

Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích  
Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



**Magisterská práce**

Vliv barevných vzorů na kategorizaci predátora u  
sýkory koňadry (*Parus major*)

**Bc. Luděk Milan**

**Školitel: RNDr. Roman Fuchs, CSc.**

**Školitel specialista: Mgr. Simona Poláková**



České Budějovice 2011

**Milan, L. 2011:** Vliv barevných vzorů na kategorizaci predátora u sýkory koňadry (*Parus major*) [The influence of colour patterns on predator categorization by Great tit (*Parus major*)] - 38 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

## **Annotation**

Discrimination and categorization of predators belong to one of the most important cognitive abilities in animal's lives. We tried to find how coloration pattern could influence categorization of a real predator. Experiments focused on the coloration or colour pattern are mainly done with predators and their prey, for example aposematism or novel coloration stimuli. However, only a very few of these experiments are concentrated on situation, how the prey can recognize their natural predators. In our experiment, we tried to test three discrimination theories: feature theory, exemplar theory, prototype theory. In these experiments we used wild Great tit (*Parus major*) and dummy of Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) in different type of colour pattern.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 14. 12. 2011

-----  
Luděk Milan

## **Poděkování**

Děkuji Romanu Fuchsovi, Simoně Polákové, Petru Veselému, mamce a všem, kteří mi pomáhali při vzniku této práce.

Tato práce vznikla za podpory grantu GAAV 32-IAA601410803 (hl. řešitel RNDr. Roman Fuchs, CSc.) a FRVŠ 21-2376 (hl. řešitel Mgr. Simona Poláková)

# Obsah:

<b>1. Úvod</b> .....	1
1.1. Kategorizace.....	1
1.2. Diskriminační teorie.....	2
1.3. Vliv barvy a vzoru na kategorizaci objektu .....	3
1.3.1. Jak barva ovlivňuje rozpoznání kořisti.....	3
1.3.2. Jak barva ovlivňuje rozpoznání predátora.....	5
1.4. Jak ptáci vnímají barvy .....	7
1.5. Cíle práce a předpoklady.....	9
<b>2. Materiál a metodika</b> .....	10
2.1. Studovaný druh .....	10
2.2. Atrapy.....	10
2.3. Experimentální klec .....	12
2.4. Průběh experimentu .....	13
2.5. Zaznamenávané parametry.....	14
2.6. Statistické zpracování.....	15
<b>3. Výsledky</b> .....	16
3.1. Porovnání zvykací fáze a vlastního pokusu .....	16
3.2. Srovnání jednotlivých atrap .....	17
3.3. Porovnání vybraných typů chování pro jednotlivé atrapy .....	19
<b>4. Diskuse</b> .....	26
4.1. Chování sýkor koňader během experimentu.....	26
4.1.1. Rozdíl v chování mezi zvykací fází a vlastním .....	26
4.1.2. Srovnání jednotlivých atrap.....	26
4.2. Na základě jakých vodítek sýkory koňadry rozpoznávají predátora .....	27
4.3. Percepce barev člověkem a ptákem .....	29
<b>5. Shrnutí</b> .....	30
<b>6. Závěr</b> .....	30
<b>7. Literatura</b> .....	31
<b>8. Příloha</b> .....	38

# 1. Úvod

## 1.1. Kategorizace

Organismy musí být schopny rozeznávat a reagovat na důležité podněty z okolí. Jsou však neustále vystavovány obrovskému přísunu informací, z nichž většina je nepodstatná. Proto mají různé způsoby, jak se s tímto množstvím získaných dat z prostředí vypořádat - od učení, až k různým stupňům uvažování (Marler 1982).

Mezi kognitivní schopnosti patří kategorizace - na základě zúženého souboru informací dochází ke třídění objektů do kategorií (Delius et al. 2000). Ty umožňují rychlejší výběr vhodné odpovědi (Rosch 1978, Neisser 1987). Průběh kategorizačního procesu lze rozdělit do třech částí: detekce, kategorizace a identifikace. Pojem detekce znamená zaznamenání objektu. Vyšší kognitivní funkce jsou zapojeny do dalších dvou fází. Kategorizace je určení do jaké kategorie objekt patří (pták, auto) a identifikace je přesné určení objektu v dané kategorii (holub, džíp) (Bhatt et al. 1988). Spector a Kanwisher (2005) otestovali dvě hypotézy, v jakém sledu událostí dochází k vizuálnímu rozpoznání objektu. První možností je, že rozpoznání objektu nejdříve vyžaduje detekci, identifikaci a až poté kategorizaci. Nebo je nejdříve detekován, kategorizován a až poté identifikován. Z jejich studie vyplývá, že detekce a kategorizace probíhají současně a na identifikaci je zapotřebí více času.

K rozpoznání objektu jsou využívány všechny smysly živočicha. Objekt může být rozpoznán na základě své barvy, pachu, zvukových projevů (Chandler & Rose 1988, Blumstein et al. 2002). Nás zajímá především rozpoznání na základě zraku. V této souvislosti může hrát podstatnou úlohu barva, rychlost pohybu objektu a pozadí - prostředí, kde se objekt nachází. Hnědé objekty na hnědém pozadí lze detekovat hůře, než například zelené nebo červené. Oproti tomu na bílém pozadí není mezi těmito barvami v detekci výrazný rozdíl (Thomas et al. 2004).

## **1.1. Diskriminační teorie:**

Obvyklé kategorizační experimenty zahrnují diskriminaci na základě odměn za rozpoznání mnoha podnětů, které sdílejí společné vlastnosti. Tyto pokusy byly nejčastěji prováděny s holuby, v nichž je studováno široké spektrum různých kategorií. Některé kategorie byly založeny na základě optického vnímání, a to jak přírodních objektů (stromy, voda, lidé, kočky) (Herrnstein et al. 1976), tak lidmi vytvořenými objekty (auta, židle, až po různá písmena abecedy) (Cerella 1980). Další pokusy objasňovaly tvorbu kategorií na základě různých zvukových nahrávek (Burdick & Miller 1975). Otázkou však zůstává, jakým způsobem živočichové dané kategorie vytváří.

### **Teorie prototypu**

Dochází k vytváření prototypů, průměrů - po setkání s určitým počtem jedinců dané kategorie si živočich zformuje ideálního představitele této kategorie. S ním je vše porovnáváno. Odpověď organismů na představovaný exemplář se pak odvíjí od jeho podobnosti s prototypem. V případě vyšší podobnosti se zvyšuje i intenzita s jakou organismy na podnět reagují. (Posner & Keele 1968).

### **Teorie příkladů**

Předpokládá, že organismy kategorizují objekty v závislosti na zapamatování si každého objektu nebo exempláře, se kterým se setkali, a kategorie, do které patří (Pearce 1989). Vzniká však problém, jakým způsobem živočichové kategorizují objekty, s nimiž zkušenost nemají. Předpokládá se, že existují doplňující mechanismy učení. To znamená, že když je nový podnět prezentován poprvé v kategorizačním problému, bude generalizován na základě předchozích zkušeností s podobnými kategoriemi (Astley & Wasserman 1992).

### **Teorie znaků**

Podle této teorie disponuje určitý objekt souborem klíčových znaků, na jejichž základě je hodnocen a řazen do specifické kategorie. Tyto znaky se mohou týkat tvaru, velikosti či barevného vzoru. Jako klíčové znaky vedoucí k rozpoznání mnoha druhů ptáků, bývají uváděny oko, zobák a pařáty (Curio 1975, Gill et al. 1997, Watve et al. 2002).

## **Teorie konceptu**

Schopnost kategorizace je umožněna vytvořením konceptu nějakého objektu dané kategorie. Pokud by živočichové rozpoznávali objekty na základě abstraktního konceptu, měli by být schopni si více domýšlet. Absence dalších znaků by neměla hrát tak významnou roli. (Spencer et al. 1997).

### **1.2. Vliv barvy a vzoru na kategorizaci objektů.**

#### **1.2.1. Jak barva ovlivňuje rozpoznání kořisti**

V řadě pokusů bylo prokázáno, že organismy rozpoznávají objekty například na základě velikosti a tvaru (Paleroni 2005), nebo přítomnosti tzv. klíčových znaků (Curio 1975, Gill et al. 1997).

Otázkou zůstává, jakým způsobem se na celkovém kategorizačním procesu podílí barva, barevný vzor. Vliv barvy, barevného vzoru na diskriminační proces je zkoumán především na aposematické kořisti. Jedná se o obranné zbarvení živočichů, kteří tak dávají najevo svou nechutnost, nepoživatelnost či jedovatost. V evolučním procesu došlo k ustálení typických barevných vzorů, které se opakují v různých taxonomických skupinách (Komárek 2004). Kořist takto výstražně zbarvená je predátorem většinou odmítána (Sillén-Tullberg et al. 1985). Tento vztah je vzájemně prospěšný. Predátor se vyhne nepoživatelné kořisti, která by mu mohla způsobit nevolnost či otravu, a ta je na oplátku ušetřena zranění nebo zabití. V řadě prací je tento výstražný účinek prokázán (Cott 1940, Schuler & Hesse 1985).

Efekt aposematického barevného vzoru je zkoumán především v laboratorních experimentech. Vůbec nejčastěji jsou studovány reakce predátorů na ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*). Obvykle se zkoumají různé barevné výstražné kombinace, se kterými nemá daný predátor zkušenost. Prokopová (2005) použila pro otestování aposematické reakce metodu lepení štítků na svrchní stranu ruměnice pospolné. Z jejích výsledků vyplývá, že sýkory koňadry (*Parus major*) odstrašují i uměle vytvořené složitější organizace melaninových vzorů. Podobné pokusy prováděla Cibulková (2008) se švábem argentinským (*Blaptica dubia*), na jehož záda lepila červené, oranžové, žluté, bílé, fialové, modré a zelené štítky s černým vzorem ruměnice pospolné. Sýkory koňadry odstrašovaly pouze šváby s červenými a oranžovými štítky. Překvapivá je reakce na žlutou barvu, kdy švábi s ní jsou požíráni, ač se běžně vyskytuje v kombinaci s černou u aposematické kořisti. Podobně ale i v

práci Exnerová et al. (2006) byly žluté mutantní ruměnice pospolné požírány. Hmyz nesoucí kombinaci žluté a černé barvy, je však dlouho považován za aposematický (Cott 1940).

K podobným výsledkům dospěl i Chai (1988). Použil běžně se vyskytující druhy motýlů *Hamadryas feronia* a *Hamadryas amphinome*. Ti jsou si velice podobní morfologicky, ale odlišují se barevným vzorem spodní poloviny vrchní strany křídel a tím, že *H. amphinome* je jedovatý. *H. feronia* byl během laboratorních experimentů leskovcem neotropickým (*Galbula ruficauda*) vždy konzumován, *H. amphinome* nikoli. Kombinace oranžového a černého výstražného vzoru byla rozpoznána jako nebezpečná. Pokud přemaloval běžně lovené druhy motýlů výstražným zbarvením, leskovec reagoval pouze na červené nebo oranžové barevné vzory. Zelené, modré, žluté a hnědé zbarvení nesehrálo odstrašující efekt.

Rozpoznání kořisti je však druhově specifické. Veselý (2006) zjistil, že sýkory modřinky (*Parus caeruleus*) se vyhýbají aposematicky zbarvené kněžici páskované (*Graphosoma lineatum*), zatímco sýkory koňadry (*Parus major*) nikoli. Pro některé druhy ptáků, je odmítání výstražně zbarvené kořisti dokonce vrozenou evoluční adaptací (Schuler & Hesse 1985, Lindström et al. (1999b).

Většina predátorů se živí rozmanitým množstvím potravy, vzácně jsou však různé druhy kořisti vybírány úměrně k jejich relativnímu zastoupení v prostředí. Poměr kořisti má někdy přímý efekt na její výběr. Predátoři se často koncentrují na zdroj potravy, který je běžný a přehlížejí ten vzácný. Nebo naopak upřednostňují kořist vzácnou a vyhýbají se té běžné. (Murdoch 1969). Experimenty potvrzují, že jedinci s novou neznámou barevnou formou, mohou být z počátku vystaveni nižším predačním útokům. Nové zbarvení nebo vzácné formy mohou být tedy favorizovány nižším predačním tlakem. Mají tak dostatek času na přežití a rozmnožení. Predátoři neví, jakým souborem antipredačních taktik tato kořist disponuje, a proto se zajímají o kořist, se kterou již mají dřívější zkušenost (Coppinger 1969, 1970).

