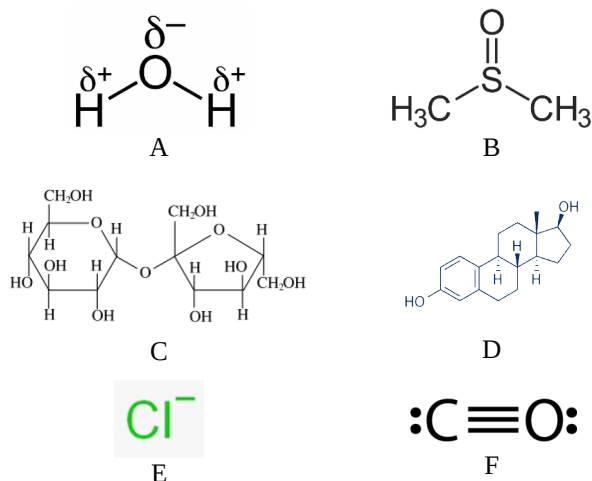
Obr. 1: Hádanka k otázce 2. Který termín týkající se membrán je zde ukrytý?

4. Zastoupení různých fosfolipidů v membráně odráží teplotu, kterým je membrána (potažmo celý organismus) vystavena. Teplota totiž ovlivňuje mnoho fyzikálních parametrů membrán, např. její tuhost, na což musí buňka reagovat. Následující tabulka (tabulka 1) shrnuje zastoupení fosfolipidů v membráně kvasinky *Candida utilis* vystavené různým teplotám. Doplňte, které řádky obsahují hodnoty pro kultivaci kvasinky při 10 °C, 20 °C, nebo 35 °C. Názvy různých mastných kyselin ve fosfolipidech jsou zapsány číselnou zkratkou (např. 18:2 znamená 18uhlíková mastná kyselina se dvěma dvojnými vazbami). Pokuste se shrnout hlavní trend změny zastoupení mastných kyselin při změně kultivační teploty a vysvětlete, proč se složení membrány mění.

Fosfolipid	16:0 (%)	18:0 (%)	16:1 (%)	18:1 (%)	18:2 (%)	18:3 (%)	Teplota
fosfatidylcholin	8,8	0,5	5,7	24,2	33,5	27,3	
fosfatidylcholin	13,5	2,5	1,7	19,2	49,1	14,0	
fosfatidylcholin	5,9	0,9	19,5	12,2	23,1	38,4	
fosfatidylethanolamin	6,9	stopy	8,0	25,2	38,9	21,0	
fosfatidylethanolamin	5,9	stopy	17,5	17,7	35,7	23,2	
fosfatidylethanolamin	9,0	stopy	2,8	20,5	32,6	15,1	

Tabulka 1: Zastoupení fosfolipidu v membráně kvasinky při různých teplotách. Tabulka je součástí otázky 4.

5. Učebnicová pravda říká, že biologické membrány jsou z dvojvrstvy fosfolipidu. Tak jako každá učebnicová pravda, ani tato neplatí univerzálně. Vyjmenujte alespoň dva případy (s jasně odlišným mechanismem), ve kterých se můžeme setkat s biomembránou, která tuto poučku nesplňuje.
6. Velmi důležitou vlastností membrány je její omezená a selektivní propustnost. To dovoluje buňce ve své cytoplasmě a v organelách koncentrovat živiny či metabolity oproti mezibuněčnému prostředí. Napište názvy následujících sloučenin nebo molekul (obr. 2) a rozhodněte, jestli prochází samovolně (tj. bez pomoci kanálů či přenašečů) přes membránu, či ne.



Obr. 2: Sloučeniny a molekuly, které jsou součástí otázky 6.

7. Cholesterol má jako molekula obecně velmi špatnou pověst, ačkoli je pro život nezbytná. Jaká je funkce cholesterolu ve vztahu k membránám ve vysoké a nízké teplotě?
8. Buněčné cytoplazmatické membrány jsou za běžných podmínek nabitě – náboj může u lidských buněk dosahovat hodnoty např. -80 mV.
- Čím je tento náboj vytvářen a jak je udržován (u lidských buněk)?
 - Na které straně membrány je záporný náboj?
 - Co mají společného následující sloučeniny? 2,4-dinitrofenol, valinomycin, CCCP (karbonyl kyanid m-chlorofenyl hydrazon)

