

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Pedagogická fakulta**

Katedra biologie

**Biologické rytmy živočichů-rozšiřující učivo  
biologie na gymnáziích**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: PaedDr. Radka Závodská, Ph.D.

## **Anotace**

Schleicherová M.: Biologické rytmy živočichů-rozšiřující učivo biologie na gymnáziích  
Diplomová práce, 2009

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit návrh výukového programu, týkajícího se biologických rytmů (biorytmů) živočichů a člověka. Program je vytvořen jako rozšiřující učivo biologie na gymnáziích. Sestavení programu předcházela analýza učiva biorytmů ve středoškolských učebnicích biologie používaných v České republice. Dalším teoretickým východiskem bylo zpracování literární rešerše na základě četby české a cizojazyčné literatury. Výukový program je rozdělen do tří bloků na „Biologické rytmy živočichů“, „Biologické rytmy člověka“ a „Sezónní rytmy živočichů“. Některé části výukového programu byly prakticky ověřeny.

Klíčová slova: biologické rytmy (biorytmy), cirkadiánní rytmy, sezónní rytmy, biologické hodiny, melatonin

Vedoucí diplomové práce: PaedDr. Radka Závodská, Ph.D.

## **Abstract**

Schleicherová M.: Animal Biorhythms – Additional Biology Curriculum at Grammar Schools

Diploma thesis, 2009

The main objective of the diploma thesis was to create a project of a tutorial on the subject of animal and human biorhythms. The tutorial is intentioned as an additional biology curriculum at grammar schools. Analysis of teaching biorhythms in secondary Biology schoolbooks used in the Czech Republic preceded a composition of this tutorial. Processing literary research based on reading Czech and foreign-language literature was another theoretical resource. The tutorial is divided into three parts – „Animal Biorhythms“, „Human Biorhythms“ and „Seasonal Animal Biorhythms“. Some parts of the tutorial were verified in practice.

Key words: biological rhythms (biorhythms), circadian rhythms, seasonal rhythms, biological clock, melatonin

Diploma thesis supervisor: PaedDr. Radka Závodská, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 24. dubna 2009

.....

Monika Schleicherová

Ráda bych poděkovala PaedDr. Radce Závodské, Ph.D. za odborné vedení práce, za praktické rady, ochotnou pomoc a velkou podporu.

# OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA .....</b>	<b>9</b>
2.1. ROZBOR UČEBNIC (TÉMA BIORYTMŮ VE STŘEDOŠKOLSKÝCH UČEBNICÍCH).....	9
2.2. LITERÁRNÍ REŠERŠE (PROBLEMATIKA TÉMATU BIORYTMŮ V ODBORNÉ LITERATUŘE).....	12
2.2.1. <i>Biorytmy</i> .....	12
2.2.2. <i>Cirkadiánní rytmy</i> .....	14
2.2.2.1. Cirkadiánní systém ptáků .....	15
2.2.2.2. Cirkadiánní systém savců a člověka.....	15
2.2.2.2.1. Melatonin .....	16
2.2.2.2.2. Cirkadiánní systém savců.....	18
2.2.2.2.3. Cirkadiánní systém člověka .....	18
2.2.3. <i>Molekulární regulace biologických hodin</i> .....	21
2.2.3.1. Geny cirkadiánních rytmů .....	21
2.2.3.1.1. Geny period (per), timeless (tim) a jejich proteiny PER, TIM .....	21
2.2.3.1.2. Geny doubletime (dbt), clock (clk), cycle (cyc) a jejich proteiny DBT, CLK, CYC .....	22
2.2.3.2. Model autoregulační zpětnovazebné smyčky .....	23
2.2.3.3. Geny vstupního (input) systému.....	24
2.2.3.3.1. Světlo .....	24
2.2.3.3.2. Teplo .....	24
2.2.3.4. Geny výstupního (output) systému.....	24
2.2.4. <i>Sezónní rytmy</i> .....	25
2.2.4.1. Sezónní rytmy bezobratlých.....	25
2.2.4.2. Sezónní rytmy ptáků .....	26
2.2.4.3. Sezónní rytmy savců .....	27
2.2.4.3.1. Hibernace .....	27
2.2.4.4. Sezónní rytmy člověka .....	28
<b>3. POSTUP PRÁCE .....</b>	<b>29</b>
<b>4. VÝUKOVÝ PROGRAM BIOLOGICKÉ RYTMY ŽIVOČICHŮ A ČLOVĚKA .....</b>	<b>30</b>
4.1. BIOLOGICKÉ RYTMY ŽIVOČICHŮ .....	30
4.1.1. <i>Prezentace Biorytmy živočichů</i> .....	32
4.1.1.1 Text k prezentaci .....	32
4.1.1.2 Vlastní prezentace .....	35
4.1.2. <i>Pracovní listy</i> .....	43
4.1.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	43
4.1.2.2. Stavba oka a mozku savců (autorské řešení) .....	45
4.1.2.3. Stavba oka a mozku ptáků (autorské řešení) .....	48
4.1.2.4. Stavba oka a mozku bezobratlých (autorské řešení).....	49
4.1.2.5. Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců (autorské řešení) .....	50

4.1.2.6. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	52
4.1.2.7. Cirkadiánní rytmy bezobratlých (autorské řešení).....	53
4.1.2.8. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	55
4.1.2.9. Diapauza hmyzu (autorské řešení) .....	56
4.1.2.10. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	58
4.1.2.11. Příklady z genetiky (autorské řešení) .....	59
<b>4.2. BIOLOGICKÉ RYTMY ČLOVĚKA .....</b>	<b>61</b>
4.2.1. <i>Prezentace Biologické rytmy člověka</i> .....	63
4.2.1.1. Text k prezentaci .....	63
4.2.1.2. Vlastní prezentace .....	66
4.2.2. <i>Pracovní list</i> .....	72
4.2.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	72
4.2.2.2. Biologické rytmy člověka (autorské řešení) .....	74
<b>4.3. SEZÓNŇNÍ RYTMY ŽIVOČICHŮ .....</b>	<b>79</b>
4.3.1. <i>Prezentace migrace ptáků</i> .....	81
4.3.1.1. Text k prezentaci .....	81
4.3.1.2. Vlastní prezentace .....	86
4.3.2. <i>Pracovní listy</i> .....	93
4.3.2.1. Metodické pokyny k pracovním listům a projektům .....	93
4.3.2.2. Migrace ptáků (autorské řešení) .....	98
4.3.2.3. Sezónní spánek živočichů (autorské řešení) .....	99
4.3.2.4. Hibernující savci (autorské řešení) .....	101
4.3.2.5. Metodické pokyny k pracovnímu listu .....	102
4.3.2.6. Sezónní rytmy živočichů (autorské řešení).....	103
<b>4.4. DOPLŇKOVÝ MATERIÁL .....</b>	<b>106</b>
4.4.1. <i>Slovní fotbal</i> .....	107
4.4.1.1. Metodické pokyny ke Slovnímu fotbalu .....	107
4.4.1.2. Řešení Slovního fotbalu .....	109
4.4.2. <i>Pojmy</i> .....	110
4.4.2.1. Metodické pokyny k Pojmům .....	110
4.4.2.2. Řešení Základních pojmů .....	111
<b>5. SLOVNÍK POJMŮ.....</b>	<b>113</b>
<b>6. PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VYBRANÝCH ÚLOH Z VÝUKOVÉHO PROGRAMU .....</b>	<b>116</b>
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>117</b>
<b>8. SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>119</b>
<b>9. SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>123</b>

# 1. ÚVOD

V běžném životě se denně setkáváme s principy biologických rytmů. Každý večer, když je naše tělo unavené a připravuje se ke spánku, biologické hodiny v mozku tikají a ukazují, že je čas, jít spát. Biologické hodiny, nejen že řídí střídání fáze spánku a bdění, ale také kolísání tělesné teploty či upravují hladiny různých hormonů v našem těle během dne.

Střídání světla a tmy během dne je způsobeno otáčením Země kolem své osy (jednou za 24 hodin). Nejvýznamnější adaptací na tento jev jsou tzv. denní (cirkadiánní) rytmy. Cirkadiánní rytmy mají periodu přibližně 24 hodin. Jedná se o nejvíce prozkoumané biorytmy. Cirkadiánní rytmy jsou řízeny biologickými hodinami. Nejdůležitějším hormonem cirkadiánních rytmů je hormon melatonin, jeho koncentrace v noci nabývá svého maxima, během dne je koncentrace melatoninu minimální.

Nejen obíhání Země kolem své osy ovlivňuje biorytmy živočichů, ale také fotoperioda (střídání dne a noci). Přizpůsobením se změnám délky světelné části dne se vytvořily sezónní rytmy živočichů, mezi tyto rytmy můžeme zařadit rozmnožování živočichů, migraci živočichů, zimní spánek savců apod.

Cílem diplomové práce bylo didakticky zpracovat téma zabývající se biologickými rytmy živočichů jako rozšiřující učivo biologie na středních školách. V rámci diplomové práce byl vytvořen výukový program „Biologické rytmy živočichů a člověka“ zaměřený na cirkadiánní rytmy, sezónní rytmy živočichů a člověka. Tento výukový program by měl studentům poskytnout nejen základní informace o biorytmech živočichů, ale měl by jim přiblížit a pomoci pochopit podstatu „tikajících“ biologických hodin člověka. Důležité je, aby si studenti uvědomili význam biorytmů živočichů, a také jak ovlivňují jejich organismus pravidelným střídáním fyziologických dějů během dne i v průběhu roku.



## 2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 2.1. ROZBOR UČEBNIC (téma biorytmů ve středoškolských učebnicích)

K analýze tématu biorytmů bylo použito 10 středoškolských učebnic zaměřených na biologii živočichů, biologii člověka a ekologii (Novotný, Hruška, 1995; Bumerl, 1997; Šlégl, Kislinger, Laníková, 2002; Papáček a kol., 2000; Berger, Petrásek, Šimek, 1995; Berger, 1998; Jelínek, Zicháček, 2004; Hančová, Vlková, 1999; Berger, 1997; Smrž, Horáček, Švátora, 2004). Problematika biorytmů byla zpracována v 8 učebnicích (Novotný, Hruška, 1995; Bumerl, 1997; Šlégl, Kislinger, Laníková, 2002; Papáček a kol., 2000; Berger, Petrásek, Šimek, 1995; Berger, 1998; Jelínek, Zicháček, 2004; Hančová, Vlková, 1999).

Bumerl (1997) v učebnici *Biologie 2* zmiňuje, co jsou to denní a sezónní rytmy zvířat. Denním rytmem nazývá pravidelné střídání činnosti v průběhu dne. Za podstatou tohoto rytmu spatřuje střídání období činnosti (aktivity) a odpočinku. Jde o vnitřní vlivy dané geneticky a vázané na vnější podmínky. Podle počtu aktivit během dne dále dělí denní rytmy na monofázické (opice, ptáci) a na polyfázické (hraboši). Seznamuje studenty s pojmem „hodiny organismu“. Tento pojem vysvětluje jako životní rytmus zvířat, který je řízen šišinkou.

Mezi sezónní rytmy uvádí přilet ze zimoviště, obsazení teritoria, tok, páření, hnízdění, předtahové potulky, odlet do zimovišť tažných ptáků. Opět zdůrazňuje, že se jedná o rytmy řízené vnitřními a vnějšími podmínkami. A na závěr uvádí, že člověk svým vlivem změnil domácím zvířatům jejich pravidelný sezónní rytmus.

V učebnici od Jelínka a Zicháčka (2004) se můžeme setkat s kapitolou nazvanou *Živočichové a prostředí*, kde jedna z podkapitol je věnována biologickým rytmům. Nacházíme zde zmínku, co jsou cirkadiánní rytmy a jejich dělení na polyfázové, bifázové a monofázové rytmy. Dále nás seznamují s pojmem chronobiologie a s funkcí melatoninu.

V kapitole *Hormonální soustava* je opět vysvětlena funkce a podstata produkce hormonu melatoninu. Používají pojem „vnitřní hodiny“ obratlovců.

Hančová, Vlková (1999) se krátce zmiňují o biorytmech. Co to je biorytmus, základní rozdělení biorytmů a řízení biorytmů. V kapitole o hormonální soustavě se mimo jiné autorky opět vracejí k biorytmům.

Nejlépe zpracované téma biorytmů je od Bergera (1998) v učebnicích Ekologie a Fyziologie člověka a živočichů, na které se dále podíleli Petrásek a Šimek (1995).

V učebnici Ekologie jsou k textu přiřazeny doplňující obrázky. Často jsou zjednodušeny pro názornost. Uvádí zde vysvětlení základních pojmů: cirkadiánní rytmy, amplituda, perioda, cirkanuální rytmus, melatonin, chronobiologie. Pojmy přibližuje studentům na příkladech z jejich každodenního života.

Nejlépe zpracovaná kapitola o biorytmech se nachází ve Fyziologii člověka a živočichů. Nejdříve seznamuje studenty s tím, co jsou biorytmy, vlastnosti biorytmů – rytmus, perioda, frekvence, amplituda, endogenní, exogenní, synchronizátory.

Dále se zabývá typy biorytmů. Zařazuje sem cirkadiánní rytmy, lunární rytmy, sezónní rytmy a roční rytmy. Jako příklady ročních a sezónních rytmů uvádí zimní spánek, migraci, pohlavní cykly (ryb, obojživelníků, ptáků) a výskyt některých chorob u člověka.

Zabývá se také genetickými základy a řízením biorytmů. Zmiňuje hodinové geny, které řídí průběh biorytmů a uvádí, že na řízení biorytmů spolupracuje vždy několik genů. Dále zmiňuje sídla řízení biorytmů u jednotlivých živočichů. Například optické laloky u hmyzu, epifýzu u ptáků, suprachiasmatická jádra u člověka.

Na závěr této kapitoly Berger zpracovává téma významu biorytmů a uvádí soupis rozšiřující literatury.

V učebnici Biologie člověka od Novotného a Hrušky (1995) je jen krátká zmínka o hormonu melatoninu, který se tvoří v šišince (epifýze). Největší produkce melatoninu je během noci. Podílí se na změně stavu bdění a spánku.

V Ekologii pro gymnázia od Šlégl, Kislingera a Laníkové (2002) je biorytmus popsán jako pravidelně se opakující životní projev, na který působí délka denního osvětlení (fotoperioda). Mezi biorytmy řadí např. nástup rozmnožování, stěhování, výměnu srsti a peří.

V učebnici Zoologie od Papáčka a kol. (2000) můžeme nalézt krátký odstavec o biologických hodinách. Biologické hodiny jsou zde popsány jako soubor fyziologických a etologických procesů v průběhu ontogeneze jedince, které jsou většinou geneticky fixovány. Přisuzují jim nejen souvislost s cirkadiánními rytmy (časový rozvrh pro střídání aktivity a odpočinku), ale i například s procesy diapauzy a jiného přerušení vývoje, zimování, pohlavní aktivity, řady metabolických procesů, hormonální aktivity, stárnutí buněk a další.

Biologické rytmy jsou zde uváděny v souvislosti se světlem, kdy světlo ovlivňuje nejen orientaci ale i biorytmy.

## 2.2. LITERÁRNÍ REŠERŠE (problematika tématu biorytmů v odborné literatuře))

### 2.2.1. Biorytmy

Biorytmy jsou děje, které se v našem organismu pravidelně opakují. Jsou přítomny nejen u člověka, ale i u většiny živých bytostí, jednobuněčných i mnohobuněčných živočichů, hub a rostlin.

Tím, že se mnohé děje v našem organismu pravidelně opakují, můžeme předpovídat řadu důležitých jevů, které se v našem životě za určitý, nezřídka poměrně přesně vymezený čas, odehrají (Berger, 1995).

Slovo biorytmy se skládá ze dvou částí: řecky *bios* znamená život, *rytmy* (řecky *rhythmos*) pravidelný pohyb a představují soustavné opakování určitého děje v pravidelných intervalech.

Biorytmy jsou nedílnou součástí života spolu s jinými vlastnostmi, které život charakterizují. Vyskytují se na všech úrovních organizace živých soustav – v živém organismu osciluje téměř vše na molekulární a fyziologické úrovni či na úrovni chování, a tak jsou biorytmy jednou ze základních vlastností života. Vědní disciplínou, která se zabývá studiem biorytmů je chronobiologie (řecky *chronos* = čas).

Berger (1995) definuje biorytmy jako periodickou složku změn kvantitativní charakteristiky živé soustavy. Pod pojmem „periodická složka“ rozumí takovou vlastnost, která se pravidelně opakuje. „Kvantitativní charakteristikou“ označuje takovou vlastnost, kterou lze měřit, přičemž výsledek měření lze vyjádřit číslem.

Podle délky periody se rozlišují tři typy biorytmů (Illnerová, 1985; Berger, 1995):

Rytmy s periodou kratší než 20 hodin ( $\tau < 20\text{h}$ ) se nazývají ultradiánní. Řadí se sem rytmy srdeční aktivity, rytmy dýchání.

Rytmy s periodou zhruba 24–hodinovou ( $20\text{ h} < \tau < 28\text{ h}$ ) se nazývají cirkadiánní (cirka= zhruba, dies= den). K těmto rytmům patří: rytmus spánku a bdění, u zvířat rytmus v pohybové aktivitě, rytmus tělesné teploty, příjmu potravy a pití, fyzické i psychické výkonnosti, koncentrace hormonů a jiné.

Rytmy s periodou delší než 28 hodin ( $\tau > 28\text{ h}$ ) se nazývají infradiánní. Patří k nim např. rytmy menstruační u žen, estrální u zvířat a jiné. Ale také sem můžeme zařadit rytmy sezónní – zbarvení kůže některých živočichů, obsah tuku, hibernace.

Kolář (2006) uvádí, že velké množství rytmů koresponduje s periodicitou (pravidelností) prostředí. V přírodě je perioda rytmu vždy shodná s délkou příslušné periody změn v prostředí. Ve stálých podmínkách délka periody rytmu přibližně odpovídá periodicitě prostředí, jak je uvedeno v následující tabulce.

<b>Rytmus</b>	<b>Periodicita prostředí</b>	<b>Délka periody</b>
Cirkadiánní (denní)	den–noc	24 hodin
Přílivový	příliv–odliv	12,4 nebo 24,8 hodin
Semilunární	maximální/minimální příliv–odliv	14,8 dnů
Lunární	měsíční fáze	29,6 dnů
Cirkanuální (roční)	roční období	1 rok

## 2.2.2. Cirkadiánní rytmy

Cirkadiánní rytmy řadíme mezi rytmy endogenní (vnitřní), což znamená, že nejsou podmíněny změnami vnějších podmínek. Přetrvávají i v neperiodickém prostředí, např. ve stálé tmě bez jakéhokoliv signálu o vnějším času, jak zmiňuje Illnerová (1994). Tyto endogenní rytmy nalezneme u všech organismů (od jednobuněčných řas až po člověka).

Endogenní rytmy jsou řízeny biologickými hodinami, které můžeme charakterizovat podle Iwasakiho a Thomase (1997), Dunlapa (1998), Sangorama a kol. (1998), Závodské (2001) takto:

1. Jsou endogenní – tzn. jsou vrozené, geneticky determinované. Jsou zachovány i v podmínkách konstantní tmy. Hodiny mají v konstantní tmě stejnou periodu jako při střídání světla a tmy, ale dochází k desynchronizaci, tj. k jejich posunutí, protože se nemohou znovu nastavit podle světla.
2. Perioda je cca 24h – a to u všech druhů.
3. Mají schopnost znovunastavení (entrainment) podle oscilace vnějších podmínek, tj. podle světla. Každý den dochází k znovunastavení hodin, a to v době svítání a v době stmívání (Foster, 1998).
4. Mají teplotní kompenzaci – tzn. že biologické hodiny jsou jen málo ovlivněny teplotou prostředí a jdou stejně rychle v létě i v zimě.

Biologické hodiny mají tři části:

1. Vstupní část, tzv. *input* systém, který zajišťuje přenos informací z vnějšího prostředí do vlastních biologických hodin. Tyto informace, z nichž je nejdůležitější informace o střídání světla a tmy, jsou používány pro synchronizaci vnitřních hodin. Do vstupního systému patří například fotoreceptory očí.
2. Vlastní *pacemaker*, tj. buňky, v nichž dochází k expresi genů biologických hodin a k tvorbě příslušných proteinů.
3. Výstupní část, tzv. *output* systém, který zajišťuje přenos informace z biologických hodin do buněk a tkání, kde ovlivňuje rytmickou expresi genů, které jsou řízeny biologickými hodinami (Green, 1998).

Pacemaker (oscilátor) je nastavován s periodou přibližně rovnou 24 hodinám a řízen vnějším synchronizátorem (Zeitgeber), tj. udavačem času. Nejvýznamnějším synchronizátorem je světlo, tj. střídání světla a tmy dané rotací Země kolem osy, dalšími synchronizátory jsou pravidelný příjem potravy či vnější teplotní cyklus (Illnerová, 1985).

Illnerová (1985) uvádí, že perioda pacemakeru  $\tau$  závisí při volném běhu na živočišném druhu. Např. u myši domácí je  $\tau$  rovno přibližně 23,7 hodinám, u člověka 25 hodinám. Perioda není ovlivněna jen druhově, ale je zřejmě určena i geneticky. Velikost periody závisí také na předchozím světelném režimu, za něhož byl živočich chován. Organismy jsou nejběžněji a nejstabilněji synchronizovány s 24 hodinovým dnem celou světelnou periodou. Ranní počátek světla, úsvit, můžeme chápat jako ranní světelný puls, a konec denního světla, soumrak, jako večerní světelný puls. Obecně vnitřní pacemaker je možné synchronizovat jen vnějším synchronizátorem o periodě  $22 \text{ h} < \tau < 27 \text{ h}$ .

Pacemaker můžeme najít v očích mořského měkkýše *Aplysia*, či uložený v epifyze ptáků, nebo v hypotalamu (část mezimozku) savců a tedy i člověka. V hypotalamu jsou nositeli oscilací dvě suprachiasmatická jádra, což jsou shluky neuronů poblíž optického chiasmatu (křížení) po obou stranách třetí komory mozkové (Illnerová, 1994).

### **2.2.2.1. Cirkadiánní systém ptáků**

Cirkadiánní hodiny u ptáků mohou být umístěny v epifyze (šišinka mezimozku), v oku nebo v suprachiasmatickém jádru hypotalamu. Jedna z těchto složek převažuje svojí funkcí u každého druhu ptáků (Illnerová, 1995a).

Veselovský (2001) tvrdí Illnerové upravuje a zmiňuje, že sídlo vnitřních hodin ptáků je v hypotalamu, kde sídlí rozhodující světelné receptory, reagující na velmi nízkou intenzitu světla. Zvláštní spouštěcí hormony hypotalamu odcházejí krví do řídicí hormonální žlázy podvěsku mozkového (hypofýzy). Odtud teprve vycházejí hormony řídicí reprodukční cykly, dobu pelichání či migraci.

### **2.2.2.2. Cirkadiánní systém savců a člověka**

U savců jsou cirkadiánní hodiny uloženy v suprachiasmatických jádrech hypotalamu. Mezi denní rytmy řízené cirkadiánním systémem například patří rytmy v pohybové aktivitě (neboli rytmus spánku a bdění), periodické změny v tělesné teplotě, rytmus v produkci mnoha hormonů (Goldman a Darrow, 1983).

Spánek má dvě fáze tzv. REM spánek (z angl. rapid-eye movement), který můžeme charakterizovat rychlými pohyby oční bulvou, dochází ke snění a nočnímu probouzení (Plháková, 2003). Illnerová (1995a) uvádí, že tato fáze je nejspíše řízena biologickými hodinami, kdy probouzení je částečně dáno vnitřním časem biologických hodin jedince. Druhá fáze je charakterizována hlubokým spánkem, jde o tzv. SWS spánek (z angl. slow wave sleep).

Podle rytmu v pohybové aktivitě dělí Illnerová (1995a) savce na denní živočichy (ovce, veverka aj.), na noční živočichy (potkan, křeček aj.) a na krepuskulární živočichy (aktivní dvakrát za den, nejčastěji zvečera a zrána; kočka aj.).

Tělesná teplota je maximální v době bdění a minimální v době spánku (Berger, 1995).

Mezi nejznámější rytmy hormonů patří tvorba hormonu melatoninu v epifýze, který se tvoří převážně v noci. Informuje savčí organismus o denní době a délce dne, tj. o roční sezóně (Goldman a Darrow, 1983; Illnerová, 1995a). Produkce hormonů kortikoidů z nadledvinek má své maximum v ranních hodinách (Illnerová, 1995a).

#### **2.2.2.2.1. Melatonin**

Melatonin byl izolován v roce 1958 A. Lernerem z hovězích epifýz tehdy s ještě nerozpoznanou úlohou. Od té doby byl melatonin nalezen ve všech dosud zkoumaných živých organismech (Illnerová, 1996).

Z chemického hlediska jde o derivát hydroxyindolu. Podstatné jsou methoxy skupina na aromatickém jádru a acetyl skupina vázána na aminu postranního řetězce (Illnerová, 1996).

Obsah melatoninu v epifýze a krevní plazmě je během noci mnohonásobně vyšší než ve dne, neboť u všech živých organismů se melatonin tvoří převážně v noci. Při soumraku se zvýší tvorba melatoninu. Naopak ranní pokles tvorby melatoninu je řízen ranním oscilátorem, který je synchronizován úsvitem. Denní světlo nastavuje nový 24 hodinový cyklus (Illnerová, 1995b).

Rytmická tvorba melatoninu rovněž zprostředkovává organismu informaci o délce fotoperiody, tj. střídání světla a tmy v průběhu ročního cyklu (Goldman a Darrow, 1983; Illnerová, 1994). Melatonin se tvoří po krátkou dobu v průběhu dlouhých letních dnů, zatímco během krátkých zimních dnů se melatonin tvoří po dlouhou dobu (Illnerová, 1985).



Melatoninové receptory byly u savců nalezeny v suprachiasmatických jádrech, kde navázaný melatonin může zpětně ovlivňovat chod biologických hodin, dále v části hypofýzy nazývané *pars tuberalis*, kde melatonin může ovlivňovat roční cykly (v reprodukční aktivitě) a dále v různých částech mozku v závislosti na živočišném druhu. Mimo mozek byly u savců tyto receptory nalezeny i v oční sítnici, v cévách, slezině a ledvinách (Illnerová, 1996).

Illnerová (1996) dále zmiňuje, že melatonin údajně působí proti nádorovému bujení a stárnutí. Tento účinek, pokud by byl dostatečně prokázán, by mohl souviset se schopností melatoninu zbavovat organismus volných radikálů.

Illnerová (1996) uvádí tyto účinky melatoninu při denním či sezónním měření času:

1. Informace o vnitřním čase biologických hodin. Vysoká hladina melatoninu informuje jedince o subjektivní noci. Fyziologicky působí jen v noci.
2. Nastavení a synchronizace biologických hodin.
3. Zlepšení kvality spánku. Pokud se podává melatonin starším osobám s poruchami spánku před usnutím, dojde u nich ke snížení probouzení během noci.
4. Informace o roční době. U všech savců reaguje noční tvorba melatoninu na délku světlé periody dne. Sezónní změny v tvorbě melatoninu v šišince zřejmě jen odrážejí funkční změny v samotných biologických hodinách. Melatonin působí na pohlavní funkce (začátek reprodukční aktivity či konec reprodukční aktivity), ale nepůsobí na pohlavní žlázy.
5. Podpora imunitního systému. Prověřeno zatím jen u některých zvířat.
6. Působení jako antioxidační činidlo.
7. Působení proti rakovině.
8. Ovlivnění reprodukční schopnosti a sexuálního chování. Večerní podávání melatoninu ženám zvyšuje hladinu hormonů ovlivňujících aktivitu pohlavních žláz a umožňuje uvolňování hormonů, ale jen v první fázi menstruačního cyklu, do ovulace. Ve druhé fázi, po ovulaci, je podávání melatoninu neúčinné.
9. Zpomalení stárnutí. Zatím žádný omlazovací účinek melatoninu nebyl prokázán.

Melatonin není schváleným lékem, ale v USA je možné jej sehnat jako doplněk stravy.

#### **2.2.2.2. Cirkadiánní systém savců**

Cirkadiánní systém, tj. řízení vnitřního denního řádu, se vyvíjí u savců již před narozením. Potkaní plod má dva dny před narozením fungující biologické hodiny. Hodiny ještě nenarozeného mláděte jsou synchronizovány periodickým vnitřním prostředím matky. Po narození se jako první rytmus objevuje rytmus v periodické tvorbě melatoninu v epifýze. Až mnohem později se vyvíjí cirkadiánní rytmus v pohybové aktivitě. Cirkadiánní systém se mění i během stárnutí savčího organismu (Illnerová, 1995b).

Illnerová (1995b) vysvětluje, že cirkadiánní systém obecně ztrácí na výraznosti a může docházet k jeho fragmentaci.

#### **2.2.2.3. Cirkadiánní systém člověka**

Lidský cirkadiánní systém se vyvíjí již u plodu. Po narození denní rytmy dítěte po nějakou dobu, zpravidla 3-6 týdnů, volně běží časem, než začnou být synchronizovány s vnějším dnem. Rytmus spánku-bdění a rytmus v příjmu potravy jsou ještě silně fragmentovány a je v nich možné vyčíst rytmy kratší než 24 hodin, které se později skládají v rytmy cirkadiánní. Střídání dne a noci pravděpodobně synchronizuje hodiny novorozeného dítěte s vnějším dnem, ale též možná přítomnost matky, a jak se v poslední době ukazuje, mateřské mléko. Melatonin, tj. noční signál, je v mléku přítomen pouze v noci, nikoli však ve dne. Noční kojení tudíž informuje novorozeně o okolní noci (Illnerová, 1995b).

Během stárnutí se celkově cirkadiánní systém zeslabuje. Snižuje se rozdíl mezi maximem a minimem u teplotního rytmu, rytmu v tvorbě melatoninu i jiných hormonů, dochází k fragmentaci spánku. Synchronizace s okolní společností může slábnout vzhledem k řidnoucím vycházkám a tudíž snižujícím se vystavení vnějšímu osvětlení a rozvolněnému dennímu režimu. I ve stáří je tedy zapotřebí pohybovat se co nejvíce venku a udržovat si pravidelný denní řád. Vnitřní perioda cirkadiánních hodin se během stárnutí zkracuje (Illnerová, 1995b).

Illnerová ve svých pracích (1985, 1995b) objasňuje problematiku synchronizace biologických hodin člověka a uvádí problémy, které mohou nastat při porušení cirkadiánních rytmů.

Po pokusech prováděných v bunkrech či jeskyních s dobrovolníky, kteří zde žili nějakou dobu bez vědomí o vnějším čase, se prokázalo, že perioda člověka se blíží 25 hodinám. Člověk má tendenci oproti běžnému 24 hodinovému dni se zpoždovat.

Alfred Lewy, profesor psychologie, r. 1980 objevil, že jasné světlo během noci, o obdobné intenzitě jako má vnější denní osvětlení, může způsobit, že se sníží tvorba melatoninu u osvětleného člověka. Tento objev vedl k dalšímu nález, že intenzivní osvětlení (2000 luxů, této intenzitě je například člověk vystaven, když za jasného dne stojí čtvrt metru od okna) může synchronizovat lidské biologické hodiny.

Osvětlování jasným světlem v ranních hodinách a z toho vyplývající vynucené předbíhání biologických hodin má zásadní význam pro synchronizaci lidských hodin s 24hodinovým dnem.

Osvětlení zvečera a v první polovině noci zpozdí lidské hodiny. Osvětlení ve druhé polovině noci či zrána podnítí předběhnutí biologických hodin. Předběhne se noční teplotní minimum, ranní probuzení, ranní pokles melatoninu.

Lidská noc je nesymetricky rozložena kolem objektivní půlnoci. Podle spánku a noční tvorby melatoninu má městská populace v České republice svou biologickou půlnoc kolem 3. hodiny ranní. V USA tato „půlnoc“ nastává asi o hodinu později: později se vstává, později chodí do práce i z práce.

Je-li člověk vystaven po dva dny silnému osvětlení v době blízké své subjektivní půlnoci, tzn. v časném ránu kolem minima v tělesné teplotě, zborší se mu celý cirkadiánní systém. Vymizí rytmy v tělesné teplotě, hormonech v krvi, iontech v moči. Za tohoto stavu pak jasné světlo může indukovat tzv. fázový skok, kdy se hodiny např. o 8-10 hodin zpozdí či předběhnou. Biologické hodiny udávají vnitřní časový řád celému organismu a arytmicita může tento řád silně narušit. Proto jakékoli opakované intenzivní noční osvětlování člověka po delší dobu může být nebezpečné.

V r. 1992 Robert Sack přinesl nejpřímější důkaz, že jasné denní světlo má největší vliv na synchronizaci biologických hodin člověka s vnějším dnem. Prováděl pokusy na slepých lidech. Zjistil, že více než polovina z nich není synchronizována s vnějším dnem. Jejich vnitřní rytmus byl desynchronizovaný, ale denní rytmus se synchronizoval s okolní společností.

V biologických rytmech má význam i nesvětelná sociální synchronizace. Lidé, kteří spolu žijí nebo tráví většinu dne pohromadě (středoškolští studenti, někteří zaměstnanci...) mohou mít stejný biologický rytmus, navzájem se synchronizují.

Mezi další problémy cirkadiálních rytmů člověka patří přelet přes více časových pásem nebo směnný provoz. Když cestujeme přes více časových pásem potřebujeme se adaptovat na nový čas. Rychleji se novému času přizpůsobí rytmus spánku a bdění než rytmus tělesné teploty.

Při letu na západ, kdy se náš cirkadiální rytmus musí zpozdít, se adaptujeme snáz než při letu na východ, kdy se náš cirkadiální rytmus musí předběhnout. Pro rychlejší adaptaci Illnerová (1985) doporučuje pohybovat se ve venkovním prostředí a navazovat sociální kontakty.

U lidí, kteří nesnášejí směnný provoz (porucha spánku či porucha funkce gastrointestinálního traktu), může být příčina desynchronizace cirkadiálních rytmů. Dochází ke špatné synchronizaci rytmů s vnějším dnem.

## 2.2.3. Molekulární regulace biologických hodin

### 2.2.3.1. Geny cirkadiánních rytmů

Základním modelem pro zkoumání regulace biologických hodin u hmyzu je ovocná muška druhu *Drosophila melanogaster*. Základem cirkadiánních rytmů je autoregulační zpětnovazebná smyčka (feedback loop). Pro její průběh jsou důležité „hodinové“ geny, mezi které patří geny *period*, *timeless*, *clock*, *cycle*, *doubletime*.

#### 2.2.3.1.1. Geny *period* (*per*), *timeless* (*tim*) a jejich proteiny *PER*, *TIM*

U populace mušek byly zaznamenány cirkadiánní rytmy v líhnutí z kukel, kdy se kukly líhnou vždy v časných ranních hodinách, a v letové aktivitě jedince. Za oba rytmy je zodpovědný gen *per*. Název tohoto genu je odvozen ze slova perioda, neboť kóduje tvorbu produktu podmiňujícího opakující se děje o periodě přibližně 24 hodin.

Už v roce 1971 Konopka a Benzer zjistili, že existují mutanti mušky octomilky. Existují tři mutace genu *period*:

- a) mutace *per*<sup>0</sup> (0 – nula, bez periody) – octomilky, které měly nesmyslnou mutaci genu *per* se líhly náhodně během dne, byly arytmičné,
- b) mutace *per*<sup>s</sup> (s – short, krátká perioda) – octomilky s touto mutací vykazovaly kratší periodu, cca 17,5 h, než divoký typ (cca 24h),
- c) mutace *per*<sup>l</sup> (l – long, dlouhá perioda) – octomilky mají periodu delší (asi 26,5 h při 27 °C). U této mutace došlo ke ztrátě tepelné kompenzace, tzn., že při různé teplotě „tikají“ hodiny různě rychle.

Chemickou cestou či ozařováním byly připraveny cirkadiánní mutanti mušky, tj. mušky se změněnou periodicitou: *per*<sup>0</sup>, *per*<sup>s</sup>, *per*<sup>l</sup>.

Gen *per* kóduje protein PERIOD (PER), který obsahuje zhruba 1200 aminokyselin. Bodová mutace jedné jediné báze a následná změna jedné z aminokyselin v PER proteinu vede k výraznému zkrácení (*per*<sup>s</sup>), nebo naopak k prodloužení (*per*<sup>l</sup>) vnitřní periody (Illnerová, 1994).

Množství proteinu PER vykazuje 24 h denní oscilaci v neuronech a fotoreceptorech octomilky. Maximálních koncentrací dosahuje v pozdní subjektivní noci, tj. k ránu. Perioda cyklické tvorby PER proteinu odpovídá periodě rytmu v pohybové aktivitě či líhnutí (Illnerová, 1994; Závodská, 2001).

Protein PER se nejdříve akumuluje v cytoplasmě laterálních neuronů v mozku během omezené části cirkadiálního cyklu a potom vstupuje do jejich jader (Curtin a kol., 1995).

Protein PER obsahuje ve své molekule oblast zvanou PAS doména, jejíž označení vzniklo podle začátečních písmen tří proteinů PER – period, ARNT – human aryl hydrocarbon receptor a SINGLEMINDED – protein vyskytující se u octomilek. Prostřednictvím PAS domény se může protein PER vázat s jinými proteiny obsahujícími obdobnou oblast a tvořit s nimi dimery. Vzniklé dimery se mohou vázat na DNA v jádře a ovlivňovat transkripci (Illnerová, 1994).

Druhý gen biologických hodin byl zaklonován roku 1994 (Page, 1994) a nazývá se gen *timeless* (*tim*). Název genu je odvozen ze slova *timeless*, tj. bez času a přepisuje se na protein TIMELESS (TIM). Protein TIM může tvořit s proteinem PER heterodimer PER-TIM. Interakce proteinů TIM a PER je nutná pro přechod proteinu PER do jádra a jeho oscilaci. Maximální koncentrace PER a TIM proteinu se projevuje uprostřed noci.

Protein TIM reaguje akutně na světlo, které ho degraduje (Iwasaki a Thomas, 1997). Rychlá degradace proteinu TIM světlem je mechanismem entrainmentu (znovunastavení), ke kterému dochází na začátku dne.

Geny *per* a *tim* představují negativní transkripční faktory. Jejich proteiny PER a TIM inhibují svou vlastní transkripci.

#### **2.2.3.1.2. Geny *doubletime* (*dbt*), *clock* (*clk*), *cycle* (*cyc*) a jejich proteiny DBT, CLK, CYC**

Mezi další geny biologických hodin patří geny *doubletime* (*dbt*), *clock* (*clk*), *cycle* (*cyc*). *Clk* a *cyc* představují pozitivní transkripční faktory „hodinových“ genů. Obsahují bHLH (basic helix-loop-helix) doménu, což je DNA vazebná doména, která se váže na E box promotorů genů *per* a *tim*. E box je část promotoru, který je tvořen sekvencí CACGTA a je nezbytný pro vysokou úroveň transkripce (Allada a kol., 1998; Reppert, 1998; Závodská, 2001).

E box podle Saunderse (2002) patří mezi nejdůležitější složku regulace cirkadiálních rytmů – potlačuje transkripci *per* genu a uzavírá zpětnovazebnou smyčku.

*Doubletime* (*Dbt*) je gen, který kóduje kaseinkinasu 1ε, která se nepodílí na expresi „hodinových“ genů. Vyskytuje se ve dvou mutantních formách *dbt<sup>s</sup>*, *dbt<sup>l</sup>*, které zrychlují či zpomalují fosorylaci PER proteinu.

V tabulce je uveden přehled základních genů biologických hodin a jejich označení.

Název genu	Označení genu	Název příslušného proteinu	Označení proteinu
period	per	PERIOD	PER
timeless	tim	TIMELESS	TIM
clock	clk	CLOCK	CLK
cycle	cyc	CYCLE	CYC
doubletime	dbt	DOUBLETIME	DBT

### 2.2.3.2. Model autoregulační zpětnovazebné smyčky

Zpětnovazebná smyčka reguluje eklosní chování (svlékání, chování larev, kukel) a pohybovou aktivitu u octomilky (*Drosophila melanogaster*).

Transkripcí, která je zahájena navázáním proteinů CLK-CYC na E box promotoru genů *per* a *tim*, vznikne *per* mRNA a *tim* mRNA. Následnou translací vznikají proteiny PER a TIM, které vytvoří v cytoplasmě neuronů heterodimery. *Dbt* zde působí na heterodimery PER-TIM, neboť upravuje stabilitu PER proteinů. Vzniklé heterodimery PER-TIM přecházejí ke konci noci do jader neuronů. Heterodimery PER-TIM blokují nasednutí dimeru CLK-CYC na E box, čímž není aktivována transkripce. Gen se přestává přepisovat. Mizí mRNA. Přestává se tvořit příslušný protein a tím dojde k odblokování na E boxu. Protein TIM je citlivý na světlo. K ránu dochází k jeho silné degradaci světlem, heterodimer PER-TIM se rozpadá. Postupně začíná narůstat hladina transkriptů *per* mRNA a *tim* mRNA. A celý cyklus autoregulační zpětnovazebné smyčky může proběhnout znovu (Saunders, 2002).

Gen	Role genu
period	Negativní regulace
timeless	Negativní regulace, citlivost na světlo
clock	Pozitivní regulace
cycle	Pozitivní regulace
doubletime	Fosforylace PER proteinu

### **2.2.3.3. Geny vstupního (input) systému**

Vstupní systém je aktivován signály z vnějšího prostředí tzv. synchronizátory (světlo, teplo).

#### **2.2.3.3.1. Světlo**

Světelná informace se k buňkám octomilky dostává dvěma cestami: první cesta prochází přes geny kódující fotoreceptor cryptochrom (CRY), druhá cesta vede přes geny kódující zrakový pigment rodopsin (Saunders, 2002).

Cryptochrom je protein absorbující modré světlo. Projevuje se v laterálních neuronech. Patří mezi nejdůležitější složku cirkadiálních rytmů, která řídí znovunastavení biologických hodin v mozku (Saunders, 2002).

#### **2.2.3.3.2. Teplo**

Octomilka se v nejteplejších částech dne vyhýbá aktivitě, ale jinak vnější teplota jen málo ovlivňuje cirkadiální rytmy (Iwasaki a Thomas, 1997). Existuje zde teplotní kompenzace, takže biologické hodiny běží stejně rychle při různých teplotách (Sauman a Hashimi, 1999). Saunders a Hong (2000) ukázali, že pohybová aktivita bzučivky obecné (*Calliphora vicina*) má stejný rytmus při teplotách mezi 15°C až 25°C. Na druhé straně je prokázáno, že teplotní cykly s periodou okolo 24 hodin mohou synchronizovat a resetovat biologické hodiny (Laser a Stanewsky, 2005).