Efekt neznámých barevných morf je testován především v souvislosti s aposematickou selekcí (frekvenčně závislý výběr). V těchto pokusech jsou ve většině případů použité vycpané atrapy ptáků, s uměle vytvořenými barevnými vzory na křídlech či těle. Götmark (1994) prováděl pokusy s atrapou kosa černého (*Turdus merula*). Vycpaninám byla přebarvena křídla na jasně červená s cílem zjistit, jak predátor jestřáb lesní (*Accipiter gentilis*) zareaguje na typ potravy, se kterou nemá dřívější zkušenost. Noví barevní mutanti nebyli napadáni s takovou frekvencí, jako běžně zbarvení jedinci kosa černého. Podobného výsledku dosáhl i u reakce krahujce obecného (*Accipiter nisus*) (Götmark 1996). Na straně druhé Caldwell (1986) vytvořila bílé

atrapy volavky modrošedé (*Egretta caerulea*). Káně tmavá (*Buteogallus anthracinus*), pak měla větší tendenci napadat takto zbarvené atrapy, oproti normálně vybarveným.

### 1.2.2. Jak barva ovlivňuje rozpoznání predátora

Problematikou, jakým způsobem ovlivňuje barva či barevný vzor rozpoznání přirozeného predátora u ptáků, se zabývá velice málo autorů. Nejdůkladnější studií je práce Curia (1975), který testoval reakce lejska černohlavého (*Fycedula hypoleuca*) na různě barevné atrapy ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) a kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*). Lejskové prokazatelně reagovali na vycpanou a stejně tak i dřevěnou atrapu samce ťuhýka s realistickým barevným vyobrazením (Obr. 1). Když zaměnil červenohnědé zbarvení zad za šedé, čímž atrapa připomínala ťuhýka šedého (*Lanius excubitor*), reakce na atrapu, se snížila jen nepatrně (Obr. 1). Antipredačních reakcí nedosáhl ani u atrapy samice ťuhýka obecného ani u přirozeně zbarveného mandelíka hajního (*Coracias garrulus*) (Obr. 1).

Význam barvy a barevných vzorů testoval Curio mnoha způsoby (Obr. 2). Zjišťoval barevný kontrast bílé atrapy ťuhýka s černou oční páskou a černé atrapy s bílou oční páskou. Bílá atrapa s černou oční páskou antipredační odpověď vyvolala, zatímco černá atrapa s bílou páskou již účinná nebyla. Záměna černé pásky za červenou a zelenou také rapidně snížila mobbingovou odpověď. V dalších částech pokusu se autor zaměřoval na význam polohy a směru oční pásky. Z výsledků s ťuhýkem vyplývá, že klíčovým znakem, který spouští antipredační chování lejsků, je poloha a černá barva oční pásky.

Autor se dále ve stejné práci zabýval kategorizací kulíška nejmenšího (*Galucidum passerinum*) (Obr. 3), testoval různé barevné variety vycpaných a dřevěných atrap. Na dřevěné a barevným vzorem pozměněné atrapy lejsci nereagovali. Z jeho výsledků je patrné, že pro rozpoznání kulíška je důležitá celková pigmentace a struktura peří.



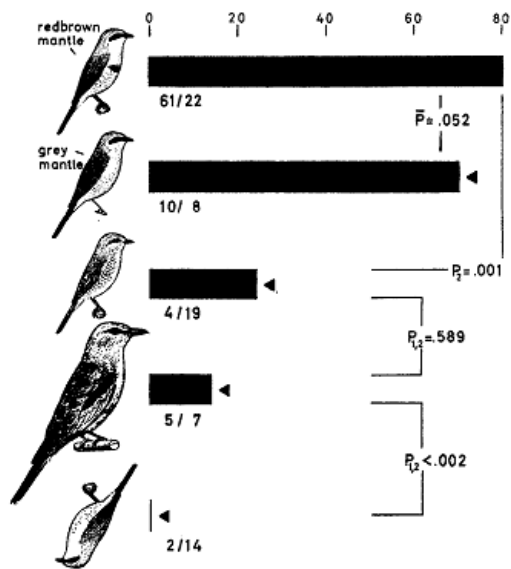


Fig. 20. Releasing values (calls per minute), from top to bottom of redback ♂ (mounted specimen and plastika alike), 'greyback' ♂, redback ♀, roller, redback ♂ inverted.  $x/y$  = number of experiments in first/second half of the nestling period; Black triangles: actual releasing value would be greater ► or smaller ◀ than figured if matched for numbers of experiments in these two sub-periods with reference to the upper stimulus. Except for the difference between redback ♂ and ♀ all other  $P$  values based on two-tailed  $M$ -test.  $P_1$ ,  $P_2$  derived from first and second half of nestling period, respectively;  $\bar{P}$  is pooled from  $P_1$  and  $P_2$  after Wartmann & Wette (1952) in Lienert (1962).

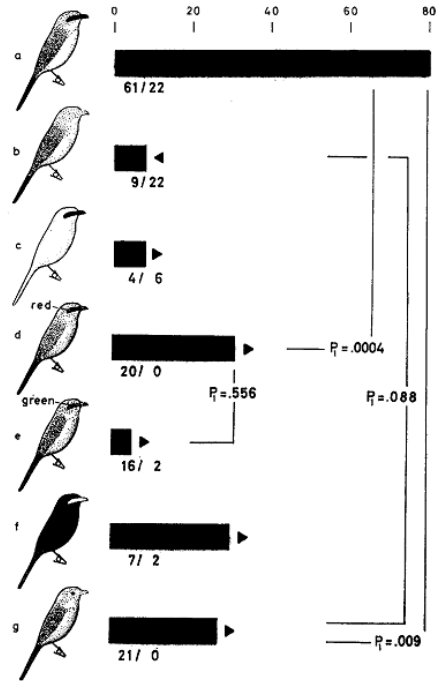


Fig. 21. Influence upon  $RS$  (calls per minute) of the presence of the eye stripe, its colouration, its contrast and of black glass eyes in solid redback ♂ models.  $P$  from two-tailed  $M$ -test. For conventions see caption of Fig. 20. For details of models (a) to (g) see text.

Obr. 1: Modifikované atrapy ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) (převzato z Curio 1975)

Obr. 2: Modifikované atrapy ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) (převzato z Curio 1975)

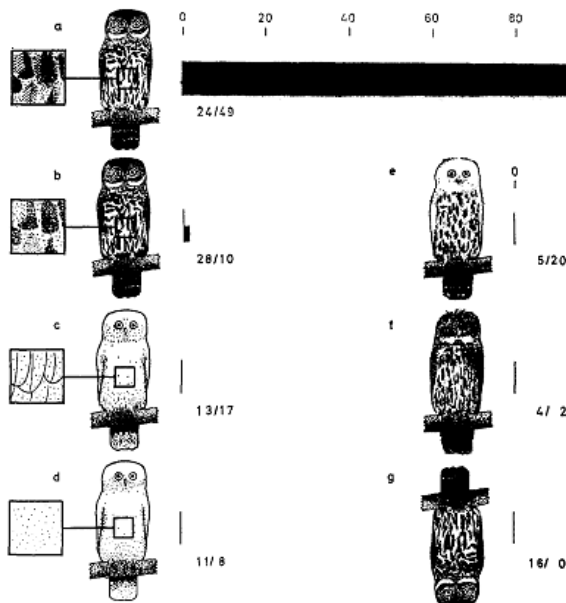


Fig. 26. Influence upon  $RS$  (calls per minute) of surface texture, colouration (with eye colour kept constant) and orientation of the pigmy owl. (a) mounted specimen; (b) wooden model in natural colours (two slightly different versions); (c) wooden models as in (b), provided with white duck contour feathers cut to the size of pigmy owl feathers; (d) model as in (b) but plain whitish; (e) same model as (c) with underside mottled brown except for the face; (f) model as in (b) with starling contour feathers painted in natural colours, largely impairing the fine structure of the feathers; (g) dummy (a) upside down. Upper bar: nestlings 1 to 8 days old, lower bar:  $\geq 9$  days old. For conventions see caption of Fig. 20.

Obr. 3: Testované atrapy kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*) (převzato z Curio 1975)

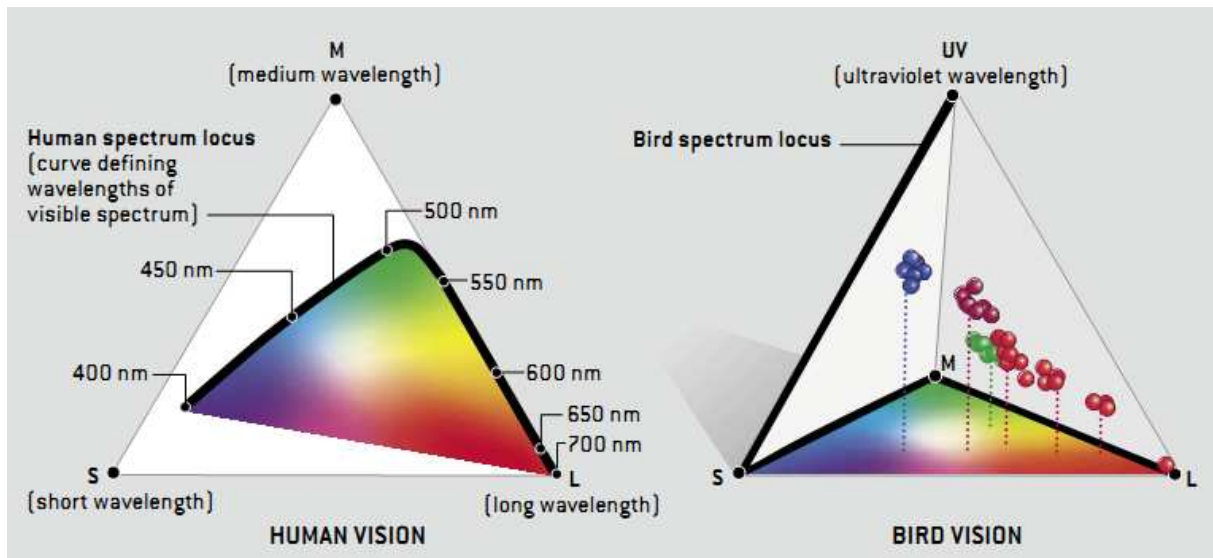
### 1.3. Jak ptáci vnímají barvy

Hlavním smyslovým orgánem sloužícím k rozpoznání objektů u ptáků je zrak. Evoluce vybavila ptáky soustavou barevného vidění, které převyšuje vidění všech savců. Liší se ve dvou významných aspektech. Není omezen pouze na vlnovou délku 400 - 700 nm, jak je tomu u člověka, ale ptáci jsou schopni vnímat také ultrafialové záření o vlnové délce 300 - 400 nm (Silberglied 1979, Cuthill et al. 2000). Navíc sítnice ptáků obsahuje čtyři typy čípků (tetrachromatické vidění). Jejich spektrálně oddělené pigmenty mají maximální absorpci dlouhých vlnových délek (LWS)  $\lambda_{\max} = 543 - 571$  nm, středních vlnových délek (MWS)  $\lambda_{\max} = 497 - 510$  nm, krátkých vlnových délek (SWS)  $\lambda_{\max} = 430 - 463$  nm a extrémně krátkých vlnových délek (UV)  $\lambda_{\max} = 362 - 426$  nm (Hart 2001). Pro srovnání, maximální absorpční hodnoty lidských zrakových pigmentů jsou (LWS)  $\lambda_{\max} = 558$  nm, (MWS)  $\lambda_{\max} = 531$  nm, (SWS)  $\lambda_{\max} = 420$  nm (Králíček 1995). Počet typů čípků v sítnici ptáků bývá uváděn i pět (pentachromatické vidění) (Delius a Emmerton, 1979 ex Jitsumori et al. 1999). Posledním typem čípků jsou totiž tzv. dvojité čípky, které v sítnici zaujímají zhruba 50% z celkového počtu čípků. Jejich úloha je však nejasná. Předpokládá se, že slouží k vnímání pohybu, jasu a prostoru. Některé práce uvádějí jejich malý nebo žádný podíl na barevném vidění (Osorio et al. 1999b, Smith et al. 2002, Jones & Osorio 2004).

Rozdíly mezi lidmi a ptáky nalezneme i v celkovém počtu čípků na  $\text{mm}^2$ . Žlutá skvrna (místo, kde je soustředěno nejvíce čípků) u člověka obsahuje 150 000 světločivných buněk (Curcio et al. 1990). U káně lesní (*Buteo buteo*) je to více než 1 000 000. Takové množství čípků poskytuje ptákům ostřejší vidění. Rychle létajících druhů, jako jsou např. sokoli (*Falco sp.*), mají žluté skvrny dokonce zdvojené (Harris 1953).

