

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích



Přírodovědecká fakulta



Diplomová práce

**Reakce na zbarvení ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris
apterus*) a jeho varianty u lidí**

Vypracovala: Bc. Martina Vaňkátová

Vedoucí práce: RNDr. Roman Fuchs, CSc.

České Budějovice, 2011

Vaňkátová, M., 2011: Reakce na zbarvení ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*) a jeho varianty u lidí. [Human's reaction to the red firebug's (*Pyrrhocoris apterus*) coloration and its modified coloration] - p. 45, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

So far, nobody examined a human reaction on aposematic signals. I used red firebug's coloration and its modifications in color and pattern for testing the human reactions. People showed refusing reaction on white color and some types of eye spots. There is big difference between reactions on red color and black color in different human groups. This theme needs further research.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala 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

Poděkování:

Obrovské poděkování patří vedoucímu katedry a mému školiteli za poskytnutou šanci a věnovaný čas. Velký dík patří rovněž za ochotu, poskytnutý čas a rady RNDr. Petru Veselému, PhD., a Mgr. Simoně Polákové.

Obsah

1.	Úvod	1
1.1.	Optické signály u živočichů	1
1.2.	Optické signály u živočichů: barva	2
1.2.1.	Melanin a karotenoidy	2
1.2.2.	Červená barva	2
1.2.3.	Výrazně tmavá až černá barva	3
1.2.4.	Oranžová, růžová a žlutá	3
1.2.5.	Bílá barva.....	3
1.3.	Optické signály u živočichů: Textura.....	4
1.3.1.	Disruptivní zbarvení a kamufláž.....	4
1.3.2.	Napodobování očí – vytváření takzvaných očních skvrn.	4
1.3.3.	„Countershading“	5
1.3.4.	Aposematismus.....	5
1.3.4.1.	Aposematismus druhu <i>Pyrrhocoris apterus</i> (Hemiptera, Pyrrhocoridae).....	6
1.3.5.	Symetrie	7
1.4.	Optické signály u živočichů: pohyb	7
1.5.	Člověk a optické signály	8
1.5.1.	Evoluce zrakového vnímání u člověka	8
1.5.2.	Barevné vidění	8
1.5.2.1.	Hodnocení barev	9
1.5.3.	Vnímání tvaru a textury	9
1.5.4.	Visuální vjem – komplexita a symetrie	9
1.5.5.	Visuální vjem – pohyb a vzdálenost.....	9
1.6.	Cíle práce.....	10
2.	Metodika	11
2.1.	Zjišťované charakteristiky testovaných lidí	11
2.2.	Předkládané obrázky	11
2.2.1.	Barvy se vzorem	12
2.2.2.	Barvy bez vzoru.....	12
2.2.3.	Modifikace vzorů.....	13
2.2.4.	Vzory ve tvaru očních skvrn.....	13
2.2.5.	Symetrie vzorů.....	14

2.3.	Statistické zpracování dat.....	14
2.3.1.	Převedení dat do tabulky výsledků	14
2.3.2.	Hodnocení vyobrazení v rámci jednotlivých sad.....	14
2.3.3.	Hodnocení přírodního vzoru ruměnice mezi jednotlivými sadami	15
3.	Výsledky	16
3.1.	Hodnocení obrázků v rámci jednotlivých sad	16
3.1.1.	Barvy se vzorem	16
3.1.2.	Barvy prosté.....	18
3.1.3.	Části vzoru	19
3.1.4.	Oční skvrny.....	20
3.1.5.	Symetrie	21
3.2.	Vliv charakteristik probandů na jejich hodnocení obrázků v rámci jednotlivých sad	22
3.2.1.	Barvy se vzorem	22
3.2.2.	Barvy prosté.....	23
3.2.3.	Části vzoru	24
3.2.4.	Oční skvrny.....	25
3.2.5.	Symetrie	26
3.3.	Hodnocení přírodního vzoru ruměnice v rámci jednotlivých sad	27
4.	Diskuze	28
4.1.	Porovnání jednotlivých obrázků.....	28
4.1.1.	Barvy.....	28
4.1.1.1.	Nevýraznost žluto- černé kombinace.....	29
4.1.2.	Vzory	29
4.2.	Vliv charakteristik lidí na hodnocení	31
4.2.1.	Barvy.....	31
4.2.1.1.	Rozdíl černo- červená	32
4.2.2.	Vzory	33
4.2.3.	Hodnocení zbarvení ruměnice pospolné (<i>Pyrrhocoris apterrus</i>) u lidí.....	34
5.	Literatura:	35

1. Úvod

Způsoby vnímání se u různých živočichů velmi liší (*Poulton, 1890*). Tento názor je všeobecně přijímán celou vědeckou obcí již od 19. století. Z této doby pochází první citované práce o zbarvení živočichů a jejich významu (*Bates, 1861, Müller, 1878*). Lidé druhu *Homo sapiens* byli zařazeni do živočišné říše ve stejné době (*Darwin, 1871*). Ačkoli jeho teorie byla postupně přijata širokou veřejností, stále člověk byl, a je, v očích člověka vnímán jako jedinečný tvor, který má naprosto originální identitu jako druh, i jako jedinec. Výzkumy však prokázaly, že vnímání objektů, barev a pohybu u člověka má své principy a zákonitosti, podobně jako u ostatních živočichů (*Shephard, 1994*).

1.1. Optické signály u živočichů

K optické komunikaci dochází mezi jedinci stejných i různých živočišných druhů při všech druzích interakcí, pokud nechybí zrakový aparát (*Poulton, 1890*). Často při tom dochází ke konfliktům mezi jednotlivými funkcemi optického signálu (*Endler 1978, Butcher a Rohwer, 1989*).

Optické signály jsou využívány ke vnitrodruhové komunikaci, jako je teritoriální chování a zastrašování soka (*Pryke, Andersson, 2003*), atrakce sexuálního partnera (*Endler, 1980, Burghardt et al., 2000*), či určování sociálního postavení v rámci skupiny (*Järvi, Bakken, 1984*).

V mezidruhové komunikaci jsou využívány rovněž. Nejčastěji v rámci antipredačního chování jako jsou kryptická a disruptivní zbarvení (*Cott, 1940, Endler, 1980, Endler 2006*), mimikry (*Bates, 1861, Müller, 1878*), „countershading“ (*Poulton, 1890, Ruxton, et al., 2004a*) a aposematická zbarvení (*Church et al., 1998, Endler, 2006, Ruxton, Sherratt, 2006 aj.*), vzácněji u mezidruhového teritoriálního chování (*Ruxton, Sherratt, 2006*).

Pokud jsou tyto signály využívány jako aposematické zbarvení, k vyjádření sociálního statusu, nebo k sexuální signalizaci, mají výrazně odlišný charakter od maskovacího zbarvení, jsou více zvýrazňovány a jsou viditelnější (*Cott, 1940*). Díky tomu může docházet k řadě trade-off mezi jednotlivými typy zbarvení, například mezi kryptickým a disruptivním (*Cuthill, et al., 2005, Endler, 2006*), nebo mezi kryptickým a sexuálně atraktivním (*Endler, 1980*), či mezi kryptickým a aposematickým (*Ruxton et al., 2004*).

1.2. Optické signály u živočichů: barva

Kvalita zbarvení, jako je například jeho sytost, rovnoměrnost, celistvost, pestrost, a to i u zbarvení, které je primárně ochranné, vyjadřuje fitness jedince (*McGraw, Hill, 2004*). To odpovídá faktu, že většina typů zbarvení, a to především u ptáků, nemá výlučnou funkci. Většina zbarvení, pokud se stane dostatečně výrazná, sytá, získá informační charakter o fitness jedince, a je tedy nositelem informace pro potenciálního sexuálního partnera (*Delhey et al., 2007*). V tomto ohledu se jako nejzajímavější jeví disruptivní zbarvení, které je dle *Cuthillové et al. (2005)*, tím úspěšnější, čím jsou jeho barvy výraznější, protože s výrazností zbarvení se více projevuje trade-off mezi nenápadností pro predátory a nápadností při vnitrodruhové atrakci (*Aragones, 1999*).

1.2.1. Melanin a karotenoidy

Mezi živočichy nejvíce využívané patří barvy tmavé (melanin) a červené (karotenoidy), (*Griffith, et al., 2006*). Melanin je barvivo, které si živočichové vytvářejí sami (*Hearing, 1993*), karotenoidy musí získávat z okolního prostředí (*Goodwin, 1984*). Těmito barvami tvořené signály jsou nejvíce využívány pro vnitrodruhovou sexuální komunikaci, kdy schopnost obstarat si, či vytvářet tato barviva je vnímána jako klíčová pro vyjadřování fitness jedince (*Andersson, 1994*). To je základem pro různé modely, které tuto závislost studují (*Hill, 1992*). Původní názor byl, že zatímco karotenoidová barviva vyjadřují hlavně fitness jedince, melaninová barviva vyjadřují hlavně jeho sociální status (*McGraw, Hill, 2000*), poslední práce ovšem ukazují na úzkou souvislost mezi fitness jedince a jeho sociálním statutem a tuto tezi vyvrací (*Griffith, Pryke, 2006*). Objevují se práce prokazující, že sociální status závisí i na červených barvivech (*Griffith, Pryke, 2006*). Karotenoidy mají rovněž ochrannou funkci, například u vajec ve snůšce (*Blount et al., 2000*) a mají přímý vliv na imunitu jedince, díky čemuž vzniká trade-off mezi sexuální signalizací a vlastní imunitou (*Blount, 2004, Olson a Owens, 1998*).

1.2.2. Červená barva

Zatímco bezobratlí a někteří obratlovci (obojživelníci a ptáci) ostře červenou generují především pomocí karotenoidů, savci ji získávají výlučně pomocí prokrvení tkáně, nebo pomocí turacinu (*Fox, Ververs, 1960*). Slouží hlavně k vyjádření fitness v rámci atrakce sexuálního partnera a k vyjádření sociálního postavení ve skupině (*Griffith, Pryke, 2006*). Červená je neodmyslitelně spojena s rozmnožováním primátů (*Darwin, 1871, Dixson, A.*

F., 1998). U nich je červené zbarvení některé tělní části většinou spojené s jejím zduřením (Snowdon, 2004).

1.2.3. Výrazně tmavá až černá barva

Neostrou tmavou červenou až černou ptáci a savci vytváří hlavně pomocí melaninu (Fox, Ververs, 1960). Slouží ke stejným účelům jako červené barvy, tedy k vyjádření sociálního postavení a fitness (Griffith, Pryke, 2006). Melaninové barvy ovšem mohou sloužit i jako maskování (Tullberg et al., 2008), nebo u hmyzu k vyjádření síly chemické obrany (Bezzerides et al., 2007).

1.2.4. Oranžová, růžová a žlutá

Tyto barvy jsou rovněž tvořeny pomocí karotenoidů, a tak je jich využíváno obdobným způsobem jako červené a černé. Odstíny těchto barev závisí na typu a koncentraci karotenoidu a druhu zbarveného jedince. Sytost a intenzita zbarvení ukazují na kvalitu prostředí a fitness jedince (Hill, 1996), a to i u aposematically zbarvených druhů (Grill, 1999). Platí, že čím tmavší, nebo sytější odstín, tím energeticky náročnější zbarvení (Hill, 1996, Olson, Owens, 1998). Tyto barvy se často objevují u ptáků u tzv. kosmetického zbarvení, které pták získává druhotně (Delhey et al., 2007).

1.2.5. Bílá barva

Typická je pro aposematické zbarvení terestrických savců, a to především v černo – bílé kombinaci (Caro, 2009). Využívána je i pro všechny druhy kamuflážního zbarvení (Caro, 2009). Je vnímána aposematically některými plodožravými ptáky (Honkavaara et al., 2004).

Všechny výše zmíněné barvy jsou používány nejenom ke komunikaci v rámci vlastního druhu, ale mohou mít i antipredační efekt. To dokazuje práce Endlerové (1980) na živorodce *Poecilia reticulata*, kde pod predáčním tlakem v průběhu generační výměny výrazně měnily vzhled pouze jedinci zbarvení modře a duhově, zatímco jedinci žlutí, červení a tmaví vzhled výrazně neměnili.

1.3. Optické signály u živočichů: Textura

Kombinování více barev je nedílnou součástí většiny zbarvení u živočichů (*Poulton, 1890*). Tento prvek má podstatnou úlohu při plnění antipredačních funkcí (*Wallace, 1889*).

1.3.1. Disruptivní zbarvení a kamufláž

Disruptivní zbarvení, jehož účinnost zvyšuje výrazná textura (*Cuthill, et al., 2005, Dimitrova et al., 2009*), je účinnější než kamufláž, a to i v případě, kdy disruptivní textura nekoreluje s barvou pozadí (*Sherratt, et al., 2005, Stevens et al., 2006*). Tuto tezi podporuje i práce *Skelhorn, Ruxton (2011)*, kde je prokázána výrazná ztráta efektivity kamufláže při opakovaném výskytu ve stejném mikrobiotopu. Klasická kamufláž navíc omezuje jedince ve výskytu – v prostředí je řada mikrobiotopů, ve kterých je jeho ochranné zbarvení neúčinné (*Ruxton et al., 2004b*). Účinnost kamuflážního zbarvení v porovnání s nápadnější formou zbarvení (aposematické) je lepší na kratší vzdálenost (*Tullberg et al., 2005*). To odpovídá práci *Schaefer et al. (2006)*.

Význam disruptivního zbarvení je výrazný hlavně u obrany proti létajícím predátorům, kdy stejné barvy bez disruptivní textury vykazují výrazně menší přežívání (*Schaefer, et al., 2006*). Ve světle těchto poznatků se jeví některé články, které tyto práce necitují naprosto chybné, např. *Bohlin et al. (2008)*.

U disruptivního vzoru byla prokázána vyšší efektivita, pokud textura byla umístěna u okrajů těla živočicha (*Cuthill, et al., 2005*). U tohoto typu zbarvení je prokázána funkčnost i v případě, že barva nekoreluje s pozadím (*Cott, 1940*). To je důležité v prostředí, kde jsou vysoce proměnlivé světelné podmínky, jako je například deštný prales (*Endler, 1993*).