Teplotní cykly u octomilky nastavují rytmus v pohybové aktivitě jedinců i eklosním chování populace, synchronizují expresi hodinových proteinů PER a TIM a dokonce potlačí arytmiické chování, ke kterému dochází za konstantního světla (Laser a Stanewsky, 2005). To, že teplotní cyklus hraje v synchronizaci cirkadiálních hodin důležitou roli je nepochybné, ale dosud není objasněn mechanismus, kterým teplotní změny chod biologických hodin ovlivňují.

### **2.2.3.4. Geny výstupního (output) systému**

Základem výstupního systému jsou geny *pigment dispersing factor (pdf)*, *takeout (to)* a pro eklosní chování důležitý gen *lark (lar)*. Laterální neurony produkují neuropeptid – PIGMENT DISPERSING FACTOR (PDF), který je důležitý pro rytmy pohybové aktivity u dospělých mušek (Renn a kol., 1999; Saunders, 2002). Gen *takeout (to)* se vyskytuje v srdci, tykadlech (Sarav-Blat a kol., 2000; Saunders, 2002). Mohou dopravit informace k pohybovým a tykadlovým rytmům (Krischnan a kol., 1999; Saunders, 2002).



Gen *lark* je potřebný pro eklosní rytmy (Newbey a Jackson, 1993), ale ne pro pohybovou aktivitu (Saunders, 2002).

## 2.2.4. Sezónní rytmy

Příčinou sezónních rytmů u živočichů jsou změny v délce světelné části dne (fotoperiody). Smyslové receptory reagují na fotoperiodu, aktivizují hormony a pigmenty. Fotoperioda ovlivňuje rozmnožování živočichů a děje spojené s reprodukcí. Pohlavní aktivita je většinou synchronizována s ročními sezónami, proto vývoj mláďat probíhá v nejpříznivější dobu. Mezi další periodické sezónní změny patří například línání či přepeřování, shromažďování tuku, migrace, zimní spánek, sezónní dimorfismus, dormance (přečkání nepříznivých podmínek) (Losos, 1985).

### 2.2.4.1. Sezónní rytmy bezobratlých

Fotoperioda vyvolává u hmyzu sezónní změny tvaru, velikosti a zbarvení těla. Jedná se o tzv. sezónní dimorfismus nebo polymorfismus. Klasickým příkladem sezónního dimorfismu je babočka síťkovaná, která se během roku vyskytuje ve dvou formách. Jarní forma zvaná levana je menší, červenožlutá s černými skvrnami, naopak letní forma zvaná prorsa je poněkud větších rozměrů, černohnědá s bílými skvrnami (Losos, 1985).

Pokud se hmyz nachází v prostředí, kde nejsou dostatečné životní podmínky (dostatek potravy, hustota populace, ...), přečkává nepříznivé podmínky ve stavu klidu. Takový stav se nazývá dormance. Pokud je dormance podmíněna dědičně jedná se o diapauzu, během níž je vývoj jedince přerušen. Většina hmyzu přechází do diapauzy vlivem zkracující se fotoperiody. Diapauza je také závislá na teplotě, změně potravy apod. (Laštůvka a Krejčová, 2000).

Diapauza se vyskytuje i u některých koryšů, roztočů, vířníků a hub. Jak uvádí Losos (1985) je diapauza u hmyzu známá ve všech vývojových stádiích: u vajíček (saranče), u larev (bělásek ovocný, bekyně mniška aj.), u kukel (můrovití – *Phalaenidae*, bělásek zelný, vrtule třešňová aj.) a u imág (hlavně mandelinkovití – *Chrysomelidae*, žluťásek řešetlákový, některé ploštice a další). U mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*) procházejí samice 3 fázemi; v prvním období konzumují velké množství potravy a vytvářejí ve svém těle rezervní látky pro budoucí vývoj gonád, ve druhém období samice diapauzují a zastavují růst gonád a konečně ve 3. období se samice stávají znovu aktivní, jejich vajíčka rychle dozrávají a mohou být oplozena. Po kopulaci imága hynou.

Diapauze předchází akumulace rezervních látek (lipidů a glykogenu) a snižuje se obsah vody. Diapauza je charakterizována snížením obsahu vody v těle, zástavou příjmu potravy, omezením pohyblivosti, přerušením morfogeneze, zráním gonád apod. Tyto změny jsou kontrolovány hormonálně. Reakce v diapauze se liší od normálních projevů nediapauzujících jedinců, například vajíčka a ostatní stadia jsou odolnější proti chladu, kyselinám, insekticidům aj. (Losos, 1985).

Se sezónními rytmy také souvisí migrace bezobratlých, především hmyzu. Mezi nejznámější příklad patří migrace monarchy stěhovavého (*Danaus plexippus*). Monarcha patří mezi denní motýly z čeledi babočkovitých (*Nymphalidae*). Každoročně migruje ze Severní Ameriky na Floridu, do Kalifornie a zejména do středního Mexika.

V letních měsících monarcha přežívá na rostlině, kterou je klejicha hedvábná. Když se začne den zkracovat a přichází podzim, proteiny absorbující světlo, které se nazývají cryptochromy, dají signál k cestě za teplem (Koukal, 2008).

Tyto látky byly poprvé objeveny u rostlin, později také u myši a octomilek, u kterých synchronizují vnitřní hodiny. Monarchové jsou na rozdíl od nich vybaveni dvěma druhy cryptochromů. První z nich, CRY1, nastavuje vnitřní hodiny a udržuje je v chodu. Druhý cryptochrom, CRY2, ovlivňuje schopnost motýla využívat Slunce jako kompas. Současně zajišťuje "komunikaci" mezi kompasem a hodinami (Sauman a kol., 2005; Zhu a kol., 2008).

Zimu přežívají v polospánku na jedlích balzámových. Brzy na jaře se monarchové páří a v březnu se noví motýlci vydávají na zpáteční cestu k severu. Cestou kladou vajíčka. Jakmile samička splní toto tradiční poslání, uhynie. Z vajíček se rodí noví jedinci, kteří letí opět na sever (Koukal, 2008).

#### **2.2.4.2. Sezónní rytmy ptáků**

Ptáci jsou nejvíce ovlivňováni změnami fotoperiody, která podněcuje nejen vzrůst pohlavních žláz, ale také podněcuje pelichání, tvoření zásob tuku, stěhování apod.

Ornitologové považují změny délky denního světla a postupné zkracování dnů za hlavní impuls pro stěhování ptáků. Jejich vnitřní hodiny a pud jim včas určí dobu odletu. Přibližně týden před odletem nastává shromažďování tukových zásob. U našich tažných ptáků se hmotnost těla zvýší o 20 až 50 procent (Koukal, 2004).

Ptáci se na svých cestách orientují podle Slunce, podle hvězd, podle směrů polarizovaného světla (obdobně jako včely) či podle magnetického pole Země (Veselovský, 2001).

### **2.2.4.3. Sezónní rytmy savců**

Fotoperioda u savců ovlivňuje růst pohlavních žláz a pohlavní aktivitu, línání, shromažďování tuku, migraci, produkci mláďat. V souladu s délkou březosti jsou někteří savci pohlavně aktivní na jaře, kdy se den prodlužuje (hlodavci, některé drobné šelmy), jiní koncem léta a na podzim, kdy se naopak den zkracuje (hlavně přežvýkaví – jeleni, srnci apod.). Mnozí savci se však rozmnožují vícekrát během roku (myšovití) (Losos, 1985).

#### **2.2.4.3.1. Hibernace**

Mezi sezónní rytmy můžeme zařadit rovněž hibernaci (zimní spánek), která je podmíněna endogenním rytmem. Nástup hibernace může být také podmíněn jinými faktory, například fotoperiodou, množstvím a složením potravy či sníženou teplotou (Losos, 1985).

Hibernace je zvláštní adaptací homoiotermních (s řízenou tělesnou teplotou) živočichů na chlad během zimy v mírném pásmu. Pro hibernaci je typická strnulost těla (letargie), při níž se sníží všechny životní funkce na minimum, například frekvence dýchání, srdeční tep, nervová činnost, metabolismus (Losos, 1985).

Hibernací rozumíme aktivní schopnost snižovat a zvyšovat tělesnou teplotu a udržovat homeostázu v podmínkách podchlazení. Je to regulovaný děj, který vyžaduje specifické přizpůsobení funkcí nervové a humorální soustavy a činnosti tkání (Losos, 1985).

Mezi hibernanty patří různé skupiny vyšších obratlovců. Nejvíce zástupců nacházíme mezi hlodavci a letouny. Z hmyzožravců hibernuje ježek a tanrek. Částečně mezi hibernanty můžeme zařadit jezevce a medvěda, kteří však během hibernace nesnižují tělesnou teplotu. Jedná se o tzv. nepravý zimní spánek. Hibernují i některé druhy ptáků (lelci a kolibříci) (Losos, 1985).

Organismus hibernantů si v přípravném období hromadí zásobní látky a budují si specifickou hnědou tkáň.

Indukce hibernace je vyvolána prodloužením tmavé části dne (krátkou fotoperiodou), která vede ke zvýšení produkce melatoninu v epifyze a k následné involuci gonád, cestou zahrnující hypothalamus a hypofýzu (Strunecká a Jánský, 2006).

Za rozhodující regulátor je považován zvláštní spouštěcí hibernační faktor, HIT (hibernation induction trigger). Jde o specifický peptid tvořící se v mozku, který je uvolňován do oběhu (Vácha a kol., 2004)

Hormonální změny v organismu, které jsou vedeny po humorální ose hypothalamus-hypofýza-nadledviny, vedou ke změnám v příjmu potravy, řízení tělesné teploty a posléze i přizpůsobení činnosti nervových vláken tak, aby byla zachována schopnost vést vzruchy i za nízkých tělních teplot (Strunecká a Janský, 2006).

V mírném pásmu usínají hibernanti obvykle na podzim (září, říjen až listopad) a probouzejí se v březnu až dubnu. Přitom schopnost hibernace zachovává většina hibernantů po celý rok, s výjimkou období rozmnožování. Koncem srpna usínají syslové, koncem října ježci. Netopýři a myšivky snižují teplotu těla také během dne v kterémkoli období roku. Během hibernace se tělesná teplota často vyrovnává s teplotou okolí (Losos, 1985).

Existuje také letní spánek (estivace). Jde o hypotermní stav (podchlazení) homoiotermních živočichů vlivem vysokých teplot a sucha (Losos, 1985).

#### **2.2.4.4. Sezónní rytmy člověka**

Sezónní rytmy můžeme vnímat prostřednictvím střídání ročního období. Na jaře, když stromy a rostliny začínají kvést, prodlužují se dny, začínáme být aktivnější, trávíme více času venku. Na podzim, kdy se dny zkracují, venku je nevlídné počasí, více času trávíme odpočinkem a spánkem.

Biologické hodiny v mozku měří nejen denní, ale i roční dobu a slouží tak našemu tělu jako kalendář. Někteří lidé zažívají nepříjemné pocity i při změně z letního na zimní čas, kdy se hodiny posunou o pouhou jednu hodinu. Tyto pocity můžeme vysvětlit tím, že se doba vstávání posune do doby, kdy je ráno tma a naše hodiny tak nejsou dostatečně seřízeny ranním světlem. V takových případech lze urychlit dobu, kterou hodiny potřebují na své seřízení, cíleným osvětlováním.

Illnerová (1995b) však zmiňuje, že civilizovaná společnost reaguje na změny v délce dne již jen okrajově, ale i přesto je zachycen roční cyklus v sebevraždě. Na jaře sebevraždy dosahují maximálních hodnot, v průběhu léta a podzimu opakovaně klesají. Nejnižšího počtu sebevražd je překvapivě dosahováno v zimních měsících ([http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy\\_podle\\_rocniho\\_obdobi](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy_podle_rocniho_obdobi), 20.11.2007).

U vnímavých jedinců může existovat i roční cyklus v náladě, se zhoršováním nálady doprovázejícím příchod krátkých podzimních a zimních dnů. Celkově však reakce na měnící se roční doby již téměř vymizela.

### 3. POSTUP PRÁCE

Na začátku zpracování diplomové práce jsem se zaměřila na studium odborné literatury a odborných časopisů, a to jak v českém jazyce (např. Berger, 1995; Illnerová, 1994; Illnerová, 1985; Losos, 1985; Závodská, 2001 aj.), tak i anglickém jazyce (Saunders, 2002 aj.). Cizojazyčná literatura sloužila k rozšíření poznatků o molekulární podstatě biorytmů u bezobratlých. Články Illnerové (1995) byly zdrojem informací o biorytmech člověka a obratlovců. K doplnění teoretických znalostí v oblasti biorytmů patřily přednášky (Zimní spánek a hibernace - aneb jak přežít zimu, Dr.Košťál, BC ENTÚ AV ČR; Vnitřní hodiny hmyzu, Mgr. Doležal, Ph.D., BC ENTÚ AV ČR) odpřednášené v rámci Biologické univerzity mládeže na Pedagogické fakultě v Českých Budějovicích a účast na praktickém cvičení z Imunocytochemie na Biologické fakultě JU, při kterém jsme identifikovali dané proteiny v mozku bezobratlých za využití specifických protilátek.

Před návrhem a vytvořením výukového programu Biologické rytmy živočichů a člověka proběhla nejdříve analýza učiva v dostupných středoškolských učebnicích (např. Bumerl, 1997; Novotný, Hruška, 1995; Papáček a kol., 2000 aj.). Na základě analýzy byla vytvořena tabulka základních pojmů (viz příloha č. 1) a následně návrhy výukového programu.

Výukový program Biologické rytmy živočichů a člověka byl rozdělen do tří základních bloků: Biologické rytmy živočichů, Biologické rytmy člověka, Sezónní rytmy živočichů.

Výukový program Biologické rytmy živočichů a člověka je určen studentům prvního až čtvrtého ročníku středních škol. Každý základní blok je uveden prezentací zpracovanou v programu PowerPoint, která by měla studenty seznámit s problematikou biorytmů. Dále jsou zařazeny pracovní listy a „doplňovačky“ na ověření a doplnění získaných znalostí a návrhy na vytvoření studentských projektů.

Vybrané úkoly z výukového programu byly realizovány na Prvním českém gymnáziu v Karlových Varech. Na začátku byli studenti seznámeni s problematikou biorytmů a následně proběhlo několik vybraných aktivit.

## 4. VÝUKOVÝ PROGRAM BIOLOGICKÉ RYTMY ŽIVOČICHŮ A ČLOVĚKA

### 4.1. Biologické rytmy živočichů

**Cíl:** Seznámit se s umístěním biologických hodin v mozku savců. Umět popsat a porovnat stavbu oka, stavbu mozku u bezobratlých (hmyz), obratlovců (ptáci, savci). Znat cirkadiánní rytmy bezobratlých. Znat fyziologické změny u hmyzu během diapauzy Zopakovat si princip replikace, transkripce a translace na konkrétním příkladu genu.

#### **Zařazení do biologického kurikula:**

Biorytmy bezobratlých v rámci učiva Biologie živočichů

Biorytmy obratlovců v rámci učiva Biologie živočichů

Příklady z genetiky v rámci učiva Genetiky

#### **Pojmy:**

- a) **základní** – hypothalamus, epifýza, cirkadiánní rytmy, fotoperioda, diapauza, dormance, replikace, transkripce, translace
- b) **rozšiřující** – křížení zrakových nervů, suprachiasmatická jádra, pacemaker

#### **Koncepce:**

- a) **teoretická část** – výklad a rozhovor k tématu Biologické rytmy živočichů, prezentace tématu Biologické rytmy živočichů zpracované v programu PowerPoint
- b) **praktická část** – samostatná práce formou pracovních listů:
  1. Stavba oka a mozku savců
  2. Stavba oka a mozku ptáků
  3. Stavba oka a mozku bezobratlých
  4. Shrnutí stavby oka a mozku
  5. Cirkadiánní rytmy bezobratlých
  6. Diapauza hmyzu
  7. Příklady z genetiky

## **Literární a internetové zdroje pro sestavení pracovních listů a prezentací:**

### **a) prezentace:**

<http://bcrc.bio.umass.edu/gbi/gbi.phtml?cid=gbi3f620e54b9538>

<http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>

### **b) pracovní listy:**

(Kolektiv autorů, 1996), (Sigmund, Bajtlerová, 1990), (Veselovský, 2008),  
(Jelínek, Zicháček, 1998)

## **Teoretická východiska:**

Odpovídající informace k dané problematice viz kapitola Literární rešerše (2.2.2. Cirkadiánní rytmy)

## **Obsah:**

### **4.1.1. Prezentace Biologické rytmy živočichů**

4.1.1.1. Text k prezentaci

4.1.1.2. Vlastní prezentace

### **4.1.2. Pracovní listy**

4.1.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.1.2.2. Stavba oka a mozku savců (autorské řešení)

4.1.2.3. Stavba oka a mozku ptáků (autorské řešení)

4.1.2.4. Stavba oka a mozku bezobratlých (autorské řešení)

4.1.2.5. Shrnutí stavby oka a mozku (autorské řešení)

4.1.2.6. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.1.2.7. Cirkadiánní rytmy bezobratlých (autorské řešení)

4.1.2.8. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.1.2.9. Diapauza hmyzu (autorské řešení)

4.1.2.10. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.1.2.11. Příklady z genetiky (autorské řešení)

## 4.1.1. Prezentace Biorytmů živočichů

### 4.1.1.1 Text k prezentaci

#### BIOLOGICKÉ RYTMY ŽIVOČICHŮ

(manuál pro učitele)

Název: Obsah a doporučený postup prezentace:

---

Stránka 1

#### **Biologické rytmy živočichů**

- téma prezentace
- fotka octomilky převzata (30.3.2009)  
z <http://www.hoxfulmonsters.com/2008/08/basics-of-drosophila-genetics/>
- fotka ptáků převzata (30.3.2009) z <http://jesterkalovisek.webovastranka.cz/image/1421/8397>
- rozhovor na téma Biologické rytmy živočichů:
  - Co si studenti představí pod pojmem biologické rytmy živočichů?

Stránka 2

#### **S čím se dnes seznámíme?**

- obsah tématu

Stránka 3

#### **Biorytmů živočichů**

- pojmy biorytmů živočichů, chronobiologie a dělení biorytmů dle délky periody

Stránka 4

#### **Cirkadiální rytmy**

- pojmy cirkadiální rytmy, biologické hodiny
- charakteristika biologických hodin
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.2. Cirkadiální rytmy, str. 12

Stránka 5

#### **Biologické hodiny**

- části biologických hodin
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.2. Cirkadiální rytmy, str. 12-13

Stránka 6

#### **Pacemaker**

- pojem pacemaker
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.2. Cirkadiální rytmy, str. 12-14
- fotka suprachiasmatických jader převzata (1.4.2009)  
z <http://brc.bio.umass.edu/gbi/gbi.phtml?cid=gbi3f620e54b9538>
- fotka ptačího oka převzata (1.4.2009)  
z <http://www.natureblink.com/lbird.htm>



Stránka 7

### **Cirkadiánní rytmy**

- nákres dráhy cirkadiánních rytmů u savců
- vstupní systém: oko (sítnice) → SCN → mícha → SCG → lokální výstupní systém: epifyza
- v epifyze během noci tvorba melatoninu

Stránka 8

**Aktivita křečka během LD, DD, LL- DD – free-running:** fáze konstantní tmy, jde o volně běžící rytmus pohybové aktivity, kdy biologické hodiny křečka nejsou denně seřizovány světlem, tím dochází k posunu pohybové aktivity; délka periody aktivity je stejná jako při LD fázi

- LD – entrained: fáze pravidelného střídání světla a tmy, v našem případě 12 hodin světla a 12 hodin tmy; každý den dochází k seřízení biologických hodin křečka světlem a tím jeho pohybová aktivita probíhá stále ve stejný časový interval
- LL – free-running: fáze konstantního světla, během této fáze je křeček v pohybové aktivitě arytmičtý
- obrázek (aktogram pohybové aktivity křečka během LD, DD, LL) převzat (2.4.2009) ze <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>

Stránka 9

**Molekulární regulace biologických hodin** - přehled základních genů cirkadiánních rytmů

- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.3.1. Geny cirkadiánních rytmů, str. 19-21

Stránka 10

**Molekulární regulace biologických hodin** - obrázek molekulárního principu biologických hodin převzat

- (2.4.2009) z <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.3.1. Geny cirkadiánních rytmů, str. 19-21

Stránka 11

**Sezónní rytmy živočichů**

- charakteristika sezónních rytmů živočichů
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.4. Sezónní rytmy, str. 23

Stránka 12

**Sezónní rytmy živočichů (Diapauza hmyzu)**

- charakteristika diapauzy hmyzu
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.4.1. Sezónní rytmy bezobratlých, str. 23-24
- fotka sarančete převzata (10.4.2009) z <http://fotoblog.in/clanek/150>
- fotka žluťáška řešetlákového převzata (10.4.2009) z <http://toulky.kolas.cz/2001/krk01mot.htm>

Stránka 13

**Sezónní rytmy živočichů  
(Migrace hmyzu)**

- fotka klejichy hedvábné převzata (2.4.2009)  
z <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id14030/>
- fotka monarchy stěhovavého převzata (2.4.2009)  
z [http://cs.wikipedia.org/wiki/Monarcha\\_st%C4%9Bhovav%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Monarcha_st%C4%9Bhovav%C3%BD)
- mapa Severní Ameriky převzata (2.4.2009)  
z [http://www.mapsguides.com/severni\\_amerika\\_p\\_ruvodce\\_cz.php](http://www.mapsguides.com/severni_amerika_p_ruvodce_cz.php)
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.4.1. Sezónní rytmy bezobratlých, str. 24

Stránka 14

**Sezónní rytmy živočichů**

- téma migrace ptáků – samostatná prezentace v programu PowerPoint
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.4.2. Sezónní rytmy ptáků, 2.2.4.3. Sezónní rytmy savců, str. 24-26
- graf Sezónní změny v reprodukční aktivitě myši převzat (2.4.2009)  
z <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>

Stránka 15

**Děkuji za pozornost**

- ukončení prezentace

#### 4.1.1.2 Vlastní prezentace

snímek 1



Biologické rytmy živočichů

Výukový program



Zpracovala: Monika Schleicherová

snímek 2

S čím se dnes seznámíme?

- Biorytmy živočichů
- Cirkadiánní rytmy
- Molekulární regulace
- Sezónní rytmy živočichů

## Biorytmy živočichů

= děje, které se v našem organismu pravidelně opakují

**Chronobiologie** = vědní disciplína, která se zabývá studiem biorytmů

Dle délky periody 3 typy biorytmů:

1. **Ultradiánní rytmy** ( $\tau < 20\text{h}$ ) – rytmy srdeční aktivity, rytmy dýchání...
2. **Cirkadiánní rytmy** ( $20\text{ h} < \tau < 28\text{ h}$ ) – rytmus spánku a bdění, rytmus tělesné teploty...
3. **Infradiánní rytmy** ( $\tau > 28\text{ h}$ ) – estrální rytmus (říje) u zvířat...

## Cirkadiánní rytmy

= endogenní rytmy (nejsou podmíněny změnami vnějšího prostředí); řízeny biologickými hodinami

Charakteristika biologických hodin:

- **Endogenní** – tzn. vrozené, jsou zachovány i v podmínkách konstantní tmy
- **Perioda** cca 24 h
- **Schopnost znovunastavení** (entrainment) podle oscilace vnějších podmínek, tj. podle světla
- **Teplotní kompenzace** – tzn. jsou málo ovlivnitelné teplotou prostředí

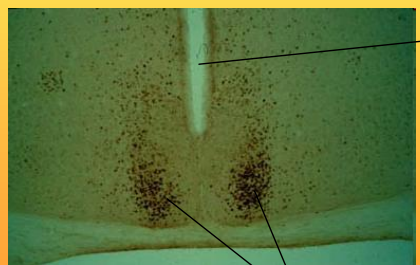
## Biologické hodiny

= jsou složeny ze tří částí

1. **Vstupní část** (*input systém*) – přenos informací z vnějšího prostředí do vlastních biologických hodin
2. **Vlastní pacemaker**, tj. buňky, v nichž dochází k vlastní expresi genů a k tvorbě příslušných proteinů
3. **Výstupní část** (*output systém*) – přenos informace z biologických hodin do buněk a tkání, kde ovlivňuje rytmickou expresi genů

## Pacemaker

= **oscilátor**; nastavován s periodou cca 24 h a řízen vnějším synchronizátorem (udavačem času) – střídání světla a tmy, pravidelný příjem potravy, vnější teplotní cyklus...



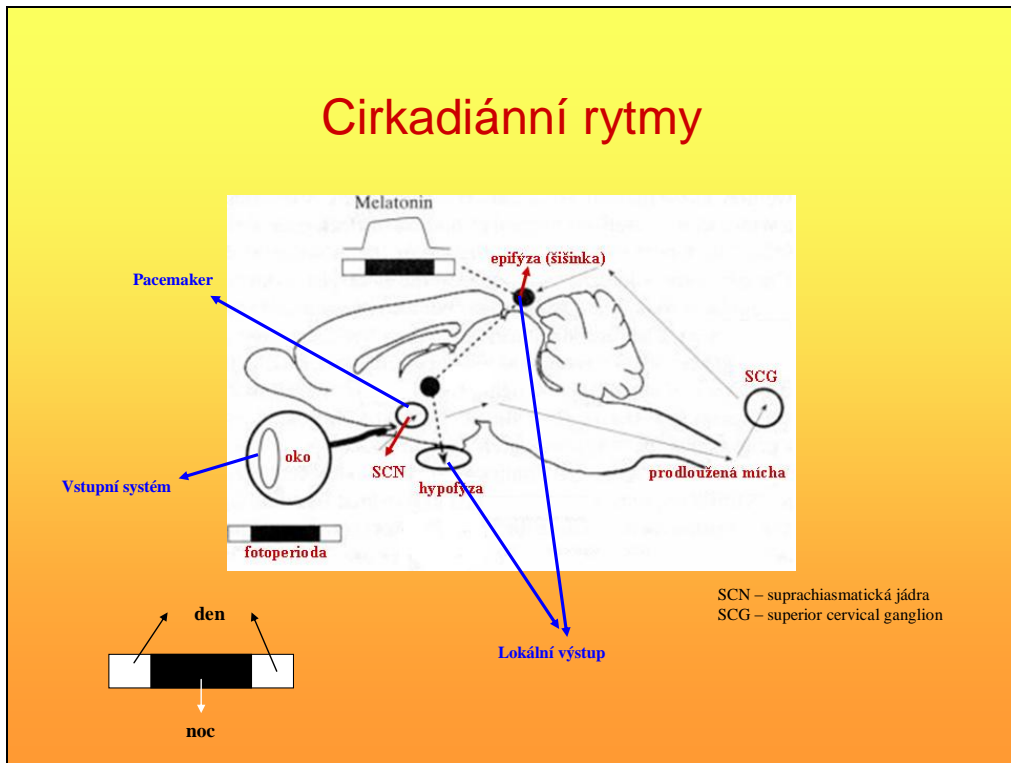
3. mozková komora

vstupní systém...oko

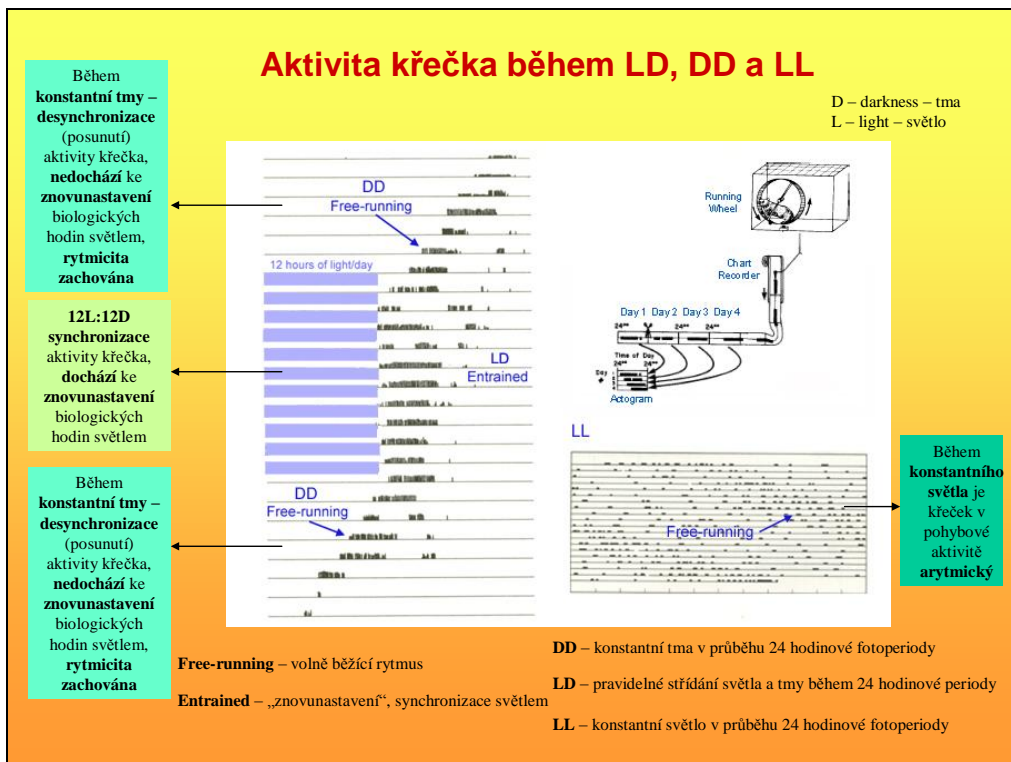
Suprachiasmatická jádra hypotalamu (SCN)



snímek 7



snímek 8

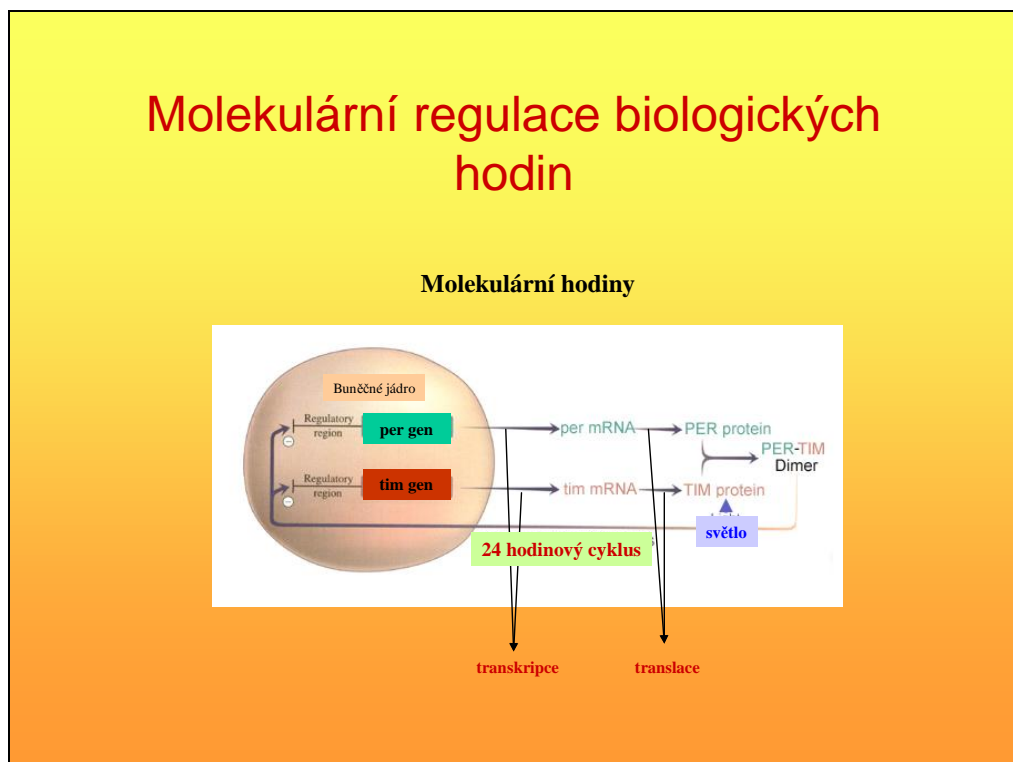


snímek 9

## Molekulární regulace biologických hodin

Název genu	Označení genu	Název příslušného proteinu	Označení proteinu
<b>period</b>	<b>per</b>	<b>PERIOD</b>	<b>PER</b>
<b>timeless</b>	<b>tim</b>	<b>TIMELESS</b>	<b>TIM</b>
<b>clock</b>	<b>clk</b>	<b>CLOCK</b>	<b>CLK</b>
<b>cycle</b>	<b>cyc</b>	<b>CYCLE</b>	<b>CYC</b>
<b>doubletime</b>	<b>dbt</b>	<b>DOUBLETIME</b>	<b>DBT</b>

snímek 10



## Sezónní rytmy živočichů

- změna v délce světelné části dne (fotoperiody)
- rozmnožování živočichů, línání, přepeřování, shromažďování tuku, migrace, zimní spánek...
- **Bezobratlí**
  - **sezónní dimorfismus** (sezónní změny tvaru, velikosti, zbarvení těla...)
  - **dormance** (přečkávání nepříznivých podmínek ve stavu klidu)
    - **diapauza** (dormance podmíněna dědičně, přerušen vývoj jedince)

## Sezónní rytmy živočichů

### Diapauza hmyzu

- akumulace rezervních látek (lipidů a glykogenu)
- snížení obsahu vody v těle
- zástava příjmu potravy
- omezení pohyblivosti
- přerušením morfogeneze
- zrání gonád apod.



Saranče



Žluťásek řešetlákový



## Sezónní rytmy živočichů

- migrace hmyzu  
př. monarcha stěhovavý (*Danaus plexippus*)

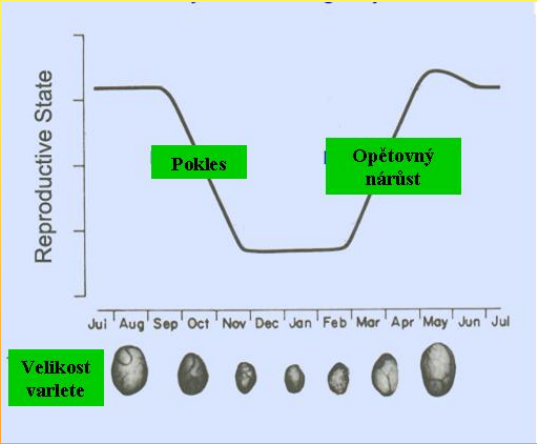
cryptochrom → CRY 1 (nastavuje vnitřní hodiny)  
CRY 2 (schopnost využívat Slunce jako kompas)



## Sezónní rytmy živočichů

- **Ptáci**
  - migrace
- **Savci**
  - hibernace

Sezónní změny v reprodukční aktivitě myši



snímek 15



## 4.1.2. Pracovní listy

### 4.1.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu

#### **BIOLOGICKÉ RYTMY – Stavba oka a mozku METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

##### **Výchovně vzdělávací cíle**

Umět popsat a porovnat stavbu oka u bezobratlých (hmyz), obratlovců (ptáci, savci). Umět popsat a porovnat stavbu mozku bezobratlých (hmyz), obratlovců (ptáci, savci). Seznámit se s umístěním biologických hodin v mozku savců. Umět vysvětlit dráhu řízení cirkadiánních rytmů.

##### **Vyučovací pomůcky**

pracovní listy: Stavba oka a mozku bezobratlých (viz příloha č. 4), Stavba oka a mozku ptáků (viz příloha č. 3), Stavba oka a mozku savců (viz příloha č. 2), Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců (viz příloha č. 5); anatomické atlasy (kolektiv autorů, 1996), pitevní praktikum (Sigmund a Bajtlerová; 1990)

##### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: stavba oka hmyzu (krystalický kuželík, pigmentové buňky, rohovka, rhabdom, sítničková buňka), stavba oka ptáků a savců (bělma, cévnatka, sítnice, rohovka, duhovka, zornice, sklivec, řasnaté tělísko, přední a zadní oční komora, hřebínek, čípky, tyčinky), stavba mozku ptáků a savců (koncový mozek, mezimozek, hypothalamus, střední mozek, mozeček, šišinka, epifýza, prodloužená mícha, hřbetní mícha), cirkadiánní rytmy

pojmy rozšiřující: stavba mozku hmyzu (protocerebrum, deutocerebrum, tritocerebrum), stavba oka a mozku obratlovců (závěsný orgán, gangliové buňky, zrakový nerv, sklerotikální prsteneček; křížení zrakových nervů, podvěsek mozkový, hypofýza, adenohypofýza, neurohypofýza), suprachiasmatická jádra, pacemaker

##### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem, tabulkami, práce s anatomickým atlasem

##### **Metodický postup**

Vyučovací hodinu rozdělíme do čtyř pracovních částí.

V první části hodiny studenti samostatně vypracují všechny úkol uvedené v pracovním listu Stavba oka a mozku savců.

Ve druhé části hodiny polovina třídy samostatně vypracuje všechny úkol uvedené v pracovním listu Stavba oka a mozku bezobratlých, druhá polovina třídy samostatně vypracuje všechny úkol v pracovním listu Stavba oka a mozku ptáků.

Ve třetí části hodiny si studenti zkontrolují správné řešení pracovních listů porovnáním se vzorovým řešením uvedeným na transparentní fólii.

Ve čtvrté části hodiny studenti vytvoří dvojice tak, aby v každé dvojici byl jeden student, který zpracovával pracovní list Stavba oka a mozku bezobratlých a jeden student zpracovávající pracovní list Stavba oka a mozku ptáků. Ve dvojici společně vypracují všechny úkol uvedené v pracovním listu Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců.

Po ukončení samostatné práce proběhne kontrola posledního pracovního listu na základě rozhovoru (učitel postupně vyvolává dvojice studentů a kontroluje, upřesňuje či opravuje odpovědi).

### **Organizační a časový plán**

Jedna vyučovací hodina:

1. Pracovní list: Stavba oka a mozku savců  
samostatná práce – 12 min
2. Pracovní listy: Stavba oka a mozku bezobratlých  
Stavba oka a mozku ptáků  
samostatná práce – 10 min
3. Kontrola řešení – 5 min
4. Pracovní list: Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců  
práce ve dvojicích – 13 min  
kontrola řešení – 5 min

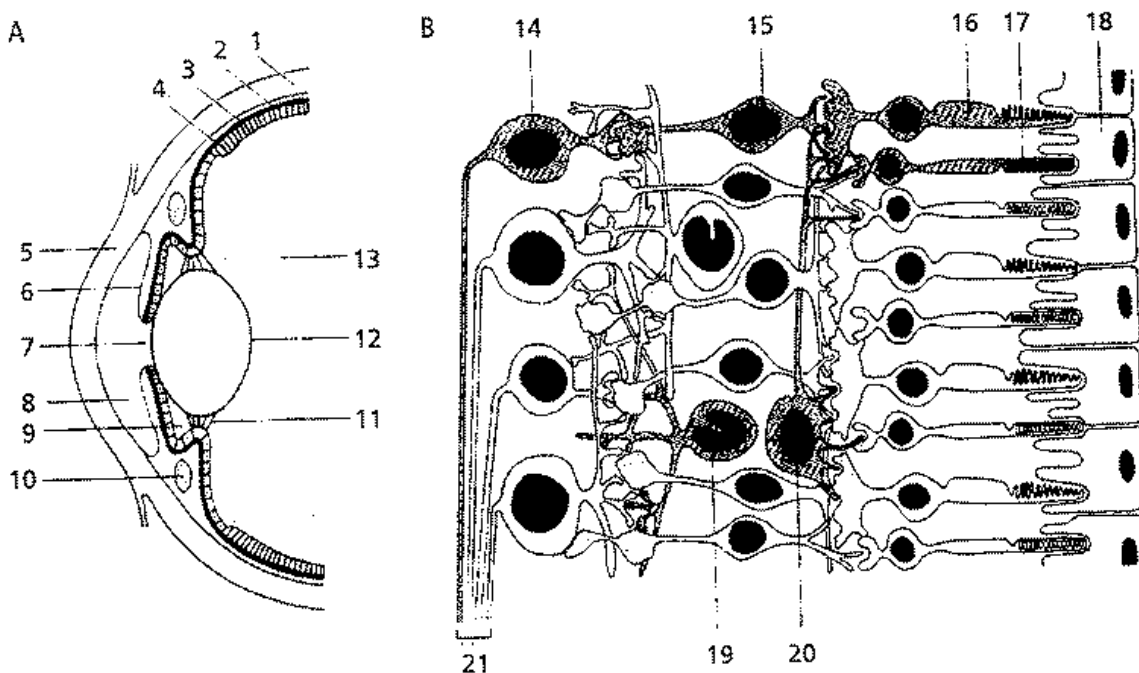
### 4.1.2.2. Stavba oka a mozku savců (autorské řešení)

#### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů (Autorské řešení)

Téma: Stavba oka a mozku savců

Jméno: ..... Datum: .....