Zrakovou percepci ovlivňuje také systém tukových kapének. Ty se vyskytují pouze u plazů a ptáků, savcům během evoluce zanikly (Goldsmith 2006). Olejové kapénky zastávají řadu funkcí. Ochraňují oko před nebezpečným UV zářením (Kirschveld 1982) a jsou schopny detekovat zemské magnetické pole (Edmonds 1996). V neposlední řadě ovlivňují zrakové schopnosti ptáků. Tyto kapénky s vysokou koncentrací molekul karotenoidů (Barlow 1982) jsou umístěny tak, aby světlo procházelo skrz ně, před tím, než dosáhne membrány vnějších čípků, která obsahuje zrakové pigmenty. Olejové kapénky mají funkci filtru. Odstíňují krátké vlnové délky a zužují tak absorpční spektrum zrakových pigmentů. To snižuje spektrální přesah mezi pigmenty a zvyšuje počet barev, které jsou ptáci schopni rozlišovat.

Pro lidi je obtížné a vlastně nemožné zjistit, jaké množství barev jsou schopni vnímat. Vidí ultrafialové světlo, a navíc mohou vidět i barvy, které si nedokážeme představit. Modelovat rozsah vnímání barev u ptáků se pokusil Goldsmith (2006) (obr. 4). Trichromatické barevné vidění může představovat trojúhelník, zatímco ptačí zrak je definován rozměrem navíc a odpovídá tak čtyřstěnnému jehlanu. Prostor nade dnem čtyřstěnného jehlanu zahrnuje barvy, které leží mimo lidské rozlišovací schopnosti.



Obr. 4: Rozdíl v rozlišování barev lidským a ptačím okem (převzato Goldsmith 2006)

Na problematiku rozdílného vnímání barev výzkumníky a ptáky poukazuje Eaton (2005, 2007). Studoval 139 druhů ptáků, jejichž zbarvení vypadalo pro lidské oko stejně, tzv. sexuálně monochromatické druhy (identické zbarvení samce a samice). Na základě výpočtu vlnových délek světla odrážejícího se od peří zjistil, že více než 90% těchto druhů ptáků se vnímá jako samec a samice s odlišným zbarvením (tzv. dichromatické druhy).

## **1.4. Cíle práce a předpoklady**

Z dřívějších studií vyplývá, že k tomu, aby byl predátor správně rozpoznán, musí disponovat určitým souborem znaků (Curio 1975, Smith & Medin 1981). V této práci jsme se rozhodli otestovat, jakou roli v kategorizačním procesu hraje barevný vzor.

Pokud sýkory rozeznávají své predátory na základě:

### **a ) Teorie prototypu**

- podobné reakce budou na atrapy krahujce, krahujce bez vzoru
- atrapa krahujce v barvách holuba, sýkory a červenky reakce stejná - bez stresových projevů
- atrapa v barvách šachovnice - bez stresových reakcí

### **b ) Teorie příkladu**

- reálný krahujec – nejsilnější reakce
- bez vzoru - stejná reakce jako na reálného krahujce, nebo menší
- holub, červenka – stejná reakce, bez stresových projevů
- sýkora - jiná reakce než na červenku a holuba
- šachovnice – nejmenší reakce, bez stresových projevů

### **c ) Teorie znaků**

- reakce na všechny atrapy bude stejná v případě, že k rozpoznání predátora slouží znaky jako oko, pařát, zobák.

## 2. Materiál a metodika

### 2.1. Studovaný druh

Sýkora koňadra (*Parus major*)

Důvodem, proč byla vybrána sýkora koňadra, je její dobrá adaptibilita a reakce na experimentální prostředí (pokusnou klec) (Dingemanse 2004). Sýkory koňadry spolehlivě reagují jak na dřevěné atrapy, tak na atrapy vycpané (Rozsypal 2008).

Pokusní jedinci byli nachytáni do nárazových ornitologických sítí umístěných poblíž krmítek během zimního období v letech 2010/2011. Celkově bylo otestováno 120 jedinců. Ptáci byli před experimentem (většinou 2 až 3 dny) umístěni do menších chovných klecí. Samotný experiment probíhal v jiné místnosti. Pobyt v zajetí trval průměrně 5 dní, poté byl pták vypuštěn zpět do volné přírody.

### 2.2. Atrapy

Pro zjištění jak velkou roli hraje v kategorizačním procesu u sýkory koňadry barevný vzor, byly zvoleny plyšové atrapy krahujce obecného. A to atrapa krahujce s normálním zbarvením (dále jen krahujec) (Obr. 5), atrapa bez podélných hrudních a břišních pruhů (dále jen bez vzoru) (Obr. 6), dále pak atrapa krahujce v barvách sýkory koňadry (dále jen sýkora) (Obr. 7), červenky (dále jen červenka) (Obr. 8), holuba skalního (dále jen holub) (Obr. 9) a fialovobílé šachovnice (dále jen šachovnice) (Obr. 10).

Krahujec obecný (*Accipiter nisus*) byl vybrán, jelikož se jedná o významného potravního specialistu na lov ptáků, jež zahrnují 97,7 % veškeré jeho potravy, zbytek, tj. 2,3%, tvoří savci (Uttendörf 1952 ex. Hudec 2005).

Atrapy byly zhotoveny z plyše (nejedná se však o klasickou „chlupatou“ plyš, viz (Obr. 5 - 10). Pařáty a zobák byly vyrobeny z moduritu. Všechny atrapy měly drátěnou kostru. Barevné vzory se na atrapy malovaly akrylátovými barvami. Vycpávku tvořilo duté vlákno.



Obr. 5: Atrapa krahujce



Obr. 6: Atrapa krahujce bez vzoru



Obr. 7: Atrapa sýkory



Obr. 8: Atrapa červenky



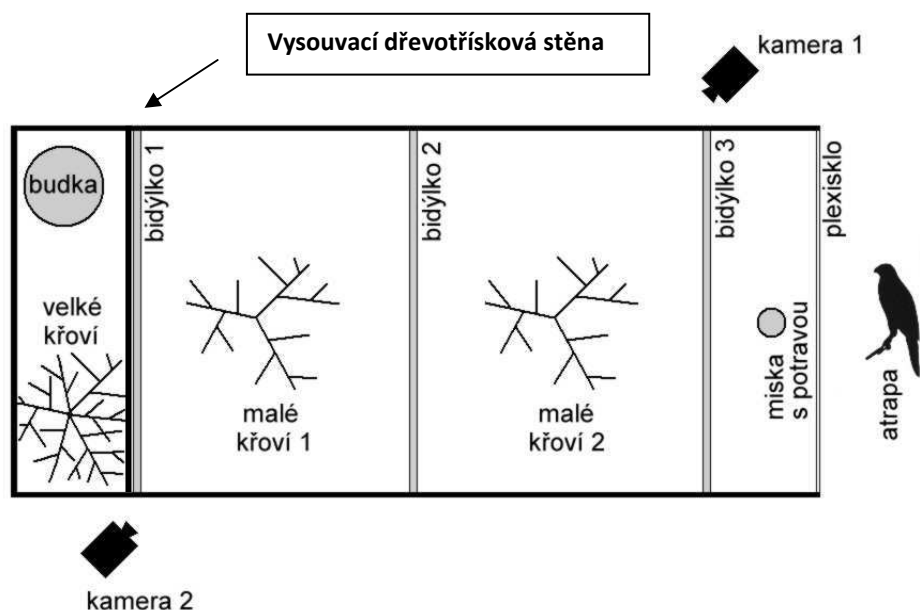
Obr. 9: Atrapa holuba



Obr. 10: Atrapa šachovnice

### 2.3. Experimentální klec

K experimentu se použila klec o rozměrech 2 x 1 x 0,5 m (Obr. 21). Její nosná konstrukce byla ocelová. Boky tvořilo pletivo o průměru ok 0,5 x 0,5 cm. V přední části bylo průhledné plexisklo, v zadní části neprůhledná dřevotřísková stěna. V zadní části klece byla z obou stran malá dvířka, jimiž se do klece vpuštěl nebo odchytil pokusný jedinec. Tuto manipulační část klece šlo oddělit od zbytku prostoru dřevotřískovou deskou. Vnitřní vybavení klece obsahovalo řadu větví, křovíček z větviček a budku, do které bylo možno schovat se před predátorem (obr. 11). Dno klece pokrývala kukuřičná podestýlka. Snímání veškerého dění probíhalo pomocí dvou videokamer (Panasonic NV-GS180) zafixovaných na stativěch a umístěných v protilehlých rozích ve vzdálenosti 40 cm od experimentální klece, čímž jsme zajistili dostatečné pokrytí průběhu pokusu, pro pozdější zpracování. Předpokládáme, že tato vzdálenost byla dostačující, aby nedocházelo k ovlivnění pokusovaných jedinců. Jednotlivé varianty atrap se před vlastním pokusem umísťovaly za plexisklo ve vzdálenosti cca 10 cm od klece. Miska s potravou (slunečnicová semínka) byla umístěna v kleci před atrapou predátora. Vizuálnímu kontaktu s experimentátorem zabránil závěs.



Obr. 11: Schéma pokusné klece (obrázek převzat od Rozsypal 2008, upraveno)

## 2.4. Průběh experimentu

Každý pokus byl rozdělen do čtyř částí. První tři části sloužili jako habituační. Jejich účelem bylo snížení nežádoucího stresového chování z experimentální klece na minimum. Každý habituační pobyt trval 20 minut. Ptáci vstupovali do klece sytí. V prvních deseti minutách neměli přístup k potravě, v druhé části již byla přítomna miska se slunečnicí. Plyšové atrapy nebyly během habituačních pobytů prezentovány.

Čtvrtá část se skládala ze zvykací a vlastní pokusné fáze. Ptáci vstupovali do poslední čtvrté části vyhladovělí (1,5 h), z důvodu zvýšení motivace přiblížit se k potravě. V průběhu zvykací fáze nebyla přítomna atrapa ani miska se slunečnicí. Během fáze vlastního pokusu, již byla vystavena atrapa spolu se žrádlem.

Do experimentální klece byl pták vždy přinesen v látkovém pytlíku a vpuštěn malými dvířky do dřevotřískovou deskou uzavřené zadní části klece. Ta mu zabraňovala ve výhledu do části přední. Po vyjmutí desky se mohl volně pohybovat v celém prostoru klece. Po uplynutí deseti minut byl zahrán zpět do zadní části klece a oddělen od zbylého prostoru deskou, poté opět na zbylých deset minut vypuštěn (postup totožný pro všechny čtyři části experimentu).

Všechny atrapy byly prezentovány na bílém pozadí.



## 2.5. Zaznamenávané parametry

Nahrávky z kamer se do PC přetahovaly za pomoci programu Pinnacle Studio 12 a vyhodnocovaly v programu Observer XT 6.1.4 (Noldus Information Technology 1990 - 2006), jež umožňoval práci s oběma záznamy jak z přední tak zadní kamery najednou.

### Hodnotily se následující typy chování:

td (total duration) = celková doba, tn (total number) = celkový počet

Typ chování	Označení v Canoco grafech	Význam
<b>přilet</b>	td_prilet	přiblížení se k atrapě. Zaznamenáván ve vzdálenosti 1 m a blíže od atrapy
<b>vzrušení</b>	tn_vzruseni	součet čepiček a dřepů čepička: načepýření per na hlavě dřep: pohupování se
<b>varování</b>	tn_varovani	krátké specifické hlasové projevy.
<b>prohlížení</b>	td_prohlizeni	prohlížení si atrapy. Zaznamenáván od 1 m a blíže.
<b>sezení</b>	tn_sezeni	na bidýlkách, na kukuřičné podestýlce, na budce, na křoví, na pletivu
<b>přesedávání</b>	tn_přesedavani	změna polohy ptáka
<b>kukuřice</b>	td_kukurice	zobání kukuřičné podestýlky, která však není jedlá
<b>klování</b>	td_klovani	klování do čehokoli, co je součástí klece a není to kukuřice ani slunečnice
<b>žraní</b>	td_zrani	pojídání slunečnicových semínek

## 2.6. Statistické zpracování:

Statistické analýzy byly prováděny v programu Statistica 10.0 (StatSoft, Inc. 1984-2011) a Canoco for Windows 4.5 (ter Braak & Smilauer 1996).

**PCA:** data do analýzy hlavních komponent vstupovaly logaritmované, standardizované a centrované. Byly provedeny 2 PCA analýzy: a) pro srovnání rozdílů mezi pokusem a zvykací fází, b) mezi jednotlivými pokusy. Pro další statistické zpracování byly použity osy, které vysvětlovaly více jak 15 % variability.