1.3.2. Napodobování očí – vytváření takzvaných očních skvrn.

Tento způsob obrany před predátory jako první popsal *Poulton (1890)*. Pokud skvrny napodobují určitou tělní část (např. oči) na jiném místě na těle, jedná se o nejefektivnější druh disruptivního zbarvení (*Cuthill, Székely, 2009*). Účinkuje dokonce stejně na ptačí a savčí predátory (*Cuthill, Székely, 2009*). Tento účinek u očí je ovšem omezen velikostí těchto skvrn. Při přesáhnutí určité hodnoty je již účinek těchto skvrn odrazující, nikoli matoucí (*Vallin et al., 2011*).

1.3.3. „Countershading“

Jedná se o nejčastější jev ve zbarvení živočicha (Cott, 1940). Je to způsob maskování, kdy světlou barvou dochází ke kompenzování stínů v prohlubních a tmavou barvou ke znevýrazňování vystouplé, osvětlené části zvířete. Je to jeden z nejběžnějších, ale z nejméně prozkoumaných způsobů vizuálního maskování (Rowland 2009). Má prokázanou úspěšnost při předcházení predaci (Rowland et al., 2008). Barevné rozmístění (světlá – tmavá) se liší v závislosti na druhu predátora, nejvíce mezi zvířaty s ptačí predací a mezi zvířaty s nelétavými predátory (Rowland, 2009). S tímto typem zbarvení se pojí i další benefity. Například v podobě usnadnění termoregulace (Rowland, 2009). Na rozdíl od ostatních typů vizuální komunikace mezi zvířaty nebyl objeven zoology, ale výtvarnými umělci, konkrétně *Abbottem Thayerem*, který své poznatky publikoval v roce 1896 (Behrens, 2009).

1.3.4. Aposematismus

Zatímco v předchozí části jsem se věnovala zbarvením odvádějící pozornost od kořisti, u aposematismu je tomu právě naopak (Wallace, 1889). Poulton (1890) toto zjištění doplňuje: Aposematické zvíře používá minimálně 2 výrazné barvy, které jsou výrazně odlišné od barev prostředí, často chybí únikové a krycí prvky v chování jedince. Odstrašuje tak potencionální predátory nebo parazity (Endler, 1988). Platí, že čím vyšší kontrast mezi jedincem a prostředím, tím účinnější aposematické zbarvení (Gamberale – Stille, 2001).

Jako barvy s typicky antipredačním efektem jsou u aposematismu zmiňovány červená a žlutá (Skelhorn, 2011), doplněné texturou (Poulton, 1890). Červeno-černá kombinace je typická pro hmyz (Sillén – Tullberg et al., 2000), oranžová (Ritland, 1998) a bílá barva (Cott, 1940) pro motýly a terestrické savce (Caro, 2009), žlutočerná kombinace pro některé blanokřídlé (Cott, 1940).

Aposematický vzor jednotlivých druhů vznikl libovolnou kombinací snahy odlišit se od prostředí a snahy odlišit se od „vhodnější“ kořisti (Merilaita, Ruxton, 2007), a to nejspíše jako důsledek omezení účinnosti kryptického zbarvení u některých životních strategií (Merilaita, Tullberg, 2005). Složitost aposematického vzoru vyplývá z potřeby upozornit více druhů potencionálních predátorů (Lindstedt, et al., 2008). To podporuje práce *Hotové - Svádové et al. (2010)*, ve které byly prokázány odlišné reakce různých druhů predátorů na aposematickou kořist. Symetričnost vzoru umocňuje aposematický efekt zbarvení (Forsman, Merilaita, 1999). Na účinnost aposematického zbarvení u kořisti vzdušných

predátorů nemá vliv velikost těla kořisti (*Remmel, Tammaru, 2009, Remmel, Tammaru, 2011*). Naopak jako významná se jeví velikost aposematického vzoru ve vztahu k tělu kořisti (*Rimmel, Tammaru, 2011*). Pro ptáky je výstražnější barva než vzor (*Aronsson, Gamberale – Stille, 2008*).

Reakce na aposematické zbarvení byla prokázána u predátorů se schopností učit se, i bez ní, což prokazuje i vrozený odpor k aposematickému zbarvení (*Ruxton et al., 2004b*). Reakci predátora neovlivňuje pouze vlastní naučená zkušenost, kterou prokázaly práce *Exnerová et al. (2003)*, *Svádové et al. (2009)* aj., ale i pozorování dalších jedinců skupiny a jejich reakcí (*Skellhorn, 2011*) a etologie této skupiny (*Exnerová et al., 2010*). Účinnost aposematického zbarvení sledovaného druhu stoupá s vyšší agregací jedinců (*Gamberale, Tullberg, 1996, Mappes, Alatalo, 1997*). Agregace jedinců na jednom místě přímo zvyšuje efekt aposematického vzoru nejenom na aktivně lovící predátory (*Gamberale, Tullberg, 1998*), ale i na číhající predátory (*Hatle, Salazar, 2001*). Odpor predátorů k aposematické kořisti se zvyšuje s rostoucí druhovou diverzitou potenciální kořisti ve sledovaném biotopu (*Przeczek, 2008*). Aposematické zbarvení může být využito i ke vnitrodruhovému „odrazení“ (*Papaj, Newsom, 2005*).

1.3.4.1. Aposematismus druhu *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera, Pyrrhocoridae)

Aposematický druh *Pyrrhocoris apterus* (*Exnerová et al., 2003*) svou „nechutnost“ podporuje vylučováním repelentních sekretů (*Farine et al., 1992*). Ploštice je ve své přírodní formě červeno- černá. Za její zbarvení zodpovídají různé druhy *pteridinů* (světlá část zbarvení) (*Socha a Němec, 1992*) a melanin (černý vzor) (*Exnerová et al., 2006*). Ve vyšlechtěných formách se vyskytují ještě formy žlutočerná, oranžovočerná, bíločerná, mutace mosaic, pale a apricot (*Socha a Němec, 1992*). Hlavními predátory jsou někteří terestriční hmyzožravci a všežravci a ptáci.

Nejúčinnější je červená a oranžová, které působí stejný aposematický efekt (*Cibulková, 2008, Exnerová, et al., 2006, Cibulková et al., 2010*), naopak žlutá a bílá byly účinné stejně jako neaposematicky (hnědě) nabarvení jedinci *Pyrrhocoris apterus* v pokusu (*Exnerová et al., 2006*), nebo mírně účinnější (*Cibulková, 2008*). Stejný efekt měly i barvy modrá a fialová (*Cibulková, 2008*). Jako neaposematické se prokázaly zelená (*Cibulková, 2008*) a hnědá (*Exnerová et al., 2003, Exnerová et al., 2006, Cibulková et al., 2010*).

U této aposematické kořisti je prokázána výrazně větší účinnost červeného zbarvení ve srovnání se žlutým (*Exnerová et al., 2006, Svádová et al., 2009, Cibulková et al., 2010*), což je zajímavé vzhledem k tomu, že žlutá je považována za stejně výraznou aposematickou barvu jako červená (*Poulton, 1890, Cott, 1940, Cibulková et al., 2010, Skelhorn, 2011, aj.*). *Pyrrhocoris apterus* je predován ptáky s i bez vrozeného odporu k červeno-černému aposematickému vzoru (*Exnerová et al., 2007*). U tohoto druhu je tedy prokázána větší účinnost barvy než vzoru vůči ptačím predátorům (*Exnerová et al., 2006, Veselý et al., 2010*).

Zjištění *Gamberale – Stillové a Tullbergové (2001)*, (viz Optické signály a pohyb), *Svádové et al. (2009), Cibulkové et al., (2010)* naznačují vázanost aposematických barev a vzoru (*Exnerová et al., 2006, Veselý et al., 2010*) na druh odrazovaného predátora.

1.3.5. Symetrie

U mnoha druhů, hlavně u hmyzu, se v jejich zbarvení objevuje bilaterální symetrie, ačkoliv jedinci se symetrickým zbarvením jsou častěji terčem predace (*Cuthill et al., 2006*). Tento jev nebyl dosud plně vysvětlen, ačkoliv již *Wallace (1889)* dokázal, že význam v přírodě má (domestikované formy druhů symetrii ztrácely). Symetrie u některých druhů pozitivně koreluje s fitness (*Watson, Thornhill, 1994*). Rovněž zvyšuje efektivitu výstražných zbarvení (*Forsman, Merilaita, 1999*), ačkoliv rozdíl ve výskytu symetrie (asymetrie) mezi nápadnými a kryptickými druhy není příliš výrazný (*Forsman, Merilaita, 2003*). To podporuje zjištění, že vliv symetrie na kamuflážní zbarvení závisí na konkrétním vzoru a není vždy výrazně negativní (*Merilaita, Lind, 2006*).

1.4. Optické signály u živočichů: pohyb

Podle jedné z posledních prací (*Stevens et al., 2008*) pohyb výrazně zvyšuje účinnost disruptivního zbarvení. Navzdory tomu rozdíl v pohyblivosti kořisti (živá x mrtvá) nijak neovlivnil efektivitu aposematického vzoru na druh *Gallus gallus*, přestože předkládané ovoce s aposematickým zbarvením bylo konzumováno ve stejné míře jako ovoce bez aposematického zbarvení (*Gamberale – Stille, Tullberg, 2001*). Podobně dopadla práce *Gamberale – Stillové et al. (2007)*, kdy ptáci opět bez ohledu na aposematismus barvy konzumovali ovoce, ale u živočicha, ať již mrtvého nebo živého, na barvu reagovali.

1.5. Člověk a optické signály

Jak již cituji výše, mají lidé určité obecné principy a tendence ve vnímání barev, tvarů a pohybu (*Shephard, 1994*). Oproti tomu stojí individuální emoce, které vnímání těchto podnětů ovlivňují. Emoce ovlivňují zkušenosti (*Lazarus, 1991*) a podvědomí (*Freud, 1926*).

1.5.1. Evoluce zrakového vnímání u člověka

V práci *Isbellové (2006)* je diskutována možnost, že celý zrakový aparát člověka vznikl koevolucí s hady. Člověk, stejně jako mnoho dalších primátů, hady vnímá jako významné nebezpečí (*Isbell, 2006*). Tuto teorii podpořil článek, který dokázal, že amygdala, jako původce strachu, nemusí být zrakovými vjemy aktivován vědomě (vjem prochází přes mozkovou kůru), ale podvědomě přes evolučně starší mozkové části (*Ohman et al., 2007*). Ačkoliv je teorie koevoluce zraku primátů a zbarvení hadů mnohými vyvracena, např. pomocí fylogenetické analýzy (*Wheeler, et al., 2011*), význam evoluce vizuálního vnímání pro evoluci člověka je nezpochybnitelný.

Teorii, že zrakové vnímání u člověka se vyvíjelo koevolucí s nějakým nebezpečím, podporuje, dle mého názoru, i článek *Unzicker et al. (1998)*. Ten prokázal, že kognitivní modely zrakového vnímání více odpovídají extrafoveálnímu vidění, tedy periferní, neostře oblasti zraku, která přednostně reaguje na pohyb.

Člověk rozlišuje 4 hlavní složky zrakového vjemu: Tvar, barvu, pohyb a ostrost (hloubku, trojrozměrnost) podmětu (*Livingstone, Hubel, 1988*).

1.5.2. Barevné vidění

Trichromatické vnímání u člověka (na rozdíl od ptáků) je dáváno do souvislosti s klimatickým ochlazením v eocénu, kdy, díky vzniku sezónnosti u plodů, byl člověk nucen hledat náhradní potravu ve formě mladých výhonků. To vedlo k odlišování nové barevné řady (*Dominy, 2003*).

Vznik trichromatického vidění u některých primátů jako důsledek zaměření na určitý cíl podporují i zjištění *Kennedy a Whitakera (2010)*. Ti zjistili výrazně horší schopnost člověka odlišit cíl od okolí v případě, že cíl i okolí bylo tvořeno chromatickou kombinací protikladných barev (tzn. černo-bílá, zeleno-červená, žluto-modrá). V opačném případě

(například cíl byl černo- bílý a okolí zeleno- červené) byla rozlišovací schopnost jedince lepší.

1.5.2.1. Hodnocení barev

Člověk rozlišuje 2,3 miliónů barev (*Pointer, 1998*). Černá barva je vnímána v dnešní společnosti negativně. Například snižuje důvěryhodnost webových stránek (*Wouter, Geest, 2011*). Negativně hodnocené jsou tmavé barvy i u seniorů, kteří řadí jako nejhezčí červenou a zelenou (*Wijk et al., 1999*).

1.5.3. Vnímání tvaru a textury

Schopnost člověka odlišit cíl od okolí stoupá se vzrůstající vzdáleností cíle od rušivého okolí (*Kennedy, Whitaker, 2010*). To odpovídá zjištěním, že neúčinnější disruptivní zbarvení jsou výrazné skvrny na obrysově linii (*Cuthill, et al., 2005*), tedy pokud je minimalizovaná vzdálenost cíl – okolí. Efektivitu kamuflážních a varovných zbarvení lidé vědomě využívají od konce 19. století, kdy díky práci malíře *Thayera* a jeho žáků začal být jako první využíván „countershading“ pro vojenské účely (*Behrens, 2009*).

1.5.4. Visuální vjem – komplexita a symetrie

Bilaterální souměrnost zbarvení u kořisti nelze spolehlivě označit za antipredační opatření (*Cuthill, et al., 2006*). Tento závěr podporuje i práce dokazující, že člověk podvědomě (bez předchozího učení) vnímá bilaterální symetrii, zatímco vnímání komplexnosti vzoru je podmíněno učením (*Rentschler, et al., 1999*), což detekci takového cíle zlehčuje.

Symetričnost obličeje je u lidí jedním z faktorů při výběru partnera (*Enquist, Arak, 1994*). Podobně je hodnocena i postava, kdy muži různých etnik prokazatelně preferovali určitý typ symetrie postavy u žen (*Dixson, 1998*).

1.5.5. Visuální vjem – pohyb a vzdálenost

Člověk nejcitlivěji vnímá pohyb živočichů a dopravních prostředků (*New et al., 2007*). Navzdory tomu, pohyb disruptivně zbarvené kořisti výrazně snižuje možnost jejího ulovení (*Stevens, et al., 2008*) a rychlost detekce cíle se zpomaluje s rostoucí vzdáleností od něj (*Tullberg et al., 2005*). Zda jde o důsledek koevoluce predátora a kořisti je otázkou.