Úloha 2: Hypoxické respirační selhání

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 10

Na infekční oddělení byl přijat 65letý pacient. Pacient byl

obézní kuřák, trvale se léčil s vysokým krevním tlakem a diabetem. Byl přijat na standardní oddělení pro asi týden trvající suchý, dráždivý kašel, horečku a mírný průjem. Nicméně během následujících tří dní se postupně jeho stav zhoršoval, a to především pro zhoršující se saturaci krve kyslíkem. Pacient se sám příliš dušný necítil, především ho obtěžoval zhoršující se kašel. Proto byl přeložen na jednotku intermediální péče, nicméně další den se saturace nezlepšila ani po zahájení neinvazivní ventilace. Pro byl přeložen na resuscitační JIP, byl intubován a byla zahájena umělá plicní ventilace. Na kontrolním rentgenovém snímku hrudníku provedeném s odstupem tří dní došlo k výraznému zhoršení nálezu – odpovídající oboustrannému intersticiálnímu postižení. Po intubaci bylo nutné zahájit velmi invazivní ventilační režim pro velmi nízkou complianci plic. Pro zlepšení plicní ventilace bylo nutné uvést pacienta do velmi hlubokého umělého spánku a zahájit kontinuální svalovou relaxaci. Zároveň po uvedení do umělého spánku došlo k těžké dekompenzaci diabetu – nápadně stoupla pacientova hodnota glykemie s nutností podávání vysoké dávky kontinuálního inzulínu. Ve vstupní laboratoři byla zjištěna elevace CRP dosahující středního zvýšení. Jak se klinický stav pacienta zhoršoval, výrazně narůstala hodnota CRP, která kulminovala v extrémních hodnotách. Naproti tomu hodnota prokalcitonu zůstávala po celou dobu onemocnění nízká. Počet bílých krvinek byl pouze mírně zvýšený. V dalším průběhu hospitalizace byla provedena časná tracheostomie a zahájen tzv. weening – odvykání pacienta od ventilátoru. Weening byl nápadně pomalý, i přesto, že se pacient budil do kontaktu, se ventilační parametry (a tudíž i poškození plic) dařilo snižovat velmi pomalu, definitivně zůstal odpojen od umělé plicní ventilace za tři týdny. Vzhledem k úvodní relaxaci si následná rehabilitace vyžádala další 2 měsíce hospitalizace, nicméně pacient byl nakonec propuštěn domů.

Pozn.: Laboratorní parametry odpovídají danému onemocnění a nereflktují sekundární ventilátorové pneumonie, které pacient prodělal.

- Zkuste vymyslet, o jaké onemocnění se jedná.
- Znáte nějaké typické příznaky, které nejsou v textu uvedeny, kterými se toto onemocnění vyznačuje?
- Jaká jiná onemocnění by mohla mít podobný klinický průběh?
- V laboratoři je nápadně vysoký jeden parametr, který neodpovídá původu onemocnění. Kromě toho, že díky tomu může být zaměněn skutečný původce onemocnění, komplikuje se i diagnostika sekundárních bakteriálních infekcí, které pacient v kritickém stavu prodělavá. V tomto případě se tedy musíme řídit jiným parametrem, což je patrné i z textu – jakým?
- Toto onemocnění probíhá nejprve mírně, teprve s odstupem více dnů dochází k rychlému zhoršení stavu, především hypoxickým selháním plic. Přesto se pacient necítil dušný. Proč k dušnosti nedošlo?

6. Vyžaduje takový pacient izolační režim? V případě, že ano, zkuste vymyslet kritéria, na základě kterých byste stanovili protiepidemická opatření pro kontakt a manipulaci s pacientem.

Úloha 3: Medvídek Pú a hlava bezhlavého rytíře

Autor: Markéta Staňková

Počet bodů: 13

Za jednoho deštivého a pošmourného dne se zvířátka ze Stokorcového lesa sešla u Sovy, aby si vyprávěla příběhy. První začal Medvídek Pú, který ostatním vyprávěl o záhadném medovém hrnci, který sotva se naplnil, hned zas byl prázdný. Druhý příběh patřil Tygrovci. Ten se ponořil do povídačky o prastarém dubu, který už po staletí roste mezi borovicemi na okraji lesa. Ve větrných dnech se zde prý ozývají nářky a o úplňku se zjevuje bezhlavý rytíř zoufale hledající svoji hlavu. Jen příběh dovprávěl, přestalo pršet. A vysvitlo slunce. Vyděšené tváře zvířátek pookřály a už se nezdálo, že byl příběh vůbec kdy děsivý. Klokánek Roo se podíval z okna a než stačil říci, že by si mohli jít hrát ven, Kryštůfek Robin už organizoval hrdinnou výpravu za rytířovou hlavou. A kde jinde ji hledat, než právě u prastarého dubu. Hrdinové skládající se z Prasátka, Medvídky Pú, Klokánky Roo, Ijáčka, Tygra, Sovy a Králíčka vyrazila včele s Kryštůfkem Robinem a hromadou náčiní k dubu. Po hodině kopání objevili truhlu. Uvnitř ní byla hlava, ale jediné co z ní zbylo, byla již časem vybělená lebka. Zvířátka při nálezů zajásala. Jenže když se pak zamýšlela nad tím, co je bezhlavý rytíř vlastně za zvířátko, žádné nevědělo. Kryštůfek Robin vzal lebku do ruky a zkusil se podívat na zuby. „Mám nápad!“ zvolal Kryštůfek. „Sepíšeme si zubní vzorce a uvidíme, komu bude ten jeho podobnější!“.

1. Vzorec zubů lebky v Kryštůfkových rukách je 3133/2123=36. Co nám tato čísla vlastně říkají?
2. Shoduje se tento vzorec se zubním vzorcem některého ze zvířátek? Do odpovědi napiš zubní vzorce všech zvířátek (vč. Kryštůfka) a rozhodni, jestli se s některým z nich shoduje, a může tak patřit do stejného řádu.

Jako další znak, na který si Sova vzpomněla, že může být klíčový k vyřešení jejich problému, je tvar stoliček. Vždycky ji totiž fascinovalo, jakých tvarů mohou savčí zuby dosahovat. Jiné zuby mají masožravci, jiné všežravci a ještě úplně jiné býložravci.