#### 1) Průřez okem a sítnicí:

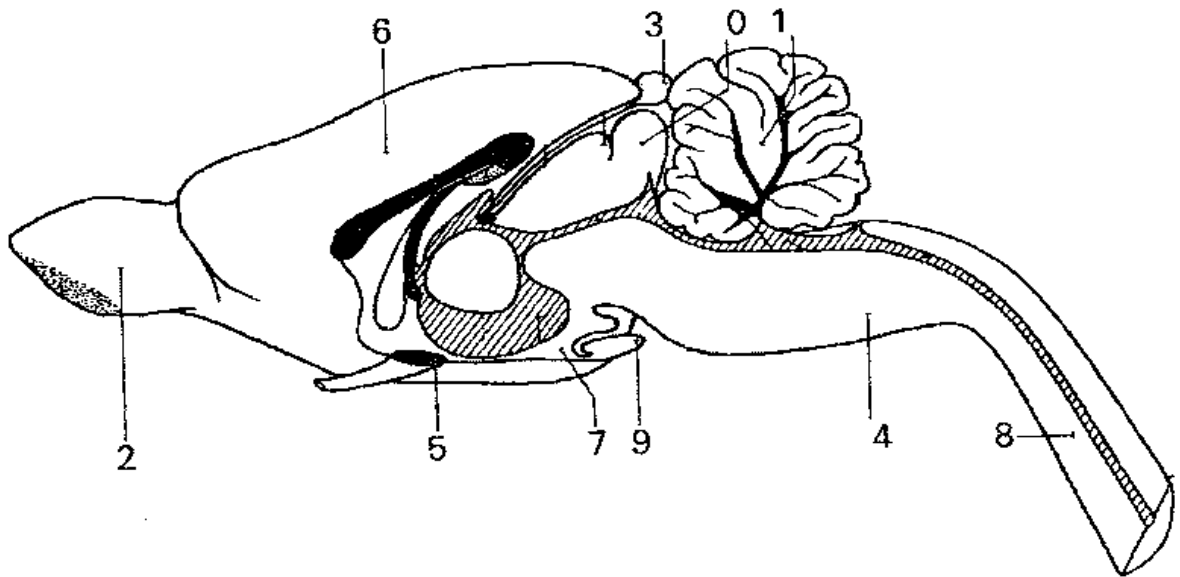


Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:

Číslo	Průřez oka
1	<b>Bělima</b>
2	<b>Cévnatka</b>
12	Čočka
6	<b>Duhovka</b>
3	Ochranný epitel
8	Přední oční komora
5	<b>Rohovka</b>
10	Řasnaté tělísko
4	<b>Sítnice</b>
13	Sklivec
9	Zadní oční komora
11	Závěsný orgán
7	Zornice

Číslo	Průřez sítnicí
19	amakrinní buňky
15	bipolární buňky
16	<b>čípek</b>
14	gangliové buňky
20	horizontální buňky
18	pigmentové buňky s melaninem
17	<b>tyčinka</b>
21	zrakový nerv

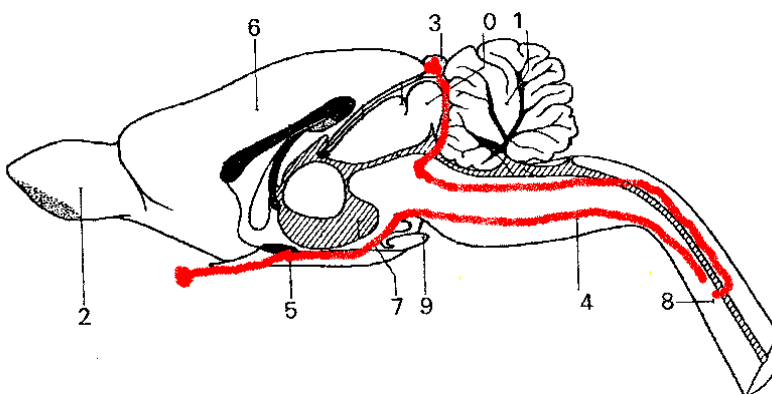
2) Průřez mozkem myši:



a) *Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě mozku:*

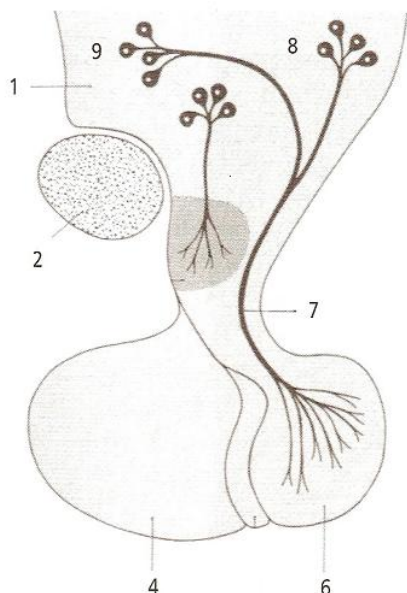
Číslo	Průřez mozkem
0	<b>Střední mozek</b>
1	<b>Mozeček</b>
2	<b>Čichové laloky</b>
3	<b>Šišinka (epifýza)</b>
4	<b>Prodloužená mícha</b>
5	<b>Křížení zrakových nervů (chiasma opticum)</b>
6	<b>Koncový mozek</b>
7	<b>Hypotalamus</b>
8	<b>Páteřní mícha</b>
9	<b>Podvěsek mozkový (hypofýza)</b>

b) *Zakresli do obrázku dráhu cirkadiánních rytmtů*



Světelný signál je přijímán gangliovými buňkami v sítnici, které fungují nezávisle na čípcích a tyčinkách a posílají informace o světle (i délce trvání světelné periody) do suprachiasmatických jader (SCN). SCN vyšlou (jako odpověď na světlo) signál do paraventriculárních jader (v přední části hypotalamu) a zablokují vyslání signálu, který by vedl k tvorbě melatoninu. Když se setmí, přestane informace z SCN blokovat paraventriculární jádra, která ovlivní přes sympatická ganglia v horní části míchy uvolňování melatoninu z epifyzy.

### 3) Umístění suprachiasmatických jader (SCN) v mozku:



Hypotalamus a jeho části	
1	hypotalamus
2	chiasma opticum
4	adenohypofýza
6	neurohypofýza
7	nervové spojení hypotalamu a hypofýzy
8, 9	suprachiasmatická jádra – centra vnitřních hodin

*Doplň vynechaná slova:*

(arytmickými, cirkadiánní rytmy, deseti tisíců buněk, jádra, nervových, optického chiasmatu, rytmickými, tělesné teplotě)

SCN jsou shluky (jádra) **nervových** buněk umístěných po obou stranách třetí mozkové komory u **optického chiasmatu**. Jde tedy o párově uložená **jádra**. Ačkoliv jsou složeny řádově pouze z **deseti tisíců buněk**, zajišťují cirkadiánní časový program celého organismu.

Jsou-li SCN zcela izolována, zůstává denní rytmus v elektrické aktivitě pouze v buňkách vlastních SCN, ale v ostatních částech mozku **cirkadiánní rytmy** vymizí. Savčí organismy se stanou **arytmickými**. Vymizí rytmus v pohybové aktivitě, **tělesné teplotě**, tvorbě melatoninu.

(Text podle Illnerové, 1994)

### 4.1.2.3. Stavba oka a mozku ptáků (autorské řešení)

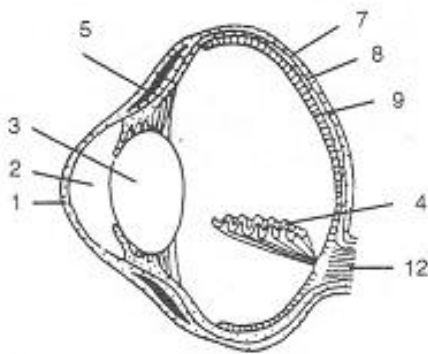
#### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů (Autorské řešení)

Téma: Stavba oka a mozku ptáků

Jméno: ..... Datum: .....

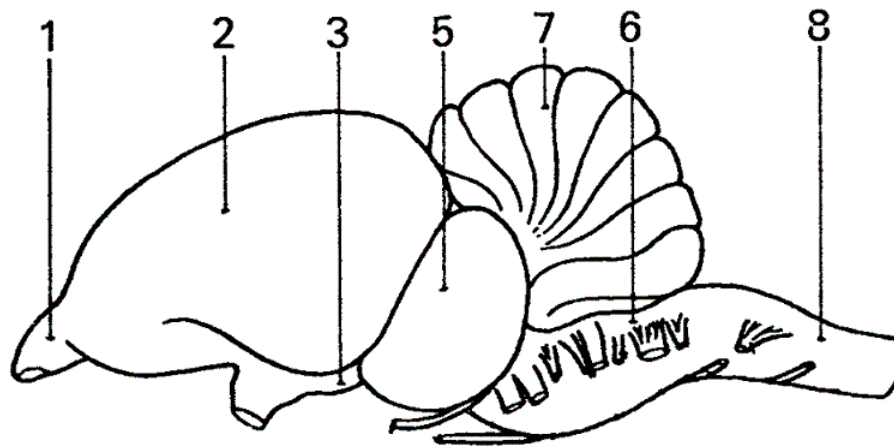
1) Průřez okem:

*Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:*



Číslo	Průřez okem
1	rohovka
2	přední komora oční
3	čočka
4	hřebínek
5	sklerotikální prstenec
7	bělma
8	cévnatka
9	sítnice
12	oční nerv

2) Nákres mozku holuba:



*Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě mozku:*

Číslo	Průřez mozkem
1	Čichové laloky
2	Koncový mozek
3	Křížení zrakových nervů (chiasma opticum)
5	Střední mozek
6	Prodloužená mícha
7	Mozeček
8	Hřbetní mícha



#### 4.1.2.4. Stavba oka a mozku bezobratlých (autorské řešení)

#### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů (Autorské řešení)

Téma: Stavba oka a mozku bezobratlých

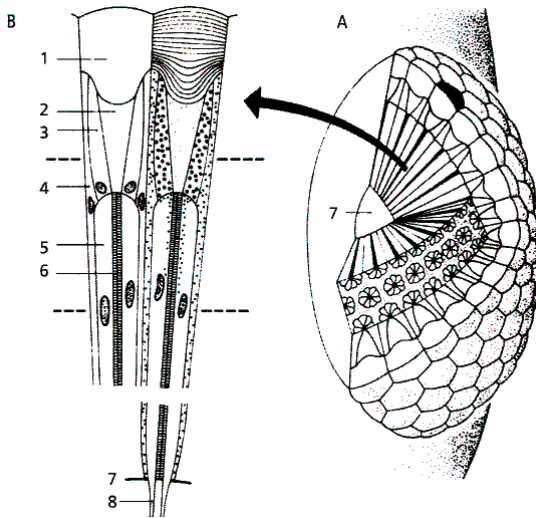
Jméno: ..... Datum: .....

1) Průřez okem:

1) Průřez okem:

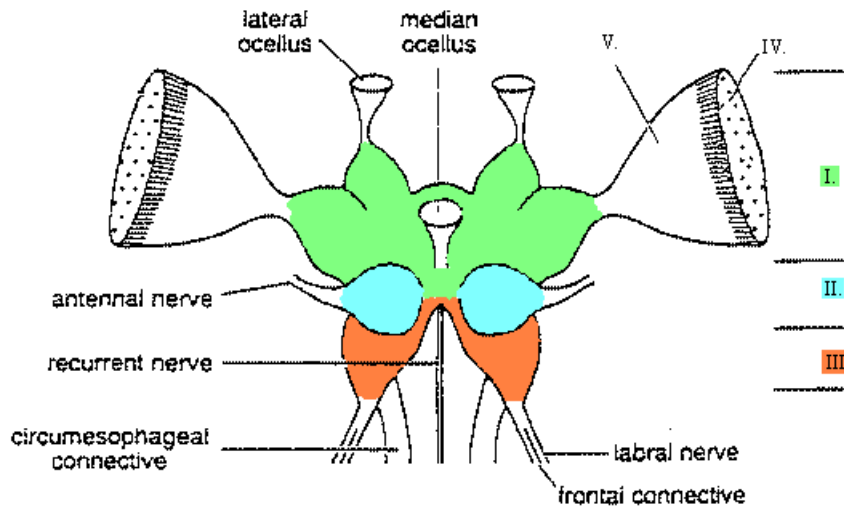
(A) Řez složeným okem a B) Podélný řez omatidiem)

Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:



Číslo	Průřez okem
8	axon
7	bazální membrána
2	krystalický kuželík
3	primární pigmentová buňka
1	rohovka
4	sekundární pigmentová buňka
5	zraková (sítničková) buňka
6	zraková tyčinka (rhabdom)

2) Nákres mozku sarančete (Locusta):



Přiřaď k římské číslici (od jedné do pěti) jednu z nabízených možností tak, abys správně popsal mozek hmyzu:

deutocerebrum    zrakové laloky    protocerebrum    složené oči    tritocerebrum

II

V

I

IV

III

#### 4.1.2.5. Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců (autorské řešení)

##### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů (Autorské řešení)

Téma: Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců

Jméno: ..... Datum: .....

#### 1) Oko:

##### a) Porovnej savčí a ptačí oko

	<i>Savci</i>	<i>Ptáci</i>
<b>Tvar</b>	kulovitý	čočkovitě zploštělé, kuželovité, válcovité
<b>Rozdíly</b>	2 oční víčka, slzné žlázy	sklerotikální prstenec, hřebínek, mžurka, schopnost otáčet oči nezávisle na sobě, 2 žluté skvrny
<b>Akomodace</b>	změnou tvaru čočky	změnou tvaru čočky
<b>Světlolomný aparát</b>	čočka	rohovka, čočka méně

##### b) Porovnej komorové oko obratlovců a složené oko bezobratlých (členovců)

	<i>Komorové oko obratlovců</i>	<i>Složené oko bezobratlých</i>
<b>Rozdíly</b>		skládá se z většího počtu stejných omatidií
<b>Rozlišovací schopnost</b>	velká	malá
<b>Obraz</b>	převrácený	vzpřímený

#### 2) Mozek:

##### a) Porovnej savčí a ptačí mozek

	<i>Savci</i>	<i>Ptáci</i>
<b>Koncový mozek</b>	na povrchu rozbrázděná šedá kůra mozková	velký, hladký, zcela zakrývající mezimozek
<b>Mozeček</b>	relativně velký, zvrásněn	dobře vyvinut, zvrásněn
<b>Čichové laloky</b>	dobře vyvinuté	zakrnělé
<b>Střední mozek</b>	čtverohrbolý	veliké zrakové laloky

##### b) Vyjmenuj jednotlivé části mozku bezobratlých (členovců) a obratlovců

<b>Části mozku bezobratlých</b>	Protocerebrum
	Deutocerebrum
	Tritocerebrum

<b>Části mozku obratlovců</b>	Koncový mozek
	Mezimozek
	Střední mozek
	Mozeček
	Prodloužená mícha

### 3) Cirkadiánní rytmy:

*Doplň vynechaná slova:*

(cesty vstupní, cesty výstupní, cirkadiánní, epifýza (4x), fotoreceptory, hypotalamu, očí, pacemakeru, příjemce, regulačních systémů, s okolím, sítnice (2x), suprachiasmatická jádra (2x), synchronizačních drah, vlastních rytmů)

*Cirkadiánní systém se skládá z pacemakeru (sebepodporující oscilátor) a dále z cesty vstupní a z cesty výstupní. Vstupní cestou je pacemaker synchronizován s okolím. Tato cesta se skládá z příjemce synchronizačního podnětu, tj. obvykle sítnice jako příjemce informace o světle, a dále synchronizačních drah, které tuto informaci přenášejí do pacemakeru. Výstupní cesta se skládá z regulačních systémů, které přenášejí informaci o oscilacích pacemakeru na periferii, a z vlastních rytmů řízených pacemakerem.*

*Pacemaker je v organismech umístěn tak, aby měl propojení s fotoreceptory. U ptáků je pacemaker umístěn v epifýze. Epifýza též obsahuje fotoreceptory.*

*U ptáků je cirkadiánní systém složitější a skládá se ze tří pacemakerů: očí, epifýzy a suprachiasmatických jader (SCN) hypotalamu. U různých druhů ptáků je vždy jedna z těchto složek dominantní.*

*Cirkadiánní systém savců je uložen v suprachiasmatických jádrech, které mají sídlo v hypotalamu (část mozku).*

*Suprachiasmatická jádra jsou zodpovědná za cirkadiánní rytmy celého savčího organismu.*

*U savců jsou fotoreceptory nutné pro znovu nastavení cirkadiánního pacemakeru světelným podnětem umístěným v sítnici, u ptáků v sítnici a epifýze.*

(Text podle Illnerové, 1994)

#### **4.1.2.6. Metodické pokyny k pracovnímu listu**

### **CIRKADIÁNNÍ RYTMY BEZOBRATLÝCH METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

#### **Výchovně vzdělávací cíle**

Znát cirkadiánní rytmy bezobratlých. Umět vyčíst údaje z grafu.

#### **Vyučovací pomůcky**

pracovní list: Cirkadiánní rytmy bezobratlých (viz příloha č. 6)

#### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: fotoperioda, cirkadiánní rytmy

pojmy rozšiřující: LD fáze, LL fáze, DD fáze, synchronizace, aktogram

#### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem

#### **Metodický postup**

Studenti samostatně vypracují všechny úkoly v pracovním listu. Po 5 minutách se mohou poradit ve dvojicích. Kontrola pracovního listu proběhne po ukončení samostatné práce studentů porovnáním se vzorovým řešením uvedeným na transparentní fólii.

#### **Organizační a časový plán**

10 min vyučovací hodiny:

    samostatná práce – 5 min

    práce ve dvojicích – 3 min

    kontrola řešení – 2 min

#### 4.1.2.7. Cirkadiánní rytmy bezobratlých (autorské řešení)

##### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů (Autorské řešení)

Téma: Cirkadiánní rytmy bezobratlých

Jméno: ..... Datum: .....

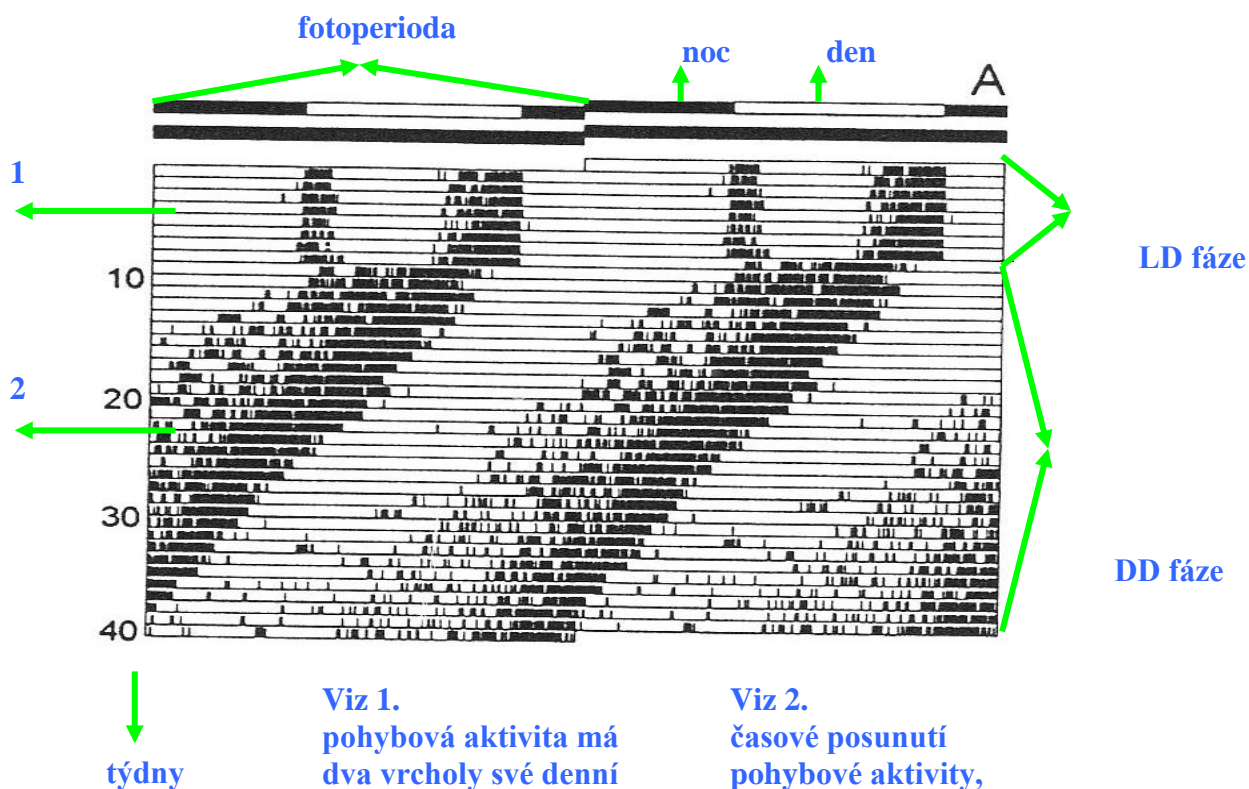
### 1. Graf pohybové aktivity octomilky (*Drosophila melanogaster*) během LD, DD fáze

(LD – pravidelné střídání světla a tmy během 24 hodinové fotoperiody, DD – konstantní tma v průběhu 24 hodinové fotoperiody)

Co lze vyčíst z grafu? Popiš graf pohybové aktivity octomilky.

Jak by vypadal graf při LL fázi (konstantní světlo během 24 hodin)?

Graf by byl vyplněn černými „chaotickými“ políčky, octomilka je v této fázi arytmičná.



### 2. Vysvětli pojmy:

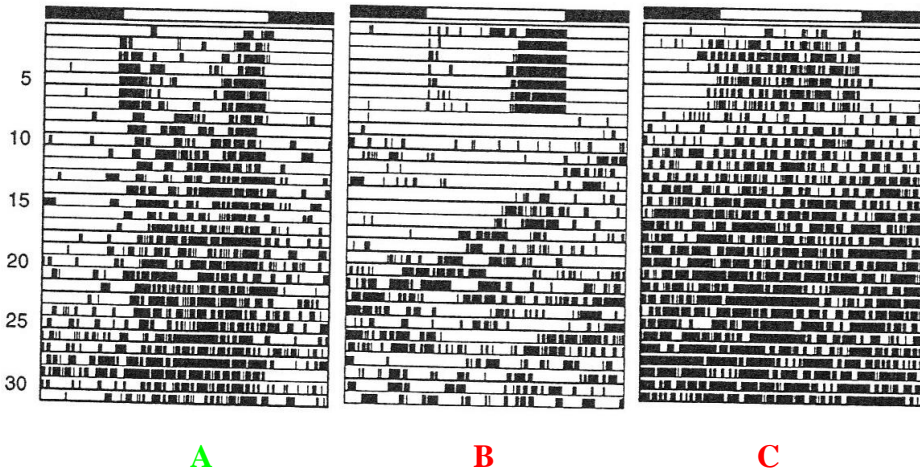
**fotoperioda** – Doba působení světla, tj. střídání dne a noci během 24 h.

**synchronizace** – „Znovunastavení“ biologických hodin (nejčastěji podle světla)

**aktogram** – Grafický záznam střídání aktivity a klidu živočicha

### 3. Grafy pohybové aktivity octomilky

Urči, který graf zaznamenává pohybovou aktivitu **octomilky s mutací v hodinovém genu** (např. gen *period*) odpovídajícím za pohyb a **octomilky bez mutace hodinového genu**.



Jaký vliv má na pohybovou aktivitu octomilky mutace genu *period*?

Octomilky jsou arytmičné viz graf C (B).

Jaká je souvislost mezi pohybovou aktivitou octomilky a biorytmy živočichů?

U octomilky byly zaznamenány cirkadiánní rytmy v letové aktivitě jedince – viz graf A – ranní a večerní aktivita během LD fáze.

#### **4.1.2.8. Metodické pokyny k pracovnímu listu**

### **DIAPAUZA HMYZU**

#### **METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

##### **Výchovně vzdělávací cíle**

Umět vysvětlit princip diapauzy hmyzu. Znat fyziologické změny u hmyzu během diapauzy.

##### **Vyučovací pomůcky**

pracovní list: Diapauza hmyzu (viz pracovní list č. 7)

##### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: diapauza, dormance, fotoperioda

pojmy rozšiřující: kviescence

##### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem

##### **Metodický postup**

Studenti samostatně vypracují celý pracovní list. Kontrola pracovního listu proběhne po ukončení samostatné práce studentů. Na základě metody rozhovoru proběhne porovnání správných výsledků s výsledky studentů.

##### **Organizační a časový plán**

15 min vyučovací hodiny:

    samostatná práce – 10 min

    kontrola řešení – 5 min

#### 4.1.2.9. Diapauza hmyzu (autorské řešení)



#### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy bezobratlých (Autorské řešení)

Téma: Diapauza hmyzu

Jméno: ..... Datum: .....

Článek: (Nedvěd, 1995)

Na ostrově Barro Colorado (v oblasti Panamského průplavu) roste u cesty Snyder-Molino palma druhu *Oenocarpus mapora*. Ovšem pouze na tuto jedinou palmu se každý rok slétnou během července a srpna desetitisíce brouků *Stenotarsus rotundus* (útlotlapník okrouhlý). Slezou se do hustých hroznů a upadnou do reprodukční diapauzy. Zůstávají na palmě po celý zbytek období dešťů (do prosince) a po celé období sucha. Jakmile přijdou první lijáky nového období dešťů (na přelomu dubna a května), rozlezou se po palmě, spáří se a odletí do pralesa. Za dva měsíce přiletí opět noví brouci a cyklus se opakuje.

Přečti si text a vyber správnou možnost:

Když brouci přiletí, mají **bohaté tukové rezervy/hodně svalové hmoty** (více než 15 % čerstvé a více než 40 % suché hmotnosti), zato **smyslové orgány/rozmnožovací orgány** jsou slabě vyvinuté a nefunkční. Během několika týdnů po přiletu **hypertrofují** (přibývají)/**atrofují** (ubývají) létací svaly, **snižuje/zvyšuje** se metabolismus, brouci se **často poletují po okolí/téměř nepohybují**, ba i při vyrušení lezou dosti pomalu, zkrátka diapauza se prohlubuje. Ohromující je ovšem doba trvání diapauzy tohoto brouka při vysoké teplotě (po celý rok přes 25 °C). Až **deset měsíců/tři měsíce** nepřijímají brouci potravu a žijí **z nashromážděných houbových vláken/tukových rezerv**. I když jich mají dost, musí velmi drasticky **zvýšit/snížit metabolismus/tepovou frekvenci**, aby celé období přečkali.

Doplň vynechaná slova:

(diapauza, dormance, dubna, fyziologicky, lijáky, reprodukci, svaly, vaječníky, varlata)

Začátkem února začínají samečům růst **varlata**, od března rostou **vaječníky** samic a létací **svaly** u obou pohlaví. V druhé polovině **dubna** jsou brouci již plně **fyziologicky** připraveni k **reprodukci** a k odletu, přesto dál čekají u báze palmy, dokud nepřijdou první silné **lijáky** nového období dešťů. Teprve pak je **dormance** (období klidu = **diapauza** + kviescence) úplně ukončena.

Ukončení diapauzy, tj. vývoj gonád a obnovení létacích svalů, je zde podobně jako u mnoha druhů hmyzu v mírném klimatickém pásu řízeno délkou dne. Ačkoli ostrov Barro Colorado leží na 9° severní šířky a rozdíl mezi nejdelším a nejkratším dnem v roce je jen o málo víc než jedna hodina, brouci vnímají prodloužení dne z 12 na 12 a půl hodiny a reagují zrychleným vývojem. Tento signál je zřejmě zprostředkován hormonálně, nebo rychlý vývoj vyvolávají též analogy juvenilního hormonu.



Přiřaď vybraným pojmům z textu nejvýstižnější charakteristiku:

**Diapauza (B)**

**Dormance (A)**

**Kviescence (C)**

*A) klidové období, umožňuje přežití nepříznivých podmínek ve stavu klidu*

*B) dědičně podmíněn stav klidu, kdy dochází k přerušení vývoje hmyzu; většina hmyzu přechází do této fáze na základě dlouhé fotoperiody; předchází mu akumulace rezervních látek (lipidů a glykogenu) a snižuje se obsah vody v těle; je charakterizováno snížením intenzity metabolismu, omezením tělních funkcí a poklesem hodnoty respiračního kvocientu*

*C) dočasný klidový stav; trvá po dobu trvání faktoru (abiotického), kterým je indukována; adaptace v tropech a subtropích*



#### **4.1.2.10. Metodické pokyny k pracovnímu listu**

### **PŘÍKLADY Z GENETIKY METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

#### **Výchovně vzdělávací cíle**

Zopakovat si princip replikace, transkripce a translace na příkladu konkrétního genu. Porozumět principům křížení, dědičnosti genů a přenosu alel. Vysvětlit recesivní a dominantní projevy alel v homozygotních a heterozygotních fenotypech.

#### **Vyučovací pomůcky**

pracovní list: Příklady z genetiky (viz příloha č. 8)

#### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: DNA, RNA, aminokyseliny, bílkoviny, replikace, transkripce, translace, templátové vlákno, komplementární vlákno, alela, genotyp, homozygot, heterozygot, recesivita, dominance

#### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem, tabulkou, řešení příkladů

#### **Metodický postup**

Studenti samostatně vypracují všechny příklady uvedené v pracovním listu. Kontrola řešení proběhne porovnáním se vzorovým řešením uvedeným na transparentní fólii.

#### **Organizační plán**

15-20 min vyučovací hodiny:

    samostatná práce – 10-15 min

    kontrola řešení – 5 min

#### 4.1.2.11. Příklady z genetiky (autorské řešení)

#### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy (Autorské řešení)

Téma: Příklady z genetiky

Jméno: ..... Datum: .....

1. Máte zadaný úsek vlákna DNA, který představuje sekvenci nukleotidů části genu *period* u octomilky (*Drosophila melanogaster*). Dopište k templátovému vláknu komplementární vlákno, aby se obnovila dvoušroubovice DNA.

5' CCTACCGAAC 3'

5' AATGCTCCGG 3'

3' GGATGGCTTG 5'

3' TTACGAGGCC 5'

2. Máte zadaný úsek vlákna DNA, který představuje sekvenci nukleotidů části genu *period* u octomilky. Dopište k zadanému vláknu komplementární vlákno RNA.

3' CAAGCCATCC 5'

3' GGCCTCGTAA 5'

5' GUUCGGUAGG 3'

5' CCGGAGCAUU 3'

3. Máte zadané úseky vlákna mRNA, která vznikla transkripcí (přepisem) genu *period* u octomilky. Na základě pravidel translace a genetického kódu zapište vzniklou sekvenci aminokyselin. Použijte následující tabulku.

	U	C	A	G
U	UUU fenylalanin	UCU serin	UAU tyrosin	UGU cystein
UUC fenylalanin	UCC serin	UAC tyrosin	UGC cystein	
UUA leucin	UCA serin	UAA stop	UGA stop	
UUG leucin	UCG serin	UAG stop	UGG tryptofan	
C	CUU leucin	CCU prolin	CAU histidin	CGU arginin
CUC leucin	CCC prolin	CAC histidin	CGC arginin	
CUA leucin	CCA prolin	CAA glutamin	CGA arginin	
CUG leucin	CCG prolin	CAG glutamin	CGG arginin	
A	AUU izoleucin	ACU treonin	AAU asparagin	AGU serin
AUC izoleucin	ACC treonin	AAC asparagin	AGC serin	
AUA izoleucin	ACA treonin	AAA lysin	AGA arginin	
AUG metionin	ACG treonin	AAG lysin	AGG arginin	
G	GUU valin	GCU alanin	GAU kys.	GGU glycin
GUC valin	GCC alanin	GAC asparagová	GGC glycin	
GUA valin	GCA alanin	GAA kys.	GGA glycin	
GUG valin	GCG alanin	GAG glutamová	GGG glycin	

5' GUUCGGUAGGG 3'

valin-arginin-stop kodón

5' CCGGAGCAUU 3'

prolin-kys. glutamová-histidin

4. V populaci octomilky byly zaznamenány cirkadiánní rytmy v pohybové aktivitě. Existují také mušky, které jsou ve své pohybové aktivitě arytmičné. Rytmičky se opakující děje s periodou přibližně 24 hodin jsou podmíněny dominantní alelou. Naopak jedinci, kteří jsou v alelovém páru recesivní homozygoti, se projevují v pohybové aktivitě arytmičky. Co můžeme říct o první generaci kříženců z hlediska pohybové rytmicity, křížili rytmického samce (vykonávající periodickou pohybovou činnost) a samici, která je v pohybové aktivitě arytmičná? Jaké jsou možné genotypy kříženců?

Řešení:

*Genotyp rytmického samce: **BB** nebo **Bb***

*Genotyp arytmičné samice: **bb***

A) *P: **BB** x **bb***

*F1: **Bb, Bb***

*První generace kříženců budou heterozygotní jedinci s periodickou pohybovou činností.*

B) *P: **Bb** x **bb***

*F1: **Bb, Bb, bb, bb***

*První generace kříženců budou s 50% pravděpodobností heterozygotní jedinci s periodickou pohybovou činností a s 50% pravděpodobností arytmiční recesivní homozygoti.*

5. Jaká je pravděpodobnost, že kříženci dvou heterozygotních jedinců octomilek budou arytmiční?

Řešení:

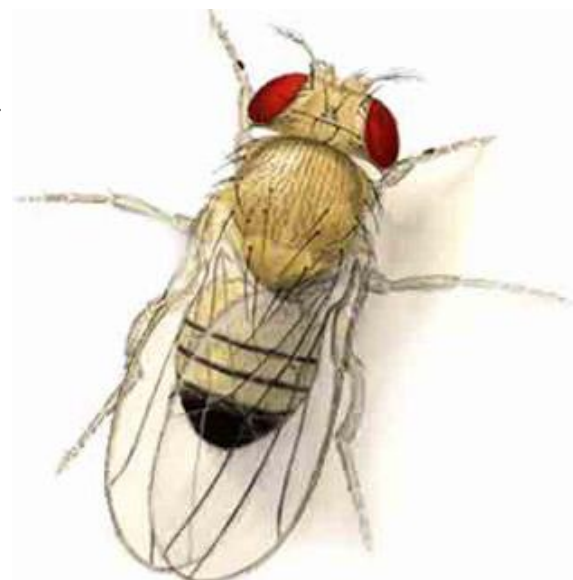
*Genotyp heterozygotního (rytmického) samce: **Bb***

*Genotyp heterozygotní (rytmické) samice: **bb***

*P: **Bb** x **bb***

*F1: **BB, Bb, bB, bb***

*Pravděpodobnost vzniku arytmičných jedinců je 25%.*



## 4.2. Biologické rytmy člověka

**Cíl:** Znat cirkadiánní rytmus fyziologických funkcí člověka. Znat části mozku a sídlo biologických hodin.

**Zařazení do biologického kurikula:**

Biologické rytmy člověka v rámci učiva Biologie člověka (Nervová soustava, Hormonální soustava).

**Pojmy:**

- a) **základní** – biologické hodiny, biologické rytmy, melatonin, hypotalamus
- b) **rozšiřující** – cirkadiánní rytmy, ultradiánní rytmy, infradiánní rytmy, chronobiologie, chronotyp člověka, suprachiasmatická jádra, křížení optických nervů

**Koncepce:**

- a) **teoretická část** – výklad a rozhovor k tématu Biologické rytmy člověka, prezentace tématu Biologické rytmy člověka zpracované v PowerPointu
- b) **praktická část** – samostatná práce formou pracovního listu: Biologické rytmy člověka

**Internetové zdroje pro sestavení pracovního listu a prezentace:**

- [http://www.glimmerveen.nl/LE/biological\\_clock.html](http://www.glimmerveen.nl/LE/biological_clock.html)
- <http://www.circadian.org>
- <http://www.wonderquest.com/body-clock2.html>
- <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>
- [http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=970&id\\_c=6378](http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=970&id_c=6378)
- [http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy\\_podle\\_rocniho\\_obdobi](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy_podle_rocniho_obdobi)

**Teoretická východiska:**

Odpovídající informace k dané problematice viz kapitola Literární řešerše (2.2.1. Biorytmy, 2.2.2.2. Cirkadiánní systém savců a člověka, 2.2.4.4. Sezónní rytmy člověka)

**Obsah:**

**4.2.1. Prezentace Biorytmy živočichů**

4.2.1.1. Text k prezentaci

4.2.1.2. Vlastní prezentace

**4.2.2. Pracovní list**

4.2.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.2.2.2. Biologické rytmy člověka (autorské řešení)

## 4.2.1. Prezentace Biologické rytmy člověka

### 4.2.1.1. Text k prezentaci

#### BIOLOGICKÉ RYTMY ČLOVĚKA

(manuál pro učitele)

Název:	Obsah a doporučený postup prezentace:
Stránka 1 <b>Biologické rytmy člověka</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- téma prezentace</li><li>- obrázek převzat (30.3.2009) z <a href="http://www.vestirna.com/www2/den/index.php">http://www.vestirna.com/www2/den/index.php</a></li><li>- rozhovor na téma Biologické rytmy člověka:<ul style="list-style-type: none"><li>- Co si studenti představí pod pojmem biologické rytmy člověka?</li><li>- Setkal se někdo s podobným grafem?</li><li>- Co dokážeme z tohoto grafu vyčíst? (<i>tři křivky zaznamenávající tělesný, emocionální, intelektuální stav člověka</i>)</li></ul></li></ul>
Stránka 2 <b>S čím se dnes seznámíme?</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- obsah tématu</li><li>- obrázek hodinek převzat (4.3.2009) z <a href="http://carlsbad.mycompanion.cz/cs/news-reports/piaget-v-obchode-azra-video">http://carlsbad.mycompanion.cz/cs/news-reports/piaget-v-obchode-azra-video</a></li></ul>
Stránka 3 <b>Biorytmy člověka</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- seznámení s pojmem biorytmus člověka a dělením biorytmů dle délky periody</li></ul>
Stránka 4 <b>Cirkadiánní systém člověka</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- detail mozku převzat (4.3.2009) z <a href="http://www.wonderquest.com/body-clock2.htm">http://www.wonderquest.com/body-clock2.htm</a></li><li>- popis stavby mozku</li><li>- sídlo biologických hodin v suprachiasmatickém jádru hypotalamu</li></ul>
Stránka 5 <b>Cirkadiánní systém člověka</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- sídlo biologických hodin v suprachiasmatickém jádru hypotalamu</li><li>- obrázek převzat (4.3.2009) z <a href="http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html">http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html</a></li></ul>
Stránka 6 <b>Melatonin</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- schéma chemického vzorce melatoninu převzato (30.3.2009) z <a href="http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&amp;akce=s-howall&amp;clanek=970&amp;id_c=6378">http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&amp;akce=s-howall&amp;clanek=970&amp;id_c=6378</a></li><li>- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.2.2.1. Melatonin, str. 15-16</li></ul>

Stránka 7

### **Melatonin**

- graf tvorby melatoninu během dne:
  - 1. graf (8L:16D) – nejdelší doba tvorby melatoninu; 8 hodin světla, 16 hodin tmy – delší interval tvorby melatoninu, cca 10 hodin
  - 2. graf (12L:12D) – 12 hodin světla, 12 hodin tmy – zkracuje se interval tvorby melatoninu, cca 8 hodin
  - 3. graf (16L:8D) – 16 hodin světla, 8 hodin tmy – větší zkrácení intervalu tvorby melatoninu, cca 6 hodin
- graf převzat (4.3.2009)  
z <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>

Stránka 8

### **Cirkadiánní systém člověka**

- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.2.2.3. Cirkadiánní systém člověka, str. 17-19
- fotky převzaty (2.4.2009) ze  
[http://img.burda.cz/\\_betynka/2008/06/34sire.jpg](http://img.burda.cz/_betynka/2008/06/34sire.jpg)  
<http://www.blackeye.cz/foto/lide/index.html>  
[http://www.inkycircus.com/jargon/2007/04/pity\\_the\\_trolle.html](http://www.inkycircus.com/jargon/2007/04/pity_the_trolle.html)  
[http://www.fotografovani.cz/art/forec\\_prislus/makrofotografie-2.html](http://www.fotografovani.cz/art/forec_prislus/makrofotografie-2.html)  
<http://fotospoust.lidovky.cz/obrazek.php?picture=11638&theme=7&filter=&page=3>  
<http://jlbjlt.net/event/1318>

Stránka 9

### **Cirkadiánní systém člověka**

- grafy převzaty (4.3.2009)  
z <http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html>
- graf vývoj cirkadiánních rytmů u novorozence – zaznamenává aktivitu spánku a bdění u novorozence během 24 týdnů; od 1. přibližně do 15. týdne se aktivita spánku a bdění střídá nepravidelně
- cirkadiánní systém novorozence viz Literární rešerše kapitola 2.2.2.2.3. Cirkadiánní systém člověka, str. 17
- graf změny spánku během ontogenetického vývoje jedince
  - 1. graf – fáze spánku u dětí: vyskytuje se několik fází hlubokého spánku, minimální probouzení během noci, několik fází REM spánku
  - 2. graf – fáze spánku u dospívajících: menší počet fází hlubokého spánku, občasné probouzení během noci, několik fází REM spánku



- 3. graf – fáze spánku u seniorů: minimální nebo spíš žádná fáze hlubokého spánku, časté probouzení během noci, méně REM fázi spánku

Stránka 10

**Přelet přes časová pásma**

- obrázek internetové stránky převzat (2.4.2099)  
z <http://www.circadian.org/softwar.html>
- políčko Origin: určíme start cesty (letu)  
kliknutím do mapy
- políčko Destination: určíme cíl cesty (letu)  
kliknutím do mapy
- políčko Travel: ukazuje výsledek naší cesty –  
přes kolik časových pásem cestujeme, kdy je  
nejlepší se vydat na cestu (ráno či večer  
atd.), kdy jít v novém prostředí spát

Stránka 11

**Sezónní rytmy**

- graf Sebevraždy podle měsíců převzat  
(16.11.2008)  
z [http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy  
\\_podle\\_rocniho\\_obdobi](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy_podle_rocniho_obdobi)
- text viz Literární rešerše kapitola 2.2.4.4.  
Sezónní rytmy člověka, str. 27

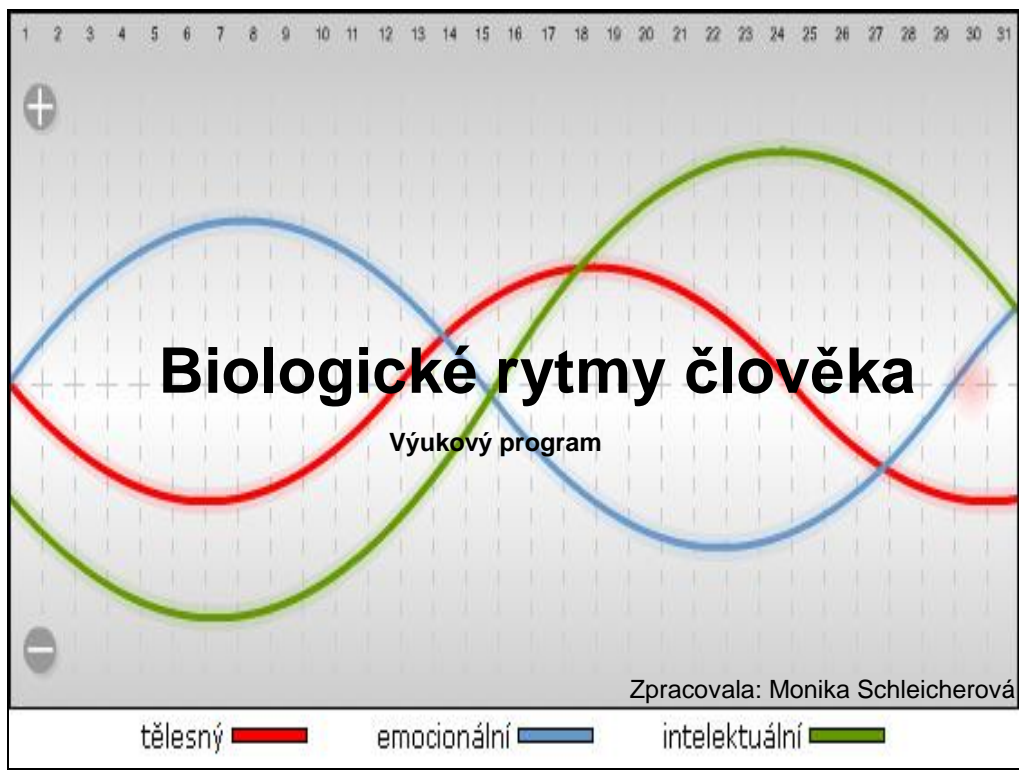
Stránka 12

**Děkuji za pozornost**

- ukončení prezentace

### 4.2.1.2. Vlastní prezentace


snímek 1



snímek 2

## S čím se dnes seznámíme?

- Biorytmy člověka
- Cirkadiánní systém člověka
- Melatonin
- Sezónní rytmy člověka
- Zajímavosti