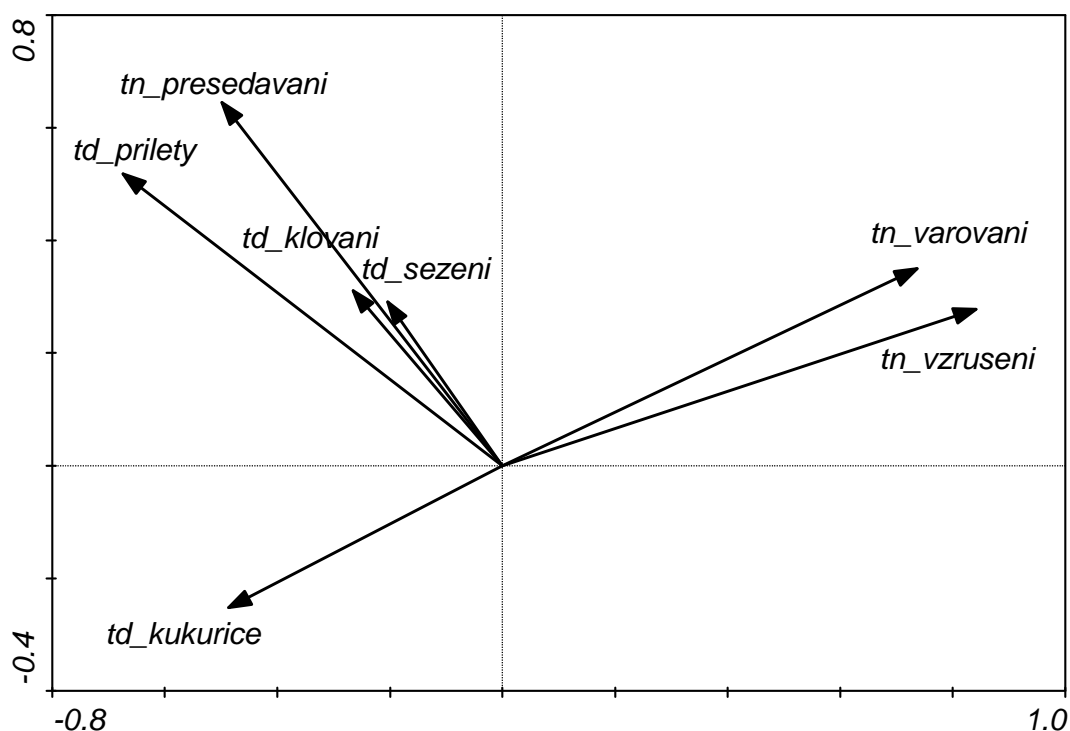
**ANOVA:** PCA skóre jednotlivých ptáků bylo použito na srovnání mezi jednotlivými atrapami a mezi pokusem a zvykací fází pomocí ANOVY. Rozdíly mezi jednotlivými atrapami srovnány pomocí **Tukey HSD test**.

**Kruskal-Wallis test (KW):** užit pro zjištění vlivu jednotlivých atrap na vybrané typy chování. Pokud celkový test vyšel průkazně, byly rozdíly mezi atrapami srovnány pomocí **Multiple Comparison Kruskal-Wallis test**. Do výsledků byly zahrnuty pouze průkazné typy chování, kromě varování (důležité pro celkový pohled na chování koňader).

### 3. Výsledky

#### 3.1. Porovnání zvykací fáze a vlastního pokusu

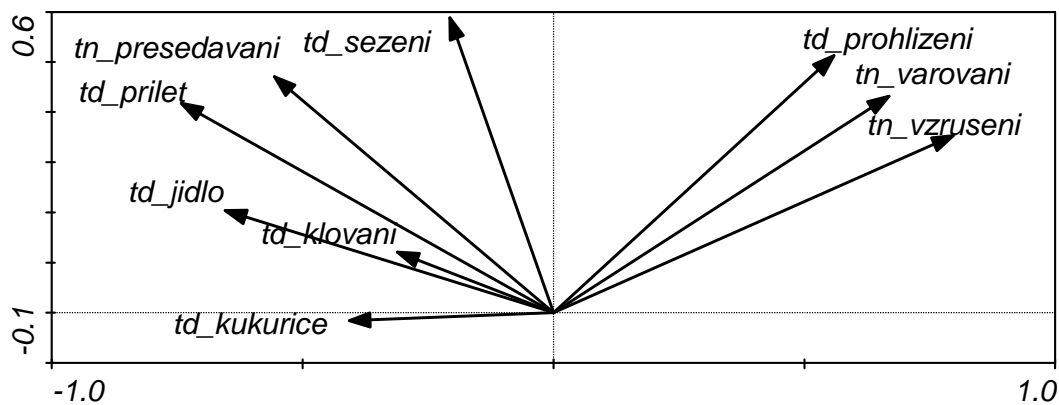
Nejdříve jsme zjišťovali, jestli se odlišuje chování koňader během zvykací fáze a vlastního pokusu. Z PCA frekvencí a dob jednotlivých typů chování nám vyšly dvě osy, jež vysvětlovaly více než 15 % variability (1. osa 31,2 %, 2. osa 16,7 %) (Obr. 12). První osa je spjata především se stresovým chováním: varování, vzrušení (kladné hodnoty osy), na straně druhé prohrabáváním podestýlky (záporné hodnoty osy). Druhá osa je charakterizována zejména celkovou dobou sezení, počtem přeseďávání a klovaním do vybavení klece (kladné hodnoty osy). Průkazný rozdíl mezi zvykací fází a pokusem byl jak na první ( $Df = 1; F = 68,85; p = <0,001$ ), tak na druhé ( $Df = 1; F = 36; p = <0,001$ ) ose. Pro fázi vlastního pokusu je typické stresové chování (první osa PCA) a celková doba sezení (druhá osa PCA). Během zvykací fáze se koňadry zajímají o podestýlku (první osa PCA), což je explorační chování, zaměřené především na hledání potravy.



Obr. 12: První a druhá osa PCA jednotlivých typů chování během kontroly a vlastního pokusu, první osa vysvětluje 31,2% a druhá 16,7% variability

### 3.2. Srovnání jednotlivých atrap

PCA analýza chování během vlastního pokusu vysvětluje na první ose 33,2% variability a na druhé 15,2%. Nejvíce společné variability je obsaženo ve varování, vzrušeném chování a prohlížení si atrapy (kladné hodnoty osy). V negativní korelaci k těmto typům chování je doba strávená žráním a exploračním chováním (klováním do vybavení klece, zájmem o kukuřičnou podestýlku) (záporné hodnoty osy) (Obr. 13).



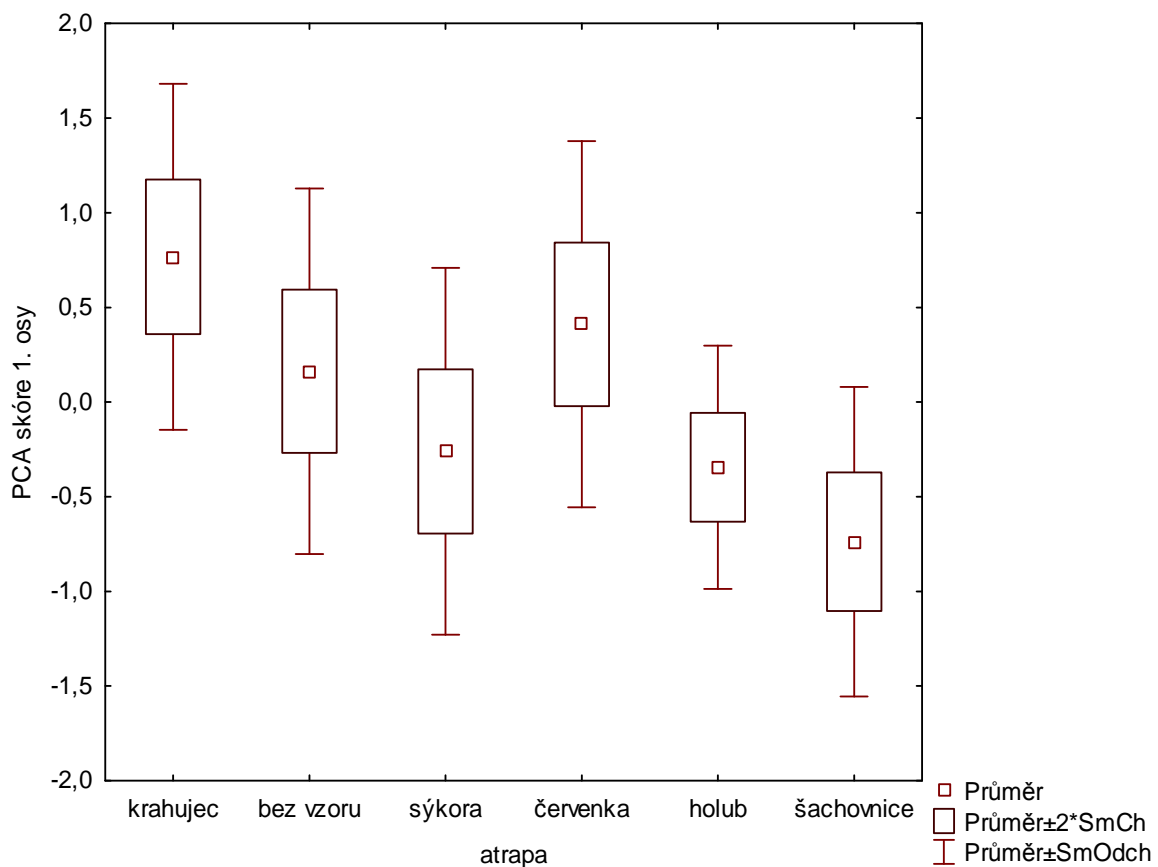
Obr. 13: První a druhá osa PCA jednotlivých typů chování během vlastního pokusu, první osa vysvětluje 33,2%, a druhá 15,2% variability

Koňadry vykazovaly signifikantní rozdíly ve stresových reakcích na různé typy atrap (skóre jednotlivých pozorování z první osy PCA:  $F = 7,70$ ,  $Df = 5$ ,  $p < 0,001$ ) (Obr. 14). Průkazné rozdíly vyšly mezi krahujcem a sýkorou, holubem, šachovnicí. Dále pak mezi krahujcem bez vzoru a šachovnicí a mezi červenkou a šachovnicí (Tab. 1). Stresové chování se vyskytuje především v přítomnosti atrapy krahujce, krahujce bez vzoru a červenky (Obr. 14). Tyto atrapy si také nejvíce prohlížejí a v jejich přítomnosti neprohledávají podestýlku a nežerou. V přítomnosti koňadry, holuba a šachovnice explorigují v kleci a žerou (Tab. 1, Obr. 14).

V hodnotách druhé PCA osy (související především s celkovou dobou sezení), se od sebe reakce na atrapy neodlišovaly ( $F = 1,21$   $Df = 5$ ,  $p = 0,310$ ).