3. Zvládneš popsat, jak se mohou stoličky u savců s různým typem potravy lišit? Jaké zuby bys očekával/a u vyjmenovaných skupin? Zkus k nim přiřadit alespoň jednoho zástupce z ČR a roztrždit do nich i zvířátka ze Stokorcového lesa.
4. U Králíčka se můžeme setkat s přizpůsobením i jiných zubů, než stoliček. Které to jsou, k čemu slouží a čím jsou specifické?
5. Zde je ona lebka z truhlice (obr. 3–8), zvládneš určit alespoň do rodu, komu patří? Zkus popsat i znaky, kterými ses při určování řídil/a. LCB (délka lebky) je zhruba 53 mm. Čím se náš bezhlavý rytíř živil, než přišel o hlavu a jak se to dá poznat?

Znajíce již odpověď na své otázky, stála teď zvířátka v kroužku a přemýšlela, jak by s tou hlavou měla vlastně naložit. Tygr navrhnul, že vyskočí na nejvyšší větev stromu a

nechá ji tam, aby si ji pak rytíř mohl vyzvednout. Ale jelikož všechna zvířátka chtěla onoho rytíře vidět, tuto možnost zavrhl. Jenže čekat tady do tmy, až rytíř sám přijde, to se jim také nechtělo, a Prasátko se při té představě až celé roztrásl. V tom si Kryštůfek Robin vzpomněl na různá zaříkávadla, která často četl v pohádkách a rozhodl, že nějaké takové musí vymyslet, a určitě se jim pak rytíře podaří přivolat. Oči všech spočinuly na Medvídkovi Pú. Ten tedy začal skládat. Jenže jak měl plnou hlavu zubů, kostí a lebek, podepsalo se to i na jeho tvorbě.

6. Pomoz prosím Púovi vymyslet zaříkávadlo, ať to stihnou ještě před večerem. Využij jeho inspiraci lebkou.

Hotovo zvířátka měla chvilku před svačinou a poté, co se najedla, pustila se do zachraňování. Stoupala si do řady, Kryštůfek stál s lebkou uprostřed, a společně pronesla ono zaříkávadlo. Obloha se zatáhla, zafoukal vítr a před nimi se zjevila osoba bez hlavy. Při prvním pohledu zvířátka pochopila, že lebku zvládla určit správně. Rytíř přistoupil ke Kryštůfkovi. Lebka zacvakala a už se vznesla k osamoceným krčmám obratlů, dvakrát se protočila a rytíř nadobro zmizel.





Obr. 3–8: Lebka neznámého zvířátka.

Úloha 4 (experimentální): Etogram

Autor: Eliška Pšeničková

Počet bodů: 20



Obr. 9: Konrad Lorenz a jeho imprintovaná housátka.

Etologie, tedy obor zabývající se studiem chování živočichů, patří mezi mladší biologické obory, a je tak možná právě o to zajímavější. Zvířata se chovají vskutku různě, ať už se jedná o socializaci s dalšími jedinci svého druhu, agresivní chování vůči nepřátelům, antipredační chování kořisti proti loveckému chování predátora či sexuální chování mezi partnery apod. Živočichové musí reagovat jak na jedince svého druhu, tak i na druhy cizí. Spouštěče pro určitá chování jsou tak vnitrodruhové i mezidruhové. Klíčové podněty mohou být například akustické, pachové či optické. V této úloze se zaměříme na rozličné projevy chování a pokusíme se ho interpretovat jako praví etologové. Pro lepší pochopení problematiky a toho, na co se „koukat“, doporučuji nejprve vypracovat teoretické otázky této úlohy a až poté se vrhnout na samotné pozorování. Vypracované otázky přiložte do protokolu.

1. Co je to konfliktní chování? Kdy k němu dochází? Definuj rozdíl mezi přeskakovým, přeorientovaným a ambivalentním chováním s konkrétním příkladem.
2. Definuj komfortní chování. Proč je pro živočichy důležité?
3. Jak se může projevovat teritoriální chování? Jaké jsou hlavní motivace pro toto chování?

Živočichové se mohou projevovat vskutku velmi variabilně, neboť často může záležet na mnoha proměnných. Těmi může být například postavení ve skupině nebo hladina hormonů v krvi či mnoho dalších. Způsob života živočichů může být taktéž různý: od soliterně žijících jedinců až po živočichy žijící ve velkých societách.

4. Uveďte alespoň 2 příklady soliterních a alespoň dva příklady sociálních druhů živočichů.

Soliterně žijící živočichové se střetávají úmyslně především za účelem zplození další generace. Rodičovské chování najdeme často v savčí i ptačí říši a není zde ničím neobvyklým. Příležitostně se objevuje rodičovská péče i u plazů. Každopádně i u obojživelníků či ryb můžeme nějaké náznaky této péče pozorovat, třebaže to je především vhodný výběr místa pro další vývoj jejich mláďat, kde je zanechají a ponechají vlastnímu osudu.

5. U jakých ryb, které se vyskytují i na našem území, třebaže to nejsou naše původní druhy, můžeme pozorovat rodi-

čovskou péči? Jmenujte dva druhy. Kdo se o mláďata stará?