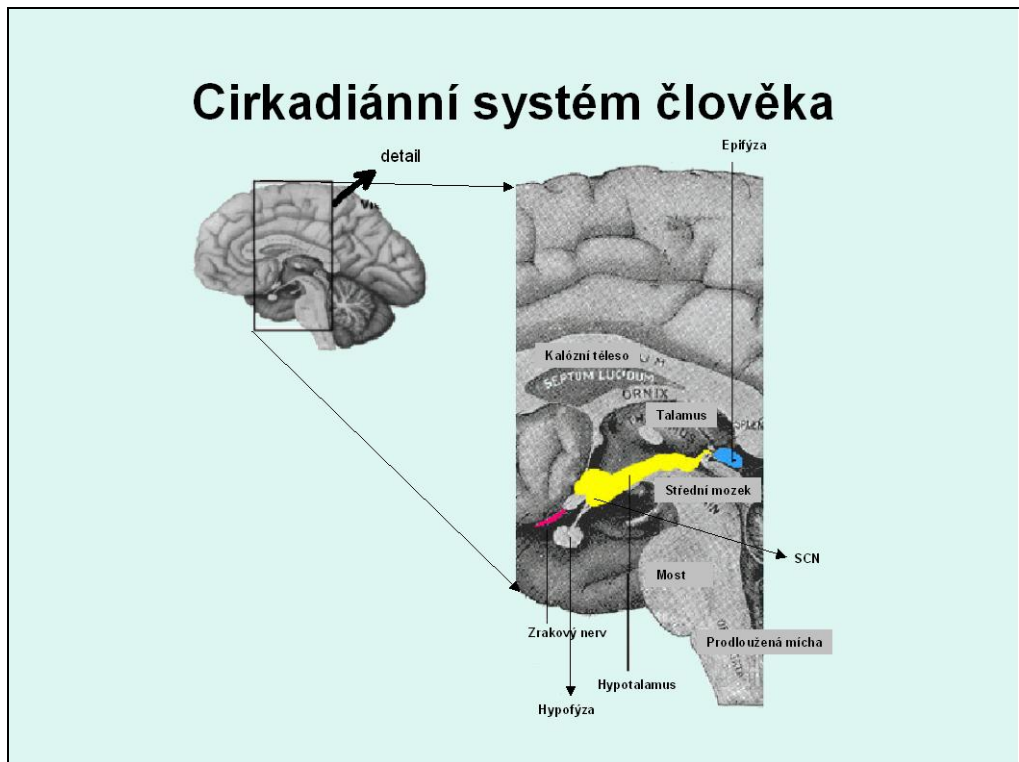
snímek 3

### Biorytmy člověka

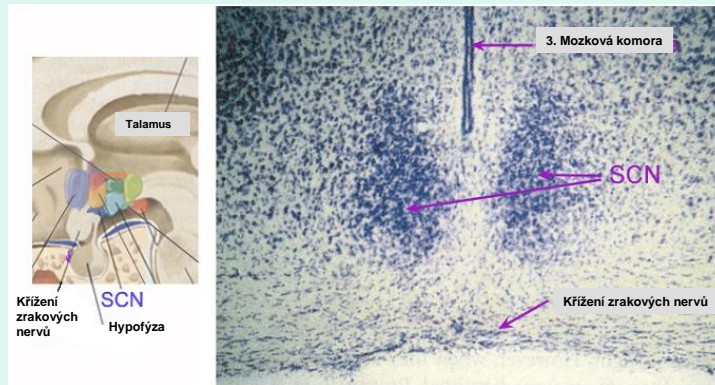
= děje, které se v našem organismu pravidelně opakují

Biorytmy dle délky periody	Příklady fyziologických funkcí člověka
Ultradiánní rytmy	rytmy srdeční aktivity, rytmy dýchání...
Cirkadiánní rytmy	rytmus spánku a bdění, rytmus tělesné teploty...
Infradiánní rytmy	rytmy menstruační u žen

snímek 4



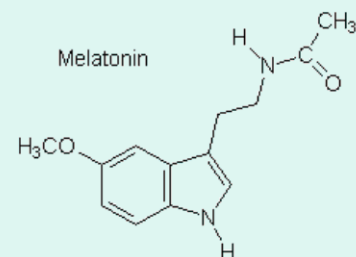
## Cirkadiální systém člověka



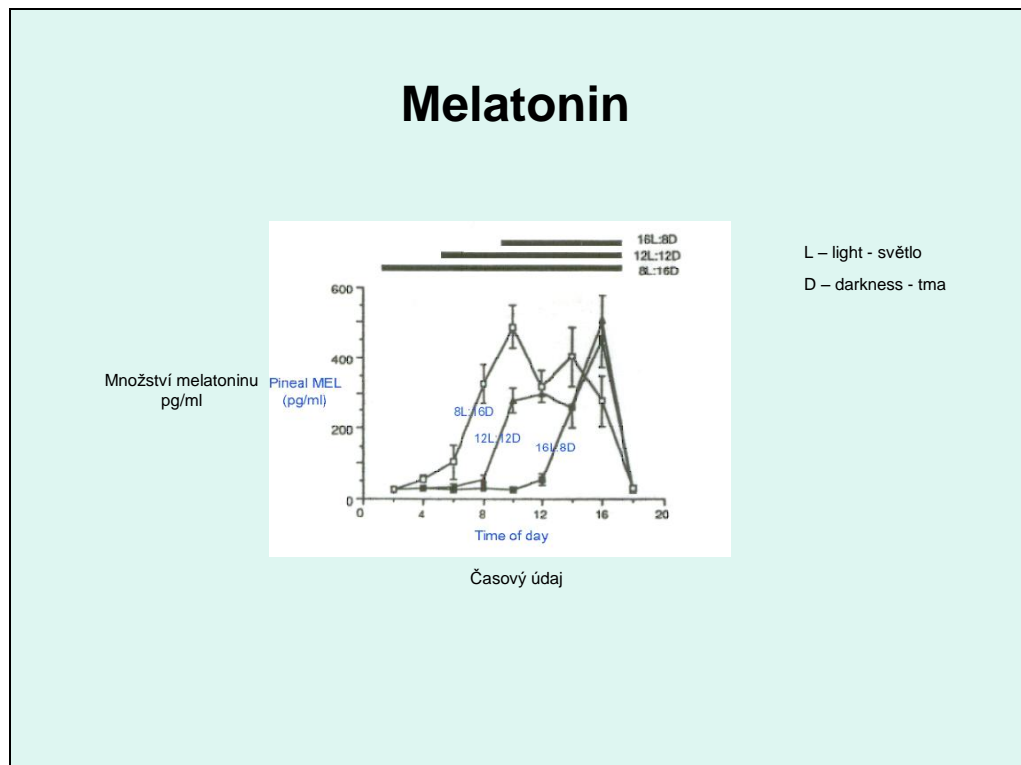
SCN – Suprachiasmatická jádra hypotalamu

## Melatonin

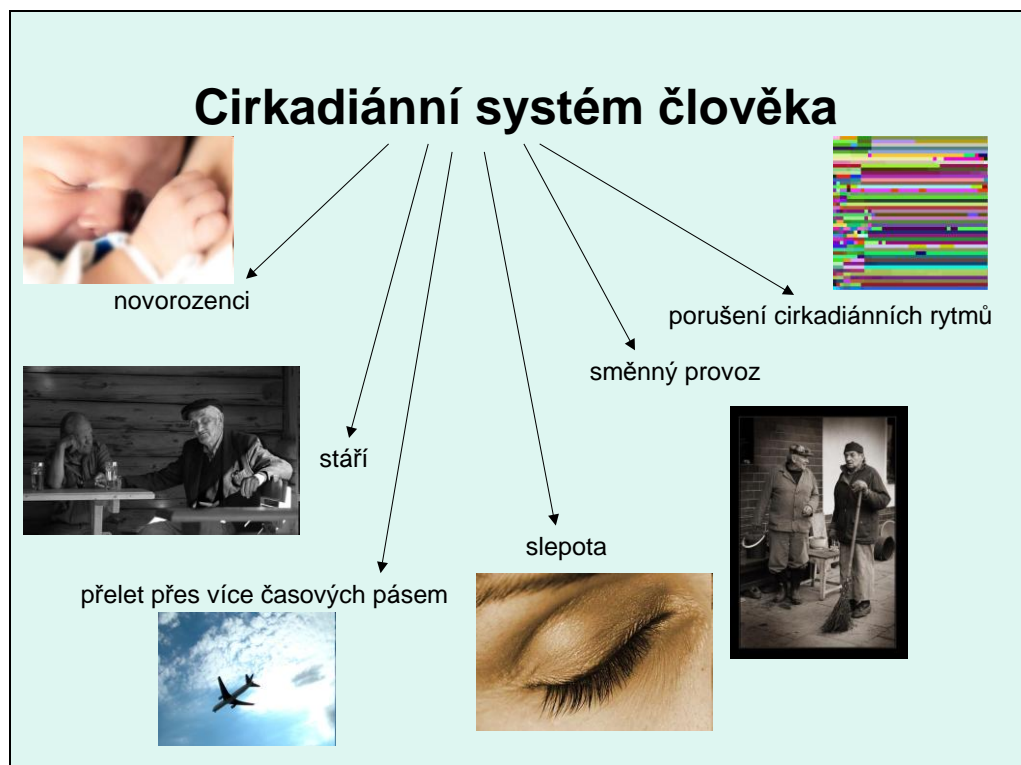
- hormon vyskytující se ve všech organismech
- ovlivňuje nejrůznější fyziologické funkce:
  - regulace cirkadiálního rytmu
  - spavost
  - kontrola rytmu spánku/bdění
  - informace o roční době
  - imunitní funkce
  - vyčytávání volných radikálů
  - „působí proti rakovině“
- syntéza primárně v epifýze (i v dalších tkáních)
- sekrece je synchronizována s cyklem den/noc (noční maximum)

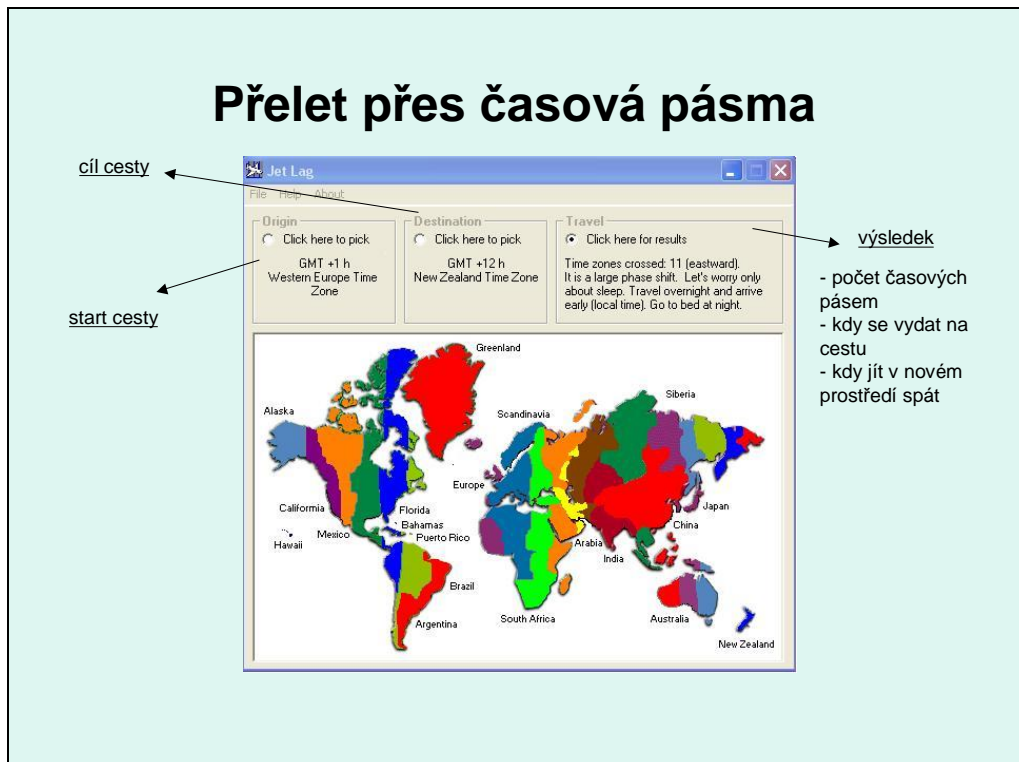
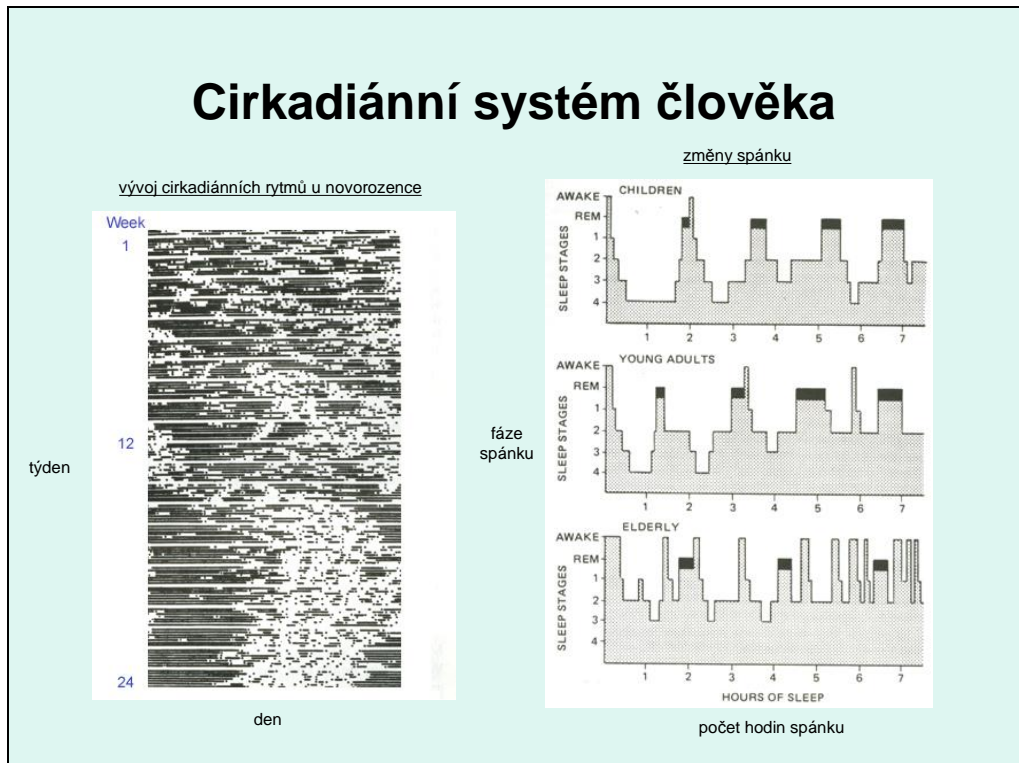


snímek 7



snímek 8

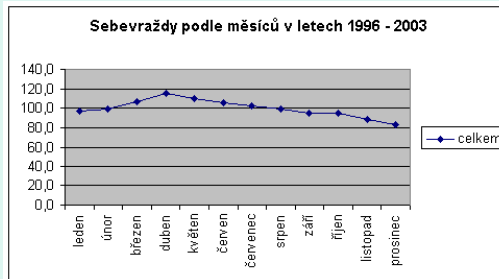




snímek 11

## Sezónní rytmy

- Střídání ročních období
- Změna času
- Roční cyklus sebevraždnosti



snímek 12

Děkuji za pozornost ...

## **4.2.2. Pracovní list**

### **4.2.2.1. Metodické pokyny k pracovnímu listu**

## **BIOLOGICKÉ RYTMY ČLOVĚKA METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

### **Výchovně vzdělávací cíle**

Znát cirkadiánní rytmus fyziologických funkcí člověka. Umět rozřadit biologické rytmy člověka podle délky periody. Znát části mozku a sídlo biologických hodin. Umět vyčíst údaje z grafů a tabulek. Umět sestrojit graf.

### **Vyučovací pomůcky**

pracovní list: Biologické rytmy člověka (viz příloha č. 9), teploměr

### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: biologické hodiny, biologické rytmy, melatonin, hypotalamus

pojmy rozšiřující: cirkadiánní rytmy, ultradiánní rytmy, infradiánní rytmy, chronobiologie, chronotyp člověka, suprachiasmatická jádra, křížení optických nervů

### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem, s anatomickým atlasem (např. kolektiv autorů, 1996), pokus

### **Metodický postup**

Studenti samostatně vypracují všechny příklady uvedené v pracovním listu. Kontrola řešení proběhne po částech. Výsledky úkolů 1, 2, 3a), 4, 5, 6, 7, 8 se porovnají se vzorovým řešením uvedeným na transparentní fólii. Úkol 3b) odevzdají studenti formou krátké zprávy, která bude obsahovat shrnutí výsledků, uvedení průměrné ranní teploty, průměrné večerní teploty studenta.

### **Organizační a časový plán**

1. Dvě vyučovací hodiny – práce s pracovními listy
2. Domácí práce – dlouhodobé měření tělesné teploty

#### **Ad 1.:**

- a) 1. vyučovací hodina:



Úkoly 1, 2, 3a), 4:

samostatná práce – 35 min

kontrola řešení – 10 min

**b) 2. vyučovací hodina:**

Úkoly 5, 6, 7, 8:

samostatná práce – 35 min

kontrola řešení – 10 min

**Ad 2.:**

domácí práce:

Úkol 3b):

samostatná domácí práce – po dobu 20-ti dnů, měření tělesné teploty ve dvou časových bodech ráno a večer

kontrola výsledků – odevzdání shrnujících výsledků

## 4.2.2. Biologické rytmy člověka (autorské řešení)

### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy (Autorské řešení)

Téma: Biologické rytmy člověka

Jméno: ..... Datum: .....

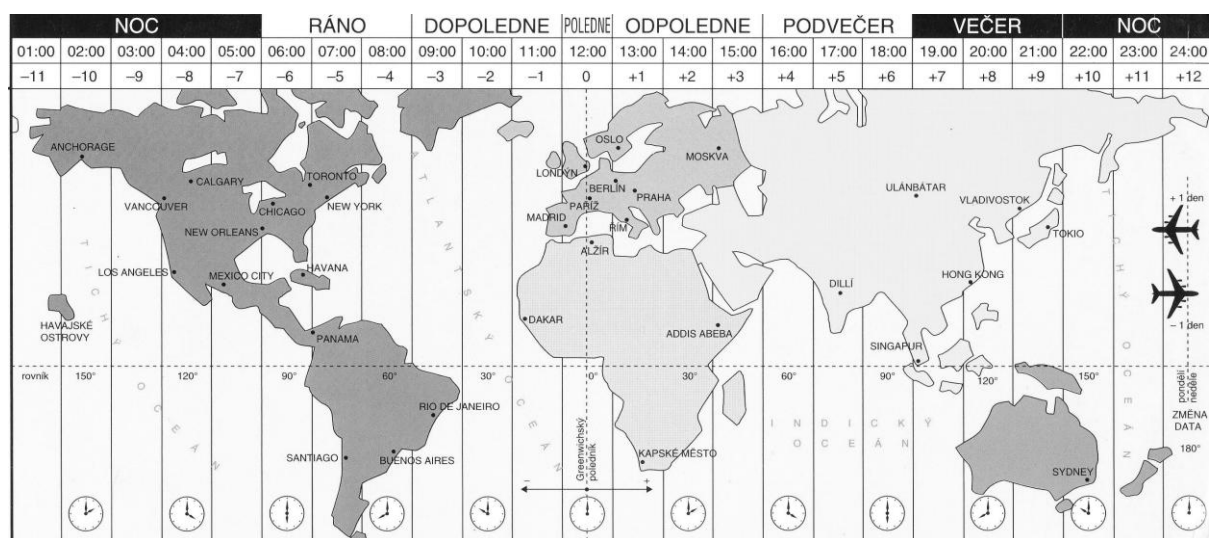
*Sedmnáctiletý student gymnázia, František, vyhrál 1. místo v biologické soutěži. Odměna pro vítěze byl studijní pobyt v zahraničí.*

#### 1. Přesun přes časová pásma

František si měl vybrat jedno z měst (Buenos Aires, Londýn, New York, Tokio, Sydney).

Vybíral podle různých hledisek. Zajímalo ho, přes kolik časových pásem by cestoval do jednotlivých měst. Jaký by byl časový posun, a jak by se posunuly jeho cirkadiánní rytmy (zpozdily nebo předběhly)?

Doplň tabulku s pomocí mapy s časovými pásmy:



Převzato: Časová pásma. Vydavatelství LUMUR.

Města	Počet časových pásem	Časový posun	Posun cirkadiánních rytmtů
Buenos Aires	5	- 5 h	zpoždění
Londýn	1	- 1 h	zpoždění
New York	6	- 6 h	zpoždění
Tokio	8	+ 8 h	předběhnutí
Sydney	9	+ 9 h	předběhnutí

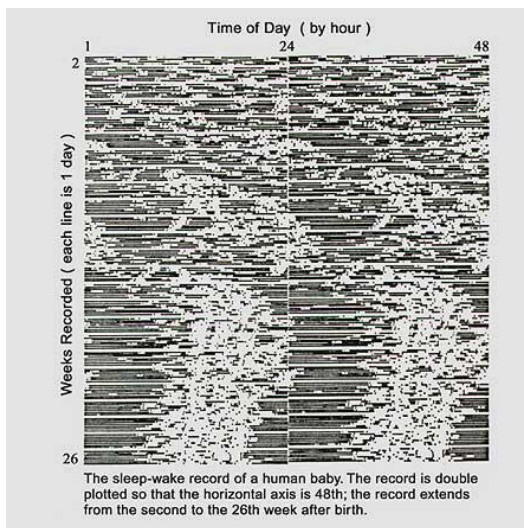
František si vybral město, ve kterém by se jeho cirkadiánní rytmy zpozdily a do kterého by cestoval přes více než pět časových pásem. Které město si vybral? **New York**

Porad' Františkovi, co by měl dělat, aby se co nejdřív aklimatizoval v novém městě?  
**Pohybovat se ve venkovním prostředí, navazovat sociální kontakty.**

*Měsíc před odjezdem se Františkovi narodila sestřička Anička. Několik dní sledoval, jak probíhá její den. Proč nespí celou noc jako my? František pátral na internetu a našel záznam o střídání aktivity bdění a spánku během dne u miminka. Hned byl o něco chytřejší.*

## 2. Graf cirkadiálních rytmtů

Podívej se na graf. Co bys řekl o cirkadiálních rytmech novorozence? Co lze z grafu vyčíst?



Převzato: [http://www.glimmerveen.nl/LE/biological\\_clock.html](http://www.glimmerveen.nl/LE/biological_clock.html), 25. 10. 2008

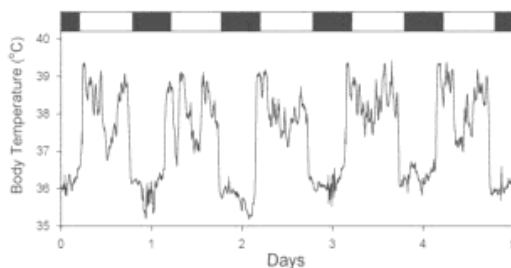
Cirkadiální rytmy u novorozence nejsou synchronizovány vnějším dnem. Projevuje se to arytmičkou aktivitou spánku a bdění. Z grafu lze vyčíst, že v prvních týdnech se u novorozence nepravidelně střídá aktivita spánku a bdění. A po několika dnech můžeme pozorovat upravení rytmtů. Neboli aktivita spánku a bdění se pravidelně střídá. Objevuje se pravidelný rytmus.

Vysvětli, jak je možné, že se později u dítěte vytvoří pravidelné střídání aktivity spánku a bdění?

Jedním z důvodů je, že se přes mateřské mléko do těla dítěte dostává hormon melatonin. Dalším důvodem mohou být sociální vlivy a vlivy prostředí či genetický základ.

*Koncem srpna se František vydal na cestu do zahraničí. Byl ubytovaný na středoškolském internátě a jeho spolubydlicí byl Kanadčan. Jmenoval se Ray. František se s Rayem rychle skamarádil. Jejich hlavním společným tématem byla biologie. Hodně času trávili v laboratoři. Zajímal je například průběh tělesné teploty člověka během dne. Jaký je cirkadiální rytmus fyziologických procesů u člověka.*

## 3. Tělesná teplota



a) Co lze vyčíst z grafu, který zaznamenává průběh tělesné teploty během několika dní. Tělesná teplota během dne kolísá. Nabývá hodnot přibližně od 36°C–39°C. Nejnižší tělesná teplota je v ranních hodinách, nejvyšších hodnot nabývá tělesná teplota ve večerních hodinách.

b) Pomocí elektrického teploměru zaznamenávej svojí tělesnou teplotu dvakrát denně (ráno po probuzení, večer před ulehnutím) ve stejnou dobu. Hodnoty zaznamenej do tabulky. K jakému výsledku či zjištění jsi dospěl?

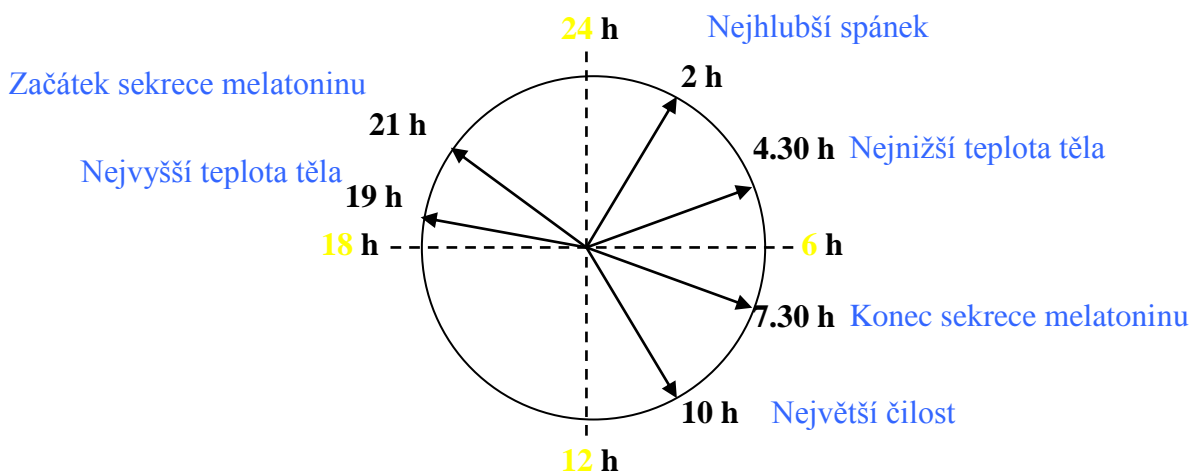
hodina/den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
7 h																				
19 h																				

.....  
 .....

#### 4. Denní diagram

Představ si ideálního člověka, který vstává brzy v ranních hodinách (cca v 6 h.), obědvá kolem poledne a večer v 22 h. chodí spát. Jeho denní biologické hodiny jsou ovlivňovány pouze denním světlem. Nepůsobí na něj žádný stres a jiné faktory.

Doplň k vyznačeným denním hodinám jednu z možností (nejnižší teplota těla, konec sekrece melatoninu, nejvyšší teplota těla, začátek sekrece melatoninu, nejhlubší spánek, největší čílost).



*Když František a Ray poznali, jaký je cirkadiánní rytmus fyziologických procesů člověka, zajímalo je, kam by zařadili například rytmus srdečního tepu. Patří tento rytmus také k cirkadiánním rytům? Pomoz Františkovi a Rayovi roztrždit lidské rytmy podle délky periody.*

#### 5. Dělení lidských rytů podle periody

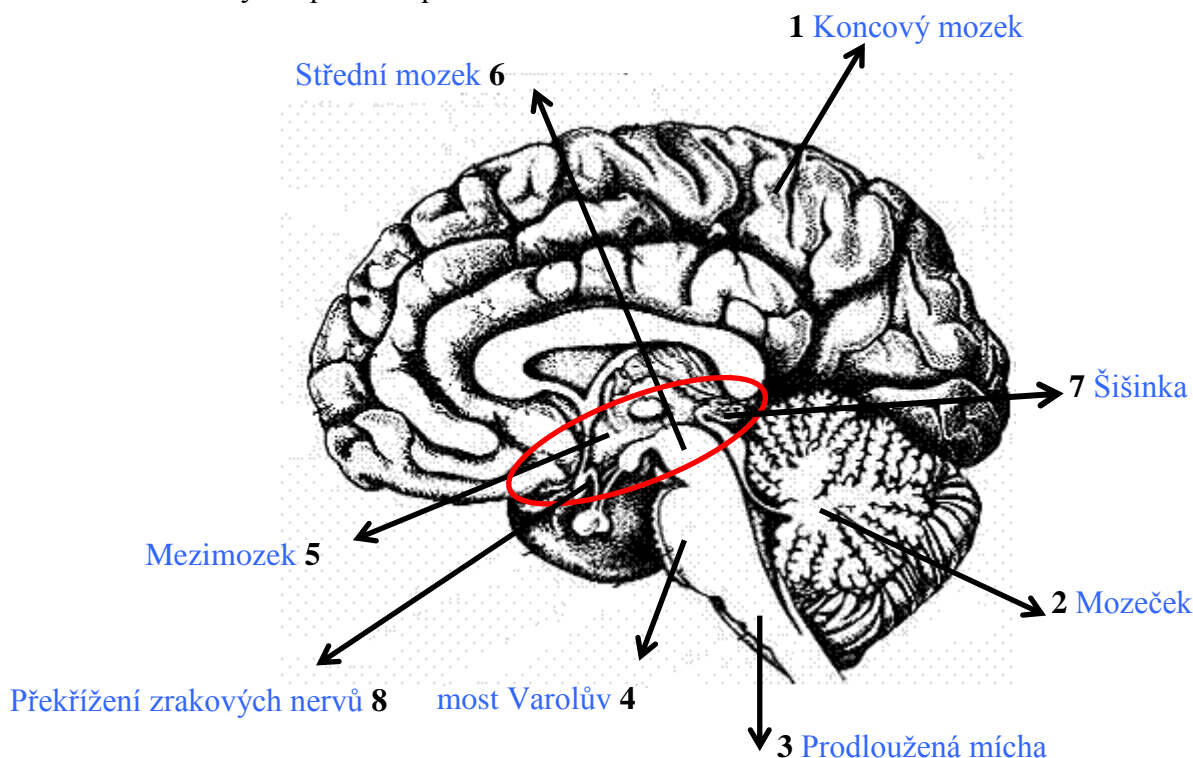
Roztržď lidské rytmy do příslušných kolonek:

koncentrace mnoha hormonů v tělních tekutinách (kortizol, aldosteron, melatonin, ...), menstruační rytmy u žen, přenos vzruchu, rytmus dýchání, rytmus spánku a bdění, rytmus tělesné teploty, srdeční tep, stárnutí

Ultradiánní rytmy	Cirkadiánní rytmy	Infradiánní rytmy
Přenos vzruchu	Koncentrace hormonů	Menstruační rytmy
Rytmus dýchání	Rytmus spánku a bdění	Stárnutí
Srdeční tep	Rytmus tělesné teploty	

## 6. Lidský mozek

K očíslovaným šípkám doplňte části mozku.



Která část mozku řídí činnost „biologických hodin“ člověka?

Mezimozek – hypotalamus

Vyznač ji na obrázku.

Doplň vynechaná slova:

Světelná informace se prostřednictvím oka a následně zrakového nervu dostává k centrálním hodinám neboli hlavnímu synchronizátoru biologických hodin. Toto centrum se nazývá **suprachiasmatická jádra**. Jde o dva shluky nervových buněk, které jsou uloženy **u křížení optických nervů neboli u optického chismatu**. Světelná informace pokračuje dále přes různé mozkové dráhy. Na konci vždy dochází ke zpracování této informace tvorbou hormonů. Hormon přezdívaný „hormon noci“ neboli „upíří hormon“ se odborně nazývá **melatonin** a tvoří se v části mezimozku **epifýze (šišince)**.

*Na konci pololetí než odjeli František i Ray domů, museli splnit závěrečné zkoušky. Začalo období, kdy většinu času trávili učením. Každý se potřeboval učit v jinou denní hodinu. Rayovi vyhovovalo, když se učil večer a z postele nejraději vylézal až v dopoledních hodinách.*

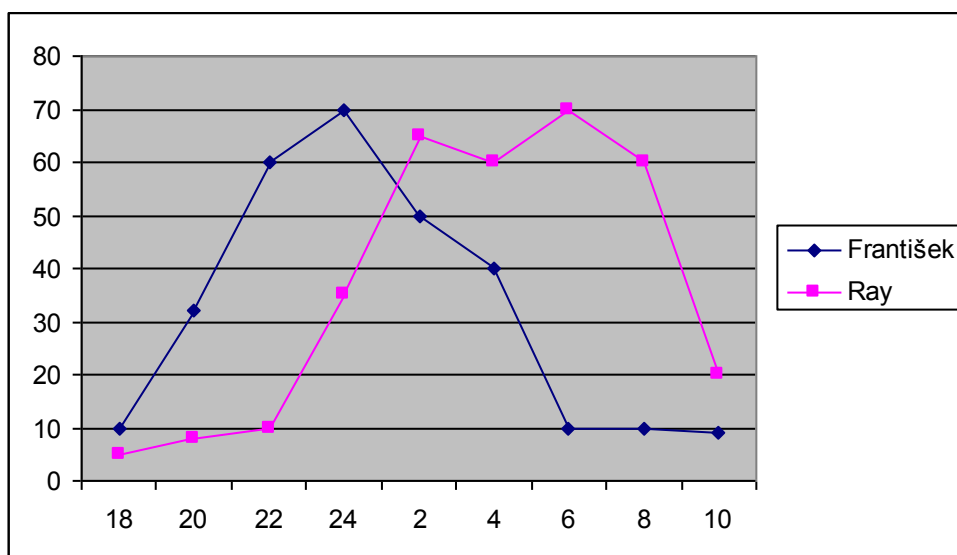
František byl pravý opak Raye, tzv. ranní ptáče, vstával brzy ráno a čím dřív začal s učením, tím toho stihl víc nastudovat. Kolem deváté hodiny večerní už zaléhal do postele.

## 7. Chronotyp člověka

Mezi jaký chronotyp (skřivánek, sova) bys zařadil Františka **skřivánek** a Raye **sova**.  
Přibližně v kolik hodin se začne tvořit melatonin? U Františka **ve 20 hod** u Raye **ve 24 hod**.

Zkus načrtnout graf tvorby melatoninu u Františka a Raye.

(osa x...čas[h], osa y...množství melatoninu[pg/ml])



## 8. Osmisměrka

I	A	Z	Ý	F	I	P	E	N	E
L	S	U	M	T	Y	R	O	I	B
L	H	CH	R	E	O	M	G	N	D
N	O	A	N	P	O	O	B	O	Ě
E	R	I	D	L	L	Z	S	T	N
R	M	O	L	O	A	E	P	A	Í
O	O	O	I	T	I	K	Á	L	G
V	N	Z	I	A	E	R	N	E	S
Á	Y	N	I	D	O	H	E	M	A
F	S	V	Ě	T	L	O	K	P	Č

BIORYTMUS  
MELATONIN  
FYZIOLOGIE  
ILLNEROVÁ  
PERIODA

ENDOGENNÍ  
SPÁNEK  
BDĚNÍ  
HORMONY  
HODINY

SVĚTLO  
EPIFÝZA  
TEPLOTA  
MOZEK  
ČAS

**Tajenka je CHRONOBIOLOGIE**

Vysvětlí tento pojem vědní obor zabývající se studiem biologických rytmů.

### 4.3. Sezónní rytmy živočichů

**Cíl:** Znat působení délky fotoperiody na živočichy. Znat důvody odletu ptáků, příklady příprav ptáků na zimu, či možnost orientace na cestách do zimovišť. Umět popsat způsoby adaptace savců k sezónním změnám.

**Zařazení do biologického kurikula:**

Sezónní rytmy živočichů v rámci učiva Biologie živočichů (živočichové a prostředí, etologie)

**Pojmy:**

- a) **základní** – fotoperioda, poikilotermní živočichové, homoiotermní živočichové, hibernace, estivace, nepravý zimní spánek, stěhovavý pták, tažný pták, přezimující pták, zimoviště, hnízdiště
- b) **rozšiřující** – svalový třes, netřesová termogeneze, jarní rovnodennost, letní slunovrat, podzimní rovnodennost, zimní slunovrat

**Koncepce:**

- a) **teoretická část** – výklad a rozhovor k tématu Sezónní rytmy živočichů, prezentace tématu Migrace ptáků zpracované v programu PowerPoint
- b) **praktická část** –  
zpracování projektů:
  - 1. Migrace ptáků
  - 2. Sezónní spánek živočichůsamostatná práce formou pracovních listů:
  - 1. Migrace ptáků
  - 2. Sezónní spánek živočichů
  - 3. Hibernující savci
  - 4. Sezónní rytmy živočichů

**Literární a internetové zdroje pro sestavení pracovních listů, projektů a prezentace:**

a) **prezentace:**

(Mead a kol., 2008), (Šťastný a kol., 1998)

b) **pracovní listy, projekty:**

(Čihař a kol., 2002)

<http://www.chmu.cz/meteo/ok/infklim.html>

<http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031904>

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=772>

[http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim\\_priro\\_2.html](http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim_priro_2.html)

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1093>

<http://www.zsvltava.cz/informatika/index.php>

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=728>

### **Teoretická východiska:**

Odovídající informace k dané problematice viz kapitola Literární rešerše (2.2.4. Sezónní rytmy)

### **Obsah:**

#### **4.3.1. Prezentace Migrace ptáků**

4.3.1.1. Text k prezentaci

4.3.1.2. Vlastní prezentace

#### **4.3.2. Pracovní listy, projekty**

4.3.2.1. Metodické pokyny k pracovním listům a projektům

4.3.2.2. Migrace ptáků (autorské řešení)

4.3.2.3. Sezónní spánek živočichů (autorské řešení)

4.3.2.4. Hibernující savci (autorské řešení)

4.3.2.5. Metodické pokyny k pracovnímu listu

4.3.2.6. Sezónní rytmy živočichů (autorské řešení)



## 4.3.1. Prezentace migrace ptáků

### 4.3.1.1. Text k prezentaci

#### MIGRACE PTÁKŮ

(manuál pro učitele)

Prezentaci v programu PowerPoint na téma Migrace ptáků je možné zařadit do učiva biologie společně s projektem na téma Migrace ptáků nebo pouze samostatně jako výklad.

Název: \_\_\_\_\_ Obsah a doporučený postup prezentace: \_\_\_\_\_

Stránka 1

#### Migrace ptáků

- téma prezentace
- obrázek převzat (10.4.2009)  
z <http://www.abc.net.au/news/stories/2007/10/11/2056317.htm>
- rozhovor na téma Migrace ptáků:
  - Proč někteří ptáci migrují?
  - Znáte některé naše ptačí zástupce, kteří odlétají pryč na zimu do teplejších krajin?
  - Kdy ptáci poznají, že je čas odletu?

Stránka 2

#### Obsah

- obsah tématu
- obrázek knihy Cesty stěhovavých ptáků
- text čerpán (Mead a kol., 2008)

Stránka 3

#### Způsoby migrace

- text: Nejsnáze sledovatelný způsob migrace je ze severu na jih na delší vzdálenosti.  
Vlaštovka obecná – v létě velkou část tráví v Severní Americe a Eurasii, kde se živí létajícím hmyzem; na zimu se přestěhují na jih, kde je dostatek pestré potravy.  
Vlaštovky na jihu Španělska jsou po celý rok na hnízdištích.  
Rybák dlouhoocasý – v létě hnízdí v Arktidě a začátkem srpna se vydává na cestu směrem na jih, v listopadu dorazí do Antarktidy.  
Po třech měsících jižního léta se dospělí rybáci vrací na sever.  
Částečně tažní ptáci – migrují jen mladí ptáci a starší dospělí zůstávají na místě (Mead a kol., 2008).
- fotka vlaštovky převzata (10.4.2009) z <http://www.jynx-t.net/ptaci/vlastovka-obecna-20-21102592-0.html>

#### Stránka 4

##### **Kdy se vydat na cestu**

- fotka rybáka převzata (10.4.2009)  
z <http://www.naturfoto.cz/rybak-dlouhoocasy-fotografie-6448.html>

- text: Většina druhů migrují kdykoliv, ale existují druhy, které létají výhradně ve dne kvůli potřebnému stoupajícímu proudu zahřátého vzduchu.

Migrace ve dne: př. vlaštovka obecná a břehule říční odpočívají v noci v rákosových porostech a migrují výhradně ve dne. Jiříčka obecná neodpočívá v porostu a může pokračovat v letu i v noci, dokud je schopná najít a udržet si místo v kolonii.

Migrace v noci: Ptáci málokdy létají výhradně v noci.

Let bez přestávek: Malé druhy, které se před migrací důkladně vykrmily a vytvořily si tukové zásoby, často letí bez přestávek či s jedinou přestávkou (Mead a kol., 2008).

- fotka břehule říční převzata (10.4.2009)  
z <http://fotogalerie.hunting-shop.cz/foto/166-brehule-ricni/>
- fotka jiříčky obecné převzata (10.4.2009)  
z <http://www.naturfoto.cz/jiricka-obecna-fotografie-8705.html>

#### Stránka 5

##### **Příprava na cestu**

- text: Na konci léta většina tažných ptáků ukládá tukové zásoby, které jim slouží jako zdroj energie během migrace. Nabírání tuku je doprovázeno změnami chování, které jsou podmíněny hormonálními vlivy.

Většinou také přepeřují a procvičují výkonnost létacích svalů. Pelichání je řízeno hormonálně. Výkon během letu závisí na kvalitě letek, proto je jejich výměna před migrací velmi důležitá (Mead a kol., 2008).

- obrázek ptačího křídla převzat (10.4.2009) z (Šťastný a kol., 1998)

#### Stránka 6

##### **Načasování**

- text: Ptáci mají dva typy „vnitřních hodin“ řídící roční (cirkanuální) a denní (cirkadiánní) rytmus. Zkracující se dny a vnitřní biologické hodiny působí na hormonální systém a stimulují fyziologické pochody spojené s ukládáním tuku a pelicháním. Později hladina hormonů a pravděpodobně i hmotnost stimulují migrační pud.