Tab. 1: Tukey HSD test: Srovnání reakcí na jednotlivé atrapy (srovnávány skóre jednotlivých pozorování z první osy PCA)

	krahujec	bez vzoru	sýkora	červenka	holub
bez vzoru	0,267	-	-	-	-
sýkora	<b>0,005</b>	0,660	-	-	-
červenka	0,801	0,949	0,168	-	-
holub	<b>0,002</b>	0,466	0,999	0,085	-
šachovnice	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,021</b>	0,532	<b>0,001</b>	0,725



Obr. 14: Srovnání jednotlivých atrap pro skóre první osy PCA. Kladné hodnoty míra stresového chování, varování, prohlížení. Záporné hodnoty vyjadřují explorační chování

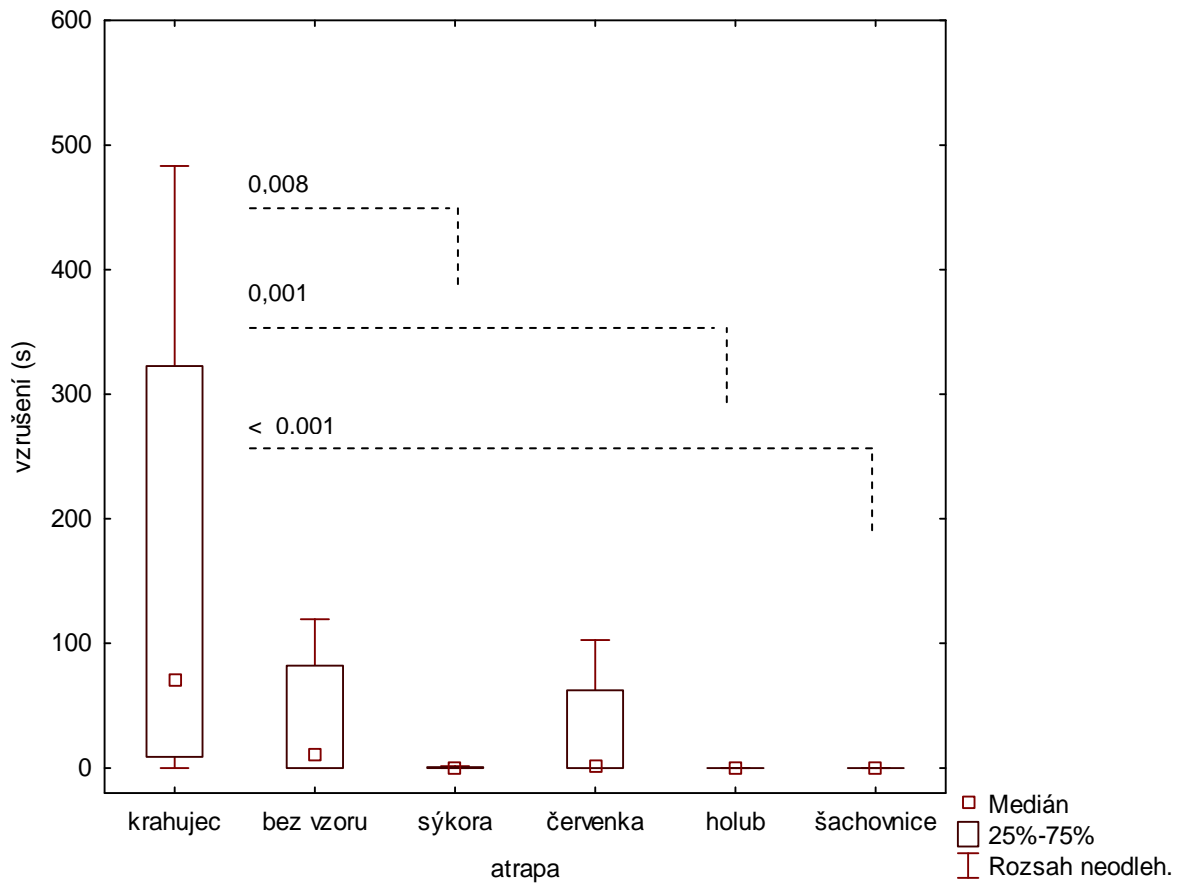
### 3.3. Porovnání vybraných typů chování pro jednotlivé atrapy

Nyní se blíže podíváme na rozdíly ve vybraných typech chování. Nejvíce vzrušeného chování se objevuje v přítomnosti atrapy krahujce (Tab. 2, Obr. 15) Stresové chování se projevuje i na celkovém počtu příletů koňader do přední části klece. V přítomnosti atrapy krahujce, krahujce bez vzoru a červenky se do přední poloviny klece nepřibližují tak často, jako v případě šachovnice (Tab. 2, Obr. 16). Při prezentaci krahujce a krahujce bez vzoru sýkory nepřelétávají, kdežto v přítomnosti šachovnice a holuba jsou v kleci velmi agilní (Tab. 2, Obr. 17). V bezprostřední blízkosti krahujce žerou koňadry nejméně (Tab. 2, Obr. 18). Sýkory varují především v prvních dvou minutách (Obr. 19), avšak bez signifikantních rozdílů mezi atrapami (KW:  $H = 5,39$ ;  $Df = 5$ ;  $p = 0,378$ ). Nějaké varování se objeví i v přítomnosti atrapy sýkory či holuba, nikdy však u šachovnice (obr. 19). Po uplynutí prvních dvou minut pokusu, přetrvává varování hlavně u atrapy krahujce, krahujce bez vzoru a červenky. Na atrapu holuba a sýkory už nevarují, šachovnice stále zůstává bez odezvy (Obr. 20). Tyto výsledky jsou ale neprůkazné (KW:  $H = 9,22$ ;  $Df = 5$ ;  $p = 0,101$ ).

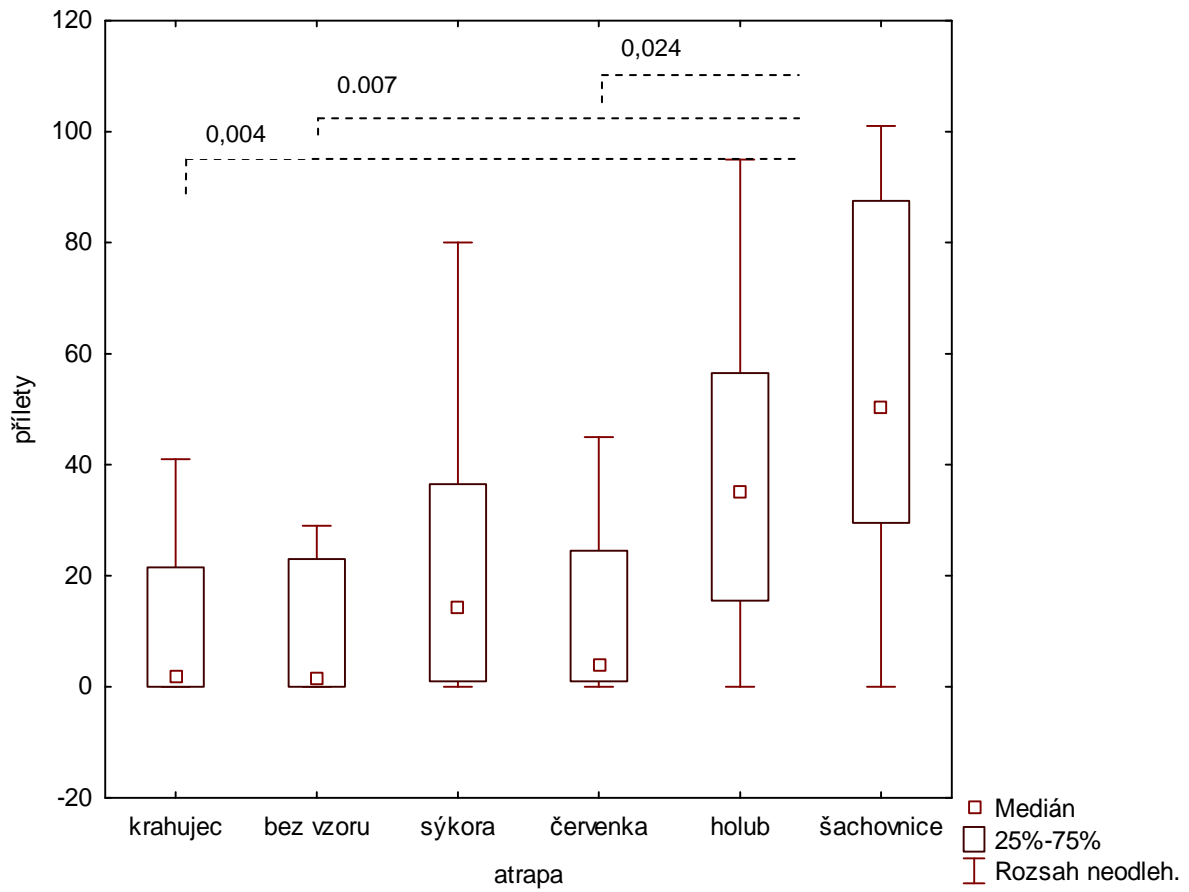
Tab. 2: Kruskal-Wallis test: Rozdíly mezi atrapami u vybraných typů chování.

p (KW) = průkaznost Kruskal-Wallisova testu, p (MCKW) = průkaznost Multiple Comparison Kruskal-Wallisova testu.

Typ chování	H	Df	p (KW)	průkazné rozdíly	p (MCKW)
vzrušení	36,40	5	< 0,001	krahujec x sýkora	0,008
				krahujec x holub	0,001
				krahujec x šachovnice	< 0,001
přílety	21,84	5	< 0,001	krahujec x šachovnice	0,004
				bez vzoru x šachovnice	0,007
				červenka x šachovnice	0,024
přesedávání	22,8	5	<0,001	krahujec x šachovnice	0,033
				bez vzoru x holub	0,019
				bez vzoru x šachovnice	0,004
žraní	17,68	5	0,003	krahujec x šachovnice	0,186

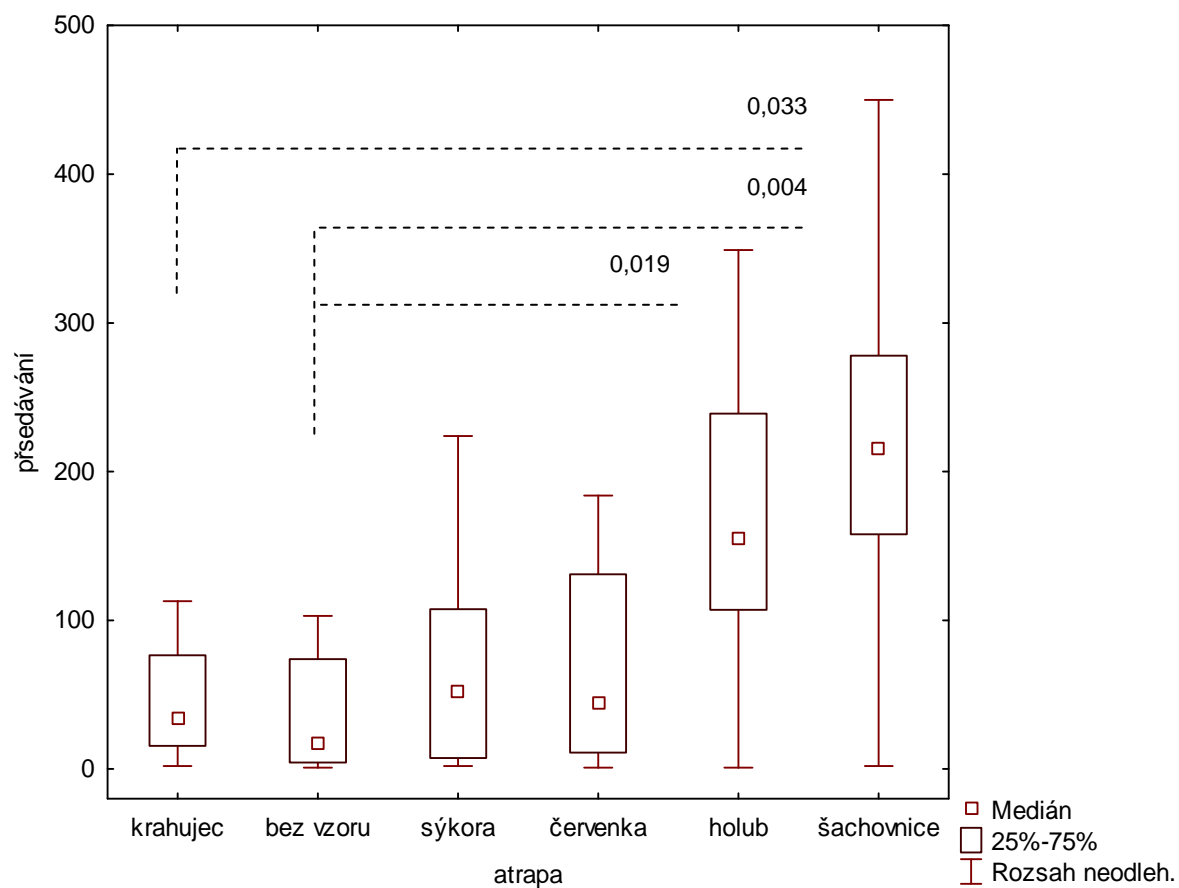


Obr. 15: Celková doba vzrušeného chování během vlastního pokusu.  
 Vyznačeny jsou průkazné rozdíly (Multiple Comparison Kruskal-Wallis test)