1.6. Cíle práce

V návaznosti na výše citovanou literaturu a na již provedené výzkumy na barvách a vzorech na Přírodovědecké fakultě (*Prokopová, 2005, Cibulková, 2008, Prášková, 2008, Veselý et al., 2009, Cibulková et al., 2010, Veselý et al., 2010*) jsem se rozhodla u lidí zkoumat reakce na potenciálně aposematické hmyzí modely. Práce má za úkol zjistit zda:

- **Člověk hodnotí konsistentně barvy a vzory schematizovaných hmyzích modelů.**
- **Člověk hodnotí barvy a vzory ve shodě s jejich výstražným působením na ptačí predátory.**
- **Hodnocení u lidí ovlivňují demografické, sociální a kulturní charakteristiky.**

2. Metodika

Celkem bylo testováno 600 osob ve věku od 10 do 89 let. Mezi dospělými jsou především lidé technického zaměření, protože data byla sbírána při MSV na BVV v Brně. Mezi dětmi jsou žáci pražské základní školy od 4. třídy do 9. třídy a studenti všech tříd pražského osmiletého gymnázia. Mezi sledovanými osobami mírně převažují muži (332 vs. 268). Při testování výrazně lépe spolupracovaly osoby v procesu vzdělávání.

2.1. Zjišťované charakteristiky testovaných lidí

Dotazník na charakteristiky byl předkládán jako první, před vlastním testem. Zkoumaná osoba jej vyplňovala samostatně. Dotazník měl formát A4.

Zjišťoval:

- věk a pohlaví
- velikost místa bydliště
- dosažené vzdělání, případně obor zaměstnání.

Dále obsahoval zadání s volitelnou odpovědí (bylo možné zvolit více možností):

- Váš vztah k přírodě byste popsal (a) jako: Příroda mě nezajímá/ příroda mě zajímá jako místo pro odpočinek/ příroda mě zajímá kvůli sobě samé.
- Když na vás přistane nějaký brouk: Zajímá mě/ nevadí mi/ cítím vůči němu odpor.
- Dovolenu trávíte nejraději: U moře nebo ve městě/ na horách nebo u rybníka.

2.2. Předkládané obrázky

Obrázky byly odvozeny od ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*, Hemiptera, Pyrrhocoridae). Připraveno bylo celkem pět sérií po sedmi obrázcích. Každé vyobrazení bylo vytištěno na standardní formát A4 na běžný kancelářský papír a zalaminováno.

Každá z dotázaných osob musela každou sérii seřadit dle zadání. Zadání znělo: **Seřad'te obrázky, podle toho, jak se Vám osobně líbí, od nejhezčího po nejošklivější.** Čas na vypracování nebyl omezen. Testovalo se pod umělým osvětlením. Odpovědi byly

zaznamenávají tazatelem na odpovědní arch. Zaznamenávalo se pořadí umístění od prvního do sedmého, kde první umístění znamenalo nejlepší.

2.2.1. Barvy se vzorem

Jedná se o obrázky, kde byl klasický ruměničnický vzor aplikován na různé podkladové barvy. Kromě originální barevné kombinace *Pyrrhocoris apterus* (černo-červená), byly rovněž s černým ruměničnickým vzorem použity barvy: Oranžová, žlutá, bílá, zelená, modrá a fialová.



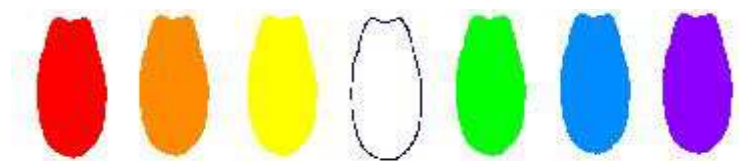
Obr. 1. Série barvy se vzorem (a – g).

	R	G	B	C	M	Y	K
červená	255	0	0	0	95	84	0
oranžová	255	140	0	0	51	87	0
žlutá	255	255	0	3	3	82	0
bílá	255	255	255	0	0	0	0
modrá	0	140	255	71	19	0	0
fialová	140	0	255	62	61	0	0
zelená	0	255	0	54	0	93	0
černá	0	0	0	75	68	67	90

Tab. 1. Barvy použité na štítky a jejich charakteristiky v režimech RGB a CMYK. Stejně charakteristiky byly použity u všech sérií.







2.2.2. Barvy bez vzoru

Stejně podkladové barvy byly použity i v sérii, kde chyběl černý výstražný vzor. Ve tvaru ruměnice byly předloženy barvy: Červená, oranžová, žlutá, bílá, modrá, fialová a zelená. Dále označováno jako **barvy prosté**.



Obr. 2. Série barvy bez vzoru (a – g).








2.2.3. Modifikace vzorů

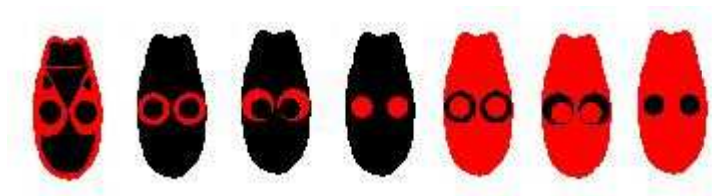
V této sérii byl obvyklý vzor *Pyrrhocoris apterus* obměňován. Nejprve byl zesvětlen (výrazněji převládala červená – , pak ztmaven (převládala černá – , poté bylo vyobrazeno zbarvení larválních instarů , dále byla zobrazena pouze část vzoru z abdomenu , thoraxu  a cephalu . Dále označována jako **vzory**.



Obr. 3. Série modifikace vzorů (a – g).








2.2.4. Vzory ve tvaru očních skvrn

Ústřední obrazec ruměničného vzoru tvoří skvrny (tečky) podobné očím. V této sérii bylo kromě běžného zbarvení ruměnice  použito černé pozadí pro oční skvrny ve formě červených okruží , které bylo upraveno do šilhající formy, kde byl černý střed posunut směrem dolů do středu zrcadlově pro obě strany . Následovaly červené tečky na černém pozadí . Stejné typy očních skvrn byly vytvořeny s reverzním použitím červené a černé barvy (, , ). Dále označována jako **oční skvrny**.



Obr. 4. Série vzory ve tvaru očních skvrn.

2.2.5. Symetrie vzorů

Zde byl ruměničnící vzor  a reverzní zbarvení ruměničnícího vzoru  doplněn o další bilaterálně souměrné tvary: Pravidelně rozmístěné černé tečky na červeném podkladu , pole jednoduše rozdělené horizontálně  a vertikálně  na červenou a černou část a červené pole horizontálně přepučené černým pásem . Sérii doplňoval nesouměrně rozdělený černý vzor na černém poli , takzvaný „maskáč“. Série je dále jako označována **symetrie**.



Obr. 5. Série symetrie vzorů (a - g).

2.3. Statistické zpracování dat

2.3.1. Převedení dat do tabulky výsledků

Data byla zpracovávána anonymně, každá testovaná osoba byla označena číslem. Vše bylo převedeno do programu *Microsoft Excel 2007*. Charakteristiky lidí byly převedeny do binomického kódu, věk byl zaznamenáván číselně. Každý obrázek z každé série byl pod svým písmenem (a – g) zaznamenán pod příslušné pořadí hodnocení (pro každou sérii zvlášť).

2.3.2. Hodnocení vyobrazení v rámci jednotlivých sad

Vzhledem k nenormálnímu rozdělení získaných dat (hodnocení jednotlivých obrázků) jsem je hodnotila neparametrickými testy (v programu STATISTICA v 9.1, StatSoft, Inc. 1984-2010).

Vliv vzoru v rámci jedné sady byl hodnocen Friedmanovou ANOVou (chí jako testové kritérium). Rozdíly mezi jednotlivými páry vzorů v rámci jedné sady byly testovány Wilcoxonovým testem (Z jako testové kritérium). Hladina významnosti při těchto

párových testech byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1=p_0/N-1$, kde N je počet všech porovnávaných vzorů v jedné sadě).

Pro zhodnocení vlivu sledovaných parametrů probandů na variabilitu hodnocení jednotlivých vzorů jsem použila analýzu RDA (program CANOCO v 4.53, Biometris, 1997-2004). Data byla centrována, a jako test průkaznosti první kanonické osy byl použit Monte-Carlo permutační test s 499 permutacemi. Poté byla provedena forward selection k otestování vlivu jednotlivých vysvětlujících proměnných.

2.3.3. Hodnocení přírodního vzoru ruměnice mezi jednotlivými sadami

Hodnocení ruměničního vzoru v jednotlivých sadách také nemělo normální rozdělení, proto jsem vliv sady na umístění ruměničního vzoru hodnotila neparametrickou Kruskal-Wallisovou ANOVou (H jako testové kritérium). Párová porovnání jednotlivých sad jsem provedla pomocí Multiple comparsion Kruskal-Wallis (Z jako testové kritérium).

Dále byla provedena RDA analýza se všemi vysvětlujícími proměnnými, jejich vliv na hodnocení byl prokázán jako silně průkazný. Poté byla provedena forward selection, která do modelu zahrnovala pouze průkazné vysvětlující proměnné.

3. Výsledky

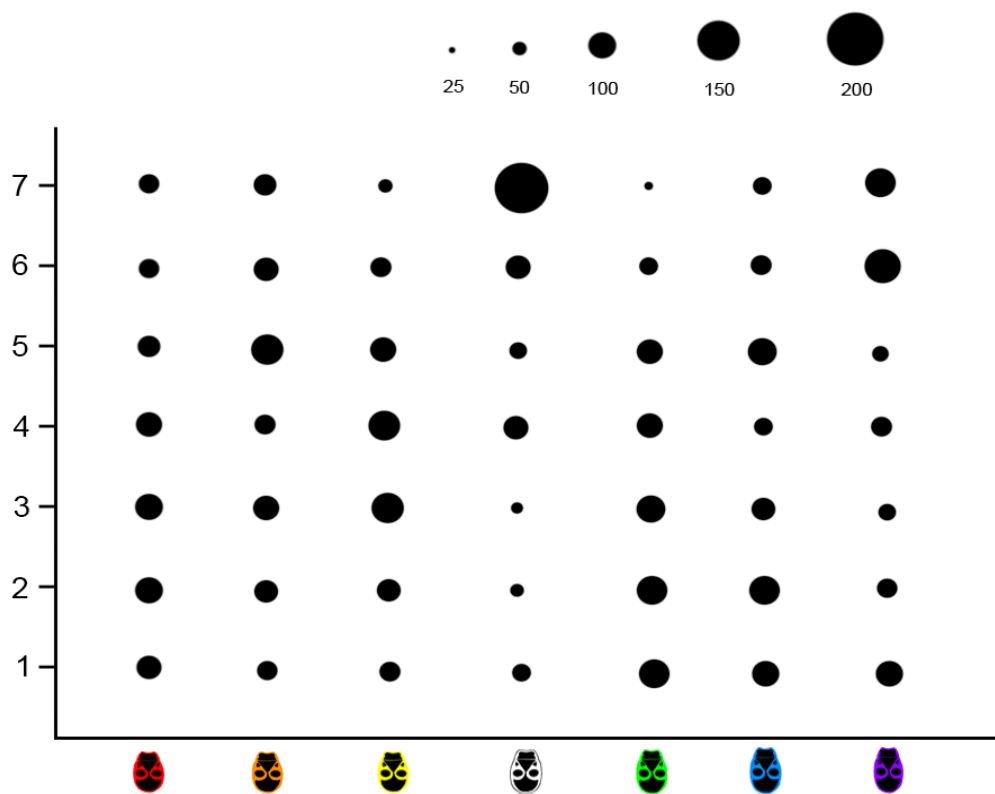
3.1. Hodnocení obrázků v rámci jednotlivých sad

3.1.1. Barvy se vzorem

V rámci sady bylo hodnocení silně ovlivněno barvou (Friedmanova ANOVA: χ^2 (N = 600, DF = 6) = 142,66, $p > 0,001$). Nejkladněji hodnocené vyobrazení bylo zelené, zatímco nejzáporněji hodnocené vyobrazení bylo bílé (viz Tab. 2, Obr. 6).

Tab. 2. Párová porovnání hodnocení jednotlivých vzorů v rámci sady barvy se vzorem. Wilcoxonův test, hodnoty testového kritéria (Z) jsou v levé dolní části tabulky, p hodnoty v pravé horní části. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p_0/6$). Průkazné rozdíly jsou zvýrazněny.