Pokusy: cirkanuální rytmy – ptáci chovaní v klecích vykazovali hnízdění, pelichání, migrační chování a změny hmotnosti v běžném ročním cyklu při

podmínkách stálého střídání světelné a tmavé fáze dne (obvykle po 12 hodinách) (Mead a kol., 2008).

Stránka 7

### **Dědičnost a migrace**

- text: Většina mladých ptáků instinktivně pozná, kudy má letět a jak najít cestu zpět. V dědičné výbavě je zakódováno dost informací na to, aby mláďata zvládla pravidelnou migraci (Mead a kol., 2008).

Stránka 8

### **Orientace a navigace**

- text: Obecně platí, migrující pták musí znát směr letu a musí vědět, kdy má dorazit na místo. Existují tři hlavní způsoby orientace, kterými ptáci spolehlivě rozlišují sever, jih, východ a západ. Jsou založené na postavení slunce a hvězd a na působení magnetického pole. Někteří ptáci využívají při přeletu svých smyslů (čich – holuby, trubkonosí; sluch – vnímají infrazvuky, které vytváří vítr ve vzdálených horách, hlasy jiných ptáků) Orientace podle slunce závisí na vnitřních biologických hodinách ptáka. V 10 hodin dopoledne místního času (čas určí pták svými biologickými hodinami) se slunce nachází vždy o 30° východně od jihu (Mead a kol., 2008).
- obrázek nejrůznějších navigačních vodítek k migraci ptáků (Mead a kol., 2008)

Stránka 9

### **Jak se zkoumá migrace?**

- text: Od šedesátých let 20. století se běžně provádějí dva hlavní typy výzkumu. První využívá technických zařízení, jako je radar. Signál přesně určí polohu ptáka, výšku, rychlost, frekvenci úderů křídel i srdeční tep. Druhý spočívá v pozorování měsíce. Je oblíbený v Severní Americe. Průběh nočních migrací je určován na základě toho, kolik ptáků přeletí přes měsíc. Další mapování migrace ptáků, a to celé tahové trasy, je založeno na připevňování malých vysílaček na ocasní peří ptáka. Často se také provádí kroužkování. Mnoho výzkumů bylo provedeno pomocí kluzáků či ultralehkých letadel. Tato metoda se provádí u pozorování ptáků plachtících nad pevninou (Mead a kol., 2008).
- fotka upevnění vysílačky k ocasnímu peru převzato (10.4.2009) z <http://www.zoo-ohrada.cz/cz/vzdelavani/pustici/pustici.htm>

Následující stránky zobrazují pouze informativně hnízdiště vybraných ptáků a přibližný směr jejich migrace do zimovišť.

- mapy převzaty (10.4.2009) z:
- [http://www.stiefel-eurocart.cz/info.php?product=amerika\\_obecnegeograficka\\_politicka&i=275](http://www.stiefel-eurocart.cz/info.php?product=amerika_obecnegeograficka_politicka&i=275)
- <http://www.stiefel-eurocart.cz/info.php?product=afrika-geograficka-pracovni-mapa&i=206>
- [http://www.pataki.cz/skola/3bg\\_zem/index.html](http://www.pataki.cz/skola/3bg_zem/index.html)

Stránka 10

**Tažní ptáci Severní Ameriky** - fotky ptáků převzaty (10.4.2009) z:

- <http://klub.wz.cz/kachny.html> (Čírka modrokřídlá)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id30191/> (Káně bělohrdlé)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id34468/?taxonid=21264> (Kondor krocanovitý)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id7747/?taxonid=8891> (Drozd stěhovavý)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id28961/?taxonid=8834> (Vlaštovka obecná)

Stránka 11

**Tažní ptáci Evropy**

- fotky ptáků převzaty (10.4.2009) z:
- <http://www.naturephoto.cz/fotobanka/ptaci-birds/2217-cirka-obecna-anas-crecca.html> (Čírka obecná)
- <http://www.naturephoto.cz/fotobanka/ptaci-birds/407-postolka-rudonoha-falco-vespertinus.html> (Poštolka rudonohá)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id2531/?taxonid=8715> (Rybák černý)
- <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id79026/?taxonid=8749> (Kukačka obecná)
- <http://www.naturephoto.cz/fotobanka/ptaci-birds/2652-cap-bily-ciconia-ciconia.html> (Čáp bílý)

Stránka 12

**Tažní ptáci Evropy**

- fotky ptáků převzaty (10.4.2009) z:
- [http://www.hlasek.com/apus\\_apus\\_a2742.html](http://www.hlasek.com/apus_apus_a2742.html) (Rorýs obecný)
- <http://www.naturfoto.cz/konipas-lucni-fotografie-5660.html> (Konipas luční)
- <http://www.naturfoto.cz/rehek-zahradni-fotografie-1495.html> (Rehek zahradní)
- <http://www.naturfoto.cz/slavik-obecny-fotografie-1290.html> (Slavík obecný)
- <http://www.naturfoto.cz/drozd-kvicala-fotografie-465.html> (Drozd kvíčala)
- <http://www.naturfoto.cz/penice-hnedokridla-fotografie-8368.html> (Pěnice hnědokřídlá)

- <http://www.naturfoto.cz/budnicek-vetsi-fotografie-9370.html> (Budníček větší)
- <http://www.naturfoto.cz/tuhyk-obecny-fotografie-9327.html> (Tuhýk obecný)

Stránka 13

**Děkuji za pozornost**

- ukončení prezentace

### 4.3.1.2. Vlastní prezentace

snímek 1



snímek 2

## Obsah

- Způsoby migrace
- Kdy se vydat na cestu
- Příprava na cestu
- Načasování
- Dědičnost a migrace
- Orientace a navigace
- Jak se zkoumá migrace
- Příklady tažných ptáků



## Způsoby migrace

- Ze severu na jih a zpět
  - Příklad **Vlaštovka obecná**:
    - léto: Severní Amerika a Eurasie, potrava létající hmyz
    - zima: stěhují se na jih
    - X
    - jih Španělska: po celý rok na hnízdištích
  - Příklad **Rybák dlouhoocasý**:
    - léto: Arktida
    - zima: Antarktida
- Částečně tažné druhy



## Kdy se vydat na cestu

- většina druhů letí kdykoliv (ve dne, v noci)
- Migrace ve dne
- Migrace v noci
- Let bez přestávky



jiříčka obecná

břehule říční



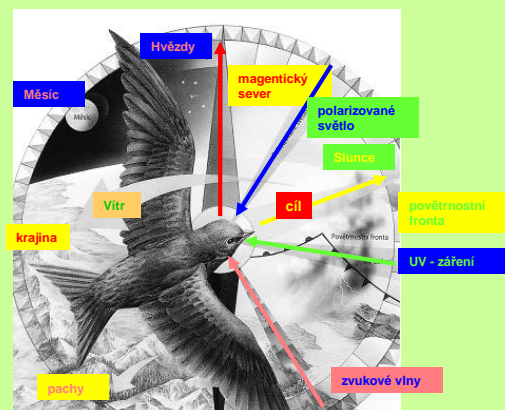


## Dědičnost a migrace

- Většina mladých ptáků instinktivně pozná, kudy má letět a jak najít cestu zpět.
- V dědičné výbavě je zakódováno dost informací na to, aby mláďata zvládla pravidelnou migraci.

## Orientace a navigace

- Hlavní způsoby orientace:
  - slunce
  - hvězdy
  - magnetické pole



## Jak se zkoumá migrace?

- Kroužkování
- Radar
- Pozorování měsíce (Severní Amerika – průběh nočních migrací je určován na základě, kolik ptáků přeletí přes měsíc)
- **Malé vysílačky**
- Kluzáky či ultralehká letadla



A close-up photograph of a feather with a small, circular transmitter attached to its base. A red circle highlights the transmitter, and a red arrow points from the text 'Malé vysílačky' to it.

## Tažní ptáci Severní Ameriky

**Kachny:**




Čírka modrokřídlá

**Dravci:**



Káně bělohrdlé



Kondor krocanovitý

**Drozdovití:**



Drozd stěhovavý

**Vlaštovky:**



Vlaštovka obecná



AMERKA - obecná geografická mapa

A map of North and South America with several colored lines (red, green, blue) indicating migration routes. A red line goes from the northern US to South America. A green line goes from the northern US to the southern US. A blue line goes from the northern US to the southern US. A red arrow points from the text 'Malé vysílačky' to the map.

## Tažní ptáci Evropy

**Kachny:**

Čírka obecná



**Čápi:**

Čáp bílý



**Dravci:**

Poštolka rudonohá



**Rybák černý**    **Rybáci, rackové:**



**Kukačky:**

Kukačka obecná






## Tažní ptáci Evropy


**Rorýsi, vlaštovky, jiříčky:**

Rorýs obecný




**Konipas, línušky:**

Konipas luční




**Drozdovítí:**

Rehek zahradní




**Pěnicovítí:**


Budníček větší




**Slavík obecný**



**Pěnice hnědokřídlá**





**Drozd kvíčala**



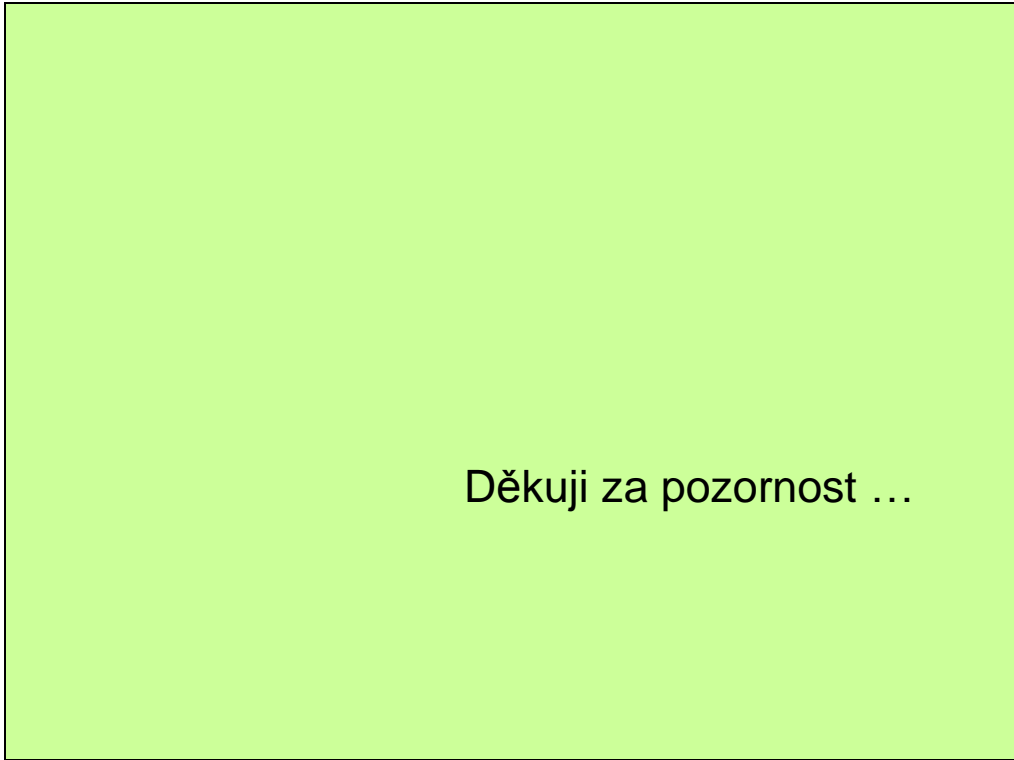
**Žuhýkovití:**

Žuhák obecný





snímek 13



## 4.3.2. Pracovní listy

### 4.3.2.1. Metodické pokyny k pracovním listům a projektům

## SEZÓNÍ RYTMY ŽIVOČICHŮ METODICKÉ POKYNY K PROJEKTU

### 1. Migrace ptáků

#### Výchovně vzdělávací cíle

Umět rozlišit běžné druhy ptáků na stěhovavé (tažné), přezimující a přilétající. Znat důvody odletu ptáků, příklady příprav na zimu, či možnosti orientace na cestách. Umět určit nejčastější trasy stěhovavých ptáků.

#### Vyučovací pomůcky

pracovní text (viz příloha č.10), kartičky s fotografiemi vybraných ptáků (viz příloha č. 11-13), atlasy ptáků (např. Elphick a Woodward, 2008), nástěnné mapy (viz příloha č. 14-15), pracovní list: Migrace ptáků (viz příloha č. 16), kartičky na rozdělení třídy (viz příloha č. 19)

#### Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované

pojmy základní: stěhovavý (tažný) pták, přezimující pták, přilétající pták, zimoviště, hnízdiště

#### Vyučovací metody

rozhovor, diskuze, práce s textovým materiálem (tvorba prezentace), práce s kartičkami (fotky), práce s určovacími atlasy

#### Organizační a časový plán projektu

Plán projektu pro učitele je uveden v příloze č. 17.

#### Metodický postup

##### ○ Učebna

Před hodinou je potřeba upravit rozvržení nábytku ve třídě. Z lavic vytvoříme dva čtverce uprostřed učebny. Židle umístíme po obvodu třídy do tvaru písmene U (viz příloha č. 18).

○ Rozdělení studentů do skupin

Třidu rozdělíme na dvě skupiny s využitím kartiček, které si studenti vylosují z měšce. Na kartičkách (viz příloha č. 19) jsou vyobrazeny obrysy ptáků (vlaštovka, čáp) a jejich hnízd. Studenti by měli vytvořit dvě skupiny: čáp + čápí hnízdo, vlaštovka + vlaštovčí hnízdo. Při následném přerozdělení třídy na čtyři skupiny bude jedna skupina „čápů“, druhá skupina „čápích hnízd“, třetí skupina „vlaštovek“ a čtvrtá skupina „vlaštovčích hnízd“.

○ Program

Na začátek hodiny je zařazeno několik otázek. Měly by pomoci při zahájení rozhovoru mezi učitelem a studenty. Rozhovor by měl plynule přejít v diskuzi mezi studenty na téma „Proč někteří ptáci u nás přezimují, a proč někteří zástupci odlétají do teplých krajín?“.

Na konec by měl učitel shrnout diskuzi několika tezemi: např. *Stálí neboli přezimující ptáci přežívají v našich zimních podmínkách díky své velké přizpůsobivosti. V zimě, kdy je u nás jen omezený přísun potravy, jsou schopni přejít na stravu, která je zde přístupná (například pupeny, jehličí, semena, bobule, kukly a larvy ukryté ve štěrbinách kůry stromů), nebo se stahují k lidskému obydlí, či si během roku tvoří zásoby.*

*Stěhovaví ptáci jsou většinou hmyzožraví ptáci či semenožraví, kteří semena vyzobávají z trávy. Během zimy potrava ve sněhu není a na stromech ji neumějí hledat.*

Následně by se studenti měli přemístit k upraveným stolům, kde mohou nalézt pracovní text s otázkami, různé psací potřeby (pastelky, popisovače, lepidlo, libovolné obrázky ptáků z novin...) a prázdné papíry na vytvoření prezentace. Úkolem bude zpracovat tříminutovou prezentaci, jejíž základ tvoří uvedený pracovní text.

Po přípravě by měla následovat prezentace skupin. Učitel by měl prezentaci doplnit, upřesnit nejasnosti, či zodpovědět dotazy studentů.

V další části se bude pracovat s fotografiemi ptáků. Třidu rozdělíme do čtyř skupin (viz Rozdělení studentů do skupin). Každé skupině bude přiděleno 10 kartiček s vybranými zástupci stěhovavých a přezimujících ptáků (kartičky se budou v jednotlivých skupinách překrývat, aby se mohlo diskutovat, kam příslušného ptáka zařadit). Úkolem každé skupiny bude určit, do které kategorie danou kartičku s vyobrazeným ptákem zařadí (stěhovavý, přezimující, přilétající). Po 5 minutách každá skupina seznámí ostatní studenty se svým výsledkem a proběhne diskuze na základě znalostí o jednotlivých zástupcích (studenti mohou dostat na pomoc určovací atlasy ptáků). Každá skupina postupně připevní kartičky na nástěnnou mapu, která by měla být umístěna na dobře viditelném místě (nejlépe na tabuli).

Cílem této činnosti je, aby si studenti uvědomili, které zástupce ptáků u nás mohou přes zimu potkat, a kteří naopak odlétají.

Na závěr studenti dostanou pracovní list (křížovka), kde si hravou formou zopakují získané informace.

## **2. Sezónní spánek živočichů**

### **Výchovně vzdělávací cíle**

Ujasnění pojmu hibernace. Pochopit, že hibernace je jeden z možných způsobů adaptace homoitermních živočichů na chlad. Znat příklady hibernujících živočichů. Umět popsat usínání, průběh a probouzení hibernujících živočichů.

### **Vyučovací pomůcky**

kartičky s indiciemi (viz příloha č. 20), nashromážděné materiály (novinové, internetové články; fotografie, obrázky hibernujících zvířat), pracovní listy: Sezónní spánek živočichů (viz příloha č. 21), Hibernující savci (viz příloha č. 22)

### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: poikilotermní živočichové, homoiotermní živočichové, hibernace, estivace, nepravý zimní spánek

pojmy rozšiřující: svalový třes, netřesová termogeneze

### **Vyučovací metody**

Práce s textovým materiálem: tvorba posteru, prezentace posteru

### **Organizační a časový plán projektu**

Plán projektu pro učitele je uveden v příloze č. 17.

### **Metodický postup**

Projekt je rozdělen na dvě části. První část slouží k rozdělení studentů do skupin a k určení témat pro každou skupinu. Během celého projektu (tvorba posteru) bude skupina získávat body. Skupina s největším počtem bodů, „vyhraje“ možnost prezentovat svůj poster v ostatních třídách při hodině biologie a seznámit ostatní studenty s tématem o hibernaci.

Na úvod tohoto projektu učitel rozdělí studenty do čtyř skupin (použijeme kartičky z projektu migrace ptáků). Každá skupina dostane obálku s pěti indiciemi. Úkolem bude uhodnout motto projektu. Nejrychlejší skupina získá pět bodů.

Poté si každá skupina vylosuje jedno ze čtyř možných témat: *Hibernující živočichové; Nástup a průběh hibernace; Nepravý zimní spánek, Estivace; Probouzení z hibernace*. Učitel každé skupině přiblíží vylosované téma, a co od každé skupiny očekává (viz příloha č. 17).

Úkolem studentů bude nasbírat do příští hodiny biologie co nejvíc materiálu (články, fotografie, prezentace, přírodniny, knihy, ...) k zadanému tématu.

Studenti dopředu nedostanou žádné informace o plánech na příští hodinu. Učitel by měl mít nashromážděn materiál k celému tématu o hibernaci, aby mohl studentům kdykoliv některé materiály vypůjčit.

Ve druhé části projektu, která je časově náročnější, budou studenti vytvářet a prezentovat poster na dané téma. Na začátek hodiny studenti upraví třídu tak, aby vznikla čtyři pracovní místa. Každá skupina dostane velký papírový arch, různé psací a kreslicí potřeby. Učitel nyní seznámí studenty s náplní hodiny (tvorba a prezentace posteru). Učitel motivuje studenty možností nasbírání bodů za celý projekt a tím získat možnost prezentovat svůj poster v ostatních třídách. Časová dotace na vytvoření posteru je cca 20 min. Poté bude mít každá skupina 5-8 min na prezentaci posteru.

Po dvaceti minutách by studenti měli ukončit svojí činnost s tvorbou posteru. Učitel by měl celou dobu obcházet jednotlivé pracovní skupiny a sledovat, jak studenti zpracovávají zadané téma, a zda se některá témata zbytečně nepřekrývají.

Před prezentací jednotlivých posterů dostanou všichni studenti od učitele pracovní listy (*Sezónní spánek živočichů, Hibernující savci*). Pracovní listy budou sloužit jako záznamový arch o probíraném tématu a měly by zároveň sloužit ke shrnutí celého tématu. K vyplnění pracovních listů využijí studenti informace získané během prezentací.

Na závěr by mělo proběhnout vyhodnocení nejlepší skupiny.

Bodování:

5 bodů: nejrychlejší skupina, která uhodne heslo (HIBERNACE)

5 bodů: nejvíc přineseného materiálu

5 bodů: nejlépe zpracovaný poster (viz níže)

5 bodů: nejzajímavější poster (viz níže)

*Nejlépe zpracovaný poster*: Tuto kategorii hodnotí učitel. Učitel má povinnost určit pouze jedinou skupinu, která získá pět bodů. Hodnotí obsahové splnění tématu, zpracování, nápaditost.



*Nezajímavější poster:* Každý student dostane dva hlasy, kterými bude mít možnost vybrat dva nejzajímavější postery. Nesmí přiřadit dva hlasy jednomu posteru. Hodnocení může být provedeno tak, že každý student uvede křížek (hlas) na volný papír u příslušného posteru. Poster, který získá nejvíce hlasů získá pět bodů. Bude-li mít stejný počet hlasů více skupin, všechny získají pět bodů.

### 4.3.2.2. Migrace ptáků (autorské řešení)

#### PRACOVNÍ LIST: Sezónní rytmy (Autorské řešení)

Téma: Migrace ptáků

Jméno: ..... Datum: .....

---

1.						J	I	Ř	I	Č	K	A							
2.			P	Ř	E	Z	I	M	U	J	Í	C	Í						
3.			H	M	Y	Z	O	Ž	R	A	V	Í							
4.					D	E	N	N	Í			S	V	Ě	T	L	O		
5.	P	E	L	I	CH	Á	N	Í											
6.	A	E	R	O	D	Y	N	A	M	I	K	A							
7.						Z	I	M	O	V	I	Š	T	Ě					
8.			M	A	G	N	E	T	I	C	K	É	H	O					
9.							O	R	N	I	T	O	L	O	G				
10.				S	K	Ř	I	V	A	N									
11.			A	F	R	I	K	A											
12.							J	A	R	O									

1. Vlaštovkovitý pták s málo vykrojeným ocasem, staví polokulovité až na otvor uzavřené hnízdo
2. Jak se nazývají ptáci, kteří přežívají zimní období v našich podmínkách
3. Stěhovaví ptáci jsou semenožraví, většinou však jde o ..... ptáky
4. Jaký faktor z prostředí působí na činnost žláz s vnitřní sekrecí a spouští reakce vedoucí k stěhování ptáků
5. Výměna perního šatu
6. Fyzikální jev, který umožňuje ptákům vznášení jen pomocí proudících molekul vzduchu
7. Místo, kde ptáci přečkávají klimaticky nejméně příznivé roční období
8. Ptáci se během svého letu dokáží orientovat podle hvězd, Slunce, Měsíce, ale také podle ..... pole Země
9. Vědec zabývající se studiem ptáků a jejich životem
10. Který pták k nám přilétá mezi prvními na přelomu února a března
11. Který kontinent je zimovištěm našich vlaštovek
12. V kterém ročním období se vrací stěhovaví ptáci

Tajenka: Jižní Amerika

#### **4.3.2.3. Sezónní spánek živočichů (autorské řešení)**

##### **Pracovní list (autorské řešení)**

##### Sezónní spánek živočichů

**poikilotermní živočichové (studenokrevní) živočichové produkují většinou málo tepla, které snadno ztrácejí; naopak rychle přijímají teplo ze svého okolí; bezobratlí, ryby, obojživelníci, plazi**

**homoiotermní živočichové (teplokrevní) živočichové udržují svou tělesnou teplotu na určité výši nezávisle na změnách vnější teploty; ptáci, savci**

**hibernace (zimní spánek) adaptace homoitermních živočichů na chlad během zimy v mírném pásmu; aktivní schopnost snižovat a zvyšovat tělesnou teplotu a udržovat homeostázu v podmínkách podchlazení**

př. hibernantů: *hlodavci (křečci, syslové, svišti, plši, myšivka myšice, aj.), letouni (netopýři, vrápenci), hmyzožravci (ježek, bodlín, aj.), ptáci (kolibříci, lelci, rorýsi)*

**nepravý zimní spánek hibernace, při níž nedochází ke snižování tělesné teploty (jezevec, medvěd)**

**estivace (letní spánek) pouštní hlodavci**

**nástup a průběh hibernace zkrácená doba osvětlení vyvolává zvýšenou tvorbu melatoninu v epifyze a následně útlum funkce (involuce) gonád; involuce gonád na podzim je podmínkou vstupu do hibernace a naopak obnovení jejich funkce na jaře hibernační sezónu ukončuje.**

přípravy *hromadění tukových zásob*

faktory *endogenní, vnějšího prostředí*

tělesná teplota *pokles tělesné teploty na teplotu okolního prostředí*

dechová frekvence *snížení*

kardiovaskulární systém *pokles srdeční činnosti, pokles krevního tlaku*

nervový systém *inhibice sympatického vegetativního nervstva*

potrava *nepřijímají, jako zdroj energie využívají tukové zásoby*

**probuzení z hibernace probíhá rychleji než usínání, impulsem jsou nahromaděné**

**zplodiny látkové přeměny, vnější podněty (výrazný vzestup teploty vnějšího prostředí); čím nižší je tělesná teplota a teplota prostředí, tím déle trvá, než se zvíře zahřeje**

**tělesná teplota na začátku probouzení se mění pomalu, později se rychlost ohřívání zvyšuje**

dechová frekvence, kardiovaskulární systém *zvýšení frekvence*

nervový systém *převládá činnost sympatického NS*

zdroj produkce tepla: netřesová termogeneze *vyvolána působením některých hormonů (noradrenalin), doplněno svalovým třesem*

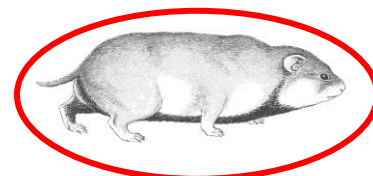
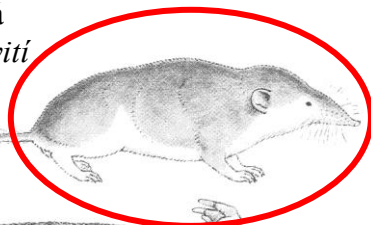
svalový třes *rytmické vůlí neovládané kontrakce příčně pruhovaných svalů, účelem třesu je uvolnit, co největší množství tepelné energie ze svalového glykogenu*

#### 4.3.2.4. Hibernující savci (autorské řešení)

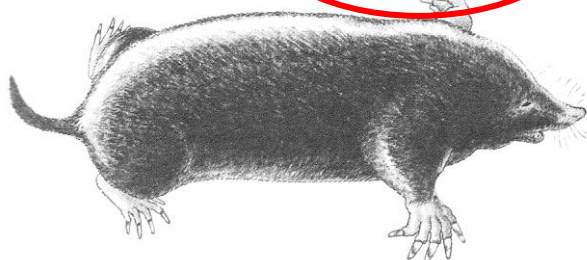
### HIBERNUJÍCÍ SAVCI

1. Zařaď všechny obrázky savců do řádů a čeledí.
2. Vyber hibernující savce.

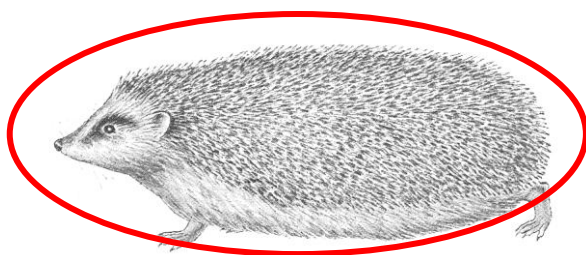
bělozubka bělobřichá  
hmyzožravci, č. rejskovití



křeček polní  
hlodavci, č. myšoviti



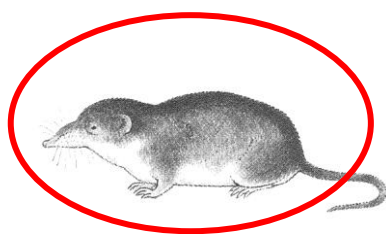
krtek obecný  
hmyzožravci, č. krtkovití



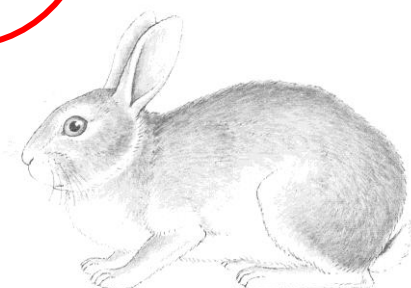
ježek západní  
hmyzožravci, č. ježkovití



plch lesní  
hlodavci, č. plchovití

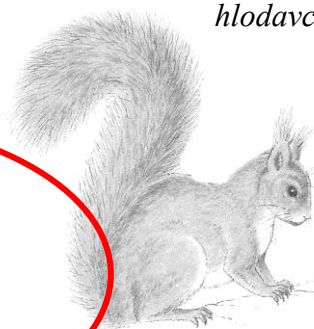


rejsek obecný  
hmyzožravci, č. rejskovití



králík divoký  
zajíci, č. zajícovití

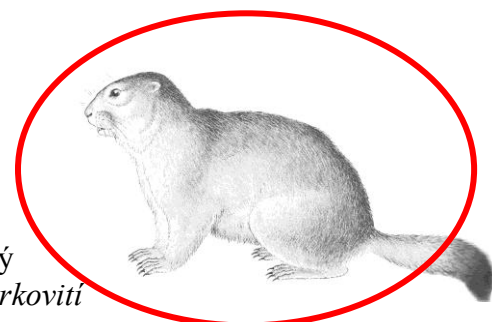
veverka obecná  
hlodavci, č. veverkovití



sysel obecný  
hlodavci, č. veverkovití



101 svišť horský  
hlodavci, č. veverkovití



#### **4.3.2.5. Metodické pokyny k pracovnímu listu**

### **SEZÓNÍ RYTMY ŽIVOČICHŮ**

#### **METODICKÉ POKYNY K PRACOVNÍMU LISTU**

##### **Výchovně vzdělávací cíle**

Znát působení délky fotoperiody na živočichy. Umět rozřadit typy chování živočichů podle délky fotoperiody. Umět vypočítat a vyčíst údaje z tabulek. Znát roční cyklus změny délky dne a noci.

##### **Vyučovací pomůcky**

pracovní list: Sezónní rytmy živočichů (viz příloha č. 23), kalkulačka

##### **Pojmy nově vytvořené nebo upřesňované**

pojmy základní: fotoperioda

pojmy rozšiřující: jarní rovnodennost, letní slunovrat, podzimní rovnodennost, zimní slunovrat

##### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem, s tabulkami

##### **Metodický postup**

Studenti ve dvojicích vypracují všechny příklady uvedené v pracovním listu. Kontrola řešení proběhne porovnáním se správnými výsledky uvedenými na transparentní fólii a metodou rozhovoru.

##### **Organizační a časový plán**

25-30 min vyučovací hodiny:

práce ve dvojicích – 15-20 min

kontrola řešení – 10 min

#### 4.3.2.6. Sezónní rytmy živočichů (autorské řešení)

##### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy

Téma: Sezónní rytmy živočichů

Jméno: ..... Datum: .....

V tabulkách jsou uvedeny průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu (° C) a průměrné měsíční hodnoty trvání slunečního svitu (h) zaznamenávané během čtyř let v Českém hydrometeorologickém ústavu (<http://www.chmu.cz/meteo/ok/infklim.html>):

Meteorologická stanice	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	Průměrná teplota vzduchu (° C)												
České Budějovice	2,4	2,8	4,4	9,2	15	18,7	18,8	18,6	12,8	9,1	4,9	1,5	2008
České Budějovice	4,5	4,3	6,1	11,8	15,2	19,6	19,7	18,4	12,3	8	2,3	0,2	2007
České Budějovice	-5,4	-1,6	1,7	9,4	14	18,1	21,5	15,7	16,3	10,7	6,5	2,7	2006
České Budějovice	1,1	-2,5	2,8	9,9	14,4	17,7	19	16,8	14,8	9,7	2,9	-0,5	2005
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,65</b>	<b>0,75</b>	<b>3,75</b>	<b>10,1</b>	<b>14,7</b>	<b>18,5</b>	<b>19,8</b>	<b>17,4</b>	<b>14,1</b>	<b>9,38</b>	<b>4,15</b>	<b>0,98</b>	

Meteorologická stanice	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	Trvání slunečního svitu (h)												
České Budějovice	60,1	135	133	154	222	197	202	215	119	137	56,1	53,2	2008
České Budějovice	46,7	88,5	155	300	234	243	240	222	146	107	45,1	57,4	2007
České Budějovice	70,8	75,2	100	148	199	224	317	135	226	136	59,2	82,4	2006
České Budějovice	70,3	76,1	156	189	249	241	206	178	171	166	38,6	37,4	2005
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>62,0</b>	<b>93,8</b>	<b>136,0</b>	<b>197,7</b>	<b>225,9</b>	<b>226,0</b>	<b>241,3</b>	<b>187,5</b>	<b>165,4</b>	<b>136,3</b>	<b>49,8</b>	<b>57,6</b>	

1. Úkolem bude:

- vypočítat **průměrné hodnoty** uvedených údajů za 4 roky u každého měsíce
- určit, který měsíc v roce je podle průměrných hodnot **nejteplejší a nejchladnější**
- určit, který měsíc v roce má podle průměrných hodnot **nejdelší a nejkratší sluneční svit**

Nejteplejší měsíc *červenec*

Nejchladnější měsíc *leden*

Nejdelší sluneční svit *červenec*

Nejkratší sluneční svit *listopad*

2. Jak působí délka slunečního svitu na živočichy? Ovlivňuje jejich roční cyklus?

*Fotoperioda ovlivňuje u živočichů jejich roční cyklus, působí na aktivitu pohlavních žláz, změnu tělního pokryvu (pelichání, línání), hromadění tukových zásob, migraci...*

3. Tabulka zaznamenává průměrné časy východu a západu Slunce během jednoho roku. Úkolem bude:

a) vypočítat přibližně délku světelné části dne v hodinách

	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
východ slunce (h)	6:51	6:13	5:20	5:09	4:16	3:52	4:07	4:48	5:34	6:07	5:10	6:49
západ slunce (h)	15:27	16:15	16:59	18:52	19:38	20:08	20:02	19:18	18:15	17:09	15:18	14:59
přibližná délka světelné části dne (h)	8,5	10	11,5	14	15	16	16	14	13	11	10	8

b) vyčíst z tabulky, kdy se den zkracuje a kdy se naopak prodlužuje

*Prodlužování dne od dubna, zkracování dne od listopadu.*

c) napsat, kdy dochází ke **zkracování** a kdy k **prodlužování** dne; porovnej s odpovědí ze 3 b)

*Den se zkracuje ode dne podzimní rovnodennosti (22. 9. nebo 23. 9.), den se prodlužuje ode dne jarní rovnodennosti (20. 3. nebo 21. 3.)*

*Hodnoty v tabulce téměř odpovídají skutečnosti, po jarní rovnodennosti v březnu dochází k tomu, že se délka světelné části od dubna zvýší. Podobně s podzimní rovnodenností.*

d) přiřadit k pojmům v levém sloupci tabulky charakteristiku v pravém sloupci tabulky:

pojem	charakteristika
<i>Jarní rovnodennost</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tímto dnem je obvykle <b>20. nebo 21. březen</b> . Začátek kalendářního jara. Slunce protíná světový rovník a pomalu přechází z jižní polokoule na severní.
<i>Letní slunovrat</i>	Den je nejdelší a noc je nejkratší v roce. <b>21. červen</b> . Severní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Raka.
<i>Podzimní rovnodennost</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tento den připadá na <b>22. nebo 23. září</b> . Začátek kalendářního podzimu. Okamžik, kdy Slunce protíná světový rovník. Slunce přechází ze severní polokoule na jižní.
<i>Zimní slunovrat</i>	Den je nejkratší a noc je nejdelší. Kalendářní zima začíná <b>21. nebo 22. prosince</b> . Jižní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Kozoroha.
<i>Babí léto</i>	<b>Období asi od poloviny září do poloviny října</b> , kdy jsou výrazné rozdíly mezi denními a nočními teplotami, ale dny jsou stále jasné a slunečné. Jedná se o odchylku od běžného trendu počasí.



4. Typy chování a délka fotoperiody

Úkolem bude rozřídít různé typy chování živočichů do dvou sloupců v závislosti na délce fotoperiody:

Zvětšení pohlavních orgánů ptáků, stavba hnízda, varlata ptáků se zmenšují, říje, zvýšená produkce testosteronu, hromadění tukových zásob, zvýšená agresivita ptáků, migrace ptáků, vybarvení ptačího opeření, zvýšení pohlavní aktivity drobných šelem, diapauza hmyzu.

Fotoperioda dlouhého dne

*Zvětšení pohlavních orgánů ptáků*

*Stavba hnízda*

*Zvýšená produkce testosteronu*

*Zvýšená agresivita ptáků*

*Vybarvení ptačího opeření*

*Zvýšení pohlavní aktivity drobných šelem*

Fotoperioda krátkého dne

*Varlata ptáků se zmenšují*

*Říje*

*Hromadění tukových zásob*

*Migrace ptáků*

*Diapauza hmyzu*

## **4.4. Doplnkový materiál**

### **Obsah:**

#### **4.4.1. Slovní fotbal**

4.4.1.1. Metodické pokyny ke Slovnímu fotbalu

4.4.1.2. Řešení slovního fotbalu

#### **4.4.2. Základní pojmy**

4.4.2.1. Metodické pokyny k Základním pojům

4.4.2.2. Řešení Základní pojmy

## 4.4.1. Slovní fotbal

### 4.4.1.1. Metodické pokyny ke Slovnímu fotbalu

## SLOVNÍ FOTBAL METODICKÉ POKYNY

### Vyučovací pomůcky

zásobník kartiček s písmen (viz příloha č. 24), prázdný papír, hodinky (stopky)

### Vyučovací metody

práce s textovým materiálem (zásobník kartiček s písmeny)

### Metodický postup

#### Cíl:

Cílem je vytvořit z různého počtu písmen co nejvíce pojmů z oblasti biorytmů.

#### Zpracování:

Každý student má 20 vteřin (délka jednoho kola) na vytvoření co největšího počtu slov (podstatných jmen – v 1.pádu jednotného i množného čísla) z různého počtu písmen uvedených na jedné kartičce v zásobníku. Zásobník je tvořen kartičkami, které jsou k sobě spojeny delší stranou. Každá kartička představuje jedno kolo slovního fotbalu. Každý student má svůj zásobník. Během stanovené doby studenti vypisují všechna slova na přiložený papír. Všechna kola od sebe oddělují vodorovnou čarou (pro snazší kontrolu). Všichni pracují najednou. Učitel sleduje čas. Po 20 vteřinách dává signál k ukončení kola, což znamená podtržení nalezených slov na pomocném papíře a k přechodu k další kartičce v zásobníku. Následně začíná další 20 vteřinové kolo. Když studenti projdou všechny kartičky v zásobníku, učitel ukončí hru a všichni si spočítají svůj bodový stav (viz Bodování). Poté proběhne kontrola podle seznamu hledaných slov uvedeného na transparentní fólii. Studenti mohou doplňovat další možná nalezená slova. České písmeno Ch je vyhodnocováno jako 2 písmena.

#### Bodování:

Slova z oblasti biorytmů získávají **2 body**, slova nebiologická, nebo z jiné oblasti než biorytmů, získávají po **0,5 bodech**. Student s největším počtem bodů může být ohodnocen jedničkou.

### **Organizační a časový plán**

5 min vyučovací hodiny:

vysvětlení pravidel – 1 min

hledání slov – 1,5-2 min

kontrola výsledků – 2 min

#### 4.4.1.2. Řešení Slovního fotbalu

R O O D C N H I Y E M

HORMONY, NOC, DEN, HODINY

S A H P M T Č E C I A

ČAS, TEP, CHIASMA, TMA

K O E M Z E M I Z Č

MOZEK, MEZIMOZEK, MOZEČEK

K O Á S R A N M E P J V D

SOVA, JÁDRO, PÁSMO, SPÁNEK

V K O Č Ě D B A N S Í L T

BDĚNÍ, VĚDA, SVĚTLO, ČLOVĚK

V A T L P D Ě O T E S

SOVA, VĚDA, SVĚTLO, TEPLOTA

N P R A E D H I O P

PERIODA, HODINA, DEN, TEP

P T C A A I A O R D E O F

PERIODA, PERIOD, FOTOPERIODA, ADAPTACE

A O I C C E Y O L M T K

CLOCK, CYCLE, OCTOMILKA, TMA

Z A A A F E I U D Ý P T C

EPIFÝZA, DIAPAUZA, ADAPTACE

## **4.4.2. Pojmy**

### **4.4.2.1. Metodické pokyny k Pojmům**

#### **Vyučovací pomůcky**

kartičky s pojmy (viz příloha č. 25), kartičky s definicemi (viz příloha č. 26)

#### **Vyučovací metody**

práce s textovým materiálem (kartičky s pojmy a definicemi)

#### **Metodický postup**

##### Cíl:

Cílem je přiřadit ke kartičce s pojmem správnou kartičku s definicí pojmu.

##### Zpracování:

Studenti pracují ve dvojicích. Každá dvojice dostane sadu kartiček pojmů a sadu kartiček s definicemi.

##### Kontrola:

Jeden student ze dvojice vyber pojem a přečte přiřazenou definici. Pokud bude přiřazení pojmu a definice správné, druhý ze dvojice vysvětlí či popíše daný pojem.

#### **Organizační a časový plán**

7 min vyučovací hodiny:

    samostatná práce ve dvojicích – 3 min

    kontrola a zopakování pojmů – 4 min

#### *4.4.2.2. Řešení Základních pojmů*

### **BIOLOGICKÉ RYTMY (Biorytmy)**

děje, které se v našem organismu pravidelně opakují

### **BIOLOGICKÉ HODINY**

popohání vnitřní rytmy, mají tři části: vstupní systém, pacemaker, výstupní systém

### **PERIODA**

označuje dobu potřebnou k tomu, aby se systém dostal zpět do výchozího stavu

### **MELATONIN**

hormon, který se tvoří převážně v noci v epifýze; informuje savčí organismus o denní době a délce dne, tj. o roční sezóně

### **EPIFÝZA**

malá endokrinní žláza produkující hormon melatonin, součást mezimozku

### **VSTUPNÍ SYSTÉM**

zajišťuje přenos informací z vnějšího prostředí do vlastních biologických hodin, př. fotoreceptory očí

### **VÝSTUPNÍ SYSTÉM**

zajišťuje přenos informace z biologických hodin do buněk a tkání, kde ovlivňuje rytmickou expresi genů

## **PACEMAKER**

skupina buněk, která je schopna endogenních oscilací v tvorbě specifických proteinů

## **CIRKADIÁNNÍ RYTMY**

rytmy s periodou přibližně 24 hodin

## **SEZÓNŇÍ (ROČNÍ) RYTMY**

rytmy s periodou přibližně 1 rok

## **FOTOPERIODA**

doba působení světla, tj. střídání dne a noci nebo změny délky světlé části dne



## 5. SLOVNÍK POJMŮ

**Aktogram** Grafický záznam střídání aktivity a klidu živočicha.

**Adaptace** Přizpůsobení prostředí.

**Amplituda** Rozdíl mezi maximem a minimem proměnné během jedné periody. Polovina rozdílu mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou rytmu.