A nyní už k samotné praktické části úlohy. Etogram je jakýmsi souborným záznamem, chcete-li protokolem, projevu chování živočichů v čase. Tato praktická úloha od vás požaduje 3 etogramy, každý jednotlivý etogram pak v délce jedné hodiny. Volbu živočicha či živočichů pro jednotlivé etogramy nechávám zcela na vás. V rámci jednotlivých etogramů zvolte rozdílný pozorovací subjekt (subjekty), abyste mohli následně chování jednotlivých druhů obecněji porovnat také mezi sebou alespoň u jednoho etogramu ze tří (tzn. že dvakrát můžete pozorovat stejný subjekt (subjekty), ale můžete mít i tři rozdílná pozorování). Pozorovat můžete své domácí mazlíčky, volně žijící živočichy, ale i zvířata ze zoo. Ve výběru živočicha (živočichů) vás nechci nikterak omezovat, ale je důležité si uvědomit, že už samotná volba nemůže být úplně nahodilá. Hodinové pozorování vyhrávající se krajty, která se téměř nepohne, jistě nakonec nebude ani pro vás tak vzrušující podívanou, jakou by mohla být dynamičtější interakce například skupinky drobných hlodavců. U každého etogramu požaduji alespoň 3 fotografie, které zachycují 3 různé typy chování. Fotografie popište. Pro pořízení fotografií do protokolu bohatě postačí fotka z mobilního telefonu. Pokud byste neměli možnost fotografie pořídit a přiložit nebo jste měli jakékoliv doplňující dotazy ohledně úlohy, kontaktujte mě na email ell.psenickova@seznam.cz. Typy chování v rámci jednotlivých 3 etogramů se mohou opakovat. Pro odměření hodiny použijte hodinky nebo stopky a v etogramu vždy uvádějte čas + projev chování (např. 10:31 (nebo též 31. minuta): živočich X se začal krmit. apod). Zapisujte všechny projevy, které uvidíte. V hlavičce etogramu uveďte náležitosti pozorování, kterými jsou minimálně vaše jméno jakožto pozorovatele, druh zvířete, datum, čas (od – do) a místo pozorování. Je dobré uvádět i další informace pro pozdější komplexní vyhodnocení etogramu. Patří mezi ně například pohlaví, věk pozorovaného živočicha (živočichů) či další relevantní informace (např. počasí, teplota vzduchu aj., sleduji-li volně žijící živočichy). Pokud tyto další informace nevíte, nic se neděje, pokud však ano, mohou přispět k lepšímu celkovému hodnocení chování, které jste pozorovali. Proveďte toto hodnocení na konci každého etogramu zvlášť a též uveďte souhrnné hodnocení ze všech tří pozorování v samotném závěru této praktické úlohy. Kriticky zhodnoťte vaše pozorování, tzn. pokuste se vysvětlit, proč se tak živočich (živočichové) chovali, co je k tomu mohlo vést, jak si to vykládáte. Souhrnná data pozorování vhodně zpracujte například pomocí grafů či tabulek. Při vyhodnocování chování berte v úvahu i smyslové možnosti pozorovaných živočichů. Nemusí být vždy totožné se smyslovou vybaveností nás lidí, například zrak ptáků a savců se v lecčem může lišit. Svou roli může hrát i hladina hormonů. Tu bohužel v domácím prostředí nemůžete nikterak exaktně stanovit. Každopádně někdy je rozdílná hladina hormonů vidět, tak jak se říká „na první pohled“.

6. Uveďte alespoň jeden příklad, kdy na živočichovi přímo vidíme, že hladina hormonů v jeho krvi je rozdílná oproti běžnému stavu.

Úloha 5 (seriálová): Na vtáčích krídlach.

Autor: Veronika Kučminová

Počet bodů: 27

Len málokedy sa stáva, že organizmus zostáva na jednom mieste po celý život. Pohyb je neoddeliteľnou súčasťou základných životných prejavov všetkých tvorov, ku ktorému ich motivuje napríklad potreba nájdenia dostatočného množstva potravy, nástup obdobia rozmnožovania či konkurenčné vzťahy a snaha o nadobudnutie vlastného teritória. V tohtoročnej seriálovej úlohe sa budeme venovať práve jednému z najfascinujúcejších pohybov- migrácii.

Všeobecne sa migrácia popisuje ako pravidelný usmernený sezónny pohyb z jedného miesta na iné miesto a následný návrat späť. Migráciu môžeme pozorovať na všetkých úrovniach organizmov a v rôznych časových dĺžkach- napríklad fytoplankton sa počas dňa zdržuje najmä v horných vrstvách vodného stĺpca, kde je dostatočný prísun slnečného žiarenia pre fotosyntézu a na noc sa presúva do väčších hĺbok, kde je voda zase bohatá na živiny. Naopak migrovať dokážu aj celé ekosystémy, čo môžeme vidieť v posúvaní hranice lesa (hlavne v oblastiach po požiaroch). Tento pohyb je však záležitosťou rokov až storočí. Existujú aj tzv. nepravidelné migrácie, ktoré môžu byť dôsledkom lokálneho premnoženia či zhoršenia životných podmienok (napr. znečistenie, úbytok potravy a iných zdrojov, nárast počtu predátorov alebo kompetítorov). Do nepravidelných migrácii možno zaradiť i šírenie invazívnych organizmov.