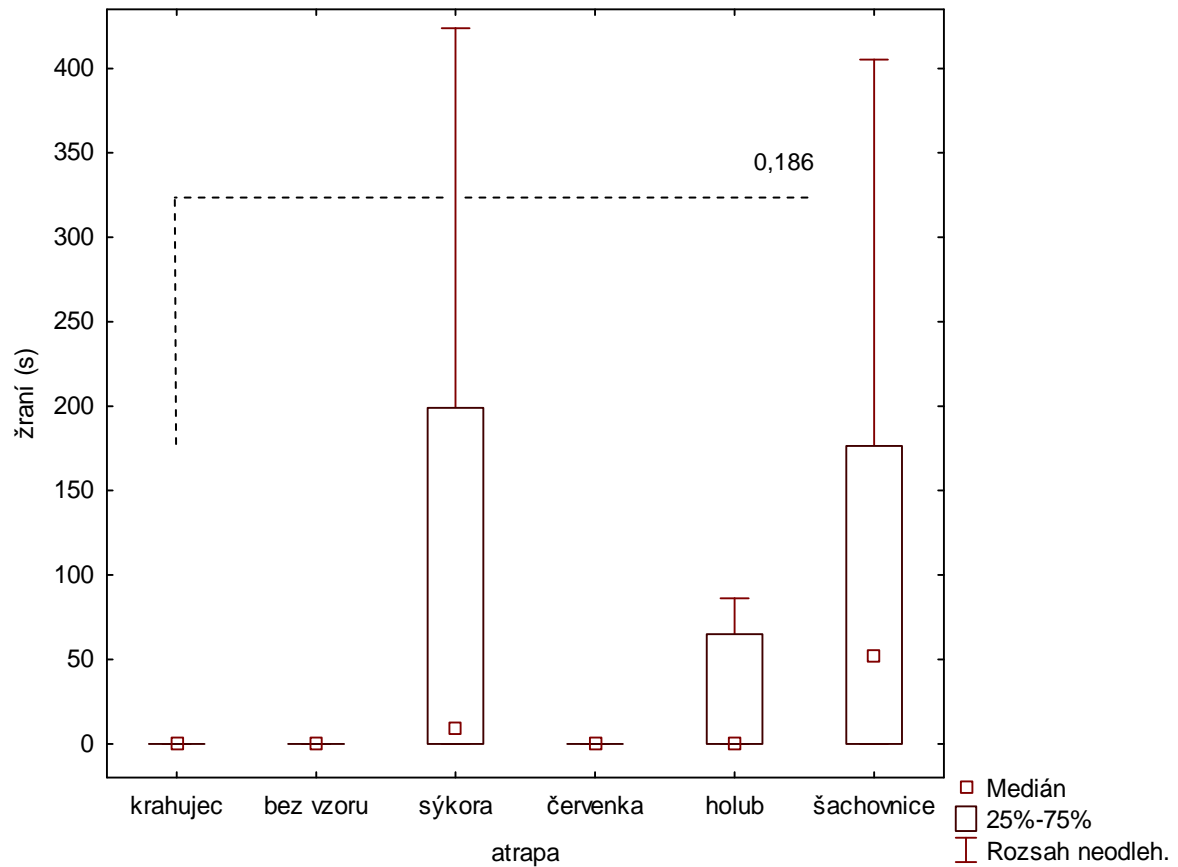
Obr. 16: Celkový počet přiletů do přední části klece během vlastního pokusu.  
 Vyznačeny jsou průkazné rozdíly (Multiple Comparison Kruskal-Wallis test)





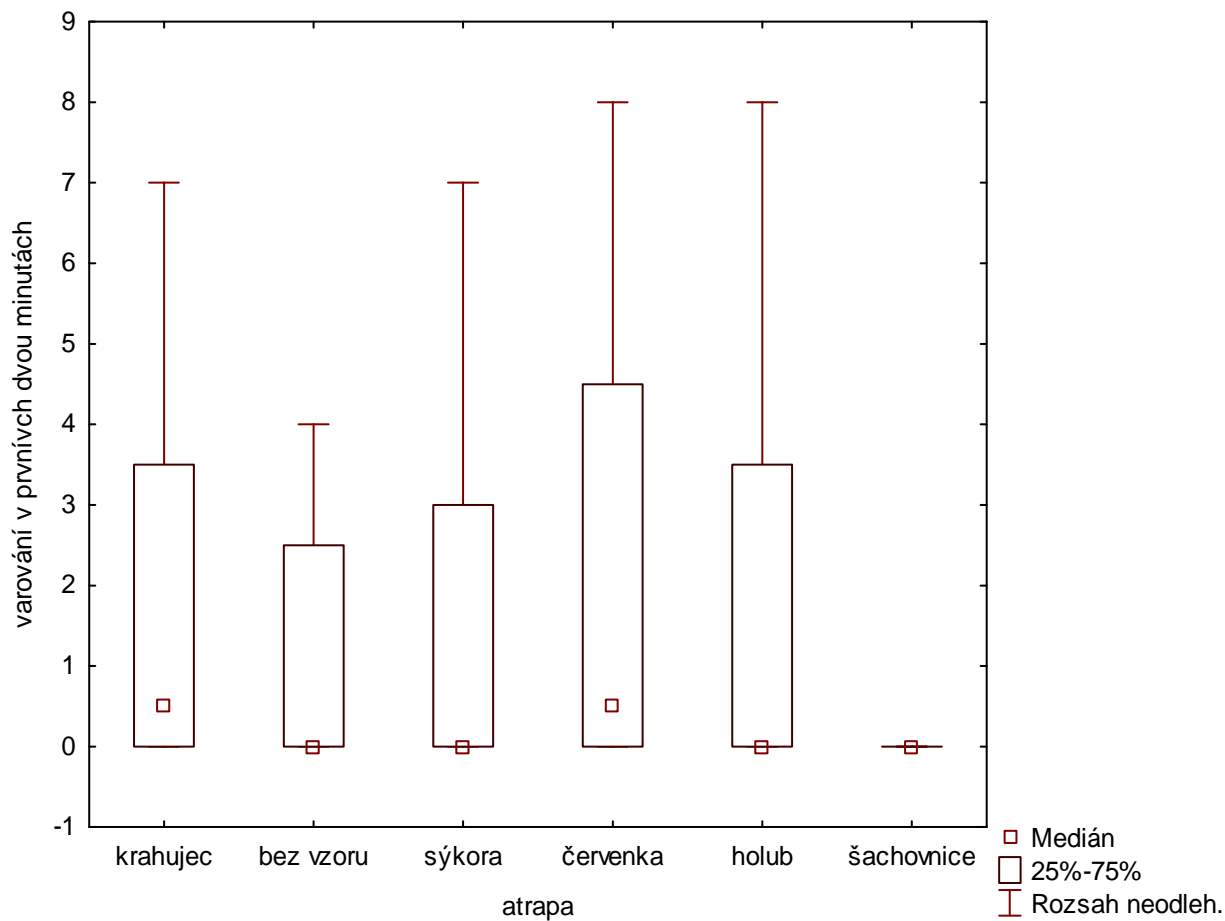
Obr. 17: Celkový počet přesedávání během vlastního pokusu.

Vyznačeny jsou průkazné rozdíly (Multiple Comparison Kruskal-Wallis test)

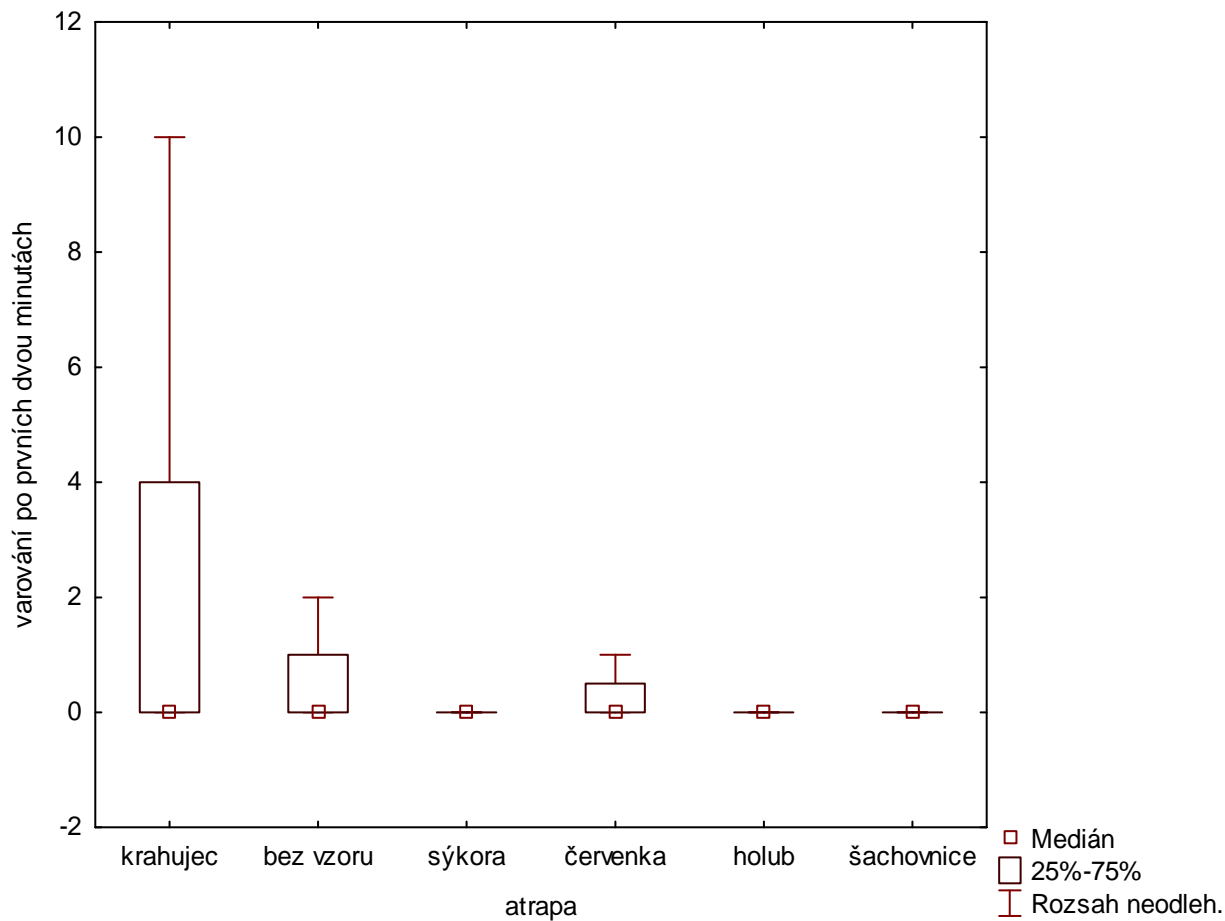


Obr. 18: Celková doba žraní během vlastního pokusu.

Vyznačeny jsou průkazné rozdíly (Multiple Comparison Kruskal-Wallis test)



Obr. 19: Frekvence varování v prvních dvou minutách vlastního pokusu



Obr. 20: Frekvence varování po dvou prvních minutách vlastního pokusu.

## **4. Diskuse**

### **4.1. Chování sýkor koňader během experimentu**

#### **4.1.1. Rozdíl v chování mezi zvykací fází a vlastním pokusem**

Chování koňader se během vlastního pokusu od zvykací fáze prokazatelně lišilo. V průběhu zvykací fáze se koňadry zabývaly především explorací klece. Můžeme tedy usuzovat, že z experimentálního prostředí nebyly výrazně stresované. Tato rychlá schopnost adaptace a zvědavost na nové podmínky, je v souladu s obecným chováním sýkor (Carere et al. 2005). Ke snížení stresové reakce z experimentální klece, jistě přispěly i habituační pobyty.

V přítomnosti plyšových atrap koňadry varovaly, vztyčovaly peří na hlavě a podřepávaly. Toto stresové chování je rozšířené u mnoha pěvců (Marler 1957, Curio 1975).

#### **4.1.2. Srovnání jednotlivých atrap**

Stresová reakce se dostavovala především v přítomnosti krahujce, krahujce bez vzoru a červenky. Nejvíce obávanou atrapou byl krahujec, o něco méně intenzivněji koňadry reagovaly na atrapy krahujce bez vzoru a červenky, mezi těmito třemi atrapami však není průkazný rozdíl. V přítomnosti těchto atrap se sýkory také zdržují v zadní části klece a nepřibližují se na vzdálenost jednoho metru od atrap.

Reakce koňadry na atrapy krahujce v barvách sýkory koňadry a holuba jsou přibližně stejné. Koňadry v jejich přítomnosti nevykazují vzrušené chování, explorují v kleci a žerou. Z počátku, však mají tendenci na atrapy varovat.

Atrapa v barvách šachovnice nevyvolává u koňader žádné stresové reakce a je považována za bezpečnou.