**Biologické hodiny** Biologické hodiny popohání vnitřní rytmy. Mají tři části: vstupní systém, pacemaker, výstupní systém.

**Biorytmy** Biologické rytmy. Děje, které se v našem organismu pravidelně opakují.

**Cirkadiánní rytmy** Rytmy s periodou přibližně 24 hodin.

**Clock** Gen biologických hodin živočichů.

**Cycle** Gen biologických hodin živočichů.

**DD** Konstantní tma v průběhu 24 hodinové fotoperiody. (D-darkness-tma)

**Diapauza** Dědičně podmíněn stav klidu, kdy dochází k přerušení vývoje hmyzu.

**Endogenní rytmy** Vnitřní rytmy, nejsou podmíněny změnami vnějších podmínek.

**Entrainment** „Znovunastavení“ biologických hodin (nejčastěji podle světla).

**Epifýza** Malá endokrinní žláza produkující hormon melatonin, součást mezimozku.

**Estivace** Letní spánek.

**Exogenní rytmy** Vnější rytmy vznikající mimo organismy.

**Fotoperioda** Doba působení světla, tj. střídání dne a noci nebo změny délky světlé části dne.

**Fotoperiodismus** Adaptace na pravidelně se měnící fotoperiodu.

**Fotoreceptor** Specializovaná buňka registrující elektromagnetické záření (fotonů).

**Frekvence** Fyzikální veličina, která udává počet opakování (počet kompletních cyklů) periodického děje za jednotku času.

**Hibernace (zimní spánek)** Adaptace homoitermních živočichů na chlad během zimy v mírném pásmu. Aktivní schopnost snižovat a zvyšovat tělesnou teplotu a udržovat homeostázu v podmínkách podchlazení.

**Homoiotermní živočichové (teplokrevní)** Živočichové udržují svou tělesnou teplotu na určité výši nezávisle na změnách vnější teploty. Př. ptáci, savci.

**Chronobiologie** Vědní obor, který se zabývá časovou organizací živých organismů neboli biorytmy organismů.

**Infradiánní rytmy** Rytmy s periodou delší než 28 hodin.

**Jet lag** Syndrom, kterým trpí lidé po překonání několika časových pásem směrem na východ nebo na západ.

**LD** Pravidelné střídání světla a tmy během 24 hodinové fotoperiody. (L-light-světlo, D-darkness-tma)

**LL** Konstantní světlo v průběhu 24 hodinové fotoperiody. (L-light-světlo)

**Oscilátor** viz Pacemaker

**Pacemaker** Skupina buněk, která je schopna endogenních oscilací v tvorbě specifických proteinů.

**PAS doména** Oblast molekuly PER proteinu, díky které se může PER protein vázat s jinými proteiny za vzniku dimerů. Označení vzniklo podle začátečních písmen tří proteinů PER – period, ARNT – human aryl hydrocarbon receptor a SINGLEMINDED – protein vyskytující se u octomilek.

**Period** Gen biologických hodin živočichů.

**Perioda** Označuje dobu potřebnou k tomu, aby se systém dostal zpět do výchozího stavu.

**Poikilotermní živočichové (studenokrevní)** Živočichové produkují většinou málo tepla, které snadno ztrácejí; naopak rychle přijímají teplo ze svého okolí. Př. bezobratlí, ryby, obojživelníci, plazi.

**Retino-hypotalamický trakt** Dráha, která přináší informaci o světle ze sítnice do suprachiasmatických jader (SCN).

**Rytmus** Děj, který nabývá maxima a minima a po určité době se opět navrácí do výchozí hodnoty.

**Suprachiasmatická jádra (SCN)** Shluky nervových buněk umístěných po obou stranách třetí mozkové komory u optického chiasmatu (křížení zrakových nervů). Zajišťují cirkadiální časový program celého organismu.

**Synchronizace** viz Entrainment

**Synchronizátor** viz Zeitgeber

**Šišinka** viz Epifýza

**Timeless** Gen biologických hodin živočichů.

**Ultradiální rytmy** Rytmy s periodou kratší než 20 hodin.

**Vstupní systém** (*input* systém) Zajišťuje přenos informací z vnějšího prostředí do vlastních biologických hodin. Př. fotoreceptory očí.

**Výstupní systém** (*output* systém) Zajišťuje přenos informace z biologických hodin do buněk a tkání, kde ovlivňuje rytmickou expresi genů.

**Zeitgeber** Faktor vnějšího prostředí, který synchronizuje biologické hodiny s vnějším 24 h. dnem. Hlavním synchronizátorem je světlo, tj. střídání světla a tmy.

## 6. PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VYBRANÝCH ÚLOH Z VÝUKOVÉHO PROGRAMU

Cílem praktického ověření vybraných úkolů bylo vyzkoušet náročnost, zajímavost a srozumitelnost vytvořených aktivit v rámci výukového programu Biologické rytmy živočichů a člověka.

Na ověření vytyčeného cíle byly zvoleny aktivity Základní pojmy, Slovní fotbal a některé úlohy z pracovních listů Biologické rytmy člověka, Diapauza hmyzu a Sezónní rytmy živočichů.

Vybrané úlohy z výukového programu byly realizovány na Prvním českém gymnáziu v Karlových Varech se studenty prvního ročníku. Pouze výjimečně se někdo ze studentů setkal s pojmem biorytmus či biologické hodiny. Proto nejdříve proběhlo pomocí aktivity Základní pojmy seznámení s problematikou biorytmů. Cílem bylo, aby studenti pochopili a vytvořili si správnou představu o biologických rytmech. Poté studenti ve skupinách, na základě získaných znalostí, vyplňovali vybrané úlohy z pracovních listů.

Většina studentů se snažila zapojovat do diskuze o problematice biorytmů a spolupracovat na zadaných úkolech. Nejvíce studenty zaujala část věnovaná biorytmům člověka, neboť se dozvídali zajímavosti o člověku, a tedy o sobě samém. Velmi oblíbenou aktivitou se stal Slovní fotbal.

Z praktického ověření např. vyplynulo, že vyplňování pracovních listů z oblasti Sezónních rytmů živočichů byl pro studenty snazší úkol. Velkým problémem se naopak ukázalo čtení grafů, např. graf zaznamenávající cirkadiánní rytmy novorozence.

Hormon melatonin byl studenty během výzkumu nazýván melaninem či melanomem. Možné vysvětlení je, že studenti prvního ročníku zatím neprobírali učivo biologie člověka. Melatonin byl pro ně nový pojem a na základě nepřesné asociace jej nazývali nesprávnými názvy.

Fotografie a ukázka vyplněných pracovních listů jsou zařazeny do přílohy č. 27 a č. 28.

## 7. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit výukový program jako rozšiřující učivo biologie na gymnáziích na téma Biorytmy živočichů. Práce je rozdělena na dvě části: teoretickou a didaktickou.

Teoretická část je zpracována jako rozbor učebnic a literární rešerše. Rozbor učebnic slouží k přehledu problematiky biorytmů v dostupných středoškolských učebnicích. Literární rešerše tvoří teoretický základ výukovému programu Biologické rytmy živočichů a člověka. První kapitola se zabývá obecně biorytmy a dělením biorytmům dle délky periody. Druhá kapitola zpracovává cirkadiánní rytmy živočichů a člověka. Část kapitoly je věnována hormonu melatoninu. Ve třetí kapitole popisujeme molekulární podstatu biologických hodin. Poslední čtvrtá kapitola je zaměřena na sezónní rytmy živočichů a člověka. Zmiňuje např. hibernaci živočichů, migraci ptáků či diapauzu hmyzu.

Didaktickou část diplomové práce tvoří výukový program Biologické rytmy živočichů a člověka, který byl rozdělen do tří základních bloků: Biologické rytmy živočichů, Biologické rytmy člověka, Sezónní rytmy živočichů. Nakonec je zařazena kapitola Doplnkový materiál, která obsahuje aktivity, jež lze využít během jakéhokoli základního bloku. Každý blok je uveden prezentací zpracovanou v programu PowerPoint a poté následuje část s pracovními listy či jinými aktivitami.

První kapitola je tvořena prvním základním blokem Biologické rytmy živočichů z výukového programu. Pracovní listy jsou zaměřeny na stavbu oka a mozku živočichů či na cirkadiánní rytmy živočichů.

Druhá kapitola je věnována druhému základnímu bloku Biologické rytmy člověka z výukového programu. Pracovní list vytvořen pro tento blok, obsahuje např. úkoly na popis lidského mozku a umístění biologických hodin v mozku, cestování přes více časových pásem či na průběh denní tělesné teploty.

Ve třetí kapitole je zpracován třetí základní blok Sezónní rytmy živočichů z výukového programu. Součástí této kapitoly jsou návrhy na studentské projekty a pracovní listy, které se snaží shrnout základní informace o sezónních rytmech živočichů.

Na závěr výukového programu je zařazena kapitola Doplnkový materiál, která obsahuje slovní hru a hru s pojmy.

Vytvořený výukový program Biologické rytmy živočichů a člověka může být využit jako rozšiřující učivo ekologie a etologie živočichů a najde své uplatnění v hodinách biologie zaměřených na anatomii či fyziologii člověka a živočichů.

## 8. SEZNAM LITERATURY

- Allada R., White N.E., So W.V., Hall J.C., Rosbash M., 1998: A mutant *Drosophila* homolog of mammalian *Clock* disrupts circadian rhythms and transcription of *period* and *timeless*. *Cell*, 93: 791-804.
- Berger J., 1995: Biorytmy. 125 s., Paseka, Praha, Litomyšl.
- Berger J., Petrásek R., Šimek V., 1995: Fyziologie člověka a živočichů. 184 s., Tobiáš, Havlíčkův Brod.
- Berger J., 1997: Systematická zoologie. 223 s., Tobiáš, Havlíčkův Brod.
- Berger J., 1998: Ekologie (učebnice pro gymnázia a střední odborné školy). 197 s., Kopp, České Budějovice.
- Bumerl J., 1997: Biologie 2 pro střední odborné školy. 144 s., SPN, Praha.
- Curtin K.D., Huang Z.J., Rosbash M., 1995: Temporally regulated nuclear entry of the *Drosophila period* protein contributes to the circadian clock. *Neuron*, 14: 363-372.
- Čihař J., Čihař M., Formánek J., Hodková Z., Kholoví H., Moravec Z., Pflieger V., Skalická A., Toman J., 2002: Příroda v České a Slovenské republice. 429 s., Academia, Praha.
- Dunlap J.C., 1998: An end in the beginning. *Science*, 280: 1548-1549.
- Elphick J., Woodward J., 2008: Ptáci: nový kapesní atlas. 224 s., Slovart, Praha.
- Foster R.G., 1998: Shedding light on the biological clock. *Neuron*, 20: 829-832.
- Goldman B.D., Darrow J.M., 1983: The pineal gland and mammalian photoperiodism. *Neuroendocrinology*, 37:368-396.
- Green C.B., 1998: How cells tell time. *Cell Biology*, 8: 224-230.
- Hančová H., Vlková M., 1999: Biologie II. v kostce. 112 s., Fragment, Havlíčkův Brod.
- Illnerová H., 1985: Cirkadiánní biorytmy. In: Trávníčková E. (ed.): Novinky ve fyziologii II. s. 11, SPN, Praha.
- Illnerová H., 1994: Blížíme se poznání podstaty biologických hodin? *Vesmír*, 73: 425-427.
- Illnerová H., 1995a: Denní rytmy v živé přírodě II. *Živa*, 3: 121-123.

- Illnerová H., 1995b: Denní rytmy v živé přírodě III. *Živa*, 4: 169-171.
- Illnerová H., 1996: Melatonin a jeho působení. *Vesmír*, 5: 266-269.
- Iwasaki K., Thomas J.H., 1997: Genetics in rhythm. *Trends in Genetics*, 13: 111-115.
- Jelínek J., Zicháček V., 2004: *Biologie pro gymnázia*. 574 s., Nakladatelství Olomouc, Olomouc.
- Kolář J., 2006: *Biologické hodiny rostlin. Jak se rostliny orientují v čase během dne a roku*. 105 s., Academia, Praha.
- Kolektiv autorů, 1996: *Atlas anatomie*. 96 s., Svojtka a Vašut, Praha.
- Koukal M., 2004: *Tajemství tažných ptáků*. 21. století.  
<http://www.21století.cz/view.php?cisloclanku=2004031904> (5.6.2008)
- Koukal M., 2007: *10 neuvěřitelných putování živočichů*. 21. století.  
<http://www.21století.cz/view.php?cisloclanku=2007101921> (5.6.2008)
- Krischnan B., Dryer S.E., Hardin P.E., 1999: Circadian rhythms in olfactory responses of *Drosophila melanogaster*. *Nature*, 400: 375-378.
- Laser F.T., Stanewsky R., 2005: Temperature synchronization of the *Drosophila* circadian clock. *Current Biology*, 15: 1352-1363.
- Laštůvka Z., Krejčová P., 2000: *Ekologie*. 185 s., Konvoj, Brno.
- Losos B., 1985: *Ekologie živočichů*. 316 s., SPN, Praha.
- Mead Ch., Ogilvie M., Jacksonová B., Jackson J., Fullagar P., Oatley T., 2008: *Cesty stěhovavých ptáků. Atlas migrace ptáků celého světa*. 176 s., Slovart, Praha.
- Nedvěd O., 1995: Dva broučí stromy – Význam shlukování během diapauzy. *Vesmír*, 74: 551.
- Newbey L.M., Jackson F.R., 1993: A new biological rhythm mutant of *Drosophila melanogaster* that identifies a gene with an essential embryonic function. *Genetics*, 135: 1077-1090.
- Novotný J., Hruška M., 1995: *Biologie člověka (pro gymnázia)*. 136 s., Fortuna, Praha.
- Page T.L., 1994: Time is the essence: Molecular analysis of the biological clock. *Science*, 263: 1570-1572.



- Papáček M., Matěnová V., Matěna J., Soldán T., 2000: Zoologie. 286 s., Scientia, Praha.
- Plháková A., 2003: Učebnice obecné psychologie. 472 s., Academia, Praha.
- Renn S.C.P., Park J.H., Rosbash M., Hall J.C., Taghert P.H., 1999: A *pdf* neuropeptide gene mutation and ablation of PDF neurons each cause severe abnormalities of behavioral circadian rhythms in *Drosophila*. *Cell*, 99: 791-802.
- Reppert S.M., 1998: A clockwork explosion. *Neuron*, 21: 1-4.
- Sangoram A.M., Saez L., Antoch M.P., Gekakis N., Staknis D., Whiteley A., Fruechte E.M., Vitaterna M.H., Shimomura K., King D.P., Young M.W., Weitz J., Takahashi J.S., 1998: Mammalian circadian autoregulatory loop: a timeless ortholog and mPer1 interact and negatively regulate CLOCK-BMAL1-induced transcription. *Neuron*, 21: 1101-1103.
- Sarov-Blat L., So W.V., Liu L., Rosbash M., 2000: The *Drosophila* takeout gene is a novel molecular link between circadian rhythms and feeding behavior. *Cell*, 101: 647-656.
- Saunders D.S., Hong S.F., 2000: Effect of temperature and temperature-steps on circadian locomotor rhythmicity in the blow fly, *Calliphora vicina*. *Journal of Insect Physiology*, 46: 289-295.
- Saunders D.S., 2002: Insect clocks. 560 s., Elsevier, Amstrdam.
- Sauman I., Hashimi H., 1999: Insect clocks: What are they telling us besides time? *Entomological Science*, 2: 589-596.
- Sauman I., Briscoe A.D., Zhu H., Shi D., Froy O., 2005: Connecting the navigational clock to sun compass input in monarch butterfly brain. *Neuron*, 46: 457-467.
- Sigmund L., Bajtlerová, P., 1990: Pitevní a osteologické praktikum obratlovců. 119 s., SPN, Praha.
- Smrž J., Horáček I., Švátora M., 2004: Biologie živočichů (pro gymnázia). 208 s., Fortuna, Praha.
- Strunecká A., Jánský L., 2006: Hibernace a sezónní afektivní porucha. *Psychiatrie*, 10: 220-223.
- Šlégl J., Kislinger F., Laníková J., 2002: Ekologie (pro gymnázia). 160 s., Fortuna, Praha.
- Šťastný K., Bejček V., Hudec K., 1998: Ptáci 1. 143 s., Albatros, Praha.

Vácha M., Bičík V., Petrásek R., Šimek V., Fellnerová I., 2004: Srovnávací fyziologie živočichů. 165 s., Masarykova univerzita, Brno.

Veselovský Z., 2001: Obecná ornitologie. 357 s., Academia, Praha.

Veselovský Z., 2008: Etologie. Biologie chování živočichů. 407 s., Academia, Praha.

Závodská R., 2001: Biologické hodiny hmyzu z pohledu molekulární biologie. Biologické listy, 4: 241-251.

Zhu H., Sauman I., Yuan Q., Casselman A., Emery-Le M., Emery P., Reppert S.M., 2008: Cryptochromes define a novel circadian clock mechanism in monarch butterflies that may underlie sun compass navigation. PLoS Biology, 6: e4.

### **Seznam internetových zdrojů:**

[http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy\\_podle\\_rocniho\\_obdobi](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/sebevrazdy_podle_rocniho_obdobi) (listopad 2007)

<http://www.chmu.cz/meteo/ok/infklim.html> (leden 2009)

<http://brcr.bio.umass.edu/gbi/gbi.phtml?cid=gbi3f620e54b9538> (červen 2008)

<http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3730/14biologicalrhythms.html> (červen 2008)

[http://www.glimmerveen.nl/LE/biological\\_clock.html](http://www.glimmerveen.nl/LE/biological_clock.html) (listopad 2007)

<http://www.circadian.org> (listopad 2007)

<http://www.wonderquest.com/body-clock2.html> (únor 2008)

[http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=970&id\\_c=6378](http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=970&id_c=6378) (červenec 2008)

<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocianku=2004031904> (září 2008)

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=728> (únor 2008)

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=772> (únor 2008)

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1093> (únor 2008)

[http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim\\_priro\\_2.html](http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim_priro_2.html) (únor 2008)

<http://www.zsvltava.cz/informatika/index.php> (březen 2009)

### obrázky ptáků převzaty z:

<http://www.biolib.cz>

<http://www.naturephoto.cz>

<http://www.naturphoto.cz>

## 9. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 – Tabulka základních pojmů vyskytujících se v učebnicích
- Příloha č. 2 – Pracovní list: Stavba oka a mozku savců
- Příloha č. 3 – Pracovní list: Stavba oka a mozku ptáků
- Příloha č. 4 – Pracovní list: Stavba oka a mozku bezobratlých
- Příloha č. 5 – Pracovní list: Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců
- Příloha č. 6 – Pracovní list: Cirkadiánní rytmy bezobratlých
- Příloha č. 7 – Pracovní list: Diapauza hmyzu
- Příloha č. 8 – Pracovní list: Příklady z genetiky
- Příloha č. 9 – Pracovní list: Biologické rytmy člověka
- Příloha č. 10 – Migrace ptáků: Pracovní text
- Příloha č. 11 – Migrace ptáků: Kartičky s fotografiemi vybraných ptáků
- Příloha č. 12 – Migrace ptáků: Kartičky s fotografiemi vybraných ptáků
- Příloha č. 13 – Migrace ptáků: Cesty ptáků
- Příloha č. 14 – Migrace ptáků: Nástěnné mapy (Afrika)
- Příloha č. 15 – Migrace ptáků: Nástěnné mapy (Evropa)
- Příloha č. 16 – Pracovní list: Migrace ptáků
- Příloha č. 17 – Organizační a časový plán projektů
- Příloha č. 18 – Rozvržení nábytku ve třídě
- Příloha č. 19 – Kartičky na rozdělení třídy
- Příloha č. 20 – Indicie
- Příloha č. 21 – Pracovní list: Sezónní spánek živočichů
- Příloha č. 22 – Pracovní list: Hibernující savci
- Příloha č. 23 – Pracovní list: Sezónní rytmy živočichů
- Příloha č. 24 – Slovní fotbal
- Příloha č. 25 – Pojmy
- Příloha č. 26 – Definice
- Příloha č. 27 – Fotky z praktického ověření výukového programu
- Příloha č. 28 – Ukázka vypracovaných pracovních listů

**Příloha č. 1 – Tabulka základních pojmů vyskytujících se v učebnicích**

Shrnutí výskytu základních pojmů ve středoškolských učebnicích:

	<b>Bumerl (1997)</b>	<b>Jelínek, Zicháček (2004)</b>	<b>Berger (1998)</b>	<b>Berger a kol. (1995)</b>	<b>Novotný, Hruška (1995)</b>	<b>Šlégl a kol. (2002)</b>	<b>Papáček a kol. (2002)</b>	<b>Hančová, Vlková (1999)</b>
<b>Biorytmy = biologické rytmy</b>	+	+	+	+	-	+	+	+
<b>Cirkadiánní rytmy</b>	+	+	+	+	-	-	+	+
<b>Cirkanuální rytmy</b>	-	-	+	-	-	-	-	-
<b>Sezónní rytmy</b>	+	-	+	+	-	-	-	+
<b>Roční rytmy</b>	-	+	-	+	-	-	-	-
<b>Lunární rytmy</b>	-	+	+	+	-	-	-	+
<b>Endogenní rytmy</b>	-	-	+	+	-	-	-	+
<b>Exogenní rytmy</b>	-	-	+	+	-	-	-	+
<b>Fotoperioda</b>	-	-	-	-	-	+	+	-
<b>Amplituda</b>	-	-	+	+	-	-	-	-
<b>Perioda</b>	-	-	+	+	-	-	-	+
<b>Frekvence</b>	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Časovač</b>	-	+	-	-	-	-	-	+
<b>Druhy polyfázové</b>	+	+	-	-	-	-	-	-
<b>Druhy monofázové</b>	+	+	-	-	-	-	-	-
<b>Druhy bifázové</b>	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Chronobiologie</b>	-	+	+	+	-	-	-	+
<b>Melatonin</b>	-	+	+	+	+	-	+	+

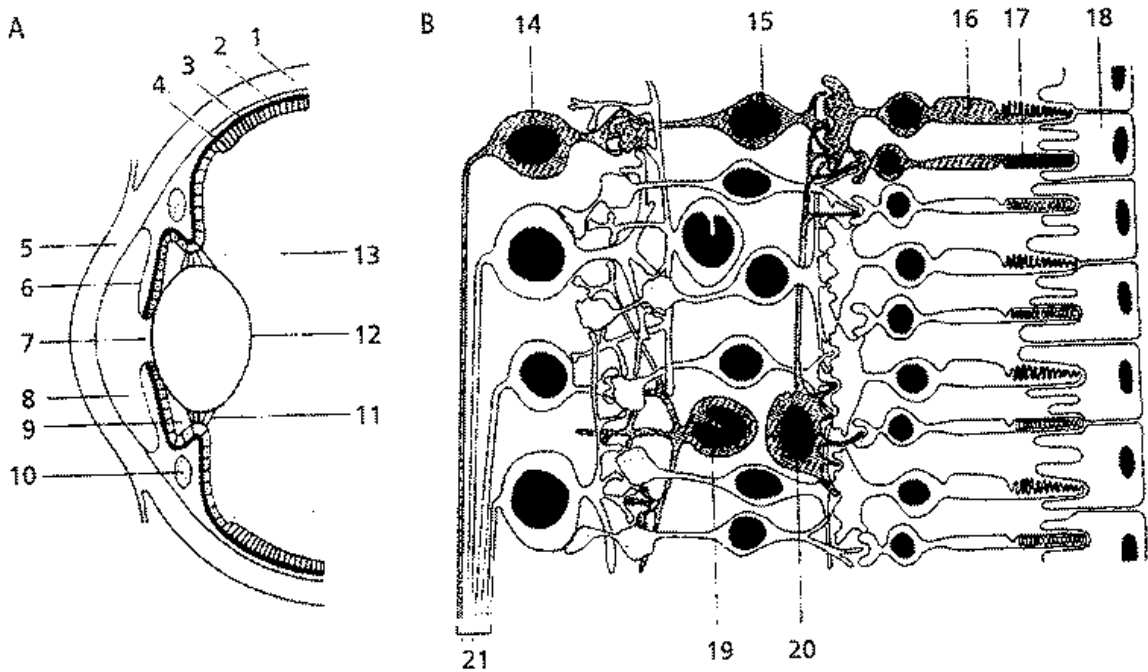
**Příloha č. 2 – Pracovní list: Stavba oka a mozku savců**

**PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy**

**Téma:** Stavba oka a mozku savců

**Jméno:** ..... **Datum:** .....

1) Průřez okem a sítnicí:

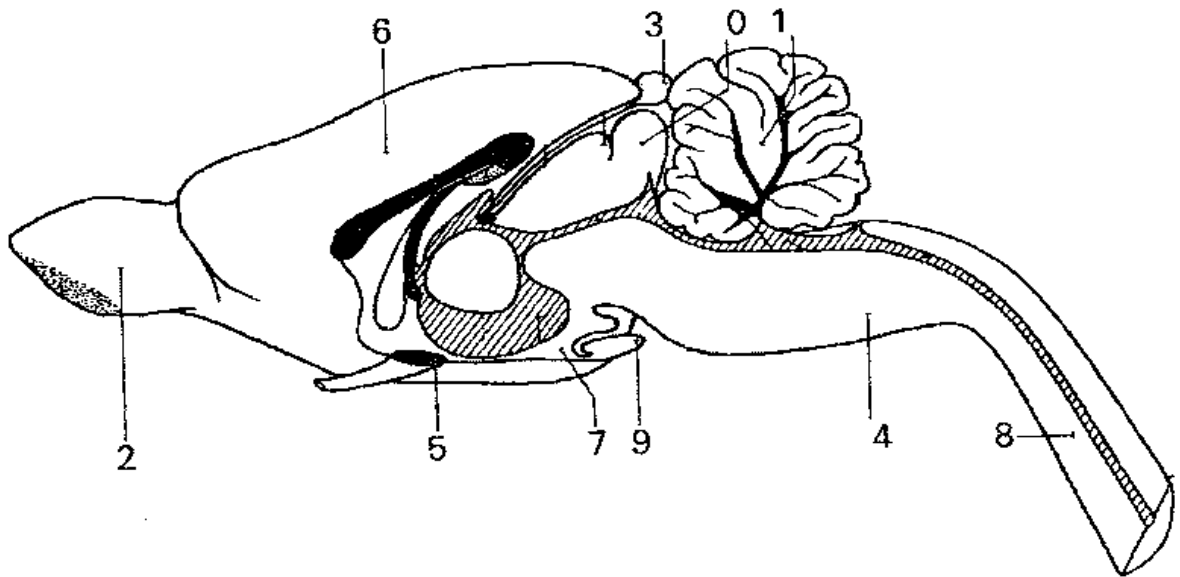


*Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:*

Číslo	Průřez oka
1	
2	
	Čočka
6	
3	Ochranný epitel
	Přední oční komora
5	
	Řasnaté tělísko
4	
	Sklivec
9	Zadní oční komora
11	Závěsný orgán
	Zornice

Číslo	Průřez sítnicí
19	amakrinní buňky
	bipolární buňky
16	
14	gangliové buňky
20	horizontální buňky
	pigmentové buňky s melaninem
17	
	zrakový nerv

2) Průřez mozkem myši:



a) *Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě mozku:*

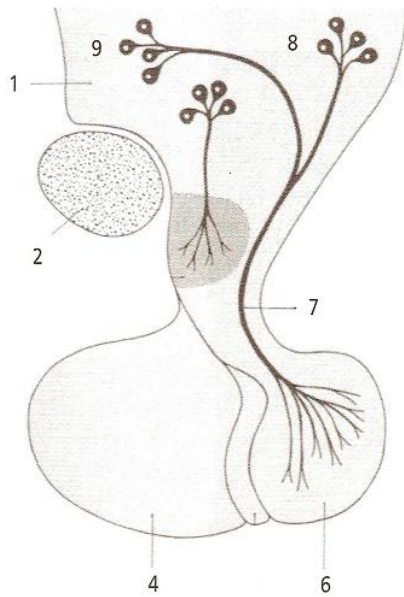
Číslo	Průřez mozkem
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

b) *Zakresli do obrázku průřezu mozku dráhu cirkadiánních rytmů*

*Pomocný text:*

*Světelný signál je přijímán gangliovými buňkami v sítnici, které fungují nezávisle na čípcích a tyčinkách a posílají informace o světle (i délce trvání světelné periody) do suprachiasmatických jader (SCN). SCN vyšlou (jako odpověď na světlo) signál do paraventriculárních jader (v přední části hypotalamu) a zablokují vyslání signálu, který by vedl k tvorbě melatoninu. Když se setmí, přestane informace z SCN blokovat paraventriculární jádra, která ovlivní přes sympatická ganglia v horní části míchy uvolňování melatoninu z epifýzy.*

3) Umístění suprachiasmatických jader v mozku:



<b>Hypotalamus a jeho části</b>	
<b>1</b>	hypotalamus
<b>2</b>	chiasma opticum
<b>4</b>	adenohypofýza
<b>6</b>	neurohypofýza
<b>7</b>	nervové spojení hypotalamu a hypofýzy
<b>8, 9</b>	suprachiasmatická jádra- centra vnitřních hodin

*Doplň vynechaná slova:*

(arytmickými, cirkadiánní rytmy, deseti tisíců buněk, jádra, nervových, optického chiasmatu, rytmickými, tělesné teplotě)

SCN jsou shluky (jádra) ..... buněk umístěných po obou stranách třetí mozkové komory u ..... Jde tedy o párově uložená ..... Ačkoliv jsou složeny řádově pouze z ....., zajišťují cirkadiánní časový program celého organismu.

Jsou-li SCN zcela izolována, zůstává denní rytmus v elektrické aktivitě pouze v buňkách vlastních SCN, ale v ostatních částech mozku ..... vymizí. Savčí organismy se stanou ..... Vymizí rytmus v pohybové aktivitě, ....., tvorbě melatoninu.

(Text podle Illnerové, 1994)

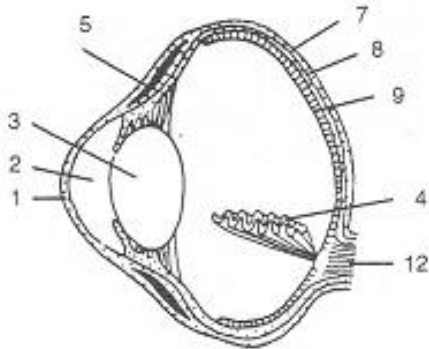
**Příloha č. 3 – Pracovní list: Stavba oka a mozku ptáků**

**PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů**

**Téma:** Stavba oka a mozku ptáků

**Jméno:** ..... **Datum:** .....

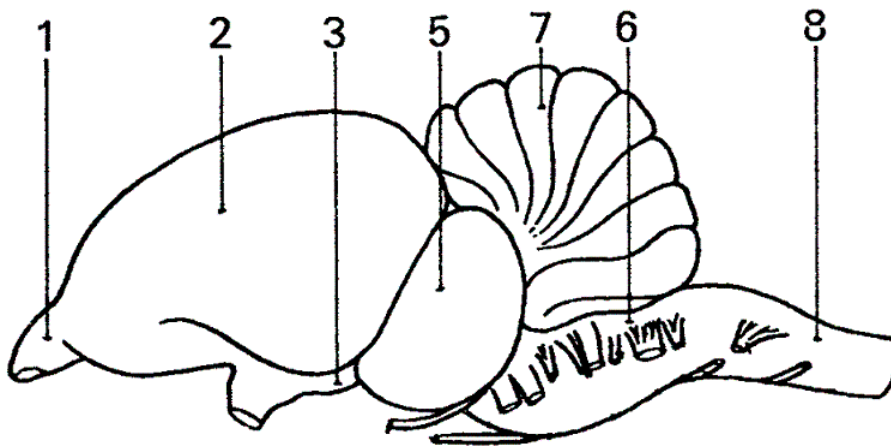
1) Průřez okem:



*Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:*

Číslo	Průřez okem
1	
	přední komora oční
3	
4	
	sklerotikální prstenec
7	
8	
9	
	oční nerv

2) Průřez mozkem holuba:



*Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě mozku:*

Číslo	Průřez mozkem
1	
2	
3	
5	
6	
7	
8	



**Příloha č. 4 – Pracovní list: Stavba oka a mozku bezobratlých**

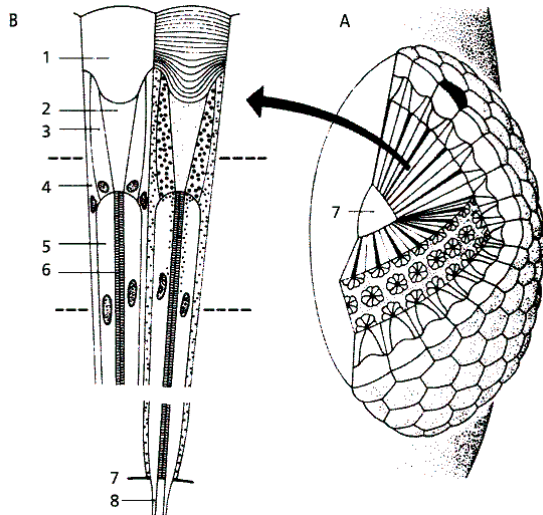
**PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy**

**Téma:** Stavba oka a mozku bezobratlých

**Jméno:** ..... **Datum:** .....

1) Průřez okem:

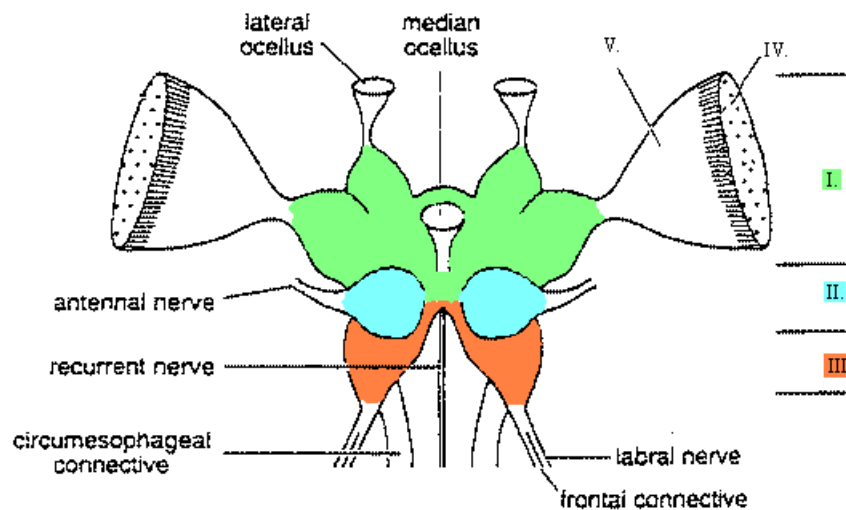
(A) Řez složeným okem a B) Podélný řez omatidiem)



Doplň do tabulky chybějící údaje o stavbě oka:

Číslo	Průřez okem
	axon
	bazální membrána
2	
3	
1	
	sekundární pigmentová buňka
	zrková (sítničková) buňka
6	

2) Nákres mozku sarančete (Locusta):



Přiřaď k římské číslici (od jedné do pěti) jednu z nabízených možností tak, abys správně popsal mozek sarančete:

deutocerebrum    zrkové laloky    protocerebrum    složené oči    tritocerebrum

**Příloha č. 5 – Pracovní list: Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců**

**PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů**

**Téma:** Stavba oka a mozku bezobratlých a obratlovců

**Jméno:** ..... **Datum:** .....

---

1) Oko:

a) *Porovnej savčí a ptačí oko*

	<i>Savci</i>	<i>Ptáci</i>
<i>Tvar</i>		
<i>Rozdíly</i>		
<i>Akomodace</i>		
<i>Světlolomný aparát</i>		

b) *Porovnej komorové oko obratlovců a složené oko bezobratlých (členovců)*

	<i>Komorové oko obratlovců</i>	<i>Složené oko bezobratlých</i>
<i>Rozdíly</i>		
<i>Rozlišovací schopnost</i>		
<i>Obraz</i>		

2) Mozek:

a) *Porovnej savčí a ptačí mozek*

	<i>Savci</i>	<i>Ptáci</i>
<i>Koncový mozek</i>		
<i>Mozeček</i>		
<i>Čichové laloky</i>		
<i>Střední mozek</i>		

b) *Vyjmenuj jednotlivé části mozku bezobratlých (členovců) a obratlovců*

<i>Části mozku bezobratlých</i>	P
	D
	T

<b>Části mozku obratlovců</b>	K
	M
	S
	M
	P

### 3) Cirkadiánní rytmy:

*Doplň vynechaná slova:*

(cesty vstupní, cesty výstupní, cirkadiánní, epifýza (4x), fotoreceptory, hypotalamu, očí, pacemakeru, příjemce, regulačních systémů, s okolím, sítnice (2x), suprachiasmatická jádra (2x), synchronizačních drah, vlastních rytmů)

Cirkadiánní systém se skládá z \_\_\_\_\_ (sebepodporující oscilátor) a dále z \_\_\_\_\_ a z \_\_\_\_\_. Vstupní cestou je pacemaker synchronizován \_\_\_\_\_. Tato cesta se skládá z \_\_\_\_\_ synchronizačního podnětu, tj. obvykle \_\_\_\_\_ jako příjemce informace o světle, a dále \_\_\_\_\_, které tuto informaci přenášejí do pacemakeru. Výstupní cesta se skládá z \_\_\_\_\_, které přenášejí informaci o oscilacích pacemakeru na periferii, a z \_\_\_\_\_ řízených pacemakerem.

Pacemaker je v organismech umístěn tak, aby měl propojení s \_\_\_\_\_. U ptáků je pacemaker umístěn v \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ též obsahuje fotoreceptory.

U ptáků je cirkadiánní systém složitější a skládá se ze tří pacemakerů: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ (SCN) hypotalamu. U různých druhů ptáků je vždy jedna z těchto složek dominantní.

Cirkadiánní systém savců je uložen v \_\_\_\_\_, které mají sídlo v \_\_\_\_\_ (část mozku).

Suprachiasmatická jádra jsou zodpovědná za \_\_\_\_\_ rytmy celého savčího organismu.

U savců jsou fotoreceptory nutné pro znovu nastavení cirkadiánního pacemakru světelným podnětem umístěným v \_\_\_\_\_, u ptáků v sítnici a \_\_\_\_\_.

(Text podle Illnerová, 1994)

## Příloha č. 6 – Pracovní list: Cirkadiální rytmy bezobratlých

### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy živočichů

Téma: Cirkadiální rytmy bezobratlých

Jméno: ..... Datum: .....

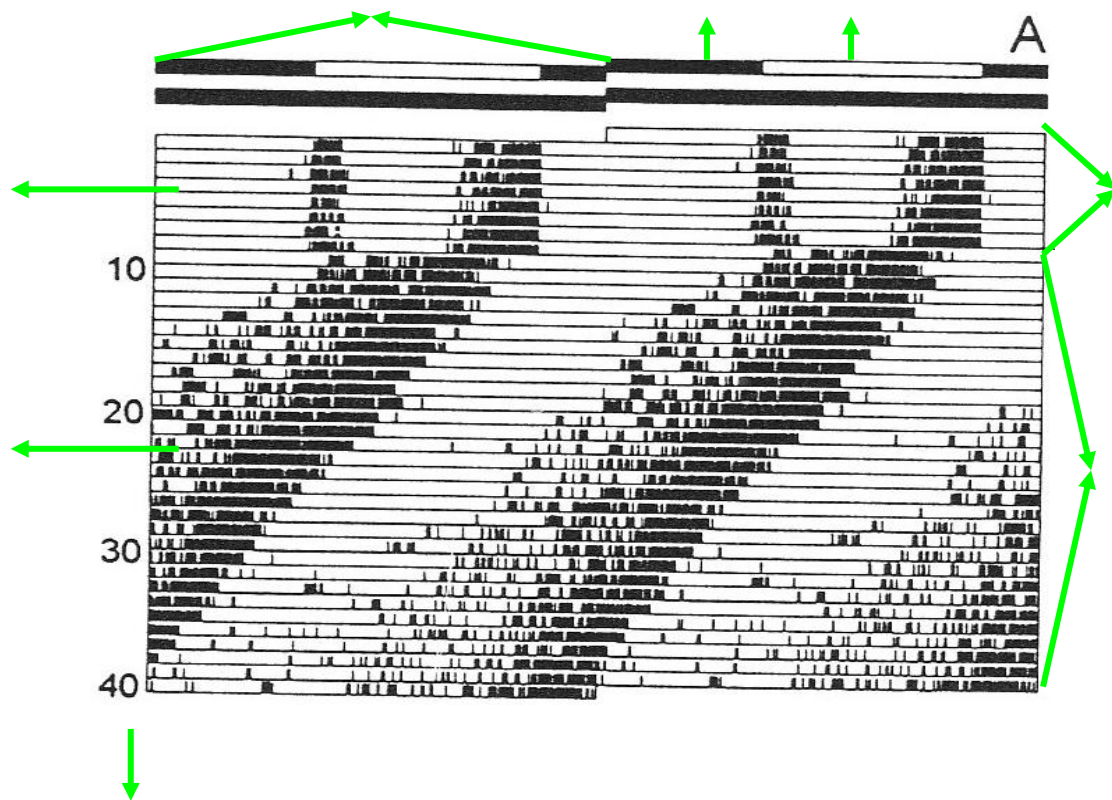
#### 1. Graf pohybové aktivity octomilky (*Drosophila melanogaster*) během LD, DD fáze

(LD – pravidelné střídání světla a tmy během 24 hodinové fotoperiody, DD – konstantní tma v průběhu 24 hodinové fotoperiody)

Co lze vyčíst z grafu? Popiš graf pohybové aktivity octomilky.

Jak by vypadal graf při LL fázi (konstantní světlo během 24 hodin)?

.....  
.....