Medzi najtypickejších a najvýraznejších migrantov patria vtáky, ktoré sú mnohé v týchto dňoch práve na svojich cestách. Migrácia vtákov sa konkrétne definuje ako sezónny pohyb medzi miestom, kde dochádza k odchovu mláďat- hniezdišťom (hniezdiskom) - a medzi miestom, kde vtáci trávia zimné obdobie – zimovišťom (zimoviskom). V hniezdiskách s narastajúcou zemepisnou šírkou klesá celkový počet druhov, a teda aj počet potenciálnych predátorov, kompetítorov a parazitov. V miernom klimatickom pásme je navyše v lete dlhší deň a dostatočné množstvo potravy, čo predstavuje pre vtákov predpoklad odchovať viacej mláďat ako v trópoch. Motiváciou k odletu na zimovisko do teplejších zemepisných šírok je naopak hlavne nedostatok potravných zdrojov na hniezdiskách počas zimy (najmä hmyzu). Nie všetky druhy však patria medzi sťahovavé vtáky- približne 1 800 z 10 000 druhov vtákov na svete sú migranti na dlhé vzdialenosti. Mnohé druhy sú tzv. stále vtáky, ktoré sa po celý rok zdržávajú v blízkosti svojho hniezdiska (vrabec, chocholouš, brhlík, puštík, koroptev). Navyše existujú aj vtáky prelietavé, potulujúce sa mimo dobu hniezdenia po väčšom území, približne do vzdialenosti 100-500 km (zvonek, stehlík, konopka, sýkora).

Vznik migračného správania u vtákov nie je doteraz úplne objasnený. Rozvoj vtáčích druhov spadá najmä do obdobia tret'ohôr, kedy bolo podnebie vyrovnanjšie a teplejšie. Migračné trasy pravdepodobne rekapitulujú pôvodné cesty šírenia, ústupov a opätovných návratov vtákov v dôsledku klimatických zmien počas striedania dôb ľadových a medziľadových. Túto teóriu podporujú niektoré východoázijské druhy vtákov, ktoré tiahnu najskôr na západ a potom na juh do Afriky, hoci juhoázijské trópy sú pre nich omnoho bližšie. Mnoho súčasných prác však zastáva názor, že migračné správania sa vyvinulo u tropických predkov. Rozšírenie vtákov do vyšších zemepisných šírok vzniklo pravdepodobne

v dôsledku vysokej vnútrodrohovej konkurencie, nakoľko je v trópoch prežívanie dospelcov veľmi vysoké a populácie produkujú viac jedincov, ako sa môže na danom území užiť. Prejavuje sa to najmä vo fakte, že mladí jedinci veľmi ťažko obsadzujú nové teritória a sú tak nútení hľadať nové hniezdiská. Vďaka disperzii na veľké vzdialenosti sa usadili na voľných biotopoch v severnejších oblastiach, avšak v zime sa opäť vracali do oblastí svojich pôvodných areálov. Túto hypotézu potvrdzuje napríklad komparatívna analýza drozdov rodu *Catharus* zahŕňajúceho 7 druhov, ktorí sa celoročne vyskytujú v oblasti od Mexika po Južnú Ameriku a 5 druhov, ktoré pravidelne migrujú na hniezdiská do Severnej Ameriky. Predpokladá sa, že migračné správanie tohoto rodu sa vyvinulo trikrát nezávisle na sebe z pôvodne tropických druhov.

Vznik migrácie vtákov je teda výsledkom dlhodobých evolučných procesov, ktoré umožňujú migrujúcim jedincom dosiahnuť vyššiu reprodukčnú fitness, než keby zostali žiť po celý rok v tej istej oblasti. Vývoj ťahových ciest je pritom pod selekčným tlakom rôznych faktorov pôsobiacich na hniezdiskách a zimoviskách, ale najmä na migračných trasách. Pre zachovanie migrácie je rozhodujúce, aby výhody s ňou spojené prevládali nad nákladmi počas cesty. Migračné správanie vtákov je preto dynamický proces podliehajúci neustálym zmenám v závislosti na výhodách a nevýhodách jednej alebo druhej životnej stratégie, o čom svedčí napr. existencia stálych a sťahovavých populácií toho istého druhu (napr. špaček) alebo zmeny ťahových ciest viacerých druhov (napr. pčienka černošedá, králiček obecný), ktoré sú patrne dodnes.

Vtáky migrujú prevažne hromadne. Počas migrácie sa do skupín agregujú aj mnohé dravce a hmyzožravé spevavce, ktoré u nás pozorujeme v krajine samostatne. Občas dokonca spoločne cestujú rôzne druhy s podobným štýlom života a zvykmi (bahňáci). Naopak individuálny ťah napr. u kukačky alebo žluvy je omnoho vzácnejší. Mnoho druhov ako kos čierny majú vo svojich populáciách jedince stále aj migrujúce, pričom títo jednotlivci môžu dokonca každoročne meniť svoje stratégie. Predpokladá sa, že táto zmena migračného správania môže súvisieť so sociálnym statusom - dominantné jedince si vyberajú zimovisko v tých najlepších alebo najmenej vzdialených habitatoch a prichádzajú ako prvé na hniezdiská, aby obsadili najlepšie teritória. Mladšie naopak migrujú väčšinou na dlhšie vzdialenosti. To im však umožňuje okupovať uvoľnené teritória po uhynutých jedincoch, ktorí neprežili zimu alebo sa vrátili na hniezdisko príliš skoro. K denným migrantom patria hlavne väčšie druhy, ktoré počas letu využívajú vzdušné prúdy tvoriace sa nad rozohriatou pevninou (čápi, dravce) alebo druhy s krátkou ťahovou cestou. Mnohé druhy však využívajú nočnú migráciu, ktorá im umožňuje napríklad lepšiu ochranu pred predátormi či stratou vody. Túto stratégiu využívajú najmä menšie hmyzožravé spevavce ale aj kukučky či vodné vtáky.