Barvy se vzorem							
							
		0,012	0,921	0,000	0,015	0,978	0,000
	2,513		0,010	0,000	0,000	0,055	0,163
	0,100	2,562		0,000	0,004	0,930	0,000
	7,677	6,096	7,617		0,000	0,000	0,000
	2,430	5,042	2,886	9,436		0,004	0,000
	0,027	1,919	0,088	7,308	2,895		0,000
	3,484	1,396	3,689	3,950	5,964	4,257	

















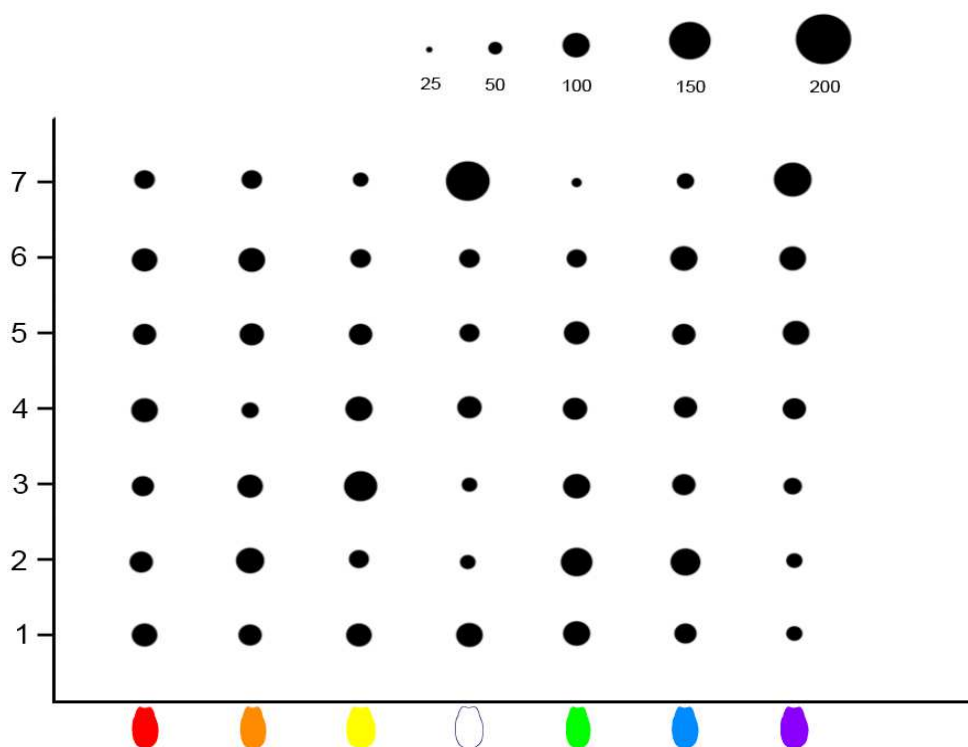
Obr. 6. Graf hodnocení vyobrazení v sérii barvy se vzorem

3.1.2. Barvy prosté

V rámci sady bylo hodnocení silně ovlivněno barvou (Friedmanova ANOVA: χ^2 (N = 600, DF = 4) = 49,97, $p > 0,001$). Nejkladněji hodnocené vyobrazení bylo zelené, zatímco nejzáporněji hodnocené vyobrazení bylo bílé (viz Tab. 3, Obr. 7).

Tab. 3. Párová porovnání hodnocení jednotlivých vzorů v rámci sady barvy prosté. Wilcoxonův test: Hodnoty testového kritéria (Z) jsou v levé dolní části tabulky, p hodnoty v pravé horní části. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p_0/6$). Průkazné rozdíly jsou zvýrazněny tučně.

Barvy prosté							
							
		0,961	0,140	0,000	0,001	0,717	0,000
	0,049		0,237	0,000	0,001	0,928	0,000
	1,475	1,182		0,000	0,034	0,266	0,000
	3,668	3,774	5,087		0,000	0,000	0,332
	3,440	3,261	2,124	6,554		0,000	0,000
	0,362	0,091	1,113	3,929	3,671		0,000
	4,498	4,726	6,097	0,971	8,566	6,105	



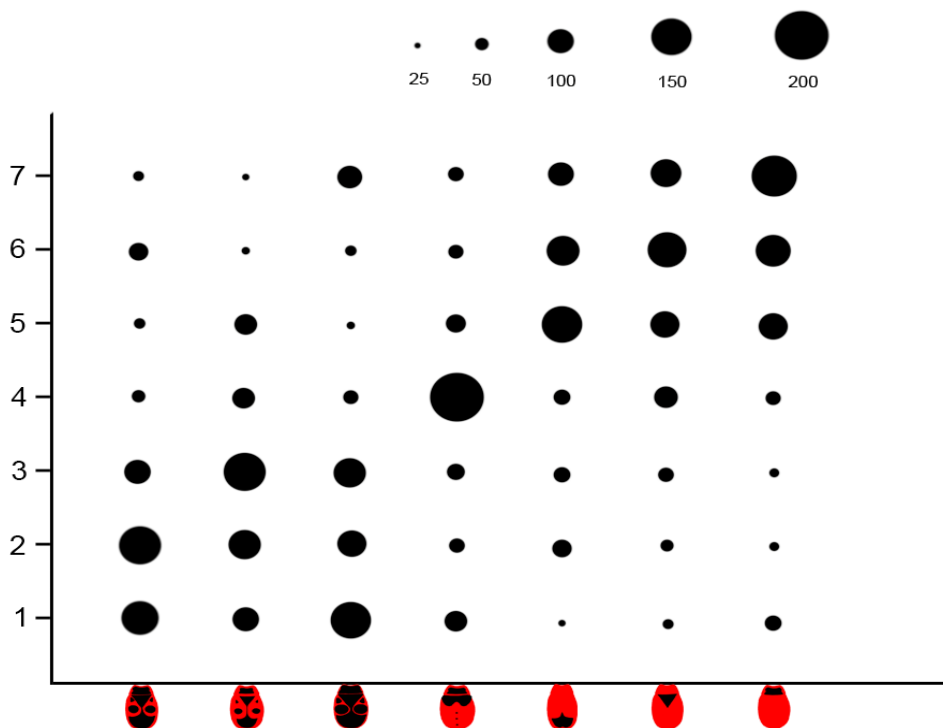
Obr. 7. Graf hodnocení vyobrazení v sérii barvy prosté.

3.1.3. Části vzoru

V rámci sady bylo hodnocení silně ovlivněno vzorem (Friedmanova ANOVA: $\chi^2(N = 600, DF = 6) = 487,43, p > 0,001$). Nejkladněji hodnocené byly varianty ruměničního vzoru (s větším a menším podílem černé), naopak nejzáporněji byly hodnocené fragmenty ruměničního vzoru (viz Tab. 4, Obr. 8).



Tab. 4. Párová porovnání hodnocení jednotlivých vzorů v rámci sady části vzoru. Wilcoxonův test, hodnoty testového kritéria (Z) jsou v levé dolní části tabulky, p hodnoty v pravé horní části. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p/6$). Průkazné rozdílly jsou zvýrazněny tučně.

Části vzoru							
		0,252	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,145		0,517	0,000	0,000	0,000	0,000
	2,523	0,648		0,000	0,000	0,000	0,000
	6,179	6,480	4,385		0,000	0,000	0,000
	10,051	10,443	8,456	6,623		0,047	0,000
	10,811	11,752	9,066	7,533	1,989		0,166
	10,514	11,298	9,492	8,365	3,591	1,385	

















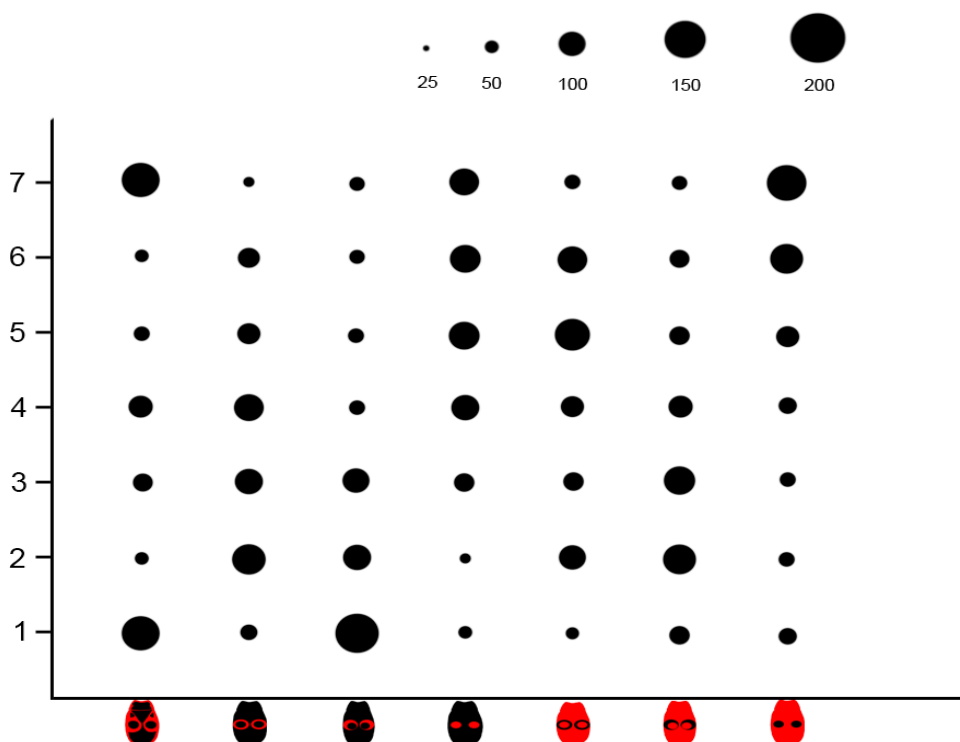
Obr. 8. Graf hodnocení vyobrazení v sérii části vzoru.

3.1.4. Oční skvrny

V rámci sady bylo hodnocení silně ovlivněno vzorem (Friedmanova ANOVA: χ^2 (N = 600, DF = 6) = 190,81, $p > 0,001$). Nejkladněji hodnocené vyobrazení bylo , zatímco nejzáporněji hodnocené vyobrazení bylo  (viz Tab. 5, Obr. 9).

Tab. 5. Párová porovnání hodnocení jednotlivých vzorů v rámci sady oční skvrny. Wilcoxonův test, hodnoty testového kritéria (Z) jsou v levé dolní části tabulky, p hodnoty v pravé horní části. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p_0/6$). Průkazné rozdíly jsou zvýrazněny tučně.





Oční skvrny							
							
		0,040	0,000	0,000	0,133	0,027	0,000
	2,055		0,000	0,000	0,000	0,775	0,000
	5,360	5,033		0,000	0,000	0,001	0,000
	4,584	8,120	10,617		0,001	0,000	0,653
	1,501	3,978	6,753	3,207		0,000	0,000
	2,219	0,286	3,337	6,602	5,156		0,000
	4,433	6,672	8,501	0,449	5,114	7,953	



Obr. 9. Graf hodnocení vyobrazení v sérii oční skvrny.















3.1.5. Symetrie

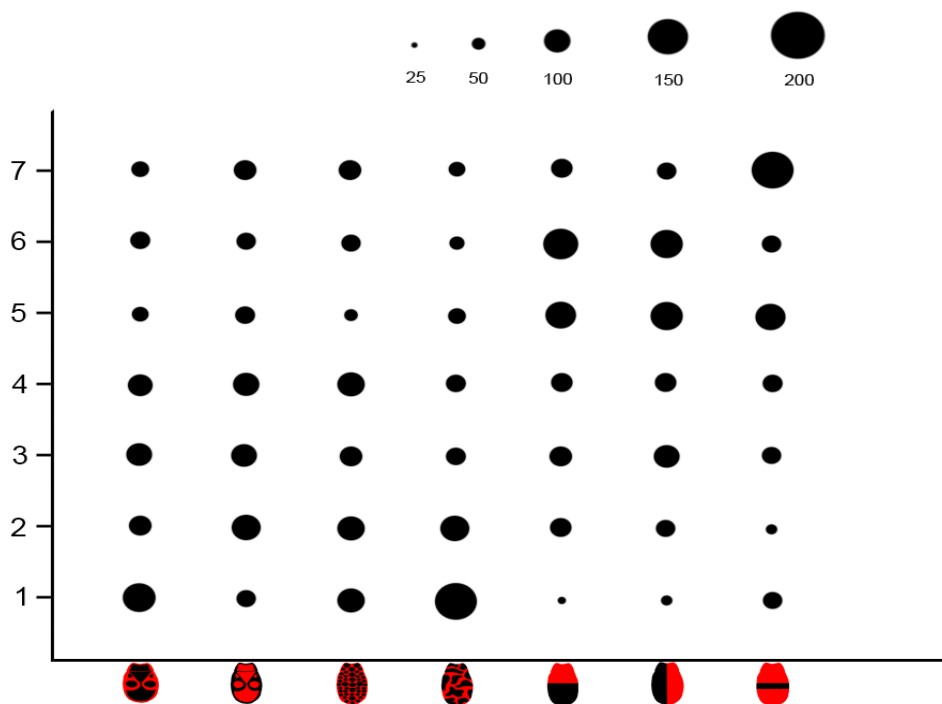
V rámci sady bylo hodnocení silně ovlivněno vzorem (Friedmanova ANOVA: χ^2 (N = 600, DF = 6) = 163, $p > 0,001$). Nejkladněji hodnocené vyobrazení byl takzvaný „maskáč“

, zatímco nejzáporněji hodnocené byly přísně symetrické umělé vzory (, , ).

Tab. 6, Obr. 10.

Tab. 6. Párová porovnání hodnocení jednotlivých vzorů v rámci sady symetrie. Wilcoxonův test, hodnoty testového kritéria (Z) jsou v levé dolní části tabulky, p hodnoty v pravé horní části. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p_0/6$). Průkazné rozdíly jsou zvýrazněny tučně.

Symetrie							
							
		0,028	0,399	0,036	0,000	0,000	0,000
	2,199		0,180	0,000	0,000	0,001	0,000
	0,844	1,339		0,000	0,000	0,000	0,000
	2,093	4,459	3,491		0,000	0,000	0,000
	6,006	4,008	5,006	7,373		0,137	0,054
	4,873	3,218	4,362	6,663	1,487		0,002
	6,627	4,894	5,916	8,113	1,928	3,053	



Obr. 10. Graf hodnocení vyobrazení v sérii symetrie.