2. Vysvětli pojmy:

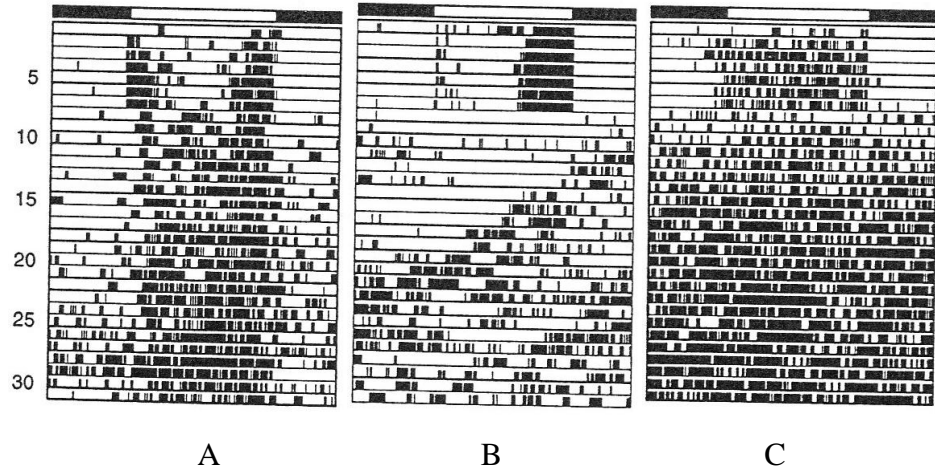
fotoperioda – .....

synchronizace – .....

aktogram – .....

### 3. Grafy pohybové aktivity octomilky

Urči, který graf zaznamenává pohybovou aktivitu octomilky s mutací v hodinovém genu (např. gen *period*) odpovídajícím za pohyb a octomilky bez mutace hodinového genu.



Jaký vliv má na pohybovou aktivitu octomilky mutace genu *period*?

.....

Jaká je souvislost mezi pohybovou aktivitou octomilky a biorytmy živočichů?

.....

.....

## Příloha č. 7 – Pracovní list: Diapauza hmyzu

### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy bezobratlých

Téma: Diapauza hmyzu



Jméno: ..... Datum: .....

Článek: (Nedvěd, 1995)

Na ostrově Barro Colorado (v oblasti Panamského průplavu) roste u cesty Snyder-Molino palma druhu *Oenocarpus mapora*. Ovšem pouze na tuto jedinou palmu se každý rok slétnou během července a srpna desetitisíce brouků *Stenotarsus rotundus* (útlotlapník okrouhlý). Slezou se do hustých hroznů a upadnou do reprodukční diapauzy. Zůstávají na palmě po celý zbytek období dešťů (do prosince) a po celé období sucha. Jakmile přijdou první lijáky nového období dešťů (na přelomu dubna a května), rozlezou se po palmě, spáří se a odletí do pralesa. Za dva měsíce přiletí opět noví brouci a cyklus se opakuje.

Přečti si text a vyber správnou možnost:

Když brouci přiletí, mají bohaté tukové rezervy/hodně svalové hmoty (více než 15 % čerstvé a více než 40 % suché hmotnosti), zato smyslové orgány/rozmnožovací orgány jsou slabě vyvinuté a nefunkční. Během několika týdnů po přiletu hypertrofují (přibývají)/atrofují (ubývají) létací svaly, snižuje/zvyšuje se metabolismus, brouci se často poletují po okolí/téměř nepohybují, ba i při vyrušení lezou dosti pomalu, zkrátka diapauza se prohlubuje. Ohromující je ovšem doba trvání diapauzy tohoto brouka při vysoké teplotě (po celý rok přes 25 °C). Až deset měsíců/tři měsíce nepřijímají brouci potravu a žijí z nashromážděných houbových vláken/tukových rezerv. I když jich mají dost, musí velmi drasticky zvýšit/snížit metabolismus/tepovou frekvenci, aby celé období přečkali.

Doplň vynechaná slova:

(diapauza, dormance, dubna, fyziologicky, lijáky, reprodukci, svaly, vaječníky, varlata)

Začátkem února začínají samcům růst ....., od března rostou ..... samic a létací ..... u obou pohlaví. V druhé polovině ..... jsou brouci již plně ..... připraveni k ..... a k odletu, přesto dál čekají u báze palmy, dokud nepřijdou první silné ..... nového období dešťů. Teprve pak je ..... (období klidu = ..... + kviescence) úplně ukončena.

Ukončení diapauzy, tj. vývoj gonád a obnovení létacích svalů, je zde podobně jako u mnoha druhů hmyzu v mírném klimatickém pásu řízeno délkou dne. Ačkoli ostrov Barro Colorado leží na 9° severní šířky a rozdíl mezi nejdelším a nejkratším dnem v roce je jen o málo víc než jedna hodina, brouci vnímají prodloužení dne z 12 na 12 a půl hodiny a reagují zrychleným vývojem. Tento signál je zřejmě zprostředkován hormonálně, nebo rychlý vývoj vyvolávají též analogy juvenilního hormonu.

Přiřaď vybraným pojmům z textu nejvýstižnější charakteristiku:

**Diapauza**

**Dormance**

**Kviescence**

*A) klidové období, umožňuje přežití nepříznivých podmínek ve stavu klidu*

*B) dědičně podmíněn stav klidu, kdy dochází k přerušení vývoje hmyzu; většina hmyzu přechází do této fáze na základě dlouhé fotoperiody; předchází mu akumulace rezervních látek (lipidů a glykogenu) a snižuje se obsah vody v těle; je charakterizováno snížením intenzity metabolismu, omezením tělních funkcí a poklesem hodnoty respiračního kvocientu*

*C) dočasný klidový stav; trvá po dobu trvání faktoru (abiotického), kterým je indukována; adaptace v tropech a subtropích*



**Priloha č. 8 – Pracovní list: Příklady z genetiky**

**PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy**

Téma: Příklady z genetiky

Jméno: ..... Datum: .....

1. Máte zadaný úsek vlákna DNA, který představuje sekvenci nukleotidů části genu *period* u octomilky (*Drosophila melanogaster*). Dopište k templátovému vláknu komplementární vlákno, aby se obnovila dvoušroubovice DNA.

5' CCTACCGAAC 3'

5' AATGCTCCGG 3'

2. Máte zadaný úsek vlákna DNA, který představuje sekvenci nukleotidů části genu *period* u octomilky. Dopište k zadanému vláknu komplementární vlákno RNA.

3' CAAGCCATCC 5'

3' GGCCTCGTAA 5'

3. Máte zadané úseky vlákna mRNA, která vznikla transkripcí (přepisem) genu *period* u octomilky. Na základě pravidel translace a genetického kódu запиšte vzniklou sekvenci aminokyselin. Použijte následující tabulku.

	U		C		A		G	
<b>U</b>	UUU	fenylalanin	UCU	serin	UAU	tyrosin	UGU	cystein
	UUC	fenylalanin	UCC	serin	UAC	tyrosin	UGC	cystein
	UUA	leucin	UCA	serin	UAA	<b>stop</b>	UGA	<b>stop</b>
	UUG	leucin	UCG	serin	UAG	<b>stop</b>	UGG	tryptofan
<b>C</b>	CUU	leucin	CCU	prolin	CAU	histidin	CGU	arginin
	CUC	leucin	CCC	prolin	CAC	histidin	CGC	arginin
	CUA	leucin	CCA	prolin	CAA	glutamin	CGA	arginin
	CUG	leucin	CCG	prolin	CAG	glutamin	CGG	arginin
<b>A</b>	AUU	izoleucin	ACU	treonin	AAU	asparagin	AGU	serin
	AUC	izoleucin	ACC	treonin	AAC	asparagin	AGC	serin
	AUA	izoleucin	ACA	treonin	AAA	lysin	AGA	arginin
	AUG	<b>metionin</b>	ACG	treonin	AAG	lysin	AGG	arginin
<b>G</b>	GUU	valin	GCU	alanin	GAU	kys.	GGU	glycin
	GUC	valin	GCC	alanin	GAC	asparagová	GGC	glycin
	GUA	valin	GCA	alanin	GAA	kys.	GGA	glycin
	GUG	valin	GCG	alanin	GAG	glutamová	GGG	glycin

5' GUUCGGUAGGG 3'

5' CCGGAGCAU 3'



4. V populaci octomilky byly zaznamenány cirkadiální rytmy v pohybové aktivitě. Existují také mušky, které jsou ve své pohybové aktivitě arytmičné. Rytmičky se opakující děje s periodou přibližně 24 hodin jsou podmíněny dominantní alelou. Naopak jedinci, kteří jsou v alelovém páru recesivní homozygoti, se projevují v pohybové aktivitě arytmičky. Co můžeme říct o první generaci kříženců z hlediska pohybové rytmicity, křížili rytmického samce (vykonávající periodickou pohybovou činnost) a samici, která je v pohybové aktivitě arytmičná? Jaké jsou možné genotypy kříženců?

*Genotyp rytmického samce:* \_\_\_\_\_  
*Genotyp arytmičné samice:* \_\_\_\_\_

A) *P:* \_\_\_\_\_

*F1:* \_\_\_\_\_

.....  
 .....  
 .....

B) *P:* \_\_\_\_\_

*F1:* \_\_\_\_\_

.....  
 .....  
 .....

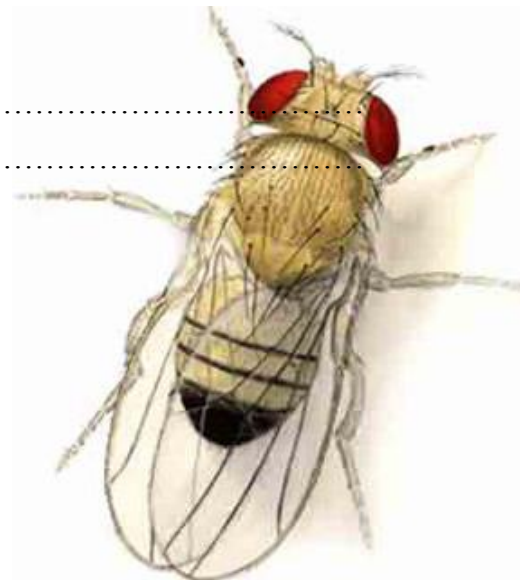
5. Jaká je pravděpodobnost, že kříženci dvou heterozygotních jedinců octomilek budou arytmiční?

*Genotyp heterozygotního (rytmického) samce:* \_\_\_\_\_  
*Genotyp heterozygotní (rytmické) samice:* \_\_\_\_\_

*P:* \_\_\_\_\_

*F1:* \_\_\_\_\_

.....  
 .....



## Příloha č. 9 – Pracovní list: Biologické rytmy člověka

### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy

Téma: Biologické rytmy člověka

Jméno: ..... Datum: .....

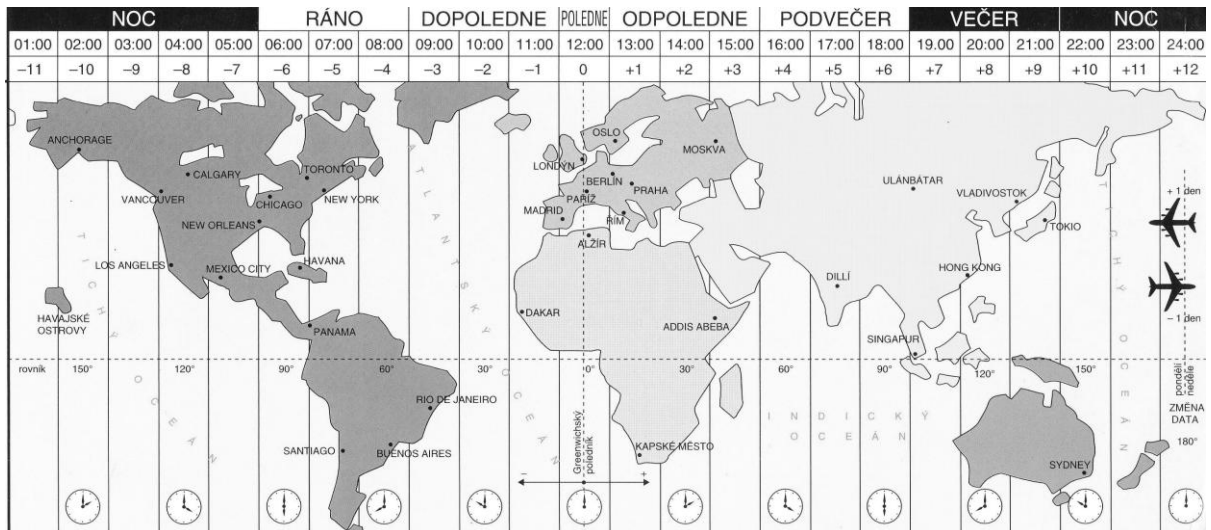
*Sedmnáctiletý student gymnázia, František, vyhrál 1. místo v biologické soutěži. Odměna pro vítěze byl studijní pobyt v zahraničí.*

#### 1. Přesun přes časová pásma

František si měl vybrat jedno z měst (Buenos Aires, Londýn, New York, Tokio, Sydney).

Vybíral podle různých hledisek. Zajímalo ho, přes kolik časových pásem by cestoval do jednotlivých měst. Jaký by byl časový posun, a jak by se posunuly jeho cirkadiánní rytmy (zpozdily nebo předběhly)?

Doplň tabulku s pomocí mapy s časovými pásmy:



Převzato:

Města	Počet časových pásem	Časový posun	Posun cirkadiánních rytmy
Buenos Aires			
Londýn			
New York			
Tokio			
Sydney			

František si vybral město, ve kterém by se jeho cirkadiánní rytmy zpozdily a do kterého by cestoval přes více než pět časových pásem. Které město si vybral?

.....

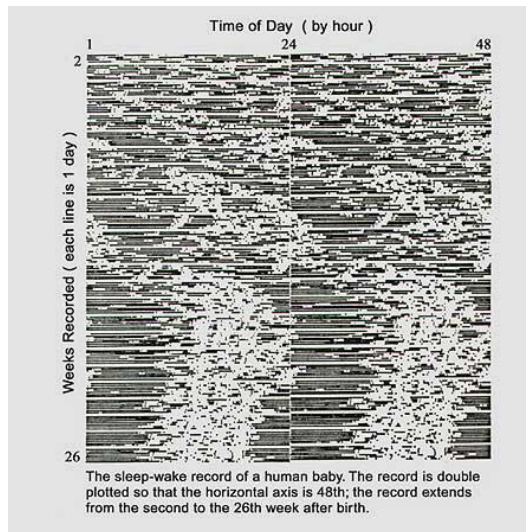
Porad' Františkovi, co by měl dělat, aby se co nejdřív aklimatizoval v novém městě?

.....

*Měsíc před odjezdem se Františkovi narodila sestřička Anička. Několik dní sledoval, jak probíhá její den. Proč nespí celou noc jako my? František pátral na internetu a našel záznam o střídání aktivity bdění a spánku během dne u miminka. Hned byl o něco chytřejší.*

## 2. Graf cirkadiálních rytmů

Podívej se na graf. Co bys řekl o cirkadiálních rytmech novorozence? Co lze z grafu vyčíst?



Převzato: [http://www.glimmerveen.nl/LE/biological\\_clock.html](http://www.glimmerveen.nl/LE/biological_clock.html), 25. 10. 2008

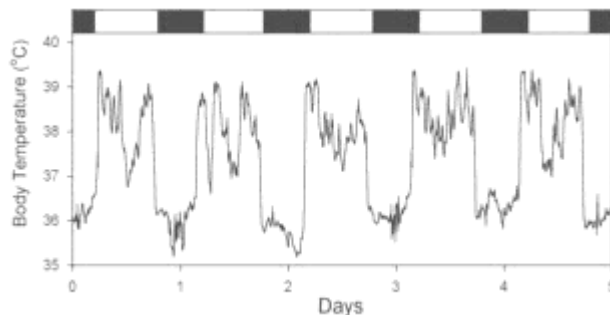
.....  
.....  
.....

Vysvětli, jak je možné, že se později u dítěte vytvoří pravidelné střídání aktivity spánku a bdění?

.....  
.....

*Koncem srpna se František vydal na cestu do zahraničí. Byl ubytovaný na středoškolském internátě a jeho spolubydlící byl Kanadčan. Jmenoval se Ray. František se s Rayem rychle skamarádil. Jejich hlavním společným tématem byla biologie. Hodně času trávili v laboratoři. Zajímal je například průběh tělesné teploty člověka během dne. Jaký je cirkadiální rytmus fyziologických procesů u člověka.*

## 3. Tělesná teplota



Převzato: <http://www.circadian.org/biorhyt.html>, 25. 10. 2008

a) Co lze vyčíst z grafu, který zaznamenává průběh tělesné teploty během několika dní.

.....  
.....

b) Pomocí elektrického teploměru zaznamenávej svoji tělesnou teplotu dvakrát denně (ráno po probuzení, večer před ulehnutím) ve stejnou dobu. Hodnoty zaznamenej do tabulky. K jakému výsledku či zjištění jsi dospěl?

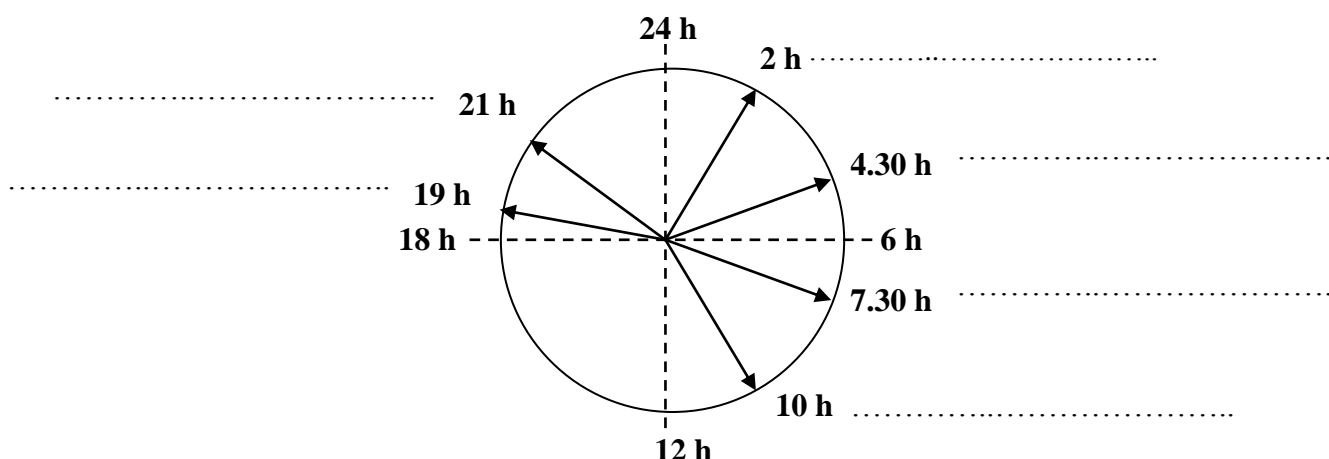
hodina/den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.		

.....  
 .....

#### 4. Denní diagram

Představ si ideálního člověka, který vstává brzy v ranních hodinách (cca v 6 h.), obědvá kolem poledne a večer v 22 h. chodí spát. Jeho denní biologické hodiny jsou ovlivňovány pouze denním světlem. Nepůsobí na něj žádný stres a jiné faktory.

Doplň k vyznačeným denním hodinám jednu z možností (nejnižší teplota těla, konec sekrece melatoninu, nejvyšší teplota těla, začátek sekrece melatoninu, nejhlubší spánek, největší čílost).



*Když František a Ray poznali, jaký je cirkadiánní rytmus fyziologických procesů člověka, zajímalo je, kam by zařadili například rytmus srdečního tepu. Patří tento rytmus také k cirkadiánním rytmům? Pomoz Františkovi a Rayovi rozřadit lidské rytmy podle délky periody.*

#### 5. Dělení lidských rytmů podle periody

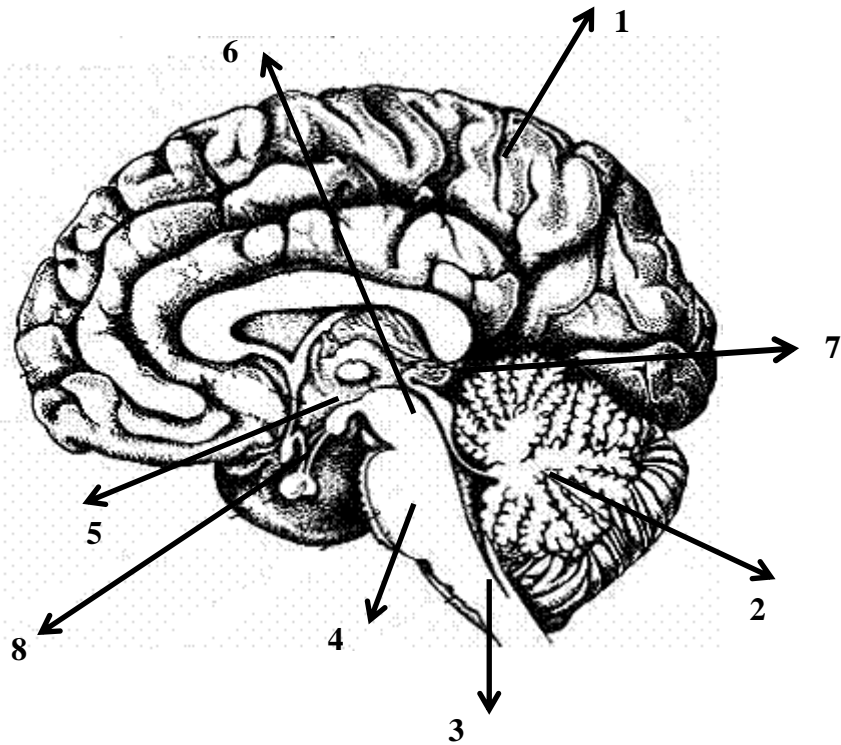
Rozříd' lidské rytmy do příslušných kolonek:

koncentrace mnoha hormonů v tělních tekutinách (kortizol, aldosteron, melatonin, ...), menstruační rytmy u žen, přenos vzruchu, rytmus dýchání, rytmus spánku a bdění, rytmus tělesné teploty, srdeční tep, stárnutí.

Ultradiánní rytmy	Cirkadiánní rytmy	Infradiánní rytmy

## 6. Lidský mozek

K očíslovaným šipkám doplň části mozku.



Která část mozku řídí činnost „biologických hodin“ člověka?

Vyznač ji na obrázku.

Doplň vynechaná slova:

Světelná informace se prostřednictvím oka a následně zrakového nervu dostává k centrálním hodinám neboli hlavnímu synchronizátoru biologických hodin. Toto centrum se nazývá ..... Jde o dva shluky nervových buněk, které jsou uloženy .....

Světelná informace pokračuje dále přes různé mozkové dráhy. Na konci vždy dochází ke zpracování této informace tvorbou hormonů. Hormon přezdívaný „hormon noci“ neboli „upíří hormon“ se odborně nazývá ..... a tvoří se v části mezimozku .....

*Na konci pololetí než odjeli František i Ray domů, museli splnit závěrečné zkoušky. Začalo období, kdy většinu času trávili učením. Každý se potřeboval učit v jinou denní hodinu. Rayovi vyhovovalo, když se učil večer a z postele nejráději vylézal až v dopoledních hodinách.*

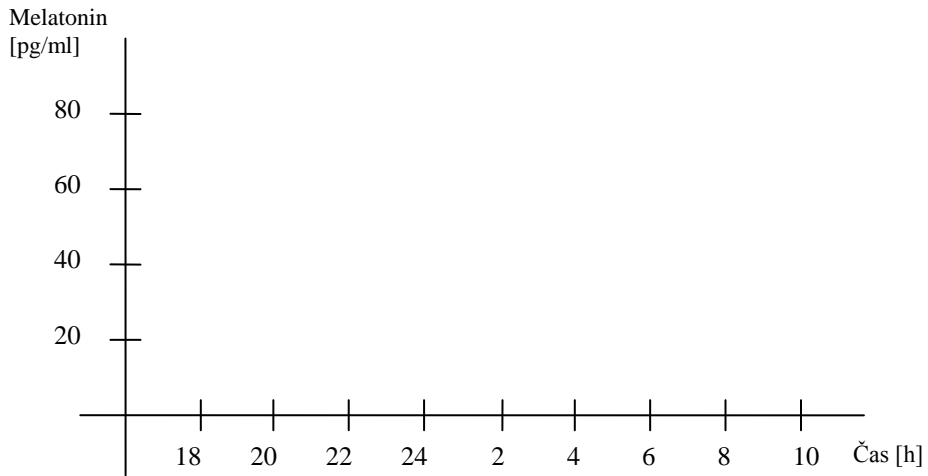
*František byl pravý opak Raye, tzv. ranní ptáče, vstával brzy ráno a čím dřív začal s učením, tím toho stihl víc nastudovat. Kolem deváté hodiny večerní už zaléhal do postele.*

## 7. Chronotyp člověka

Mezi jaký chronotyp (skřivánek, sova) bys zařadil Františka ..... a Raye .....

Přibližně v kolik hodin se začne tvořit melatonin? U Františka....., u Raye .....

Zkus načrtnout graf tvorby melatoninu u Františka a Raye.  
 (osa x...čas[h], osa y...množství melatoninu[pg/ml])



**8. Osmisměrka**

I	A	Z	Ý	F	I	P	E	N	E	
L	S	U	M	T	Y	R	O	I	B	
L	H	C	H	R	E	O	M	G	N	D
N	O	A	N	P	O	O	B	O	Ě	
E	R	I	D	L	L	Z	S	T	N	
R	M	O	L	O	A	E	P	A	Í	
O	O	O	I	T	I	K	Á	L	G	
V	N	Z	I	A	E	R	N	E	S	
Á	Y	N	I	D	O	H	E	M	A	
F	S	V	Ě	T	L	O	K	P	Č	

BIORYTMUS  
 MELATONIN  
 FYZIOLOGIE  
 ILLNEROVÁ  
 PERIODA

ENDOGENNÍ  
 SPÁNEK  
 BDĚNÍ  
 HORMONY  
 HODINY

SVĚTLO  
 EPIFÝZA  
 TEPLOTA  
 MOZEK  
 ČAS

**Tajenka je** .....

Vysvětli tento pojem .....

## Příloha č. 10 – Migrace ptáků: Pracovní text

1. Jaké probíhají **přípravy před zimou**? (stěhovavý, přezimující)
2. Kdy ptáci poznají, že je již **čas odlétnout** do teplejších krajín?
3. Jak **dlouho** ptáci **cestují**?
4. Zajímavosti z ptačí říše.

Jedním z činitelů, který ovlivňuje start migrace je délka světelného dne. U živočichů žijících v podmínkách, kdy se délka dne v průběhu roku téměř nemění, může start migrace spouštět začátek období dešťů nebo jiný popud.

Někteří ptáci nečekají na začátek chladných dnů, ale odlétají už na konci července. Jiní, pokud mají dostatek potravy, mohou odlétat až začátkem září. Do nového domova trvá cesta 5-6 týdnů. Během ní ptáci ve velkých hejnech ve dne létají a chytají potravu, v noci odpočívají v bažinatých oblastech ukryti v rákosí.<sup>1</sup>

Tělo již na podzim začíná první přípravy. Ptáci se začínají víc živit, aby si vytvořili tukové zásoby. Tuková vrstva je v zimě zahřívá a částečně i živí. Navíc mají hustší opeření. Pomáhají jim i nejrůznější skryše. Nocují v bezpečí v dutinách stromů, kde jsou chráněni před větrem a mrazem. Tetřevi a jeřábkové zas tráví noci zahrabaní ve sněhu, který tepelně izoluje jako eskymáky jejich iglů. Mnozí ptáci zůstávají schováni i přes den, při zvláště silných mrazech. Ven vylétají jen krátce a za potravou. Sýkorky, datli a brhlíci přečkávají zimu i na větvích stromů, stejně jako další řada drobných ptáčků. Aby si udrželi tělesnou teplotu, načechrají peří, zasunou hlavu pod křídlo a spí jako malé opeřené kuličky. Schopnost přežít zimu plně závisí na inteligenci, rychlosti, hbitosti a přizpůsobivosti.<sup>2</sup>

Mnozí ornitologové dnes poukazují na roli denního světla, které působí na činnost žláz s vnitřní sekrecí. Tak na podzim ovlivňuje snížené světlo ubývání pohlavních žláz, a to u ptáků druhotně vyvolává nutkový pud, aby se vydali na cestu. Ornitologové dnes vidí ve změnách denního světla a postupném zkracování dnů hlavní příčinu, která nutí stěhovavé ptáky ke složitému cestování.<sup>3</sup>

Evropští pěvci musejí do jižní Afriky překonat vzdálenost asi 5 000 kilometrů. Stíhají to průměrně za 100 dnů. Mnoho ptáků (zejména hmyzožravých) ze severní polokoule létá v noci. Neplatí to však o těch, kteří loví potravu přímo při letu – jako známé jiřičky či vlaštovky. Využívání zásob tuku - nashromážděných pár dnů před letem - je šestkrát vydatnější než u cukru. Některé ornitologové tvrdí, že při přeletu na dlouhé vzdálenosti vydávají ptáci až stonásobně více energie než v klidu. Jejich kolegové oponují, že při migraci létají ptáci létají velmi úsporně. Nejnovější pokusy ukázaly, že běžný pták má při cestě na „letní byt“ až čtyřnásobnou energetickou spotřebu než obvykle. Ptáci s většími zásobami potravy letí mnohem efektivněji.<sup>3</sup>

Jejich vnitřní biologické hodiny a pud jim včas určí, kdy nastane nejpříhodnější čas k odletu. V optimálním časovém předstihu před tímto dnem D si asi za týden doplní zásoby energie na vyčerpávající let. U našich tažných ptáků se tak hmotnost těla zvýší o 20 až 50 procent.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> [http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim\\_priro\\_2.htm](http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim_priro_2.htm), 6. 10. 2008

<sup>2</sup> <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=772>, Renata Petříčková, 16. 11. 2006

<sup>3</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004

Ustálený je i tvar, ve kterém jednotlivé druhy ptáků letí. Převažuje klín či šikmé seskupení - ve tvaru V. Tehdy je na špici silný jedinec, který proráží vzduch. Ovšem i „vedoucí“ ptáci se po určitém čase střídají - podobně jako závodníci v cyklistickém pelotonu. Jak uvedl renomovaný časopis Nature, vědci právě odhalili dlouholeté tajemství ptačí formace tvaru V. V takovém seskupení mají ptáci nižší tep a frekvenci mávání křídel, než kdyby letěli osamoceně. Díky tomu ušetří množství energie. Ve formaci se dá výhodněji využít aerodynamiky. Mnohem méně uvidíme chaotické hejno – zvláště menších ptáků (třeba špačků). Osaměle létají pouze někteří dravci, z ostatních především tuhýk obecný a krutihlav.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004



1. Jak se na svých cestách ptáci **orientují**?
2. Jaké jsou **nejčastější trasy** stěhovavých ptáků?
3. Jak **dlouhou dobu** zůstávají ptáci v teplých krajích?
4. Zajímavosti z ptačí říše.

Často se uvažovalo, že se ptáci na cestě řídí pouze podle Slunce nebo podle hvězd na noční obloze. Nyní se ukazuje, že možností je více a ptáci používají několik způsobů orientace. K prvním dvěma je nutno připočítat paměť. Ptáci, kteří již absolvovali cestu za teplem a zpět, si cestu zapamatovávají a k orientaci používají např. údolí řek, vysoké hory a pod. Orientace podle Slunce je však významná a dnes se vědci domnívají, že pomocí zvláštního útvaru uvnitř ptačího oka lze velmi přesně změřit polohu slunce a odvodit z ní směr pohybu. Dalším vodítkem pohybu může být i Měsíc, kromě toho vnímají magnetické pole Země.<sup>1</sup>

Mezi prvními se k nám vrací na přelomu února a března skřivan polní a špaček. Nevadí jim ani občasná sněhová metelice či nepřízeň počasí, pokud netrvá příliš dlouho. Je-li na ně stále u nás zima velmi tuhá, mohou se dočasně stáhnout jižněji, kde vyčkávají, až se jaro definitivně dostaví.

Brzy také přilétá většina kachen, husí, lysek, racků a jiných vodních ptáků, kteří jsou sice otužilí, ale k obstarání své obživy potřebují vodní plochu bez ledového příkrovu.

Až během dubna či až v květnu se vrací ptáci, kteří mají na svém jídelníčku hmyz. Patří k nim rorýsi, žluva hajní, rákosníci či ťuhýci obecní.

Nejen dostatek potravy určuje dobu, kdy se ptáci vracejí.

Dalším důležitým faktorem je místo zimování. Ptáci zimující nedaleko, přilétají zpravidla dříve, ptáci zimující ve vzdálenějších krajích, se objevují později, ačkoliv zde je pro ně již připraveno potravy dost.

Staří ptáci se také často vracejí v jinou dobu než mladí ptáci téhož druhu. Například mladé pěnkavy a skřivani odlétají dříve než dospělí ptáci a mladé kukačky a ťuhýci odlétají později než staří.<sup>2</sup>

Řada ptáků letí na jih. Ale spíše je to jihovýchod či jihozápad či přímo východ nebo západ. Skřivani polní z České republiky létají do jihozápadní Evropy. Vlastovky obecné či pěnice černohlavé do Afriky na jih od Sahary. Racci chechtaví ze západní části republiky létají na západoevropské pobřeží Atlantiku a z východní části do jihovýchodní Evropy.

Zimoviště se mohou měnit, ale domovina se nemění. Na jaře se ptáci opět vrací do svých původních hnízd. A vracet se nemusí po stejné trase, po které odlétali. Často se trasa změní, neboť podzimní a jarní podmínky mohou být rozdílné a to, co jim vyhovuje na podzim, nemusí být vhodné na jaře.<sup>3</sup>

Odborníci už opravili původní domněnku, že různé druhy ptáků táhnou každý rok výhradně zcela stejnými místy. Pravdivé není ani tvrzení, že celou předlouhou trasu bezpodmínečně většinou absolvují v jednom zátahu, bez jakékoli přestávky. Převažují ti, kteří proletí pouze několik hodin denně – na vzdálenost od sto kilometrů výše (například běžný denní průměr vlastovky je 200 km). Potom na pokud možno bezpečném místě

---

<sup>1</sup> [http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim\\_priro\\_2.htm](http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Priroda/Zajim_priro_2.htm), 6. 10. 2008

<sup>2</sup> <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1093>, Renata Petříčková, 13. 3. 2008

<sup>3</sup> <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=728>, Renata Petříčková, 20. 9. 2006

přistanou, odpočívají a shánějí potravu. Při nepříznivém počasí tady zůstanou chráněni i několik dnů, takže cesta na africký kontinent trvá i pár měsíců.<sup>4</sup>

Migrující tučňáci. Ti při svém putování (dlouhém až 1000 km) jdou některé úseky po svých. Většinu trasy však proplavou pod hladinou studené mořské vody. Tam orientaci k cíli řídí podle polohy souhvězdí na nebi, ačkoliv ho většinou ani nevidí.<sup>4</sup>

Pokud jde o Evropu, tah většiny zdejších ptáků vede třemi hlavní směry: ze severní a jihovýchodní Evropy jihozápadním směrem přes západní Evropu a Pyrenejský poloostrov. Druhá trasa jde téměř přímočaře ze severu na jih přes Itálii a Sicílii. Třetí jihovýchodní - cesta směřuje přes Balkánský poloostrov a Malou Asii.<sup>4</sup>

Teorie o vlivu světla. Nejedná se pouze o směr či úhel slunečních paprsků, které na tažné ptáky dopadají, ale i o postavení Měsíce a hvězd. Pravdivost tvrzení o slunečním kompasu prokázaly další četné praktické pokusy. Když při nich experimentátoři postavili před ptáky velké zrcadlo, které úplně změnilo směr slunečních paprsků, pohybovali se podle nich. Podobně dopadly pokusy i v polském planetáriu, kde na tmavou kopuli promítali obrazy hvězdného nebe – a pokusní ptáci se podle něj řídili. Neplánovaný krutý praktický experiment ptáci nedávno absolvovali při vojenských operacích v Iráku. Když se tam na svých obvyklých trasách dostali do míst, kde byla kouřová clona z hořící ropy a ve vzduchu svištěly bombardéry i jiné vojenské letouny, ztratili přelétavci orientaci a poplašeně vybočovali z obvyklého směru. Bohužel – nad poušť a moře, kde se nemají kde usadit.

Ptáci se mohou pochlubit také výbornou zrakovou pamětí. Nejen proto, že díky citlivým očním tyčinkám vidí každý obraz nejméně šestkrát větší než člověk. Údajně mají v mozku „mapu krajiny“ viděnou z nadhledu a navíc jakéhosi autopilota. Dobře si pamatují i pevně osvětlené body – kupříkladu majáky.<sup>4</sup>

---

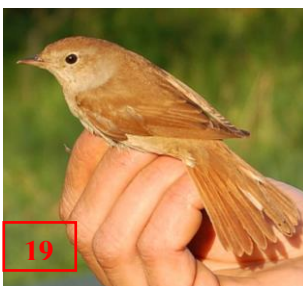
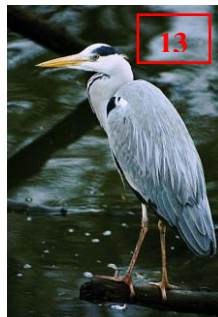
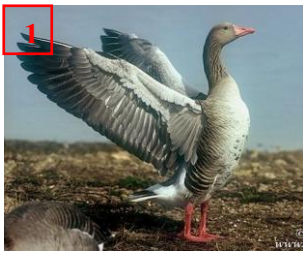
<sup>4</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004

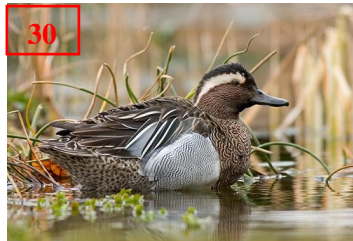
<sup>4</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004

<sup>4</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004

<sup>4</sup> <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031904>, Milan Koukal, 19. 3. 2004

**Příloha č. 11 – Migrace ptáků: Kartičky s fotografiemi vybraných ptáků**





## **Příloha č. 12 – Migrace ptáků: Kartičky s fotografiemi vybraných ptáků**

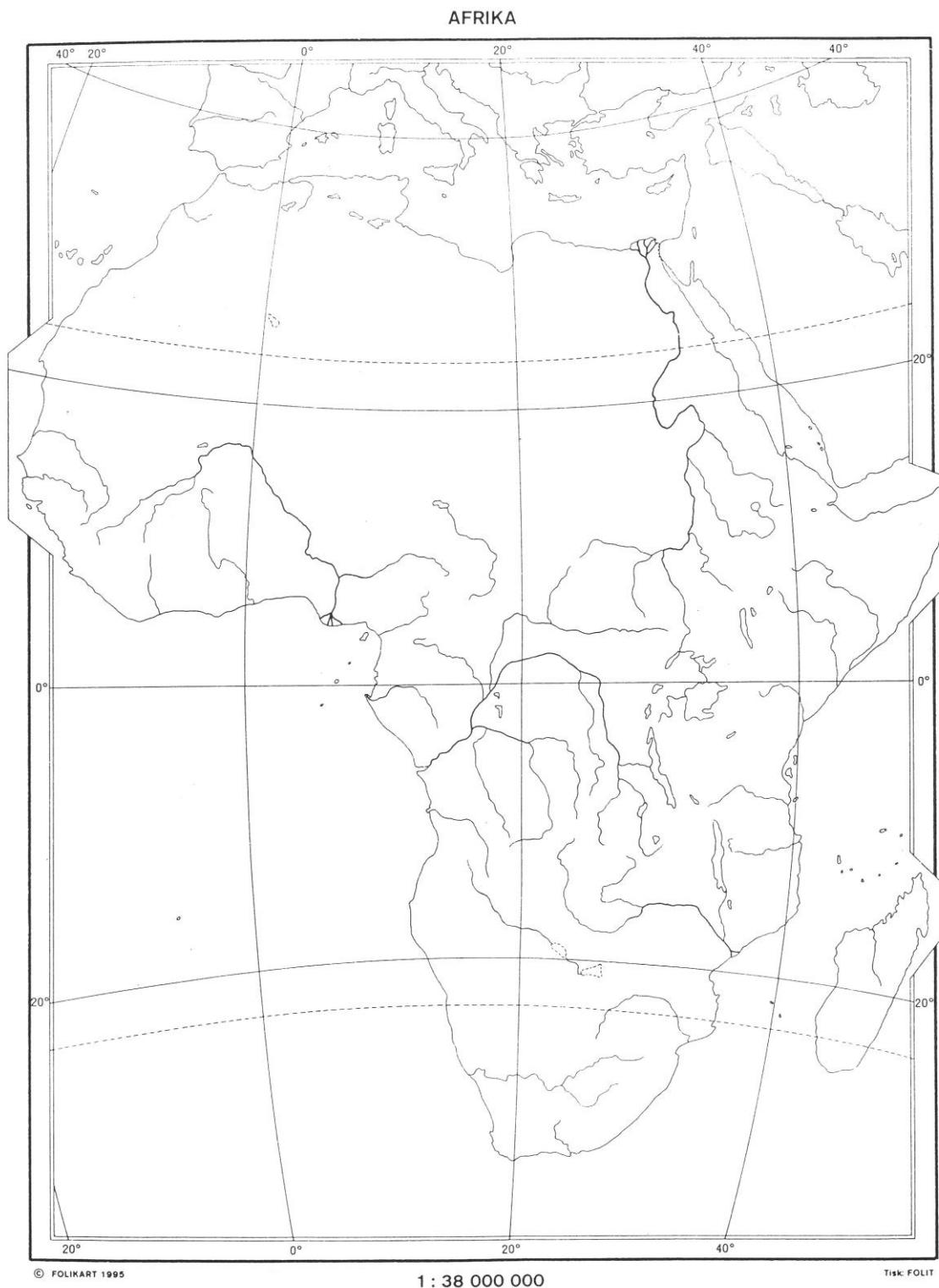
- 1 Husa velká
- 2 Špaček obecný
- 3 Vrabec domácí
- 4 Datel černý
- 5 Lyska černá
- 6 Zvonohlík zahradní
- 7 Sýkora babka
- 8 Strakapoud velký
- 9 Holub hřivnáč
- 10 Čáp bílý
- 11 Chocholouš obecný
- 12 Konipas bílý
- 13 Volavka popelavá
- 14 Šoupálek dlouhoprstý
- 15 Sýček obecný
- 16 Drozd zpěvný
- 17 Racek chechtavý
- 18 Brhlík lesní
- 19 Slavík obecný
- 20 Vlaštovka obecná
- 21 Křivka obecná
- 22 Lžičák pestrý
- 23 Bukáček malý
- 24 Volavka stříbřitá
- 25 Hohol severní
- 26 Ibis hnědý
- 27 Vodouš štíhlý
- 28 Kolpík bílý
- 29 Racek velký
- 30 Čírka modrá
- 31 Lelek lesní

### Příloha č. 13 – Migrace ptáků: Cesty ptáků

Vybraní zástupci z ptačí říše	Zimoviště
Husa velká	s. Afrika, z. Evropa
Špaček obecný	j. Evropa
Vrabc domácí	přezimující
Datel černý	přezimující
Lyska černá	j. Evropa
Zvonohlík zahradní	j. Evropa
Sýkora babka	přezimující
Strakapoud velký	přezimující
Holub hřivnáč	j. Evropa
Čáp bílý	j. a s. Afrika
Chocholouš obecný	přezimující
Konipas bílý	j. Evropa
Volavka popelavá	z. Afrika
Šoupálek dlouhoprstý	přezimující
Sýček obecný	přezimující
Drozd zpěvný	z. a j. Evropa, s. Afrika
Racek chechtavý	z. Afrika
Brhlík lesní	přezimující
Slavík obecný	s. Afrika
Vlaštovka obecná	j. Evropa, s. Afrika
Křivka obecná	přezimující
Bukáček malý	v. – j. Afrika
Volavka stříbřitá	s., z. a j. Afrika
Ibis hnědý	z. a v. Afrika
Vodouš štíhlý	j. Afrika
Kolpík bílý	s., sv. Afrika
Racek velký	Kaspické moře, Rudé moře
Čírka modrá	z. a v. Afrika
Lelek lesní	v. a j. Afrika
Lžičák pestrý	Evropa, z. Afrika
Hohol severní	z. a j. Evropa

Vysvětlivky: s. severní  
j. jižní  
v. východní  
z. západní  
sv. severovýchodní

**Příloha č. 14 – Migrace ptáků: Nástěnné mapy (Afrika)**



## Příloha č. 15 – Migrace ptáků: Nástěnné mapy (Evropa)

### EUROPE



Produced by the Cartographic Research Lab  
University of Alabama



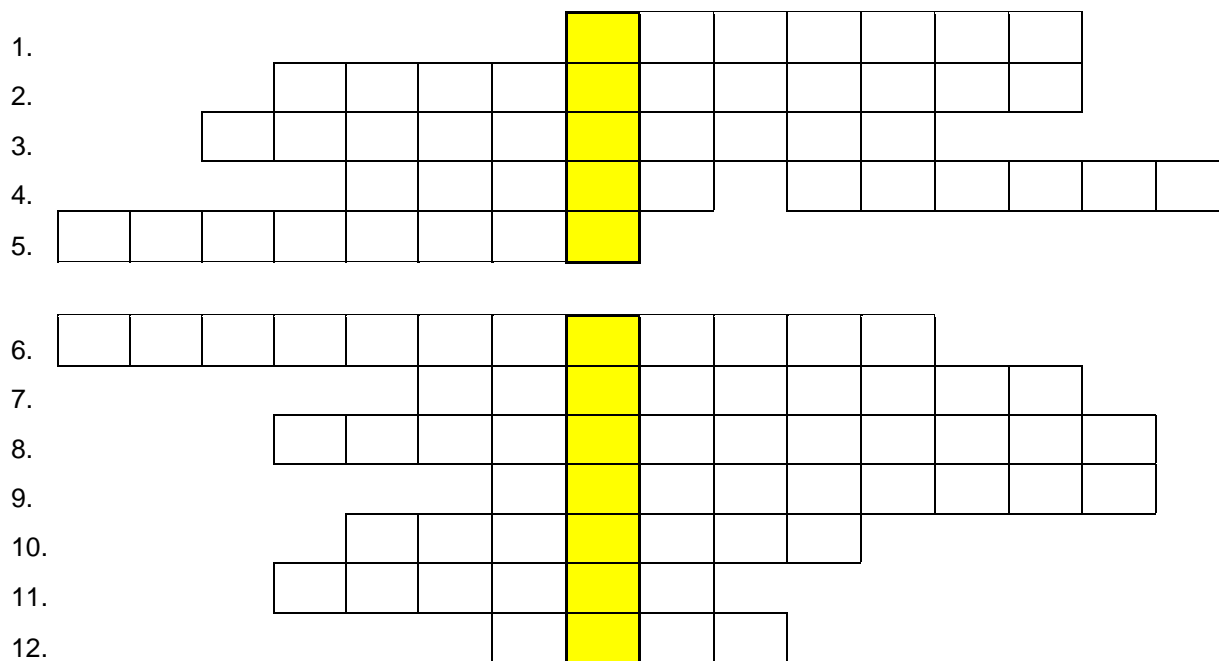
## Příloha č. 16 – Pracovní list: Migrace ptáků

### PRACOVNÍ LIST: Sezónní rytmy

Téma: Migrace ptáků

Jméno: ..... Datum: .....