## 4.2. Na základě jakých vodítek sýkory koňadry rozpoznávají predátora?

Naše výsledky nelze vysvětlit pouze jednou ze tří uvažovaných teorií, některé teorie se vzájemně doplňují. Z hlediska **teorie znaků** nejsou zobák, oko, pařáty buď dostatečnými klíčovými znaky, nebo tato teorie nefunguje samostatně (cf. Tumová 2011). Koňadry se totiž v reakci na jednotlivé atrapy, které všechny obsahovaly tyto klíčové znaky, lišily. V řadě prací je však účinek tzv. klíčových znaků prokázán a přítomnost dalších znaků není zapotřebí. Lejskové (*Ficedula hypoleuca*) například rozpoznávali ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) na základě jeho černé oční pásky (Curio 1975). Samci červenky obecné (*Erithacus rubecula*), reagovali agresivně i na chomáč oranžového peří připomínajícího zbarvení hrudi samce (Lack 1943). Scaife (1976a) ale ve své práci prokázal, že jeden samotný znak na rozpoznání nestačí. Zjistil, že kuřata se nejvíce obávala poštolky se žlutýma očima. Méně pak atrapy, kde byly oči zakryté. Poštolčí oči na atrapě kiviho (*Apteryx spp.*) neměly stejný odstrašující efekt jako u samotné poštolky. Ostatní znaky nepredátora tedy kuřata mátlý.

Ani **teorie příkladu** zřejmě dostatečně nevysvětluje chování koňader. Její pravdivost či nepravdivost je však obtížné prokázat, jelikož je založena na učení. Vaughan & Greenee (1984) doložili, že holubi jsou schopni si zapamatovat až 160 různých fotografií. Podobný mechanismus by tedy mohl fungovat i u jiných druhů ptáků. Bylo prokázáno, že sýkorovití (*Paridae*) a krkavcovití (*Corvidae*) jsou velice učenlivé skupiny ptáků. Jsou schopny vynalézat nové postupy při shánění potravy a učit se využívat nové zdroje (Sherry & Galef 1984, 1990, Kothbauer & Hellmann 1990). Na základě těchto výsledků můžeme tedy předpokládat, že i sýkory mají potenciál zapamatovat si po předchozích zkušenostech různé objekty jako jednotlivé příklady. My však nejsme schopni zjistit, jakou zkušenost mají sýkory odchycené v přírodě s červenkou nebo holubem. Lze však předpokládat, že zformovaný a naučený příklad vlastního druhu je více než samozřejmý. Proto bychom mohli očekávat pozitivní reakci na atrapu krahujce v barvách sýkory, kde tento známý barevný vzor „zvítězí“ nad ostatními znaky predátora. Z jejich chování (Obr. 19), je ale zřejmé, že koňadry na atrapu krahujce v barvách sýkory koňadry z počátku varují.

**Teorie prototypu** zřejmě nejvhodněji vystihuje chování koňader. Stresové chování je směřováno k atrapám, které jsou nejbližší prototypu krahujce - predátora. Překvapivá je stresové reakce na atrapu krahujce v barvách červenky, avšak někteří samci krahujce obecného mají červenohnědě zbarvené podkrčí a hrudník (Parkers 1955) (Obr. 22).

Všechny tyto barevné vzory zapadají do prototypu predátora. Barevné vzory sýkory, holuba a šachovnice nikoli. Koňadry na atrapy sýkory a holuba ale z počátku varují. Varování se výrazně sníží po uplynutí prvních dvou minut pokusu. Kategorizace u těchto atrap trvá déle. Barevný vzor ale převáží ostatní dravčí znaky a atrapy jsou v dalších minutách pokusu vyhodnoceny jako bezpečné (varování po dvou minutách, explorace klece, žraní, přiletí, přisedávání). U atrapy šachovnice sýkory ani „nepřemýšlí“ nad nebezpečností a od začátku ji hodnotí jako bezpečnou. Tato odezva je s největší pravděpodobností ovlivněna jejím atypickým barevným vzorem, se kterým koňadry nemohou mít předchozí zkušenost. Můžeme uvažovat i možnost, že na kategorizaci se nepodílí pouze barevný vzor, ale i barvy jako takové. Samotnou kombinaci barev bílá a fialová nenalezneme u žádného pěvce či predátora, se kterým by sýkory mohly mít zkušenost.

Koňadry ale nemohou poznávat krahujce pouze na základě barevného vzoru. Je však nejspíš prvním impulsem v rozhodování. Pokud však nemají možnost rozeznat predátora na základě barvy, řídí se nejspíš velikostí těla, obrysem a přítomností dalších znaků (Curio 1975, Smith & Medin 1981). Na hnízdech lesňáčka žlutého (*Dendroica petechia*) parazituje vlvovec hnědohlavý (*Molothrus ater*) v případě, kdy nebylo možné spoléhat se v rozhodování pouze na barevný vzorec, stačilo u atrapy vlvovce vyměnit zobák za dlouhý zobák špačka (*Sturnus vulgaris*) a lesňáčkovi atrapu nepovažovali za nebezpečnou (Gill et al. 1997).

Zajímavých výsledků s barevným vzorem dosáhl Davies & Welbergen (2008). Sýkory modřinky (*Parus caeruleus*) a koňadry (*Parus major*) se nejvíce bály a snižovaly návštěvnost na krmítku za přítomnosti normálně vybarveného krahujce obecného (*Accipiter nisus*) a kukačky obecné (*Cuculus canorus*). Hrdličky zahradní (*Streptopelia decaocto*) a čírky obecné (*Anas crecca*) se nebály. Manipulační experimenty s pruhovaným hrudním vzorem ukázaly, že varování na kukačky závisí na jejich podobnosti s krahujcem. Kukačky s pruhovaným hrudníkem byly považovány za stejnou hrozbu jako krahujec, kdežto kukačky bez pruhování nikoli. Zřejmě pak převážily jiné znaky, jako například tvar zobáku.

Nicméně pruhování nemůže být pouze jediným znakem, jelikož krahujce bez pruhování se také bály, stejně jako v naší práci. Navíc varování se objevilo i na pruhovanou hrdličku, ale nedosahovalo intenzity jako na krahujce a krahujce bez pruhování. Opět bylo zapotřebí k rozpoznání spojení s ostatními znaky.

Nejbližší porovnání a podpoření našich výsledků přináší práce Tumová (2011). V klecových experimentech otestovala reakce sýkor koňader na plyšové atrapy s barevným vzorem

krahujce, krahujce bez vzoru a atrapu, jež představovala alopatrického luňákovce černého (*Aviceda leuphotes*), se kterým se koňadry nemohou potkat. Atrapy byly stejné velikosti a ze stejného materiálu jako v této práci. Použila dvě série atrap, jednu se znaky predátora (oko, zobák, pařáty), druhou s očima, zobákem a pařáty holuba. Z chování koňader vyplynulo, že se nejvíce bojí atrap s barevným vzorem krahujce, krahujce bez vzoru, méně pak těchto dvou atrap s holubími znaky. Vůbec nejmenší stresové reakce byly směřovány k atrapě luňákovce s i bez dravčích znaků. Její práce vypovídá o důležitosti barevného vzoru, tzv. klíčové znaky predátora (oko, pařáty, zobák) nejsou zřejmě u koňader hlavním rozlišovacím podnětem.

Podobně zaměřené pokusy se prováděly ve volné přírodě s ťuhýkem obecným (*Lanius collurio*) (Němec et al. in prep.). Pro svůj pokus použili plyšové poštolky obecné (*Falco tinnunculus*) s klíčovými znaky predátora a bez nich (holubí oko, zobák, pařáty). Otestovali normálně vybarvenou poštolku, poštolku bez kropenatého vzoru a poštolku s barevným vzorem alopatrického luňákovce černého (*Aviceda leuphotes*). Oproti koňadrám rozpoznávaly ťuhýci atrapy právě na základě očí, zobáku a pařátů. Na „holubí“ poštolky ťuhýci nemobbovali. Průkazného výsledku v napadání atrap ale nedosáhl mezi poštolkami v barvách luňákovce s a bez znaků dravce. I zde se objevil efekt barevného vzoru, avšak s mnohem menším významem než u sýkory koňadry.

Z výsledků těchto prací je pravděpodobné, že faktory, na základě kterých ptáci rozpoznávají své predátory, jsou také druhově specifické a nelze je zobecňovat. Spencer et al. (1997) zjistil, že nemluvňata rozpoznávají chiméry koček a psů především podle hlavy. Podobné experimenty s holubou ukázaly, že chiméry kombinující hlavu kočky a tělo psa, jsou naopak rozpoznány spíše podle těla než části hlavové (Ghosh et al. 2004).

### **4.3. Percepce barev člověkem a ptákem.**

Rozdíly mezi vnímáním barev trichromatickými a tetrachromatickými živočichy byly nastíněny v úvodu. Nabízí se otázka, jestli tyto odlišnosti mohou vážně ovlivnit experimenty. Pro člověka je obtížné a vlastně nemožné zjistit, jaké množství barev jsou ptáci schopni vnímat (Hart 2001, Eaton 2005, Goldsmith 2006). Atrapy predátorů „vytvořené“ lidským okem mohou být tedy ptáky vnímány odlišně. Ptáci ale v těchto atrapách nebezpečí spatřují (Curio 1975, Göth 2001a, Conover 1979, Rozsypal 2008, Davies & Welbergen 2011). Důkazem je i tato práce.



## **5. Shrnutí**

Naše práce vypovídá o důležitosti barevného vzoru jako významného vodítka během kategorizačního procesu. Koňadry se nejvíce obávaly atrap krahujce, krahujce bez vzoru a červenky. Rozpoznání atrap sýkory koňadry a holuba trvalo o něco déle, ale v dalších minutách pokusu byly hodnoceny jako bezpečné, ač disponovaly klíčovými znaky predátorů. Atrapa šachovnice nepředstavovala pro koňadry nebezpečí.

## **6. Závěr**

- diskriminaci predátora lze u sýkor koňader vysvětlit zřejmě teorií prototypu, pravděpodobně v kombinaci s teorií znaků
- barevný vzor hraje důležitou roli v procesu kategorizace u sýkor koňader

## 7. Literatura

**Astley S. L. & Wasserman E. A. (1992).** Categorical discrimination and generalization in pigeons: All negative stimuli are not created equal. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Process*, 18, 193-207

**Barlow H. B. (1982).** What causes trichromacy? A theoretical analysis using comb-filtered spectra. *Vision Research*, 22, 635-643

**Bhatt R. S., Wasserman E.A., Reynolds W.F. and Knauss K.S. (1988).** Conceptual behavior in pigeons: Categorization of both familiar and novel examples from four classes of natural and artificial stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14, 219-234

**Blumstein D. T., Daniel J. C., Griffin A. S. & Evans C. S. (2000).** Insular tammar wallabies (*Macropus eugenii*) respond to visual but not acoustic cues from predators. *Behavioral Ecology*, 11, 528–535

**Burdick C. K. & Miller J. D. (1975).** Speech perception by the chinchilla: Discrimination of sustained /a/ and /i/. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 415-427

**Caldwell G. S. (1986).** Predation as a selective force on foraging herons: effects of plumage color and flocking. *The Auk*, 103, 494-505

**Carere C., Drent P., Privitera L., Koolhaas J., Groothuis G. G. T. (2005).** Personalities in great tits, *Parus major*: stability and consistency. *Animal Behaviour*, 70, 795-805

**Cerella J. (1980).** The pigeon's analysis of Picture. *Pattern Recognition*, 12, 1-6

**Cibulková A. (2008).** Význam barvy v reakci ptačího predátora na aposematickou kořist.

**Conover M. R. (1979).** Response of birds to raptor models. *Bird Control Seminars Proceedings*, University of Nebraska, Lincoln.

**Coppinger R. P. (1969).** The effect of experience and novelty on avian feeding behaviour with reference to the evolution of warning coloration in butterflies of warning coloration in butterflies. I. Reactions of wild-caught adult blue jays to novel insect. *Behaviour*, 35, 45-60

**Coppinger P. R. (1970).** The effect of experience and novelty on avian feeding behaviour with reference to the evolution of warning coloration in butterflies of warning coloration in butterflies. II. Reaction of naive birds to novel insects. *The American Naturalist*, 104, 323-335

**Cott H. B. (1940).** *Adaptive Coloration in Animals*. London: Methuen.

**Curcio C. A., Sloan K. R., Kalina R. E., Hendrickson A. E. (1990).** Human photoreceptor topography. *The Journal of Comparative Neurology*, 22, 497-523

**Curio E. (1975).** The functional organization of anti-predator behaviour in the Pied flycatcher: a study of avian visual perception. *Animal Behaviour*, 23, 1-115

**Cuthill C. I., Partridge C. J., Bennett D. T. A., Church C. S., Hart S. N., Hunt S. (2000).** Ultraviolet vision in birds. *Advances in the Study of Behavior*, 29, 159-214

**Delius J. D. & Emmerton J. (1979).** Visual performance of pigeons. In A. M. Granda & J. H. Maxwell (Eds.), *Neural mechanisms of behavior in the pigeon* (pp.51-70). New York: Plenum.