Na svete môžeme pozorovať tri tzv. migračné systémy. Najväčším z nich je **palearktisko-afrotropický migračný systém**, ktorý sa vyvinul asi pred 15 000 rokmi po poslednom glaciáli. Viac ako 5 miliárd jedincov 186 suchozemských a 29 morských druhov, prekonáva najdlhšiu a najťažšiu trasu, ktorú komplikujú horské hrebene Álp a Himalájí, Stredozemné more či Sahara s púšťami juhozápadnej Ázie a Arabského polostrova. Naše európske vtáky využívajú najmä tri konkrétne migračné trasy počas cesty na juh. Prvá vedie cez juhozápad pozdĺž európskeho pobrežia Atlantiku až k Stredozemnému moru a do Afriky prechádzajú cez Gibraltársky

prieliv. Niektoré letia naopak cez juhovýchod z Grécka a Turecka cez Bosporskú úžinu. Posledná skupina využíva najužšie miesta Stredozemného mora, ktoré sú v blízkosti Kréty a Sicílie. Niektoré vtáky ako kukučky však využívajú tzv. migračnú slučku, kedy vtáci putujú rozdielnymi trasami na jar a na jeseň. Predpokladá sa, že toto správanie ovplyvňujú najmä potravné zdroje či prevládajúce prúdenie vzduchu. Najmä spevavce ako pčienice či pčienka využívajú tzv. migráciu širokým frontom, kedy vtáky letia cez celú šírku svojho hniezdného areálu rôznym terénom a putovanie neprebíha jasne vyznačenou trasou. Tento spôsob je patrný najmä na rovinách či otvorenom mori. Ďalšou bežnou stratégiou najmä čapov bílych je putovanie relatívne úzkou migračnou trasou a koridormi, v ktorých sa vytvárajú vzostupné prúdy pomáhajúce týmto vtákom počas letu. Všeobecne si vtáky počas cesty vyberajú čo najpriamejšie a najmenej náročné časti terénu, ktorými prelietajú, čiže korytá riek, priesmyky, údolia, nížiny s dostatkom potravných zdrojov.

Európske spevavce dokážu priemerne za 100 dní do Južnej Afriky prekonať asi 5 000 kilometrov. Okrem zvláštnych prípadov (ako let cez more) vtáci urazia najviac 200- 300 km/deň. Rybáči, bahňáci, jiríčky či vlaštovky uletia väčšinou 150-200 km/deň a ostatné vtáky 50-100 km/deň. Spomedzi našich vtákov odlietajú medzi prvými druhy, ktoré musia migrovať najďalej - tzv. subsaharskí migranti zimujúci južne od rovníka, teda napríklad hmyzožravce ako pčienice, rákosníci, oriel kriklavý, včelojed, mandelíci, vlhy, rorýsi, vlaštovky alebo aj čápi. Neskôr ich nasledujú druhy, v ktorých jedálničku sú častejšie zastúpené semená rastlín a ktorých cieľová destinácia je južná Európa so severnou Afrikou - u nás najmä dlask, hýl, pčienka, zvonohlíci, stehlíci, ale tiež pčienka modrá, strnád rákosní a pod. V súčasnosti máme pomerne dobré poznatky o migrácii a ťahových cestách väčšiny druhov najmä nášho palearktisko-afrotropického migračného systému. Napriek prísnejšej ochrane vtákov na ich hniezdiskách a migračných zastávkach však počty mnohých z nich výrazne klesajú. Preto sa pozornosť ornitológov v poslednej dobe upiera najmä na rozšírenie a ekológiu týchto druhov v ich afrických zimoviskách, ktoré sú dodnes ešte málo preskúmané.

Druhým najväčším migračným systémom je **nearktisko-neotropický systém**. Zahŕňa asi 250 druhov o 3 miliardách jedincoch, ktoré hniezdia v Severnej Amerike a zimujú najmä v Strednej a Južnej Amerike. Oba kontinenty sú spojené súvislou pevninou a neexistuje tu veľký geografický predel ani náročné prekážky v ceste. Horské masívy najväčších pohorí Severnej a Južnej Ameriky sa na rozdiel od vysoko-horských pohorí Európy a Ázie tiahnu prevažne severojuhovým smerom, takže ani tieto nepredstavujú výraznú geografickú bariéru (naopak euroázijské pohoria sú orientované východo-západne a krížia teda migračné trasy). Hniezdiská a zimoviská sa u mnohých druhov často nachádzajú blízko seba, alebo sa dokonca prekrývajú. Väčšina migrujúcich vtákov nearktisko-neotropického migračného systému navyše patrí k lesným druhom, ktoré na zimoviskách obývajú rozľahlé pralesy a iné lesné biotopy bohaté na potravu. Preto vtáky tohto migračného systému nie sú vo svojich zimoviskách existenčne tak ohrozované ako migranti palearktisko-afrotropického migračného systému, ktoré zimujú typicky v nelesných savanách.