---



1. Vlaštkovitý pták s málo vykrojeným ocasem, staví polokulovité až na otvor uzavřené hnízdo
2. Jak se nazývají ptáci, kteří přežívají zimní období v našich podmínkách
3. Stěhovaví ptáci jsou semenožraví, většinou však jde o ..... ptáky
4. Jaký faktor z prostředí působí na činnost žláz s vnitřní sekrecí a spouští reakce vedoucí k cestování ptáků
5. Výměna perního šatu
6. Fyzikální jev, který umožňuje ptákům vznášení jen pomocí proudících molekul vzduchu
7. Místo, kde ptáci přečkávají zejména klimaticky nejméně příznivé roční období
8. Ptáci se během svého letu dokáží orientovat podle hvězd, Slunce, Měsíce, ale také podle ..... pole Země
9. Vědec zabývající se studiem ptáků a jejich životem
10. Který pták k nám přilétá mezi prvními na přelomu února a března
11. Který kontinent je zimovištěm našich vlaštovek
12. V kterém ročním období se vrací stěhovaví ptáci

Tajenka: .....

## TÉMA: SEZÓNÍ RYTMY ŽIVOČICHŮ

### Organizační a časový plán

#### (PROJEKT)

Zařazení do učiva: Biologie živočichů (ekologie a etologie živočichů)

Podtémata:

1. Migrace ptáků
2. Sezónní spánek živočichů

Po absolvování projektů by studenti měli porozumět sezónním rytmům ptáků, savců. Měli by si prohloubit znalosti týkající se problematiky hibernace živočichů a stěhování ptáků.

#### 1. Migrace ptáků

Cíl: rozlišení vybraných druhů ptáků na stěhovavé, přezimující či přilétající na zimu

Pomůcky: papíry na psaní, psací potřeby, texty s otázkami, fotky vybraných ptáků, mapy, informační kartičky s vybranými ptáky, pracovní listy (křížovka, formát A5)

Délka zpracování: 90 min

Obsah projektu:

##### 1. Ujasnění pojmů

- pomocí otázek zjistit od studentů rozdíl stěhovaví a přezimující ptáci

*Co znamená pojem stěhovavý neboli tažný pták?*

*Je pro stěhovavé ptáky něco typické?*

*Vybavujete si některé zástupce stěhovavých ptáků?*

*Znáte některé zástupce z přezimujících neboli stálých druhů ptáků?*

*Jak je možné, že některé druhy u nás přežijí dlouhou zimu a někteří odlétají pryč, a dokonce jak je možné, že některé druhy vyhledávají Evropu jako své přezimující sídlo?*

- pomocí otázek je snahou vyvolat mezi studenty diskusi na téma

*„Proč někteří ptáci u nás přezimují, a proč někteří zástupci odlétají do teplých krajín?“*

Možné odpovědi:

Stálí neboli přezimující ptáci přežívají v našich zimních podmínkách díky své velké přizpůsobivosti. V zimě, kdy je u nás jen omezený přísun potravy, jsou schopni přejít na stravu, která je zde přístupná (například pupeny, jehličí, semena, bobule, kukly a larvy ukryté ve štěrbinách kůry stromů), nebo se stahují k lidskému obydlí, či si během roku tvoří zásoby.

Stěhovaví ptáci jsou většinou hmyzožraví ptáci či semenožraví, kteří semena vyzobávají z trávy. Během zimy potrava ve sněhu není a na stromech ji neumějí hledat.

## **2. Práce s textem**

- studenti se rozdělí k příslušným stolům
- každá skupina dostane text s otázkami v několika kopiích
- úkolem každé skupiny bude vypracovat odpovědi na otázky a formou tříminutové prezentace představit zadanou problematiku druhé skupině

## **3. Práce s fotkami vybraných druhů ptáků**

- třídu přerozdělíme do čtyř skupin
- každé skupině bude přiděleno 10 kartiček s vybranými zástupci stěhovavých a přezimujících ptáků (kartičky se budou v jednotlivých skupinách překrývat, aby se mohlo diskutovat, kam příslušného ptáka zařadíme)
- úkolem každé skupiny bude určit, do jaké kategorie (stěhovavý, přezimující, přilétající) jednotlivé kartičky zařadí
- po 5 minutách každá skupina seznámí ostatní studenty se svým rozdělením
- proběhne diskuze na základě znalostí o jednotlivých zástupcích (studenti mohou dostat na pomoc atlasy ptáků)
- společně by se mělo dojít ke správnému zařazení jednotlivých zástupců
- každá skupina postupně připevní kartičky na nástěnnou mapu

## **4. Shrnutí**

- zopakování základních informací formou krátkého opakovacího pracovního listu

## **2. Sezónní spánek živočichů**

Cíl: zopakování podstaty hibernace; ujasnění pojmů hibernace, estivace, nepravý zimní spánek

Pomůcky: kartičky s indiciemi, papíry, popisovače, informační materiály, pracovní listy:

Sezónní spánek živočichů, Hibernující savci

Délka zpracování: 2 dny (po 1 vyučovací hodině), celkový čas: 90 minut

Obsah projektu:

- 1. vyučovací hodina (cca 15 minut):

### 1. Indicie

- třídu rozdělíme na čtyři skupiny
- každá skupina dostane 5 kartiček s indiciemi (pro všechny skupiny stejné)
- úkolem každé skupiny bude uhodnout motto projektu, které se skrývá za indiciemi (**HIBERNACE**)

**ZMĚNY METABOLISMU  
UKLÁDÁNÍ TUKOVÝCH ZÁSOB  
JEŽEK, SYSEL, KOLIBŘÍK  
ROČNÍ OBDOBÍ: ZIMA  
5-6 MĚSÍCŮ**

### 2. Přidělení tématu

- každé skupině přiřadíme určité kapitoly z této problematiky:
  - a. Hibernující živočichové*
  - b. Nástup a průběh hibernace (fyziologické změny)*
  - c. Nepravý zimní spánek  
Estivace*
  - d. Probouzení z hibernace*

### 3. Zadání práce a shromažďování materiálu

- každá skupina musí být seznámena s tématem (co je tím myšleno)

- Ad a) *Hibernující živočichové:*  
Hlavní zástupci (způsob života, zajímavosti u živočichů spojené s hibernací, polohy hibernujících živočichů)
- Ad b) *Nástup a průběh hibernace (fyziologické změny):*  
Co je to hibernace? Jak probíhá vstup do hibernace neboli usínání? Jaké probíhají změny v tělesné teplotě těla? Co víme o dechové frekvenci? Jaké probíhají změny v kardiovaskulárním a nervovém systému?
- Ad c) *Nepravý zimní spánek, Estivace:*  
Vysvětlení pojmu. Hlavní zástupci (způsob života, zajímavosti u živočichů spojené s hibernací)
- Ad d) *Probouzení z hibernace*  
Vztah probouzení a cirkadiálních rytmů. Hlavní faktory, které se podílejí na probouzení živočicha. Jak probíhá probouzení živočichů? Jaké probíhají fyziologické změny (tělesná teplota, dechová frekvence, kardiovaskulární a nervový systém). Svalový třes, netřesová termogeneze.

- domácí úkol: nashromáždit, co nejvíce materiálu, který se bude dále zpracovávat a využívat v další hodině

- 2. vyučovací hodina (cca 75 minut):

#### **4. Poster (tvorba a prezentace)**

- úkolem každé skupiny bude zpracovat zadané téma s pomocí přinesených materiálů do podoby posteru (cca 20 minut)
- po vytvoření posteru každý student dostane pracovní listy
- každá skupina během 5 – 8 minut představí ostatním své téma
- úkolem ostatních bude zjišťovat potřebné informace k vyplnění pracovních listů

#### **5. Shrnutí a zhodnocení**

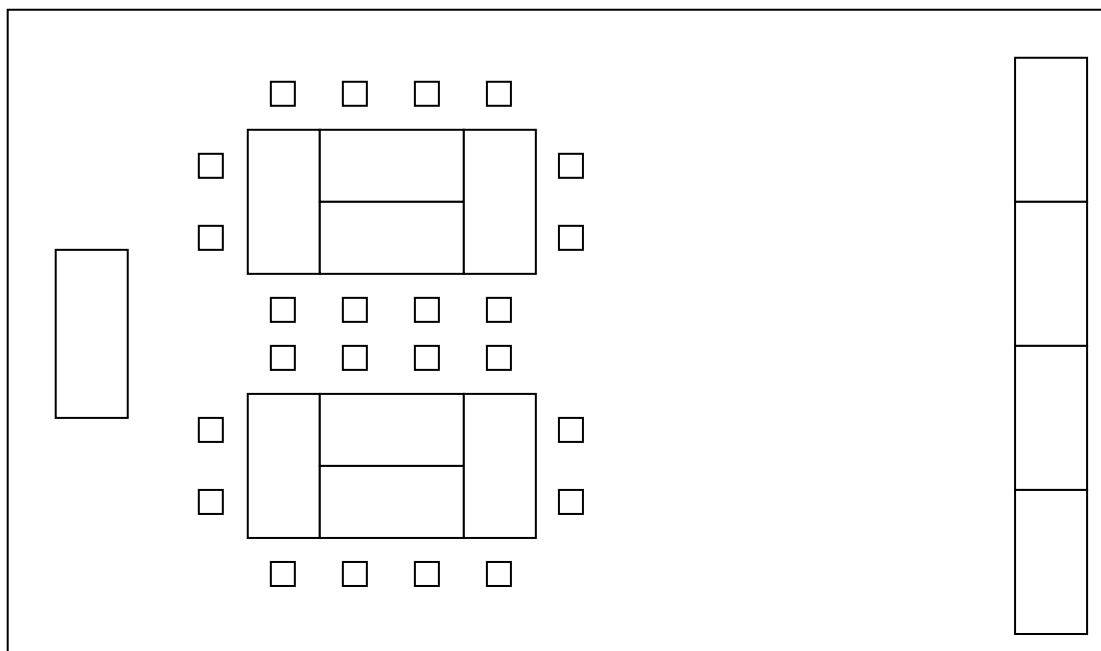
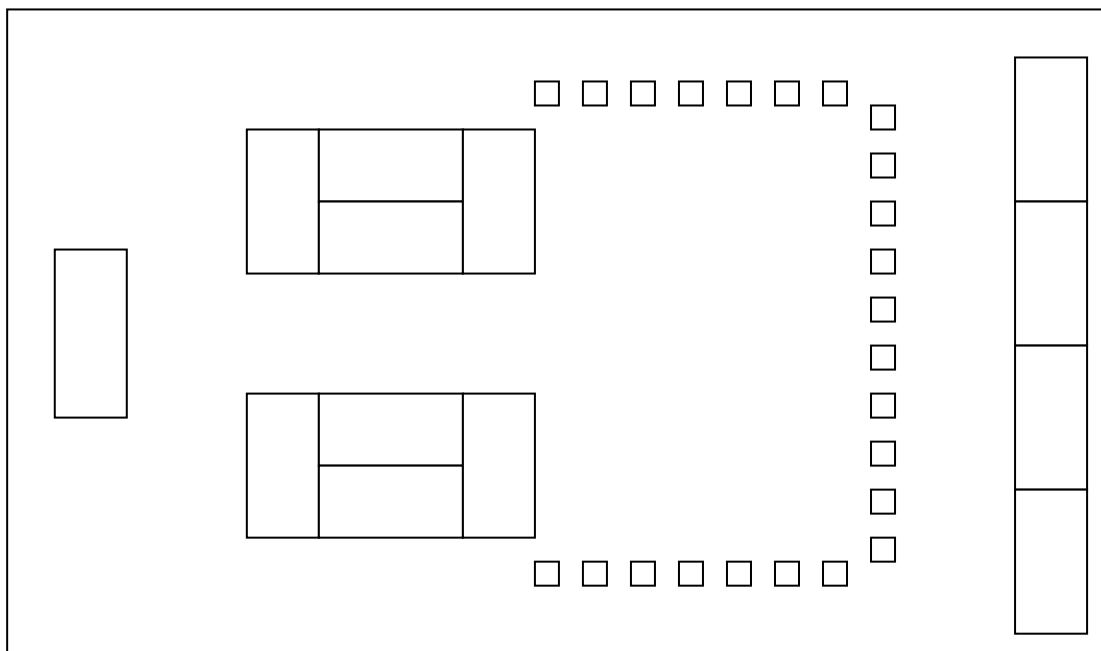
- na závěr doplnění potřebných informací
- shrnutí nejdůležitějších pojmů

**Příloha č. 18 – Rozvržení nábytku ve třídě**

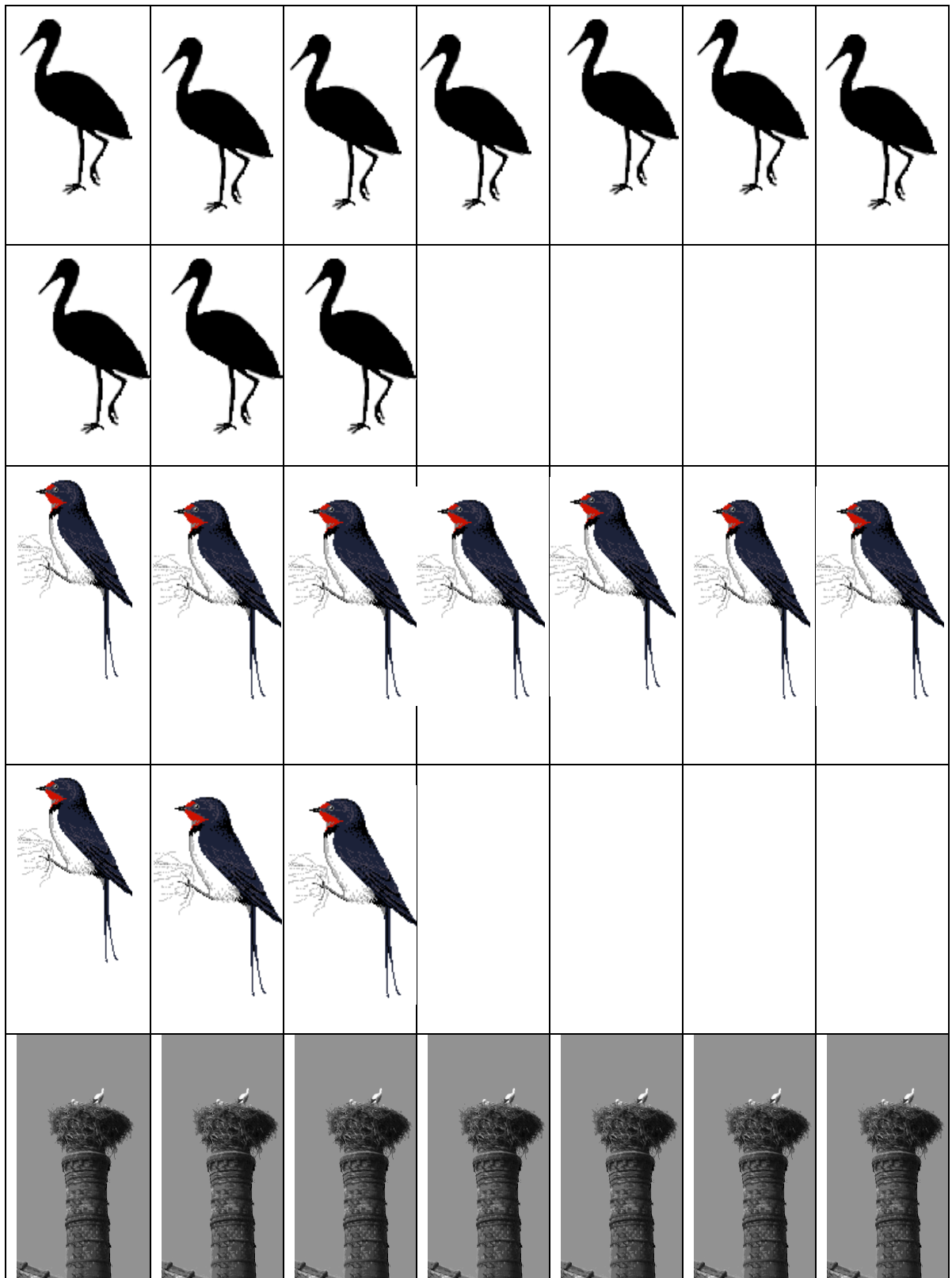
**SEZÓNÍ RYTMY ŽIVOČICHŮ**

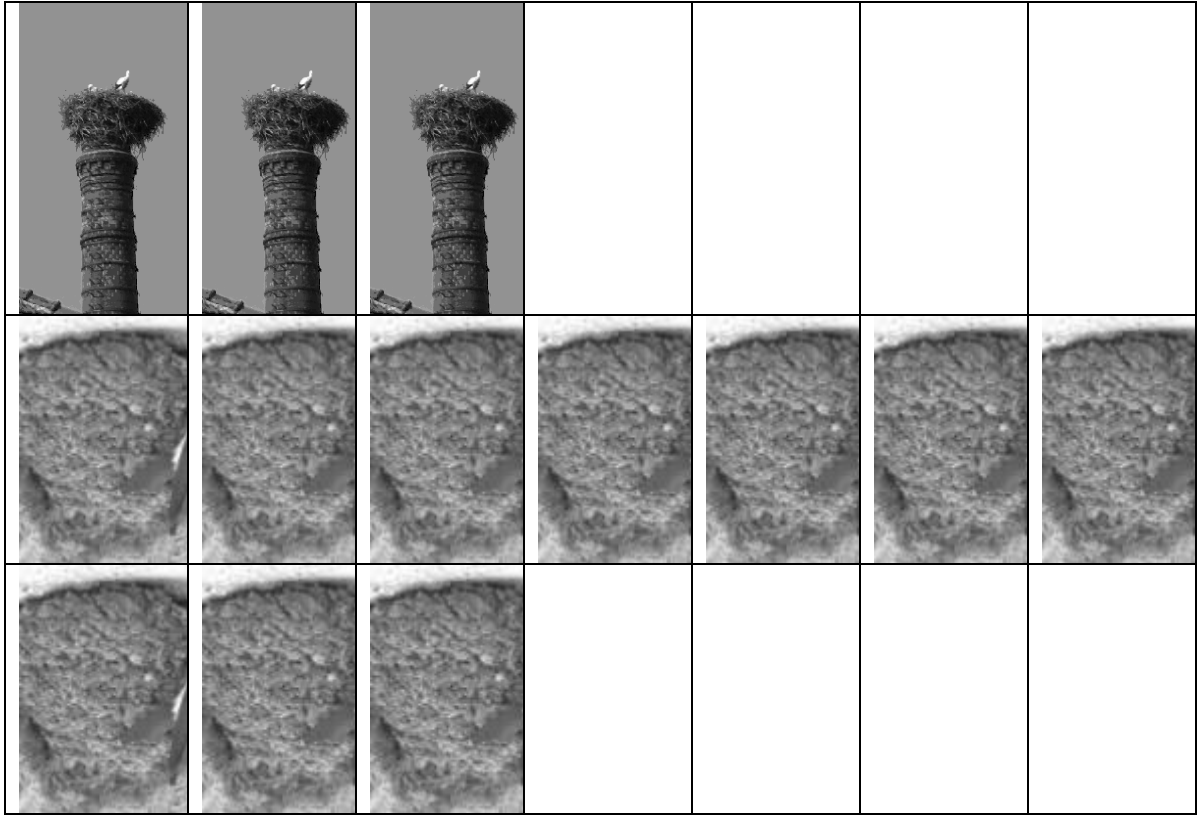
**(PROJEKT)**

Učebna



Příloha č. 19 – Kartičky na rozdělení třídy







**ZMĚNY METABOLISMU**

**UKLÁDÁNÍ TUKOVÝCH  
ZÁSOB**

**JEŽEK, SYSEL,  
KOLIBŘÍK**

**ROČNÍ OBDOBÍ: ZIMA**

**5-6 MĚSÍCŮ**

## **Příloha č. 21 – Sezónní spánek živočichů**

### **Pracovní list** Spánek živočichů

**poikilotermní živočichové (studenokrevní)**

**homoiotermní živočichové (teplokrevní)**

**hibernace (zimní spánek)**

př. hibernantů:

**nepravý zimní spánek**

**estivace (letní spánek)**

**nástup a průběh hibernace**

přípravy

faktory

tělesná teplota

dechová frekvence, kardiovaskulární systém

nervový systém

potrava

**probuzení z hibernace**

tělesná teplota

dechová frekvence, kardiovaskulární systém

nervový systém

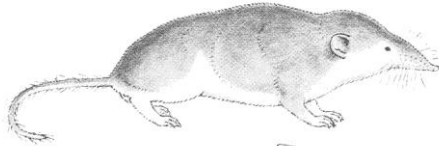
zdroj produkce tepla: netřesová termogeneze

svalový třes

**Příloha č. 22 – Hibernující savci**

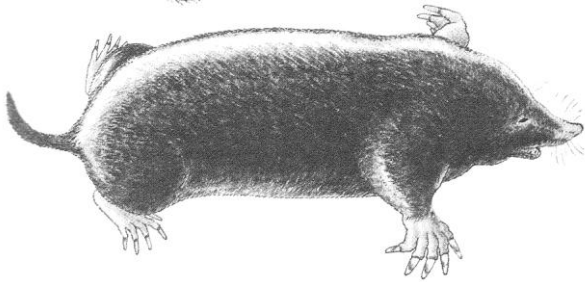
**HIBERNUJÍCÍ SAVCI**

1. Zařaď všechny obrázky savců do řádů a čeledí.
2. Vyber hibernující savce.



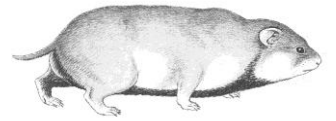
břelozubka bělobřichá

.....



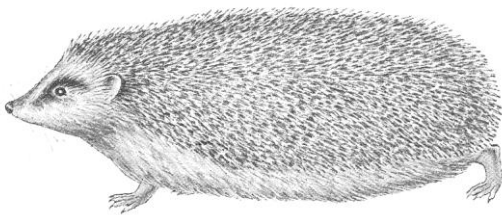
krtek obecný

.....



křeček polní

.....



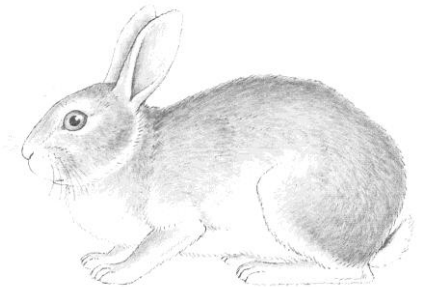
ježek západní

.....



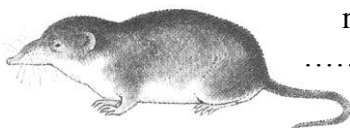
plch lesní

.....



králík divoký

.....



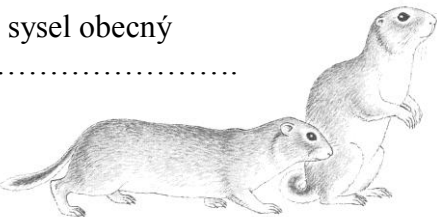
rejsek obecný

.....



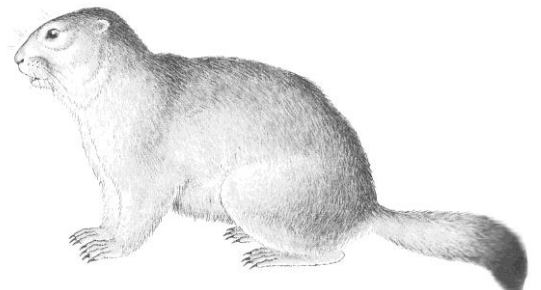
veverka obecná

.....



sysel obecný

.....



svišť horský

.....

## Příloha č. 23 – Pracovní list: Sezónní rytmy živočichů

### PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy

Téma: Sezónní rytmy živočichů

Jméno: ..... Datum: .....

V tabulkách jsou uvedeny průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu (° C) a průměrné měsíční hodnoty trvání slunečního svitu (h) zaznamenávané během čtyř let v Českém hydrometeorologickém ústavu (<http://www.chmu.cz/meteo/ok/infklim.html>):

Meteorologická stanice	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	Průměrná teplota vzduchu (° C)												
České Budějovice	2,4	2,8	4,4	9,2	15	18,7	18,8	18,6	12,8	9,1	4,9	1,5	2008
České Budějovice	4,5	4,3	6,1	11,8	15,2	19,6	19,7	18,4	12,3	8	2,3	0,2	2007
České Budějovice	-5,4	-1,6	1,7	9,4	14	18,1	21,5	15,7	16,3	10,7	6,5	2,7	2006
České Budějovice	1,1	-2,5	2,8	9,9	14,4	17,7	19	16,8	14,8	9,7	2,9	-0,5	2005
<b>Průměrné hodnoty</b>													

Meteorologická stanice	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	Trvání slunečního svitu (h)												
České Budějovice	60,1	135	133	154	222	197	202	215	119	137	56,1	53,2	2008
České Budějovice	46,7	88,5	155	300	234	243	240	222	146	107	45,1	57,4	2007
České Budějovice	70,8	75,2	100	148	199	224	317	135	226	136	59,2	82,4	2006
České Budějovice	70,3	76,1	156	189	249	241	206	178	171	166	38,6	37,4	2005
<b>Průměrné hodnoty</b>													

1. Úkolem bude:

- vypočítat **průměrné hodnoty** uvedených údajů za 4 roky u každého měsíce
- určit, který měsíc v roce je podle průměrných hodnot **nejteplejší a nejchladnější**
- určit, který měsíc v roce má podle průměrných hodnot **nejdelší a nejkratší sluneční svit**

Nejteplejší měsíc .....

Nejchladnější měsíc .....

Nejdelší sluneční svit .....

Nejkratší sluneční svit .....

2. Jak působí délka slunečního svitu na živočichy? Ovlivňuje jejich roční cyklus?

.....

.....

.....

3. Tabulka zaznamenává průměrné časy východu a západu Slunce během jednoho roku. Úkolem bude:

a) vypočítat přibližně délku světelné části dne v hodinách

	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
východ slunce (h)	6:51	6:13	5:20	5:09	4:16	3:52	4:07	4:48	5:34	6:07	5:10	6:49
západ slunce (h)	15:27	16:15	16:59	18:52	19:38	20:08	20:02	19:18	18:15	17:09	15:18	14:59
přibližná délka světelné části dne (h)												

b) vyčíst z tabulky, kdy se den zkracuje a kdy se naopak prodlužuje

.....

.....

c) napsat, kdy dochází ke **zkracování** a kdy k **prodlužování** dne; porovnej s odpovědí ze 3 b)

Zkracování dne .....

Prodlužování dne .....

d) přiřadit k pojmům v levém sloupci tabulky charakteristiku v pravém sloupci tabulky:

pojem	charakteristika
<i>Jarní rovnodennost</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tento den připadá na <b>22. nebo 23. září</b> . Začátek kalendářního podzimu. Okamžik, kdy Slunce protíná světový rovník. Slunce přechází ze severní polokoule na jižní.
<i>Letní slunovrat</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tímto dnem je obvykle <b>20. nebo 21. březen</b> . Začátek kalendářního jara. Slunce protíná světový rovník a pomalu přechází z jižní polokoule na severní.
<i>Podzimní rovnodennost</i>	<b>Období asi od poloviny září do poloviny října</b> , kdy jsou výrazné rozdíly mezi denními a nočními teplotami, ale dny jsou stále jasné a slunečné. Jedná se o odchylku od běžného trendu počasí.
<i>Zimní slunovrat</i>	Den je nejdelší a noc je nejkratší v roce. <b>21. červen</b> . Severní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Raka.
<i>Babí léto</i>	Den je nejkratší a noc je nejdelší. Kalendářní zima začíná <b>21. nebo 22. prosince</b> . Jižní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Kozoroha.

4. Typy chování a délka fotoperiody

Úkolem bude rozřadit různé typy chování živočichů do dvou sloupců v závislosti na délce fotoperiody:

Zvětšení pohlavních orgánů ptáků, stavba hnízda, velikost varlat pěvců nabývá velikosti makového zrníčka, říje, zvýšená produkce testosteronu, zvýšená agresivita ptáků, migrace ptáků, vybarvení ptačího opeření, zvýšení pohlavní aktivity drobných šelem, diapauza hmyzu.

Fotoperioda dlouhého dne

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Fotoperioda krátkého dne

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Příloha č. 24 – Slovní fotbal

R O O D C N H I Y E M

K O Á S R A N M E P J V D

S A H P M T Č E C I A

K O E M Z E M I Z Č

V K O Č Ě D B A N S Í L T

V A T L P D Ě O T E S

N P R A E D H I O P

P T C A A I A O R D E O F

A O I C C E Y O L M T K

Z A A A F E I U D Ý P T C



**BIOLOGICKÉ RYTMY (Biorytmy)**

**BIOLOGICKÉ HODINY**

**PERIODA**

**MELATONIN**

**EPIFÝZA**

**VSTUPNÍ SYSTÉM**

**VÝSTUPNÍ SYSTÉM**

**PACEMAKER**

**CIRKADIÁNNÍ RYTMY**

**SEZÓNŇNÍ (ROČNÍ) RYTMY**

**FOTOPERIODA**

**Příloha č. 26 – Definice**

děje, které se v našem organismu pravidelně opakují

popohání vnitřní rytmy, mají tři části: vstupní systém, pacemaker, výstupní systém

označuje dobu potřebnou k tomu, aby se systém dostal zpět do výchozího stavu

hormon, který se tvoří převážně v noci v epifýze; informuje savčí organismus o denní době a délce dne, tj. o roční sezóně

malá endokrinní žláza produkující hormon melatonin, součást mezimozku

zajišťuje přenos informací z vnějšího prostředí do vlastních biologických hodin, př. fotoreceptory očí

zajišťuje přenos informace z biologických hodin do buněk a tkání, kde ovlivňuje rytmickou expresi genů

skupina buněk, která je schopna endogenních oscilací v tvorbě specifických proteinů

rytmy s periodou přibližně 24 hodin

rytmy s periodou přibližně 1 rok

doba působení světla, tj. střídání dne a noci nebo změny délky světlé části dne

Příloha č. 27 – Fotky z praktického ověření výukového programu



aktivita Základní pojmy



vyplňování pracovních listů



vyplňování pracovních listů

## Příloha č. 28 – Ukázka vypracovaných pracovních listů

2. Jak působí délka slunečního svitu na živočichy? Ovlivňuje jejich roční cyklus?

*Vše dne - se svítá Slunce se reprodukuje MELANIN*

3. Tabulka zaznamenává průměrné časy východu a západu Slunce během jednoho roku. Úkolem bude:

a) vypočítat přibližně délku světelné části dne v hodinách

	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
východ slunce (h)	6:51	6:13	5:20	5:09	4:16	3:52	4:07	4:48	5:34	6:07	5:10	6:49
západ slunce (h)	15:27	16:15	16:59	18:52	19:38	20:08	20:02	19:18	18:15	17:09	15:18	14:59
přibližná délka světelné části dne (h)	8:30	10	11	14	15	16	16	15,5	13	11	10	9

b) vyčíst z tabulky, kdy se den zkracuje a kdy se naopak prodlužuje

*V zimě je delší zkracuje, v létě delší*

c) napsat, kdy dochází ke zkracování a kdy k prodlužování dne; porovnej s odpovědi ze 3 b)

Zkracování dne *V zimních měsících*

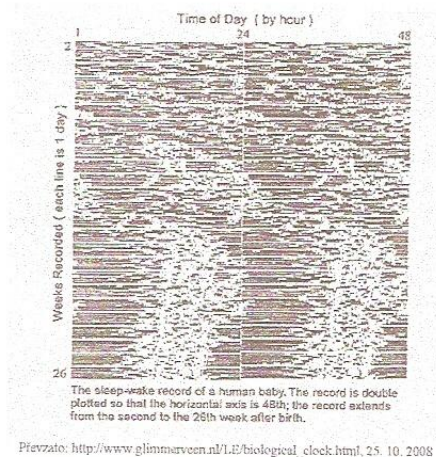
Prodlužování dne *v létě*

d) přiřadit k pojmům v levém sloupci tabulky charakteristiku v pravém sloupci tabulky:

pojem	charakteristika
<i>Jarní rovnodennost</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tento den připadá na <b>22. nebo 23. září</b> . Začátek kalendářního podzimu. Okamžik, kdy Slunce protíná světový rovník. Slunce přechází ze severní polokoule na jižní.
<i>Letní slunovrat</i>	Den a noc jsou stejně dlouhé. Tímto dnem je obvykle <b>20. nebo 21. březen</b> . Začátek kalendářního jara. Slunce protíná světový rovník a pomalu přechází z jižní polokoule na severní.
<i>Podzimní rovnodennost</i>	<b>Období asi od poloviny září do poloviny října</b> , kdy jsou výrazné rozdíly mezi denními a nočními teplotami, ale dny jsou stále jasné a slunečné. Jedná se o odchylku od běžného trendu počasí.
<i>Zimní slunovrat</i>	Den je nejdelší a noc je nejkratší v roce. <b>21. červen</b> . Severní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Raka.
<i>Babí léto</i>	Den je nejkratší a noc je nejdelší. Kalendářní zima začíná <b>21. nebo 22. prosince</b> . Jižní polokoule se co nejvíce přikloní ke Slunci. Slunce je přímo nad obratníkem Kozoroha.

## 2. Graf cirkadiálních rytmů

Podívejte se na graf. Co byste řekli o cirkadiálních rytmech novorozence? Co lze z grafu vyčíst?



Převzato: [http://www.glimmarveen.nl/LE/biological\\_clock.html](http://www.glimmarveen.nl/LE/biological_clock.html), 25. 10. 2008

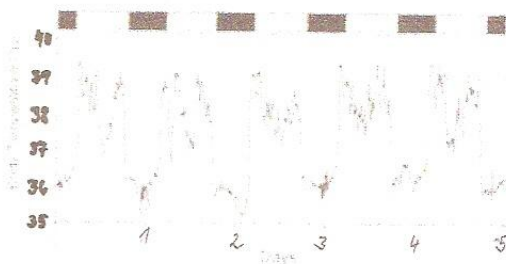
- spánkový rytmus se ustálil, spánek dole, bdění nahoře  
typické pro novorozence, později se ustálí je - produkuje  
je hormon melatonin

Vysvětlíte, jak je možné, že se později u dítěte vytvoří pravidelné střídání aktivity spánku a bdění?

- pro melatonin se do těla dostává hormon melatonin /  
to může člověk ne produkuje

Koncem srpna se František vydal na cestu do zahraničí. Byl ubytovaný na středoškolském internátě a jeho spolubydlicí byl Kanadčan. Jmenoval se Ray. František se s Rayem rychle skamarádil. Jejich hlavním společným tématem byla biologie. Hodně času trávili v laboratoři. Zajímal je například průběh tělesné teploty člověka během dne. Jaký je cirkadiální rytmus fyziologických procesů u člověka.

## 3. Tělesná teplota



Převzato: <http://www.circadian.org/biohyt.html>, 25. 10. 2008

a) Co lze vyčíst z grafu, který zaznamenává průběh tělesné teploty během několika dní.

- namo je tělesná teplota rytmická, během dne se mění

## PRACOVNÍ LIST: Biologické rytmy

Téma: Biologické rytmy člověka

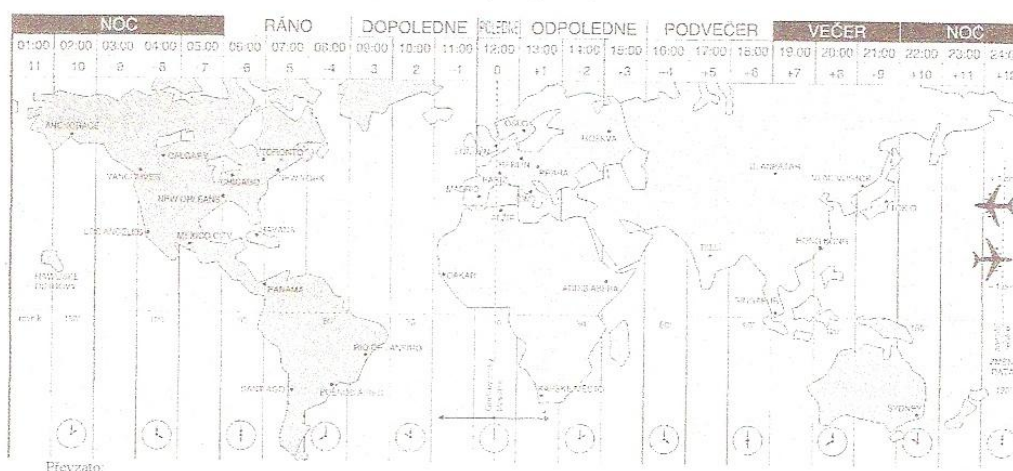
Jméno: Zuzik, Natas Datum: 25.10.2022

Sedmnáctiletý student gymnázia, František, vyhrál 1. místo v biologické soutěži. Odměna pro vítěze byl studijní pobyt v zahraničí.

### 1. Přesun přes časová pásma

František si měl vybrat jedno z měst (Buenos Aires, Londýn, New York, Tokio, Sydney). Vybíral podle různých hledisek. Zajímalo ho, přes kolik časových pásem by cestoval do jednotlivých měst. Jaký by byl časový posun, a jak by se posunuly jeho cirkadiánní rytmy (zpozdlily nebo předběhly)?

Doplňte tabulku s pomocí mapy s časovými pásmy:



Města	Počet časových pásem	Časový posun	Posun cirkadiánních rytmů
Buenos Aires	5	-5hod	zpomalený
Londýn	1	-1hod	zpomalený
New York	6	-6hod	zpomalený
Tokio	9	+9hod	zrychlený
Sydney	10	+10hod	zrychlený

František si vybral město, ve kterém by se jeho cirkadiánní rytmy zpozdlily a do kterého by cestoval přes více než pět časových pásem. Které město si vybral? Los Angeles

Poradte Františkovi, co by měl dělat, aby se co nejdřív aklimatizoval v novém městě?  
bežet na chůzi v šou

Měsíc před odjezdem se Františkovi narodila sestřička Anička. Několik dní sledoval, jak probíhá její den. Proč nespí celou noc jako my? František pátral na internetu a našel záznam o střídání aktivity bdění a spánku během dne u miminka. Hned byl o něco chytřejší.