3.2. Vliv charakteristik probandů na jejich hodnocení obrázků v rámci jednotlivých sad

3.2.1. Barvy se vzorem

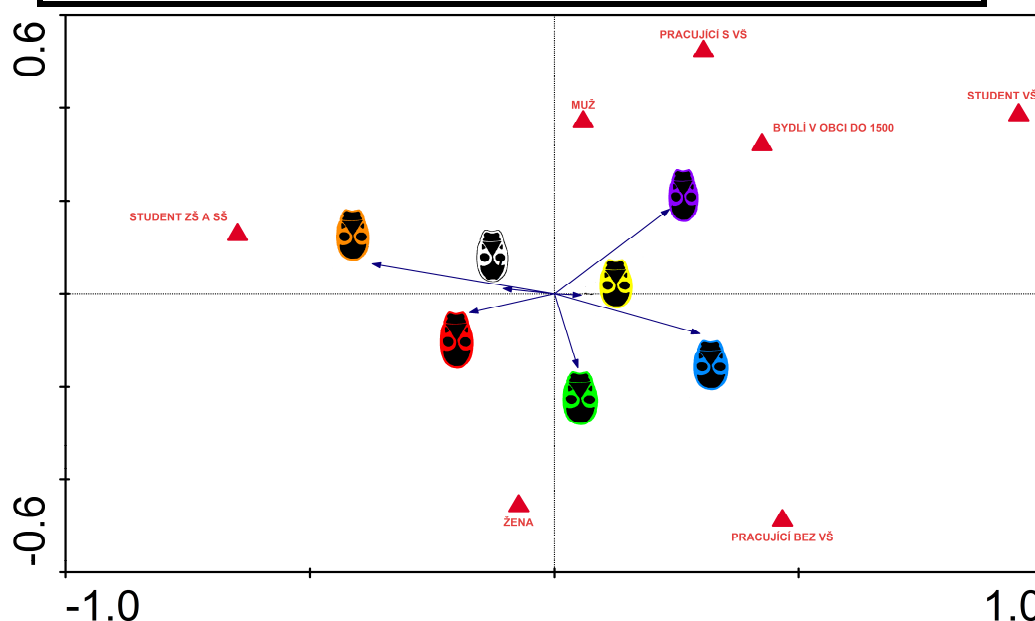
Charakteristiky probandů průkazně ovlivňovaly hodnocení obrázků (RDA, Monte Carlo permutační test první kanonické osy: eigenvalue = 0,056; $F = 34,92$; $p = 0,002$; Tab. 7, průkazné faktory z forward selection: Tab. 8, Obr. 11). První osa ukazuje negativní hodnocení 🧑 u studujících na základní a střední škole a 🧑 a 🧑 u lidí studujících vysokou školu nebo pracujících. Na druhé ose ženy negativně hodnotí 🧑.

Tab. 7. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *barvy se vzorem* (RDA).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.053	0.012	0.007	0.004
Korelace species-environment	0.436	0.269	0.210	0.166
Procento vysvětlené variability	5.3	6.5	7.2	7.6






Tab. 8. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *barvy se vzorem* (RDA po forward selection).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.048	0.011	0.003	0.001
Korelace species-environment	0.416	0.262	0.130	0.081
Procento vysvětlené variability	4.8	5.9	6.1	6.2



Obr. 11. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *barvy se vzorem* (RDA po forward selection, 1. a 2. osa).

3.2.2. Barvy prosté

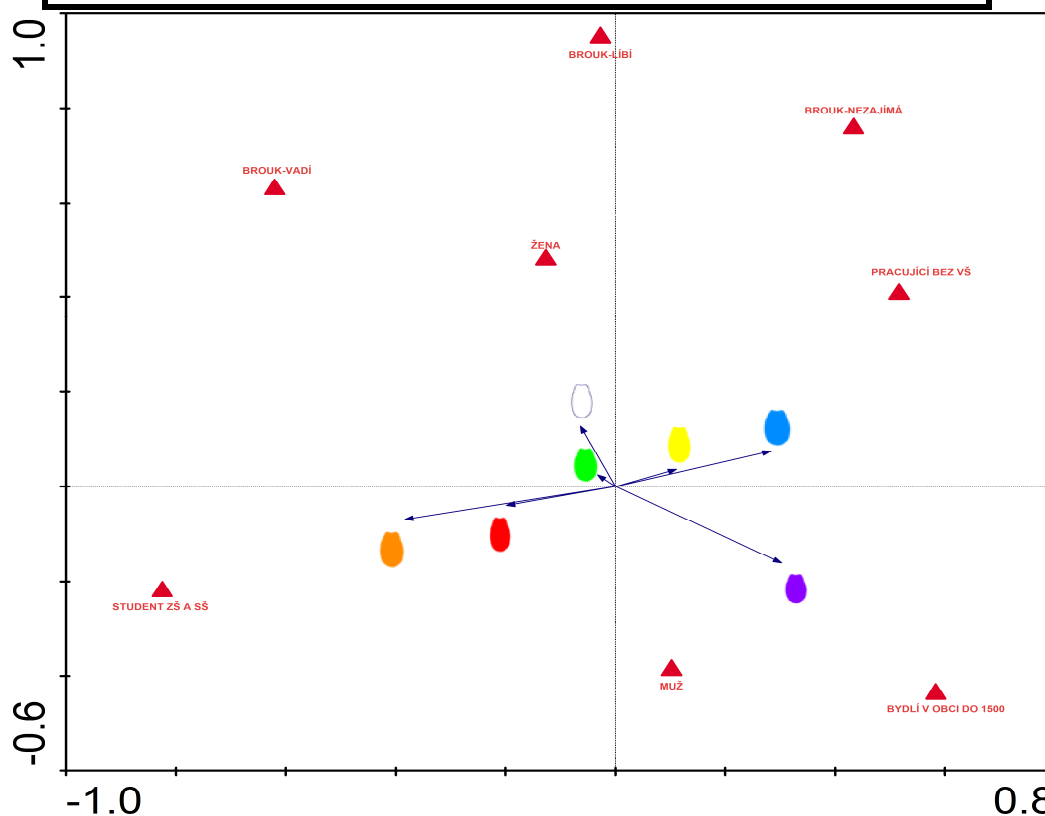
Charakteristiky probandů průkazně ovlivňovaly hodnocení obrázků (RDA, Monte Carlo permutační test první kanonické osy: eigenvalue = 0,056; $F = 34,92$; $p = 0,002$; Tab. 9; průkazné faktory z forward selection Tab. 10, Obr. 12). První osa ukazuje, že  a  hodnotí negativně studující a lidé s averzí k broukovi, zatímco  a  hodnotí negativně pracující bez VŠ a obyvatelé malých sídel. Druhá osa:  negativně hodnotí ženy.

Tab. 9. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě **barvy prosté** (RDA).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.056	0.011	0.005	0.003
Korelace species-environment	0.469	0.253	0.184	0.156
Procento vysvětlené variability	5.6	6.7	7.2	7.5

Tab. 10. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě **barvy prosté** (RDA po forward selection).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.054	0.009	0.004	0.001
Korelace species-environment	0.461	0.230	0.151	0.107
Procento vysvětlené variability	5.4	6.3	6.6	6.8



Obr. 12. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě **barvy prosté** (RDA po forward selection, 1. a 2. osa).

3.2.3. Části vzoru

Charakteristiky probandů průkazně ovlivňovaly hodnocení obrázků (RDA, Monte Carlo permutační test první kanonické osy: eigenvalue = 0,056; F = 34,92; p = 0,002; Tab. 11, průkazné faktory forward selection: Tab. 12, Obr. 13).

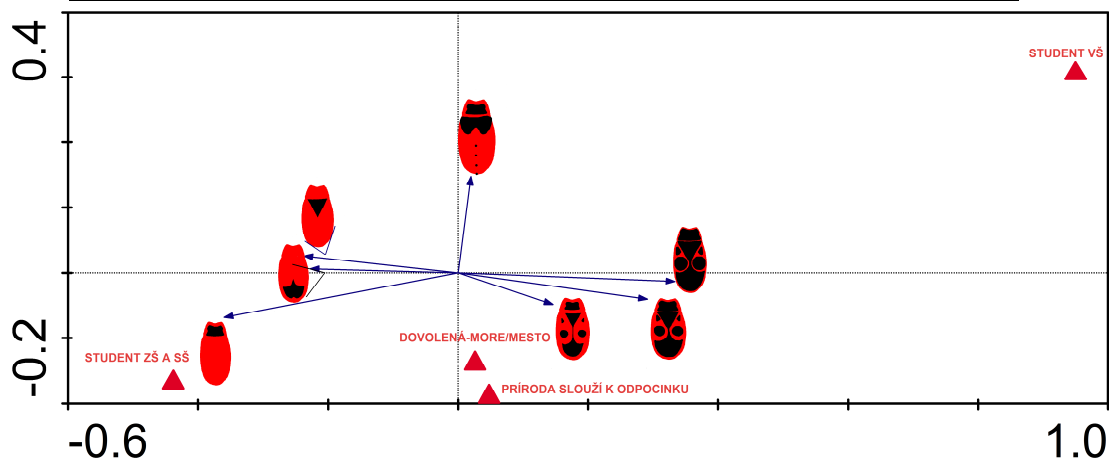
Vzor instaru ruměnice 🐞 hodnotí pozitivně lidé, kteří neradi tráví dovolenou u moře nebo ve městě. Ostatní vzory s převládající červenou barvou (🐞, 🐞, 🐞) hodnotí negativně lidé, kteří ještě stále studují na základní nebo střední škole. Vzory s větším podílem černé (🐞, 🐞) hodnotí negativně lidé, kteří studují vysokou školu nebo pracují.

Tab. 11. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě částí vzoru (RDA).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.081	0.011	0.004	0.003
Korelace species-environment	0.409	0.270	0.205	0.187
Procento vysvětlené variability	8.1	9.2	9.6	9.9

Tab. 12. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě částí vzoru (RDA po.forward selection).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.071	0.004	0.002	0.001
Korelace species-environment	0.383	0.174	0.143	0.105
Procento vysvětlené variability	7.1	7.5	7.7	7.8



Obr. 13. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě částí vzoru (RDA po.forward selection, 1. a 2. osa).

3.2.4. Oční skvrny

Charakteristiky probandů průkazně ovlivňovaly hodnocení obrázků (RDA, Monte Carlo permutační test první kanonické osy: eigenvalue = 0,056; $F = 34,92$; $p = 0,002$; Tab. 13, průkazné faktory forward selection: Tab. 14, Obr. 10).

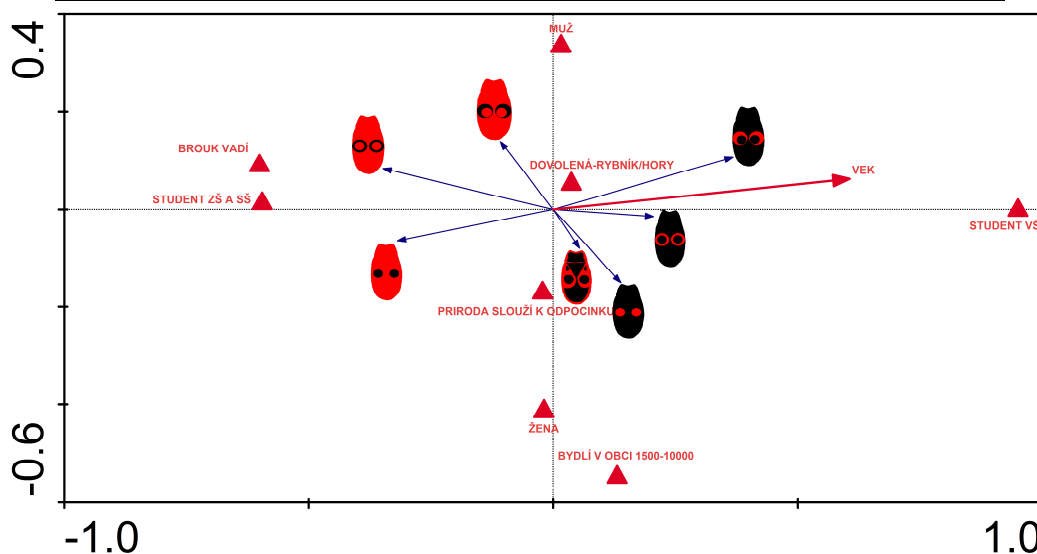
Lidé studující základní nebo střední školu hodnotili negativně oční skvrny na červeném pozadí (především 🐞 a 🐞) stejně jako lidé, kterým vadili brouci (především 🐞). S rostoucím věkem rostlo negativní hodnocení očních skvrn na černém podkladu, především vzoru 🐞. Podle druhé osy ženy hodnotily negativně bodové oční skvrny (🐞 a 🐞), zatímco muži negativně v obou barevných variantách hodnotili šilhavé vzory (🐞 a 🐞). Klasický vzor ruměnice 🐞 se nelíbil lidem, kteří přírodu využívají k odpočinku.

Tab. 13. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě oční skvrny (RDA).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.063	0.014	0.007	0.004
Korelace species-environment	0.449	0.271	0.188	0.175
Procento vysvětlené variability	6.3	7.7	8.5	8.8

Tab. 14. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě oční skvrny (RDA po.forward selection).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.061	0.010	0.006	0.002
Korelace species-environment	0.442	0.225	0.166	0.164
Procento vysvětlené variability	6.1	7.1	7.7	7.9



Obr. 10. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě oční skvrny (RDA po.forward selection, 1. a 2. osa).

3.2.5. Symetrie

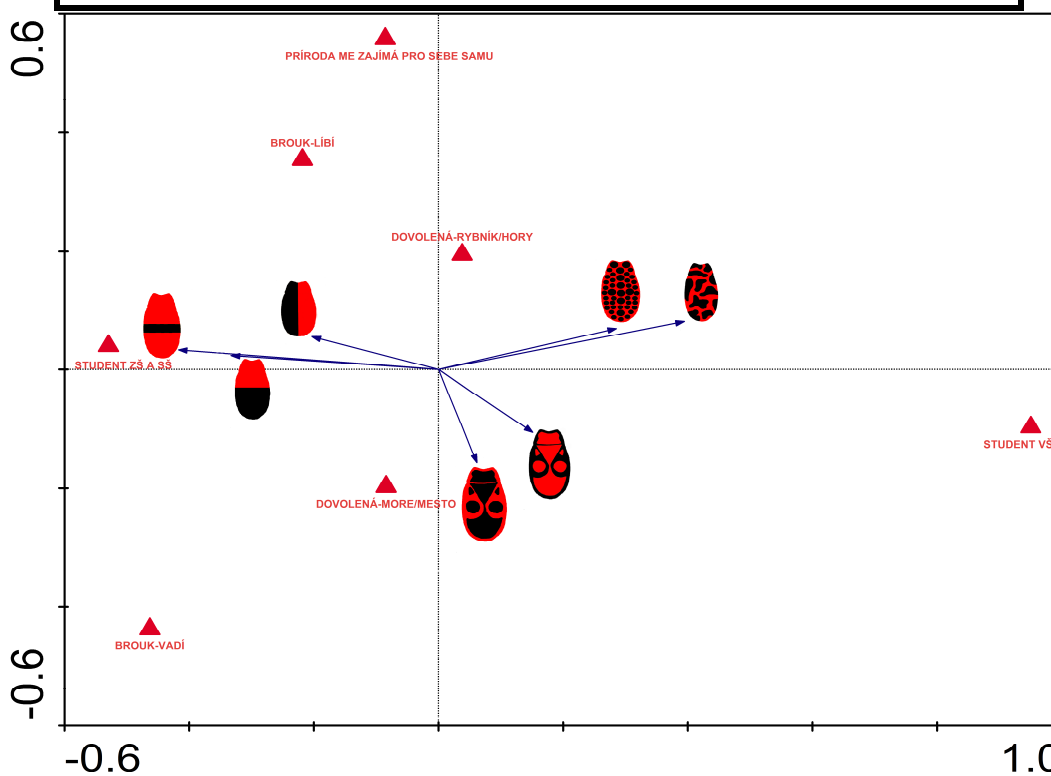
Charakteristiky probandů průkazně ovlivňovaly hodnocení obrázků (RDA, Monte Carlo permutační test první kanonické osy: eigenvalue = 0,056; $F = 34,92$; $p = 0,002$; Tab. 15, průkazné faktory forward selection: Tab. 16, Obr. 11). Studenti základních a středních škol v této sérii negativně hodnotili umělé symetrické vzory (🐞, 🐞 a 🐞). Naopak vzory 🐞 a 🐞, které negativně hodnotili lidé studující vysokou školu, hodnotili pozitivně. Varianty 🐞 a 🐞 hodnotili negativně hlavně lidé, kteří dovolenou tráví nejraději ve městě nebo u moře.