Menej známy **Ázijsko-australoozázijský migračný systém** zahŕňa asi 234 palearktických druhov vtákov zo Strednej a Východnej Ázie, zimujúcich na Indickom polostrove a v

juhovýchodnej Ázii. Zimoviská niektorých druhov sa však môžu nachádzať aj v Austrálii (napr. rorýs bělochrbtý a vlaštovka červenohrbetá) či na Novom Zélande (kukučka dutohlásá). V Austrálii zimuje i veľké množstvo morských arktických vtákov (33 druhov, 2–3 milión jedincov, napr. jespák rudohrdlý jespák veľký).

1. Aké faktory určujú ako dlho bude vtákom trvať migračná cesta? Zamysli sa, ktorá trasa trvá väčšinou dlhšie-jarná alebo jesenná a prečo?
2. Nie je pochýb, že let značne uľahčuje vtákom migráciu. Existujú aj vtáky, ktoré sa na svoje zimoviská presúvajú aj iným spôsobom ako vzduchom?

Jednou z najfascinujúcejších záhad migrácie je, ako vtáci vedia ktorým smerom počas ich cesty letieť a ako sa zo zimoviska presne vrátia na ich pôvodné hniezdisko. Jednoznačné vysvetlenie, ako je možné, že sa vtáci počas migrácie orientujú, zatiaľ nepoznáme. Najjednoduchšie vysvetlenie hovorí, že sa mladí vtáci učia od starších presnú trasu, akou treba letieť. Avšak v niekoľkých experimentoch sa zistilo, že mladí neskúsení vtáci dokázali nájsť trasu aj bez doprovodu starších. Napríklad mladé jedince kukačky obecné dokonca migrujú skôr ako dospelé. Preto sa predpokladá, že vtáci sa pri migrácii riadia najmä svojimi inštinktom, ktoré sú vrodené a zdokonaľované učením sa.

3. Popíš 4 možné spôsoby, ktorými sa vtáci počas migrácie pravdepodobne najviac orientujú.

Správne načasovanie odletu je veľmi dôležité, pretože vták potrebuje dostatok času sa na túto fyzicky náročnú cestu pripraviť. Avšak väčšina druhov odlieta z hniezdiska v dobe, kedy je relatívna hojnosť potravy a nič nenasvedčuje blížiacej sa zime. V trópoch sú naviac podmienky relatívne konštantné a neprejavuje sa v nich zmena podnebia zarovno so zmenou podnebia v miernom pásme. Hlavným impulzom pre migráciu vtákov je preto tzv. migračný/táhový nekľud.

4. Ako je tento jav podporovaný hormonálne? Akými piatimi spôsobmi je migračný nekľud obvykle vyvolávaný a ovplyvňovaný?
5. Početné vtáky sa zo severu sťahujú na zimu aj ku nám. Ktoré z vyobrazených vtákov na obr. 10 to sú? A aké migračné stratégie majú zvyšné druhy? Všetky vtáky určí do druhu.



Obr. 10: Rôzne zimujúci vtáci ČR

6. Migrácia výrazne ovplyvňuje sezónne rozdiely v zložení vtáčích spoločenstiev na regionálnej aj celosvetovej úrovni. Vtáky počas svojho sťahovania však dokážu ovplyvniť aj iné spoločenstvá či celé ekosystémy. Zamysli sa, čím konkrétne to môže byť najmä spôsobené? Uveď aspoň jeden príklad.

Sťahovavé vtáky fascinovali ľudstvo už od nepamäti. Zmienku o nej môžeme nájsť dokonca v Biblii- napríklad v knihe Jób: „Jastrab operí sa podľa tvojho umu, aby letel na juh, krídla rozvinul“ alebo v Jeremiášovi: „Aj bocian v povetrí pozná svoj čas, hrdlička, lastovička i žeriav dodržiavajú čas svojho príchodu.“ Taktiež už pred 3000 rokmi známe mená antických mysliteľov ako Aristoteles či Homér popisovali sťahovanie napríklad čapov, hrdličiek či vlaštoviek. Aristoteles vo svojom diele *Peri ta zóa historiai* (O zoológii) už dokonca rozdeľoval vtáky na stále, sťahujúce sa z hôr do údolí a odlietajúce do južnejších zemepisných šírok. Pre lepšie skúmanie tohto správania vedci postupne vyvinuli viacero metód, ktoré doteraz pomáhajú odhaľovať nové informácie o spôsobe života sťahovavých vtákov.

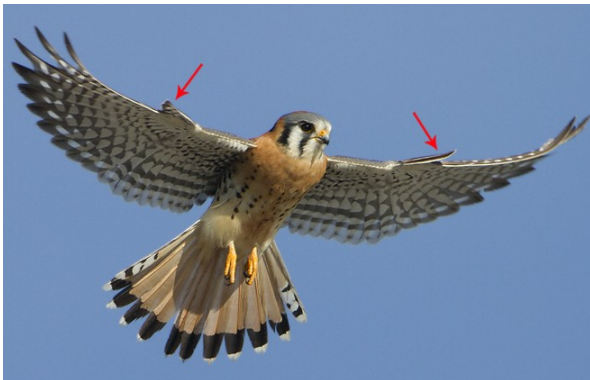
7. Akými spôsobmi sa dnes sleduje migrácia? Uveď jeden tradičný spôsob a aspoň 4 moderné metódy. Aké informácie dokážu vedcom poskytnúť a naopak aké sú slabosti/negatíva týchto metód?
8. Zamysli sa, ako môže ovplyvňovať migráciu vtákov klimatická zmena? Vyhľadaj aspoň 4 príklady druhov, ktoré zmenili svoje migračné správanie v dôsledku meniaceho sa podnebia. Uveď aj link na zdroj.
9. Čo pomáha vtákom uletieť extrémne dlhé vzdialenosti bez zastavenia? Uveď aspoň 4 mechanizmy.