**Delius J. D., Jitsumori M., Siemann M. (2000).** Stimulus equivalencies through discrimination reversals. In C. Heyes & L. Huber (Eds.), *The Evolution of Cognition* (pp. 103-122). Cambridge, MA: MIT Press.

**Davies N. B. & Welbergen J. A. (2008).** Cuckoo - hawk mimicry? An experimental test. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275 , 1817-1822

**Davies N. B. & Welbergen J. A. (2011).** A parasite in wolf's clothing: hawk mimicry reduces mobbing of cuckoos by hosts. *Behavioral Ecology*, 22, 574-579

**Dingemanse N. J., Both C., Drent P. J., Tinbergen J. M. (2004).** Fitness consequences of avian personalities in a fluctuating environment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 271, 847-852

**Eaton M. D. (2005).** Human vision fails to distinguish widespread sexual dichromatism among sexually „monochromatic“ birds. *Proceeding of the National Academy of Science USA*, 102, 10942-10946

**Eaton M. D. (2007).** Avian visual perspective on plumage coloration confirms rarity of sexually monochromatic North American passerines. *The Auk*, 124, 155-161

- Edmonds D. T. (1996).** A sensitive optically detected magnetic compass for animals. *Proceedings of the royal society of London B*, 263, 295-298
- Exnerová A., Svadová K. et al. (2006).** Importance of colour in the reaction of passerine predators to aposematic prey: experiments with mutants of *Pyrrhocoris apterus* (*Heteroptera*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 88, 143-153
- Ghosh N., Lea S. E. G., Noury M. (2004).** Transfer to intermediate forms following concept discrimination by pigeons: Chimeras and Morphs. *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour*, 82, 125-141
- Gill S. A., Neudorf D. L., Sealy S. G. (1997).** Host responses to cowbirds near the nest: cues for recognition. *Animal Behaviour*, 53, 1287-1293
- Goldsmith H.T. (2006).** What birds see. *Scientific American*, 69-75
- Göth A. (2001a).** Innate predator-recognition in Australian brush-turkey (*Alectura lahtami*) hatchlings. *Behaviour*, 138, 117-136
- Götmark F. (1994).** Does a novel bright colour patch increase or decrease predation? Red Wings reduce predation risk in European blackbirds. *Proceedings of the Royal Society of London*, 256, 83-87
- Götmark F. (1996).** Simulating a colour mutation: conspicuous red wings in the European blackbird reduce the risk of attacks by Sparrowhawks. *Functional Ecology*, 10, 355-359
- Harris W. (1953).** The evolution of binocular and stereoscopic vision in man and other animals. *British Medical Journal*, 8, 297-301
- Hart N. S. (2001).** The visual ecology of avian photoreceptors. *Progress in Retinal and Eye Research*, 20, 675-703
- Herrnstein R. J., Loveland D. H. & Cable C. (1976).** Natural concepts in pigeons. *Journal of experimental psychology: Animal Behavior Processes*, 2, 285-301
- Hudec K., Štastný K. a kolektiv (2005).** Fauna ČR, Ptáci 1-3. Academia, Praha
- Chai P. (1988).** Wing coloration of free-flying neotropical butterflies as a signal learned by a specialized avian predator. *Biotropica* 20, 20-30

- Chandler C. R. & Rose R. K. (1988).** Comparative analysis of the effects of visual and auditory stimuli on avian mobbing behavior. *Journal of Field Ornithology*, 59, 269-277
- Jitsumori M., Natori M. & Okuyama K. (1999).** Recognition of moving video images of conspecifics by pigeons: Effects of individuals, static and dynamic motion cues, and movement. *Animal Learning & Behavior* 27, 303-315
- Jones C. D., Osorio D. (2004).** Discrimination of oriented visual textures by poultry chicks. *Vision Research*, 44, 83-89
- Kirschfeld K. (1982).** Carotenoid pigments: their possible role in protecting against photooxidation in eyes and photoreceptor cells. *Proceedings of the Royal Society*, 216, 71–85
- Kothbauer-Hellmann R. (1990).** On the Origin of a Tradition - Milk Bottle Opening by Titmice (*Aves, Paridae*). *Zoologischer Anzeiger*, 225, 353-361
- Komárek S. (2004).** Mimikry, aposematismus a příbuzné jevy : mimetismus v přírodě a vývoj jeho poznání, Praha : Dokořán
- Králíček P. (1995).** Úvod do speciální neurofysiologie. Karolinum, Praha
- Lack D. L. (1943).** The life of the Robin, H. F. & G. Witherby Ltd. (London)
- Lindström L., Alatalo R.V., Lytinen, A. & Mappes, J. (2001).** Predator experience on cryptic prey affects the survival of conspicuous aposematic prey. *Proceedings of the Royal Society B*, 268, 357-361
- Marler P. R. (1957).** Specific distinctiveness in the communication signals of birds. *Behaviour*, 11, 13-39
- Marler P. R. (1982).** Avian and primate communication: The problem of natural categories. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 6, 87-94
- Murdoch W.W. (1969).** Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecological Monographs*, 39, 335-354
- Němec M., Součková T., Poláková S., Fuchs R. in press.** How can Shrike recognize Kestrel sitting close its nest? Coloration or key features.

**Neisser U. (1987).** Concepts and conceptual development. Ecological and intellectual factors in categorization. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

**Osorio D., Vorobyev M., Jones C. D. (1999b).** Colour vision of domestic chicks. The Journal of Experimental Biology, 202, 2951-2959

**Palleroni A., Hauser M., Marler P. (2005).** Do responses of galliform birds vary adaptively with predator size? *Animal Cognition*, 8, 200-210

**Parkers (1955).** Notes on the molts and plumage of the Sparrowhawk. *The Wilson Bulletin*, 67, 194-199

**Pearce J. M. (1989).** The acquisition of an artificial category by pigeons . *Quarterly journal of Experimental Psychology*, 41B, 381-406

**Posner M. I. & Keele S. W. (1968).** On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363

**Prokopová M. (2005).** Aposematismus ruměnice pospolné *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae): vliv druhu predátora a barevného vzoru na účinnost varovné signalizace. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 49 stran

**Rosch E. (1978).** Principles of categorization. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 27-48). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

**Rozsypal J. (2008).** Experimentální výzkum diskriminace predátorů v laboratorních podmínkách. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 37 stran

**Scaife M. (1976a).** The response to eye-like shapes by bird. I. The effect of context: A predator and a strange bird. *Animal Behaviour*, 24, 195-199

**Sherry D. F. & B. G. Galef (1984):** Cultural Transmission without Imitation - Milk Bottle Opening by Birds. *Animal Behaviour*, 32, 937-938

**Sherry D. F. & B. G. Galef (1990):** Social-Learning without Imitation - More About Milk Bottle Opening by Birds. *Animal Behaviour*, 40, 987-989

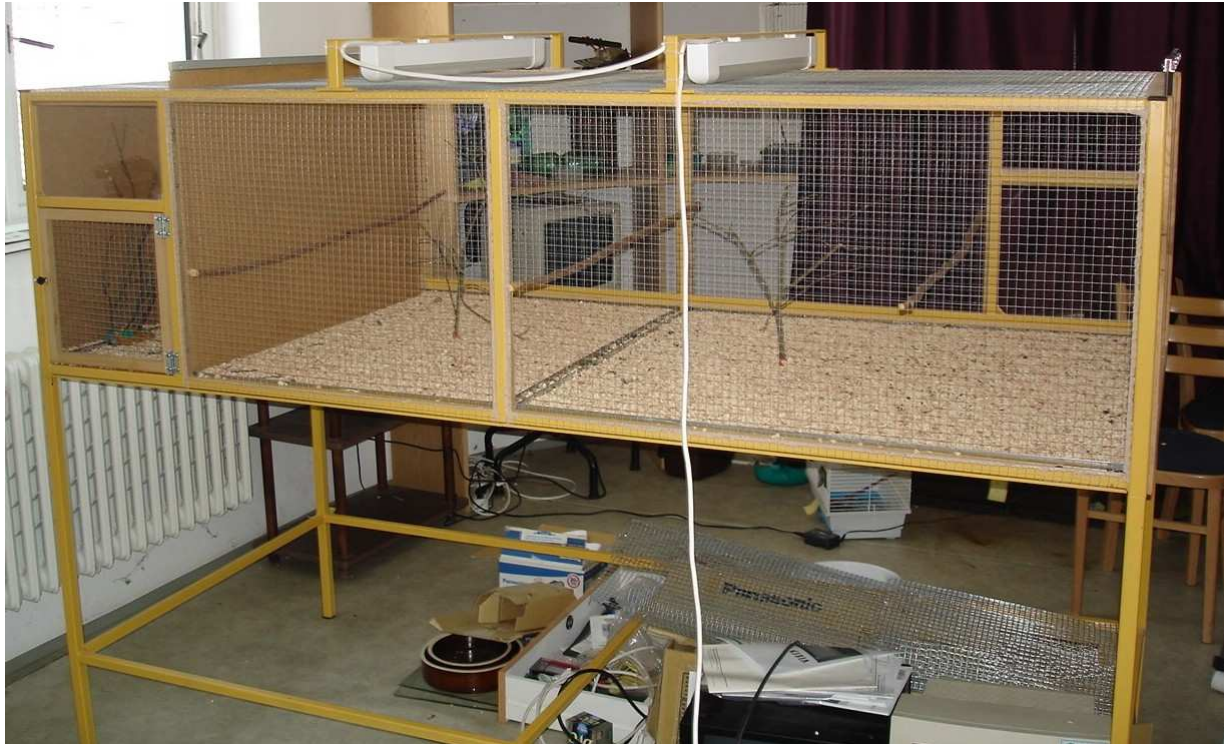
- Shettleworth S. J. (2001).** Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*, 61, 277-286
- Schuler W. & Hesse E. (1985).** On the function of warning coloration: A black and yellow pattern inhibits prey- attack by naive domestic chicks. *Behavior, Ecology and Sociobiology*, 16, 249-255
- Silberglied R. E. (1979).** Communication in ultraviolet. *Annual Revue of Ecology and Systematics*, 10, 373–398
- Sillén-Tullberg B. (1985).** Higher survival of aposematic than a cryptic form of a distasteful bug. *Oecologia*, 67, 411-415
- Smith E. E., Medin D. L. (1981).** *Categories and Concepts*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Smith E. L, Greenwood V. J, Bennett A. T. D. (2002).** Ultraviolet colour perception in European starlings and Japanese quail. *The Journal of Experimental Biology*, 205, 3299-3306
- Spector K. & Kanwisher N. (2005).** Visual recognition: As soon as you know it is there, you know what it is. *Psychological Science*, 16, 152-160
- Spencer J., Quinn P. C., Johnson M. H., Karmiloff. U., Smith A. (1997).** Heads you win, tails you lose: evidence for young infants categorizing mammals by head and facial attributes. *Early Development and Parenting*, 6, 113-126
- Thomas R. J., Bartlet L. A., Marples N. M., Kelly D. J., Cuthill I. C. (2004).** Prey selection by wild birds can allow novel and conspicuous colour morphs to spread in prey populations. *Oikos*, 106, 285-294
- Tumová P. (2011).** Klíčové znaky a prototypy ve vizuálním rozpoznávání predátorů - laboratorní experimenty se sýkorou koňadrou (*Parus major*). Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 34 stran
- Vaughan W. Jr. & Greene S. L. (1984).** Pigeon visual memory capacity. *Journal of experimental psychology: Animal Behaviour Proces*, 10, 256-271

**Veselý P., Veselá S., Fuchs R., Zrzavý J. (2006).** Are gregarious red-black shieldbugs, *Graphosoma lineatum* (Hemiptera: Pentatomidae), really aposematic? An experimental approach Evolutionary Ecology Research, 8, 881-89

**Watve M., Thakar J., Kale A., Puntambekar S., Shaikh I., Vaze K., Jog M., Paranjape S. (2002).** BeeEater (*Merops orientalis*) respond to what a predator can see. Animal Cognition, 5, 253-259



## 8. Příloha



Obr. 21: Experimentální klec



Obr. 22: Samec krahujce obecného (*Accipiter nisus*) s červeným hrudníkem