Tab. 15. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *symetrie* (RDA).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.089	0.012	0.005	0.003
Korelace species-environment	0.474	0.225	0.212	0.207
Procento vysvětlené variability	8.9	10.1	10.6	11.0

Tab. 16. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *symetrie* (RDA po forward selection).

Kanonická osa č.	1	2	3	4
Eigenvalue	0.086	0.008	0.005	0.001
Korelace species-environment	0.465	0.180	0.201	0.106
Procento vysvětlené variability	8.6	9.4	9.8	9.9



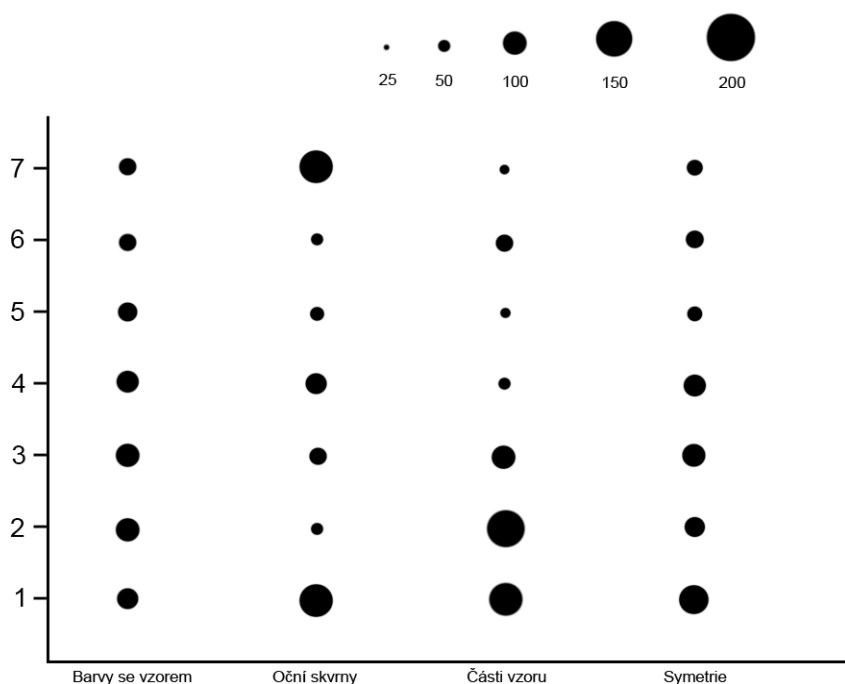
Obr. 11. Vliv charakteristik probandů na hodnocení jednotlivých obrázků v sadě *symetrie* (RDA po forward selection, 1. a 2. osa).

3.3. Hodnocení přírodního vzoru ruměnice v rámci jednotlivých sad

Nemodifikovaný vzor byl v jednotlivých sadách hodnocen různě (Kruskal-Wallisova ANOVA: $H(DF = 3, N = 2400) = 53,68$ $p > 0,001$). Ruměnice byla nejkladněji hodnocena v sadě *části vzoru*, v ostatních byla hodnocena stejně, a to většinou jako středně hezká (Tab. 17, Obr. 12).

Tab. 17. Párová porovnání hodnocení vzoru ruměnice v jednotlivých sadách (Kruskal-Wallisovo mnohonásobné porovnání, hodnoty testového kritéria (Z) jsou v pravé horní části, p hodnoty v levé dolní části tabulky. Průkaznost p hodnot byla snížena Bonfferoniho korekcí ($p_1 = p_0/3$). Průkazné rozdíly jsou zvýrazněny.

	Barvy se vzorem	Oční skvrny	Části vzoru	Symetrie
Barvy se vzorem		0,99	5,71	1,48
Oční skvrny	1,000		6,71	2,48
Části vzoru	>0,001	>0,001		4,23
Symetrie	0,83	0,08	>0,001	



Obr. 12. Hodnocení vzoru ruměnice v jednotlivých sadách. Hodnota 1 je nejhezčí, 7 je nejošklivější.

4. Diskuze

4.1. Porovnání jednotlivých obrázků

4.1.1. Barvy

V sériích, kde byly použity různé podkladové barvy, ať již překryté černým ruměničným vzorem, nebo bez něj, byla jednoznačně nejlépe hodnocenou barvou zelená. Tato barva je tradičně vnímána jako pozitivní symbol (vyskytuje se v piktogramech a semaforech u dovolených akcí) (Wogalter, 2006). Toto zjištění je ve shodě s reakcemi ptačích predátorů při testování aposematické kořisti (Gamberale – Stille, Tullberg, 2001, Gamberale – Stille et al., 2007, Cibulková, 2008, Svádová, 2009, Cibulková et al., 2010, aj.), u nichž je to ale způsobeno tím, že vnímají zelenou kořist jako kryptickou a tudíž požitelnou.

Jako nejhůře hodnocená v sériích **barvy se vzorem** a **barvy prosté** vyšla bílá barva. Podle některých psychologických studií je vnímána jako neutrální barva (Wogalter, 2006), proto jí lidé nevnímají (př. standardní bílo- černá kombinace tištěného textu), a tak jim vyjde nakonec (zbude). Vzhledem tomu, že stejný výsledek vyšel v obou sériích ($p = 0,000$ vždy v barvách se vzorem, v barvách prostých $p = 0,000$ mimo párového porovnání s fialovou), nicméně v barvách prostých byla hodnocena lépe, usuzuji z toho na vnímání bílé barvy jako silně aposematické. Tuto domněnku podporuje výsledek, kdy černý vzor (nejvíce kontrastní kombinace barev – chromaticky protikladné) zvýrazňující aposematismus (Cott, 1940, Caro, 2009), zvýšil negativní hodnocení bílé barvy. Obdobně se chovala i fialová barva, ačkoliv byla celkově hodnocena méně negativně.








Ptačí predátoři sice bílé aposematické vzory prokazatelně napadají méně než typicky aposematická zbarvení *Pyrrhocoris apterus* (Cibulková, 2008, Exnerová et al., 2006, Cibulková et al., 2010), ale výsledky bílou barvu neprokázaly jako aposematickou. Fialová barva u ptačích predátorů zaznamenala také pokles napadání a požívání oproti neaposematické zelené nebo hnědé (Cibulková, 2008, Cibulková et al., 2010), ale výsledky spíše vysvětluje efekt novosti, neobvyklosti barvy pro predátory (Cibulková, 2008).












V sérii **barvy prosté** byly výrazné rozdíly v hodnocení mezi jednotlivými barvami, zatímco v sérii **barvy se vzorem** tyto rozdíly nebyly tak patrné. Černý vzor překrývající podkladovou barvu tedy má určitě na hodnocení vliv, zda je pozitivní či negativní ovlivňuje nejspíše barva.








4.1.1.1. Nevýraznost žluto- černé kombinace



V této práci se neprokázal aposematismus žluté barvy a žluto-černé kombinace barev pro člověka. Toto typicky výstražné zbarvení, používané hlavně blanokřídlým bodajícím hmyzem (Cott, 1940), je pro nás sice výrazné, ale není vnímáno jako silně výstražné. To odpovídá jeho využívání pro zvýšení pozornosti v nepřehledném terénu (označení okrajů schodů, sníženého podhledu apod.), kde se lze kolizi právě v případě dostatečné pozornosti snadno vyhnout. Fakt, že u nás vzbuzuje pouze pozornost, ale nikoli odpor nebo strach, podporují i moje výsledky, kdy tato kombinace měla většinou hodnocení mezi výstražným (bílo- černá) a nevýstražným vzorem (zeleno- černá).



4.1.2. Vzory

V sérii **části vzoru** byla nejlépe hodnocená přírodní forma ruměnice . Kladně hodnocené, i když ne tak výrazně byly i světlejší  a tmavší  formy tohoto vzoru. Naopak výrazně propadly fragmenty vzoru na hlavě , hrudi  a zadečku . Přesně mezi těmito skupinami zůstalo zbarvení vývojového instaru ruměnice . Z těchto výsledků se dá obecně usuzovat na význam podílu červené barvy, ačkoliv tento výsledek budu dále diskutovat.

Jednoznačně se prokázalo, že lidé preferují rovnoměrné rozložení vzoru, ať již z hlediska rozmístění, nebo z hlediska podílu barev. Tomu odpovídá, že hned po klasickém ruměničím vzoru  následovaly „mírné odchylky“ od rovnováhy  a  a instar , kde již je patrná jistá nerovnováha rozmístění a podílu barev. V obrázcích s částmi vzoru ,  a , které se umístily jako poslední, dopadl nejlépe vzor s černou skvrnou na zadečku . To, že je zde určující umístění skvrny podporuje fakt, že rozdíl v hodnocení mezi skvrnami na hlavě  a hrudi , nebyl statisticky prokazatelný, zatímco rozdíl mezi těmito dvěma vzory a vzorem na zadečku  ano. Konzistentní černé skvrny v okolí hlavy se jeví jako aposematické pro člověka. V porovnání s ptačími predátory (Prokopová, 2005, Prokopová, et al., 2010) reaguje člověk přesně naopak. Zatímco ptáci dávají přednost *Pyrrhocoris apterus* ve stádiu instaru, tedy ve chvíli, kdy je vzor nerovnoměrně rozmístěný, lidé reagují přesně naopak.

V případě série **symetrie**, kde je podíl červené a černé u všech vzorů stejný, je tomu podobně. Lidé preferují vzory s rovnoměrným rozdělením barev. Dobře dopadla ruměnice , její světlá forma  a symetricky rozmístěné tečky na červeném těle ruměnice . Nejlépe dopadl ovšem vzor, který sice měl rovnocenný podíl červené a černé, ale nebyl symetrický, takzvaný „maskáč“ . Bez statisticky průkazných rozdílů mezi sebou se na posledních místech umístily vzory s nerovnoměrně rozdělenými barvami ,  a . Z výsledků této série a z výsledků série části vzoru se dá usuzovat, že pro lidi je důležitější rovnoměrné rozmístění barev než symetrie. To odpovídá zjištěním, že symetrie hraje ne zcela jasnou roli, a je využívána především u intradruhové komunikace (*Watson, Thornhill, 1994, Forsman, Merilaita, 2003*). Bohužel neexistují práce, které odlišují symetričnost vzoru a rovnoměrné rozdělení barevných skvrn v rámci symetrického vzoru. Nelze tedy pořadí důležitosti těchto dvou prvků v symetrii zbarvení živočicha u různých predátorů porovnat.

Série **oční skvrny** byla sama o sobě specifická. Klasický vzor ruměnice  získal nejvíce protikladných hodnocení. Lidé jej hodnotili většinou buď jako nejhezčí, nebo jako nejošklivější. To nesouhlasí s mými předešlými zjištěními, takže usuzuji na velký význam očních skvrn pro člověka. Vzhledem k tomu, že oční skvrny byly vždy ve středu ruměnice, lze obrázky této série označit za komplexnější než obrázky záporně hodnocené v sériích části vzoru a symetrie, a než klasický ruměniční vzor. Protože hodnocení pravého ruměničního vzoru  nebylo ani rovnoměrné, ani nejlepší v sadě, lze usuzovat, že komplexita má pro hodnocení objektu u člověka význam. Vzhledem k tomu, že vnímání komplexity je naučená dovednost (*Rentschler, et al., 1999*), lze usuzovat na velký podíl učení v rozhodování člověka.

Jako nejhezčí byl v této sérii vyhodnocen červený vzor šilhajících očí na černém podkladu . Naopak nejhůře dopadl vzor očí ve formě červených teček na černém podkladě . Vzhledem k tomu, že podíl barev i symetrie a komplexita je u těchto dvou vzorů stejná, lze předpokládat, že člověk reaguje na oční skvrny jako typ aposematického vzoru. Účinněji působí zobrazení připomínající oči terestrického predátora v noci, zatímco oči připomínající ptačího predátora hodnotí nejpozitivněji. Posouzení, zda je to evoluční důkaz, že člověk dlouhodobě nebyl predován ptačími predátory, ponechávám dalšímu zkoumání.

Prokázáný je vliv obrysového tvaru na barevné hodnocení živočichů (*Marešová et al., 2009*). Moje práce dokazuje i značný vliv vnitřního vzoru obrázku. To odpovídá předpokladu koevoluce lidského zraku a vnímání a hodnocení optických vjemů a lidského predátora. Dodnes podle výsledků mé práce reagujeme nejvíce na oční skvrny evokující svítící oči v noci lovcího terestrického predátora (například vlka), a na pohyb (*New et al., 2007*). Protože většina námi dodnes preferované potravy má nějaký druh kamufláže (houby, býložraví savci), lze předpokládat, že hodnocení jednotlivých vzorů rovněž ovlivňovalo jejich hodnocení z hlediska požitelnosti. To odpovídá například tomu, že hospodářsky významná a široce konzumovaná čeleď brukvovitých je převážně zelená, což je nekladněji hodnocená barva.