Pozrime sa na záver ešte na samotný let. Tento pohyb je síce energeticky náročnejší, na rozdiel od iných spôsobov pohybu ako chôdza, beh či plávanie, avšak umožňuje letcom oveľa rýchlejšie a jednoduchšie prekonávať veľké vzdialenosti, vďaka čomu je celkovo cesta pre nich menej nákladná. Vtáky všeobecne pre let dosahujú kompletnú prestavbu telesnej organizácie. Celé vtáčie telo má aerodynamický tvar. Predné končatiny premenené na krídla ovládajú dva významné prsné svaly, ktorými sú konkrétne podklíčkový sval (musculus supracoracoideus) a sval prsní (musculus pectoralis), pripínajúce sa na hrudní kosť (sternum). Dôležitú úlohu zohráva taktiež perie-pomocou pevných letiek sa vták opiera o vzduch, rýdovacie perá na chvoste naviac pomáhajú udržiavať alebo meniť pri lete smer. Vtáčia kostra je ľahká vďaka dutým kostiam a pevná vďaka ich zrastom. Dochádza taktiež k redukcii orgánov pre zmenšenie hmotnosti. Výrazne telo nadľahčujú aj pľúcne vaky. Vtáky dokážu naviac priebežne aktivizovať obrovské objemy metabolickej energie vďaka efektívnym mechanizmom látkovej výmeny (vrátane prepracovaného dýchania, krvného obehu a vylučovania).

Počas letu vták potrebuje prekonať gravitáciu a odpor, ktorý ho ťahá dozadu a musí preto vyvinúť dve sily- vztlak, ktorý vtáka smeruje nahor a drží vo vzduchu, a ťah - silu, ktorá ho ťahá dopredu. Nábehová hrana krídla je zdvihnutá oproti jeho konci a tak krídlo zvierá so vzdušnými prúdmi tzv. nábehový uhol. Vztlak je daný zdvihnutím krídla o tento nábehový uhol. Vzdušné vrstvy, ktoré sa na nábehovej hrane rozdelia, musia uraziť rôznu vzdialenosť (tie, čo idú horom urazia dlhšiu vzdialenosť ako tie, čo idú spodnou stranou). Tam, kde je menšia rýchlosť, je menší tlak, takže nad krídlom vzniká podtlak, kdežto pod krídlom je tlak vysoký. Vzduch

spod krídiel sa snaží dostať nad ne, obtiečť ich, čo vyvolá vírové prúdenie, ktoré sa tiahne za krídlami. Veľkosť vztlaku sa zvyšuje s druhou mocninou rýchlosti prúdiaceho vzduchu, takže čím rýchlejšie vták letí, tým väčší generuje vztlak. Pri pohybe dole sa generuje hlavná sila, mávnutie nahor je často len nutnosť, ako krídlo opäť dostať do polohy, z ktorej sa môže mávnuť dole.

10. Ako sa nazýva vyznačená časť krídla na obrázku (obr. 11)? Na čo počas letu slúži?



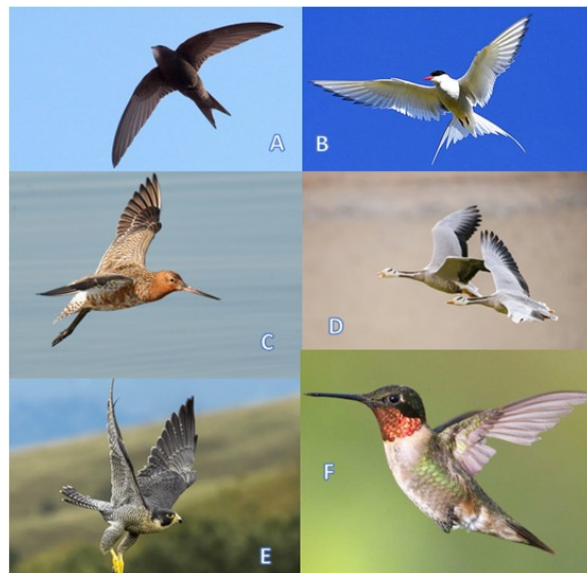
Obr. 11: Významná časť krídla

11. Prečo často vidíme vtáky letieť v tomto tvare (obr. 12)? Pre aké jedince je výhodné sa držať na konci a aké sa naopak držia na začiatku a prečo?



Obr. 12: Častý tvar letu vtákov

12. Čo sa považuje za hlavný dôvod vzniku letu a aké dve hypotézy popisujú jeho vznik? Vymysli aspoň 4 ďalšie výhody, ktoré lietanie prináša dnešným vtákom.
13. Urči vtáky na obrázku (obr. 13) do druhu a vyhl'adaj, čím je ich let zaujímavý- (u A-D uveď čím sú tieto konkrétne druhy výnimočné, u E všeobecne popíš čím je výnimočný let celej čľaade, kam tento druh patrí).



Obr. 13: Letci