4.2. Vliv charakteristik lidí na hodnocení

Vnímání základních barev a jejich kategorizace se mezi různými etniky neliší ani u dospělých, ani u dětí (*Zollinger, 1988*). Hodnocení barev je ovšem odlišné podle věku, pohlaví, národnosti a kultury (*Hafner, Corotto, 1980, Vandewiele, et al., 1986, Silver et al., 1988, Jolley et al., 1998*). Vliv má rovněž zkušenost (učení) (*Edworthy et al., 2004*). V posuzování objektů hraje u lidí význam barva i tvar (*Hill, et al., 1995, Yu et al., 2004, Marešová et al., 2009*). Posun vlivu při hodnocení mezi barvou a tvarem závisí na způsobu zobrazení posuzovaného objektu (*Hill et al., 1995*).

4.2.1. Barvy

Lidé reagují spíše na slovní (psané) varování než na barevné varování, ačkoliv červená barva byla nejčastěji spojována s označením nebezpečí (*Chapanis, 1994*). Červenou jako zobrazení nebezpečí potvrzuje i výzkum *Bernardini et al. (2001)* uskutečněný kvůli zvýšení čtenosti příbalových letáků u léků. Pro zobrazování důležitých informací, kdy nehrozí bezprostřední nebezpečí, byly shodně vybírané barvy červená a černá (*Bernardini et al., 2001*).

Konzistenci těchto reakcí v závislosti na národnosti a kultuře a naopak jejich rozdílnost v závislosti na věku a pohlaví dokazuje práce *Yu et al. (2004)*. S tím souhlasí moje vlastní zjištění a zjištění *Dittmarové (2001)* u německé populace, která dokládají růst oblíbenosti červené barvy s věkem. Stejná práce poukazuje na naprosto zřejmý pokles oblíbenosti modré barvy s rostoucím věkem, který rovněž zaznamenávám.

Děti v prvním a druhém stupni vzdělávání v Senegal (ekvivalent základní a střední škola u nás) uváděly jako nejoblíbenější barvu černou nebo hnědou (*Hondt, Vandewiele, 1983*). Tento výsledek je konzistentní s mými výsledky, kdy stejná věková skupina preferovala vzory s vyšším podílem černé barvy.

Vzhledem k tomu, že citované studie nikdy nežadávaly k porovnání oranžovou barvu, je moje zjištění, že neoblíbenost oranžové barvy u studujících dětí ještě větší než neoblíbenost červené barvy, úplně nové. Bylo by jistě zajímavé vytvořit studii na efekt varování v červené versus oranžové barvě u dospělých a dětí.

Výsledky jasně prokázaly rozdíl v preferenci barev v rámci pohlaví. *Dittmarová (2001)* rovněž uvádí rozdíl v nejoblíbenější barvě u mužů a u žen. V jejím případě muži častěji jako neoblíbenou barvu uváděli žlutou, zatímco ženy červenou. V mé studii v tomto parametru vyšla prokazatelně pouze fialová, která je významným způsobem neoblíbenější u mužů než u žen. Rozdíl v těchto výsledcích přičítám hlavně menší barevné škále, kterou *Dittmarová (2001)* studovala (červená, žlutá, modrá, zelená).

4.2.1.1. Rozdíl černo- červená






Rozvoj značek signalizujících nebezpečí byl zaznamenán hlavně ve 20. století. Je dáván do souvislosti s rozvojem železniční dopravy a vznikem železničních přejezdů, kdy se jednalo o černé nápisy na bílém pozadí (*Wogalter, 2006*). Používání červené barvy na varovných nápisech je běžné hlavně u nápisů „WARNING“, „DANGER“ a „ATTENTION“ v U.S.A od 2. světové války. Vzhledem k tomu, že tyto cedule jsou používány hlavně v oblasti rizik úrazů v nebezpečných a nezajištěných oblastech (doly, stavby, apod.), vyplývá jejich účinnost hlavně z odporu náctiletých k červené barvě, protože právě v důsledku neoprávněných vniknutí do takovýchto oblastí, které mají na svědomí hlavně mladiství, je nejvíce úrazů v U.S.A. (*Wogalter, 2006*). To ilustruje zvýšenou pozornost vůči těmto barvám a částečně i různé vnímání těchto barev v průběhu života člověka (auta řídí především lidé starší). Černá a červená, jako barvy vzbuzující pozornost, se prokázaly i v rámci tištěného textu (*Dittmar, 2001*).





Důvod rozdílů v hodnocení červené, především v porovnání s černou, v rámci různých věkových skupin nelze zatím spolehlivě vysvětlit, ačkoli, jak uvádím výše, se jedná o celosvětový trend. Neoblíbenost černé u dospělých lze vysvětlit ve středoevropské a americké kultuře její propojeností se smrtí, ovšem tento argument nelze označit za průkazný. Je totiž rovněž vnímána jako velmi erotická barva. Toto její hodnocení je

dáváno do souvislosti s tím, že noc, která je pro nás černá, a která je pro tento význam černé klíčová, radikálně omezuje lidskou schopnost vizuálního vnímání a poskytuje více soukromí. Odmítání černé u starších lidí v mé práci tedy přisuzuji spíše upřednostňování červené v této věkové kategorii, i když první výstražné cedule byly černo- bílé (Wogalter, 2006). To odpovídá faktu, že nejvýznamnější barvou rozmnožování u savců, a nejvíce primátů je červená (Dixson, 1998). Ačkoliv pro lidi je v tomto významu nejdůležitější tvar a rozměr ženského poprsí (Dixson, 1998), je možné, že červenou barvu stále vnímáme podobně jako primáti. To by vysvětlovalo tak významnou proměnu preferencí barev v průběhu lidského věku.

4.2.2. Vzory



Protože se obrysový tvar obrázků neměnil, lze velmi objektivně vysledovat reakci lidí na vzory obrázků. Lze říci, že reakce lidí na vzory nebyly nikdy zkoumány. Všechny studie zabývající se podobným tématem řeší pouze čitelnost vzoru (písma) v různých kombinacích barev, nebo celkový tvar objektu (Wogalter, 2006). Výsledky mé studie byly ovlivněny zvolenou barevnou kombinací vzoru (červeno- černá). Protože děti mají výrazně více v oblibě černou (Hondt, Vandewiele, 1983), hodnocení obrázků v sériích **části vzoru a oční skvrny** vyšla v tomto duchu. Děti výrazně preferovaly vzory s vyšším podílem černé barvy, zatímco dospělí naopak. Pohlaví hodnocení obrázků v sadách **části vzoru, symetrie a oční skvrny** téměř neovlivňovalo.

To, že vnímání vzoru je ovlivněno věkem dokazují výsledky ze série **oční skvrny**. Zatímco celkově byl nejneoblíbenější vzor , tak ve výsledcích zkoumající vliv charakteristik vyšel jako nejneoblíbenější u lidí nenavštěvující základní nebo střední školu vzor . Zápornost hodnocení tohoto vzoru se tedy zvyšovala s věkem. Naopak u lidí navštěvujících základní nebo střední školu vyšly jako nejneoblíbenější vzory  a . Což jsou vzory s reverzní barevnou kombinací oproti celkově nejneoblíbenějšímu vzoru .

U série **symetrie**, kde byl podíl barev přesně 50%, je vidět vliv věku a vzdělání (zkušeností) na hodnocení vzoru. Žáci a studenti základních a středních škol výrazně negativně hodnotili geometrické uspořádání vzoru a barev , , , zatímco studenti vysokých škol výrazně negativně hodnotili jinak celkově nejneoblíbenějšího „maskáče“ . V posledním případě podle mě způsobuje neoblíbenost horší rozeznatelnost, protože tento

vzor nejlépe splňuje kritéria disruptivity. Je zajímavé, že tento způsob hodnocení používají pouze lidé starší, ale dosud v aktivním procesu učení.

4.2.3. Hodnocení zbarvení ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*) u lidí

Absence zkušenosti podle mě rovněž způsobuje negativní hodnocení ruměničního vzoru v rámci série symetrie ( a ) u lidí trávících nejraději dovolenou u moře nebo ve městě, oproti lidem trávících raději dovolenou u rybníka nebo na horách. Z tohoto negativního hodnocení ruměnice u lidí jezdících k moři nebo do města na dovolenou rovněž usuzují na účinnost aposematického zbarvení ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*) na lidi bez zkušeností s tímto broukem, protože obdobný výsledek, i když po Bonfferoniho korekci neprůkazný, vyšel v ostatních sadách. To, že aposematismus klasického zbarvení ruměnice pospolné sice na lidi účinkuje, ale není příliš významný, dokazuje rovněž výrazně lepší hodnocení tohoto vzoru v rámci série **části vzoru** v porovnání s ostatními sériemi. V této sérii bylo jednoznačně prokázáno, že jiné varianty vzoru jsou pro lidi mnohem více odstrašující.

5. Literatura:

Amaral, D. G., Price, J. L., Pitkänen, A., Carmichael, S.T., 1992: Anatomical organisation of the primate amygdaloid complex. In: *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory and Mental Dysfunction*, Wiley 1992.

Andersson, M. 1994: *Sexual Selection*, Princeton University Press, 1994.

Aragones, J., Reyna, De, L. A., Recuerda, P., 1999: Visual communication and sexual selection in a nocturnal bird species *Caprimulgus ruficollis*, a balance between crypsis and conspicuousness, *Wilson Bull.*, 111(3), 1999, p. 340-345.

Aronsson, M., Gamberale – Stille, G., 2008: Domestic chicks primarily attend to colour, not pattern, when learning an aposematic coloration, *Animal Behaviour* 75, p. 417 – 423.

Bates, H. W., 1861: Contributions to an insect fauna of the Amazon valley. Lepidoptera: Heliconidae, *Transactions of the Linnean Society* 23: 495–566.

Behrens, R., R., 2009: Revisiting Abbott Thayer: non-scientific reflections about camouflage in art, war and zoology, *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, p. 497 – 501.

Bernardini, C., Ambrogi, V., Fardella, G., Perioli, L., Grandolini, G., 2001: How to improve the readability of the patient package leaflet: a survey on the use of colour, print size and layout, *Pharmacological Research*, Volume 43, Issue 5, p. 437 – 444.

Bezzerrides, A. L., McGraw, K. J., Parker, R. S., Husseini, J., 2007: Elytra color as a signal of chemical defense in the Asian ladybird beetle *Harmonia axyridis*,

Behavioral Ecology and Sociobiology, Vol. 61, No. 9 (July 2007), p. 1401 – 1408.

Blount, J. D., 2004: Carotenoids and life-history evolution in animals, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 430 (2004), p. 10–15.

Blount, J. D., Houston, D. C., Møller, A. P., 2000: Why egg yolk is yellow, *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 15, Issue 2, 1 February 2000, Pages 47-49

Bohlin, T., Tullberg, B. A. S., Merilaita, S., 2008: The effect of signal appearance and distance on detection risk in an aposematic butterfly larva (*Parnassius apollo*), *Animal Behaviour* 2008, 76, p. 577 – 584.

- Burghardt F, Knüttel H, Becker M, Fiedler K, 2000: Flavonoid wing pigments increase attractiveness of female common blue (*Polyommatus icarius*) butterflies to mate-searching males. *Naturwissenschaften* 87:304–307.
- Butcher, G. S., Rohwer, S., 1989: The evolution of conspicuous and distinctive coloration for communication in birds. *Current Ornithology*, 6, p. 51-108.
- Caro, T., 2009: Contrasting coloration in terrestrial mammals, *Phil. Trans. R. Soc. B* (2009) 364, p. 537 – 548.
- Chapanis, A., 1994: Hazards associated with 3 signal words and 4 colors on warning signs, *Ergonomics*, Volume 37, Issue 2, p. 265 – 275.
- Church SC, Bennett ATD, Cuthill IC, Hunt S, Hart NS, Partridge JC, 1998: Does lepidopteran larval crypsis extend into the ultraviolet? *Naturwissenschaften* 85:1–5.
- Cibulková, A., 2008: Význam barvy v reakci ptačího predátora na aposematickou kořist, bakalářská práce.
- Cibulková, A., Veselý, P., Poláková, S., Fuchs, R., (in prep., 2010): Efficiency of individual colours in insect warning displays: experiments with avian predators. In: Veselý, P., 2010: Rozlišování nevhodné kořisti ptačími predátory. Dizertační práce.
- Cott, H. B., 1940: Adaptive colouration in animals. Methuen & Co., London, 1940.
- Cuthill, I. C., Stevens, M., Sheppard, J., Maddocks, T., Párraga, C. A., Troscianko, T., S., 2005: Disruptive coloration and background pattern matching, *Nature*, vol. 434, i. 7029, p. 72 – 74.
- Cuthill, I. C., Hiby, E., Lloyd, E., 2006: The predation costs of symmetrical cryptic coloration, *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, p. 1267–1271.
- Cuthill, I. C., Székely, A., 2009: Coincident disruptive coloration, *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, p. 489 – 496.
- Darwin, C. R., 1871: The Descent of Man and Selection in Relation to Sex. In: Darwin, C. R.: O pohlavním výběru, Praha : Academia, 2005, 470 stran.
- Davies, R. G., Orme, C. D. L., Olson, V., Thomas, G. H., Ross, S. G., Ding, T. S., Rasmussen, P. C., Stattersfield, A. J., Bennett, P. M., Blackburn, T. M., Owens, I. P. F., Gaston, K. J., 2006: Human impacts and the global distribution of extinction risk, *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, p. 2127–2133.

- Delhey, K., Peters, A., Kempenaers, B., 2007: Cosmetic Coloration in Birds: Occurrence, Function, and Evolution, *The American Naturalist*, vol. 169 supplement, January 2007.
- Dimitrova, M., Stobbe, N., Schaefer, H. M., Merilaita, S., 2009: Concealed by conspicuousness: distractive prey markings and backgrounds, *Proc. R. Soc. B*, 276, p. 1905 – 1910.
- Dittmar, M., 2001: Changing Colour Preferences with Ageing: A Comparative Study on Younger and Older Native Germans Aged 19–90 Years, *Gerontology* 47, p. 219 – 226.
- Dixson, A. F., 1998: *Primate Sexuality: Comparative Studies of the Prosimians, Monkeys, Apes, and Human Beings*, Oxford University Press, 1998, New York, 546 stran.
- Dominy, N. J., Svenning, J. C., Wen-Hsiung Li, 2003: Historical contingency in the evolution of primate color vision, *Journal of Human Evolution* 44 (2003), p. 25–45.
- Edworthy, J., et al., 2004: Linguistic and location effects in compliance with pesticide warning labels for amateur and professional users, *Human Factors*, Volume 46, Issue 1, p. 11 – 31.
- Endler, J. A. 1978: A predator's view of animal color patterns. *Evol. Biol.* 11:319-364.
- Endler, J. A., 1980: Natural Selection on Color Patterns in *Poecilia reticulata*, *Evolution*, Vol. 34, No. 1 (Jan., 1980), pp. 76-91.
- Endler, J. A. 1988: Frequency-dependent predation, crypsis and aposematic coloration, *Phil. Trans. R. Soc. B* 319, p. 505 - 522.
- Endler, J. A., 1993: The color of light in forest and its implications, *Ecological Monographs*, 63(1), 1993, pp. 1-27.
- Endler, J. A., 2006: Disruptive and cryptic coloration, *Proc. R. Soc. B* 2006 273, 2425-2426.
- Enquist, M., Arak, A., 1994: Symmetry, beauty and evolution, *Nature* 372, 6502, p. 169 – 172.
- Exnerová, A., Landová, E., Štys, P., Fuchs, R., Prokopová, M., Cehláriková, P., 2003: Reactions of passerine birds to aposematic and nonaposematic firebugs (*Pyrrhocoris apterus*; Heteroptera), *Biological Journal of the Linnean Society*, 78, p. 517–525.
- Exnerová, A., Svádová, K., Štys, P., Barcalová, S., Landová, E., Prokopová, M., Fuchs, R., Socha, R., 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, p. 143–153.

Exnerová, A., Štys, P., Fučíková, E., Veselá, S., Svádová, K., Prokopová, M., Jarošík, V., Fuchs, R., Landová, E., 2007: Avoidance of aposematic prey in European tits (Paridae): learned or innate?, *Behavioral Ecology*, 18, p. 148–156.

Exnerová, A., Hotová – Svádová, K., Fučíková, E., Drent, P., Štys, P., 2010: Personality matters: individual variation in reactions of naive bird predators to aposematic prey, *Proc. R. Soc. B* (2010) 277, p. 723 – 728.

Farine, J. P., et al., 1992: Chemistry of defensive secretions in nymphs and adults of fire bug, *Pyrrhocoris apterus* L., (Heteroptery, Pyrrhocoridae. *Journal of Chemical Ecology* 18, p. 1673 – 1682.

Forsman, A., Merilaita, S., 1999: Fearful symmetry: pattern size and asymmetry affects aposematic signal efficacy, *Evolutionary Ecology* 13, p. 131±140.

Fox, H. M., Ververs, G., 1960: *The nature of animal colours*, Macmillan New York, 1960.

Forsman, A., Merilaita, S., 2003: Fearful symmetry? Intra-individual comparisons of asymmetry in cryptic vs. signalling colour patterns in butterflies, *Evolutionary Ecology* 17, p. 491–507.

Freud, S., 1926: *Inhibitions, symptoms and anxiety* London: Hogarth Press, 1936.

Gamberale, G., Tullberg, B. S., 1996: Evidence for a more effective signal in aggregated aposematic prey, *Anim. Behav.*, 52, p. 597 – 601.

Gamberale, G., Tullberg, B. S., 1998: Aposematism and gregariousness: the combined effect of group size and coloration on signal repellence, *Proceedings: Biological Sciences*, Vol. 265, No. 1399, p. 889 – 894.

Gamberale – Stille, G., Tullberg, B. S., 2001: Fruit or aposematic insect? Context-dependent colour preferences in domestic chicks, *Proceedings: Biological Sciences*, Vol. 268, No. 1485, p. 2525 – 2529.

Gamberale – Stille, G., 2001: Benefit by contrast: an experiment with live aposematic prey, *Behavioral Ecology* Vol. 12, No. 6, p. 768 – 772.

- Gamberale – Stille, G., Hall, K. S. S., et al., 2007: Signals of profitability? Food colour preferences in migrating juvenile blackcaps differ for fruits and insects. *Evolutionary Ecology* 21 (1), p. 99 – 108.
- Goodwin, T. W. 1984. *The Biochemistry of Carotenoids, Animals*, Vol. 2, New York: Chapman & Hall, 1984.
- Griffith, S. C., Parker, T. H., Olson, V. A., 2006: Melanin- versus carotenoid-based sexual signals: is the difference really so black and red?, *Animal Behaviour*, 2006, 71, 749–763.
- Griffith, S. C., Pryke, S. R., 2006: Benefits to female birds of assessing color displays, *Bird Coloration. Vol. 2: Function and Evolution*, p. 233–279, Harvard University Press, 2006.
- Grill, C., P., 1999: Development of colour in an aposematic ladybird beetle: The role of environmental conditions, *Evolutionary Ecology Research* 1, p. 651 – 662.
- Hafner, J.L., Corotto, L.V., 1980: Age, sex, race, and the Lüscher Color Test, *Percept Mot. Skills*, vol. 50(3 Pt 2), p. 1144 - 6.
- Hatle, J. D., Salazar, B., A., 2001: Aposematic Coloration of Gregarious Insects Can Delay Predation by an Ambush Predator, *Environ. Entomol.* 30(1), p. 51 – 54.
- Hearing, V. J., 1993: Unraveling the melanocyte, *American Journal of Human Genetics*, 52, 1–7.
- Hill, G. E., 1992: Proximate basis of variation in carotenoid pigmentation in male house finches, p 109, p. 1–12.
- Hill, G. E., 1996: Redness as a measure of the production cost of ornamental coloration, *Ethology Ecology and Evolution*, Vol. 8, Issue 2, p. 157-175.
- Hotová – Svádová, K., Exnerová, A., Kopečková, M., Štys, P., 2010: Predator dependent mimetic complexes: Do passerine birds avoid Central European red-and-black Heteroptera?, *European Journal of Entomology* 107, p. 349–355.
- Isbell, L. A., 2006: Snakes as agents of evolutionary change in primate brains, *Journal of Human Evolution*, 51 (2006), p. 1-35.
- Järvi, T., Bakken, M., 1984: The function of the variation in the breast stripe of the great tit (*Parus major*), *Animal Behaviour*, Volume 32, Issue 2, May 1984, Pages 590-596.

- Jolley, R.P.; Zhi Z.; Thomas, G.V., 1998: How focus of interest in pictures changes with age: A cross-cultural comparison, *International Journal of Human Development*, Volume 22, Issue: 1, p. 127 – 149.
- Kennedy, G. J., Whitaker, D., 2010: The chromatic selectivity of visual crowding, *Journal of Vision* (2010) 10(6):15, p. 1–13.
- Lazarus, R. S., 1991: Cognition and motivation in emotion, *American Psychologist*, Vol 46(4), Apr, 1991. pp. 352-367.
- Lindstedt, C., Lindström, L., Mappes, J., 2008: Hairiness and warning colours as components of antipredator defence: additive or interactive benefits?, *Animal Behaviour*, 2008, 75, p. 1703 – 1713.
- Livingstone, M., Hubel, D., 1988: Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, Physiology, and Perception, *Science*; May 6, 1988; 240, p. 4853.
- Mappes, J., Allatalo, R. V., 1997: Effects of novelty and gregariousness in survival of aposematic prey, *Behavioral Ecology*, Vol. 8, No. 2, p. 174 – 177.
- Marešová, J., Frynta, D., 2007: Noah's Ark is full of common species attractive to humans: The case of boid snakes in zoos, *Ecological Economics*, č. 64/2008, s.554 – 558.
- Marešová, J., Krása, A., Frynta, D., 2008: We all Appreciate the Same Animals: Cross-Cultural Comparison of Human Aesthetic Preferences for Snake Species in Papua New Guinea and Europe, *Ethology* 115 (2009), p. 297–300.
- Marešová, J., Landová, E., Frynta, D., 2009: What makes some species of milk snakes more attractive to humans than others?, *Theory Biosci.* 128, p. 227 – 235.
- McGraw, K. J., Hill, G. E., 2000: Differential effects of endoparasitism on the expression of carotenoid- and melanin-based ornamental coloration, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 267, 1525–1531.
- McGraw, K. J., Hill, G., E., 2004: Plumage color as a dynamic trait: carotenoid pigmentation of male house finches (*Carpodacus mexicanus*) fades during the breeding season, *Canadian Journal of Zoology* 82:734–738.
- Merilaita, S., Tullberg, B. S., 2005: Constrained camouflage facilitates the evolution of conspicuous warning coloration, *Evolution* 55 (1), P. 38 – 45.

- Merilaita, S., Lind, J., 2006: Great tits (*Parus major*) searching for artificial prey: implications for cryptic coloration and symmetry, *Behavioral Ecology* 17, p. 84 – 87.
- Merilaita, S., Ruxton, G. D., 2007: Aposematic signals and the relationship between conspicuousness and distinctiveness, *Journal of Theoretical Biology* 245 (2007), p. 268 – 277.
- Müller, F., 1878: Über die Voertheile der Mimicry bei Schmetterlingen, *Zool. Anz.* 1, 54-55.
- New, J., Cosmides, L., Tooby, J., 2007: Category-specific attention for animals reflects ancestral priorities, not expertise, *PNAS* October 16, 2007, vol. 104, no. 42, p. 16598–16603.
- Olson, V. A., Owens, I. P. F., 1998: Costly sexual signals: are carotenoids rare, risky or required?, *Trends in ecology & evolution*, Vol. 13, Issue 12, p. 510-514.
- Öhman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D., Ingvar, M., 2007: On the unconscious subcortical origin of human fear, *Physiology & Behavior* 92 (2007), p. 180–185.
- Papaj, D. R., Newsom, G. M., 2005: A within-species warning function for an aposematic signal, *Proc. R. Soc. B* (2005) 272, p. 2519 – 2523.
- Pointer, M. R. & Attridge, G. G., 1998, *Color Res. Appl.* 23, p. 52 – 54. In: Mollon, J. D., 1999: Color vision: Opsins and options, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 96, p. 4743 – 4745.
- Poulton, E. B. 1890: *The colours of animals: their meaning and use especially considered in the case of insects.* London, UK: Kegan, Paul, Trench, Trubner and Co. Ltd.
- Prášková, M., 2009: Vliv vzoru na reakci ptačího predátora na nechráněnou aposematickou kořist, bakalářská práce.
- Prokopová M. 2005: Aposematismus ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*: Hemiptera, Pyrrhocoridae): vliv druhu predátora a barevného vzoru na účinnost varovné signalizace. Disertační práce
- Prokopová, M., Veselý, P., Fuchs, R., Zrzavý, J., 2010: The role of size and colour pattern in protection of developmental stages of the red firebug (*Pyrrhocoris apterus*) against avian predators, *Biological Journal of the Linnean Society*, 100, p. 890 – 898.

- Pryke, S. R., Andersson, S., 2003: Carotenoid-based status signalling in red-shouldered widowbirds (*Euplectes axillaris*): epaulet size and redness affect captive and territorial competition, *Behav Ecol Sociobiol* 53, p. 393–401.
- Przeczek, K., Mueller, C., Vamosi, S., M., 2008: The evolution of aposematism is accompanied by increased diversification, *Integrative Zoology* 3, p. 149–156.
- Rommel, T., Tammaru, T., 2009: Size-dependent predation risk in tree-feeding insects with different colouration strategies: a field experiment, *Journal of Animal Ecology* 78, p. 973–980.
- Rommel, T., Tammaru, T., 2011: Evidence for the Higher Importance of Signal Size Over Body Size in Aposematic Signaling in Insects, *Journal of Insect Science*, 11(4), p. 1-11.
- Rentschler, I., Jüttner, M., Unzicker, A., Landis, T., 1999: Innate and learned components of human visual preference, *Current Biology* 9, p. 665–671.
- Ritland, D. B., 1998: Mimicry related predation on two viceroy butterfly (*Limenitis archippus*) phenotypes, *American Midland Naturalist* 140 (1), p. 1 – 20.
- Rowland, H. M., Cuthill, I. C., Harvey, I. F., Speed, M., Ruxton, G. D. 2008: Can't tell the caterpillars from the trees: countershading enhances survival in a woodland, *Proc. R. Soc. B* 275, 2539–2546.
- Rowland, H. M., 2009: From Abbott Thayer to the present day: what have we learned about the function of countershading?, *Phil. Trans. R. Soc. B* 2009 364, 519-527.
- Ruxton, G.D. et al., 2004a: What, if anything, is the adaptive function of countershading?, *Animal Behaviour* 68, p. 445–451.
- Ruxton, G. D., Sherratt, T. N., Speed, M. P., 2004b: *Avoiding attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals & Mimicry*, Oxford University Press, 2004, 249 stran.
- Ruxton, G. D., Sherratt, T. N., 2006: Aggregation, defence and warning signals: the evolutionary relationship, *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, p. 2417–2424.
- Schaefer, H. M., Stobbe, N., 2006: Disruptive coloration provides camouflage independent of background matching, *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, p. 2427–2432.
- Shephard, R.N., 1994: Perceptual-cognitive universals as reflections of the world, *Psychonomic Bulletin & Review*, 1994, 1 (1), 2-28.

- Sherratt, T. N., Rashed, A., Beatty, C. D., 2005: Hiding in plain sight, *Trends in Ecology and Evolution* Vol.20 No.8 August 2005.
- Sillén – Tullberg, B., Gamberalle – Stille, G., et al., 2000: Effect of food plant and group size on predator defence: differences between two co-occurring aposematic Lyggaeline bugs. *Ecological Entomology* 25 (2), p. 220 – 225.
- Silver, N.C., McCulley, W.L., Chambliss, L.N., Charles, C.M., Smith, A.A., Waddell, W.M., Winfield, E.B., 1988: Sex and Racial Differences in Color and Number Preferences, *Perceptual and Motor Skills*, Volume 66, p. 295 – 299.
- Skelhorn, J., 2001: Colour biases are a question of conspecifics' taste, *Animal Behaviour* 81, p. 825 – 829.
- Skelhorn, J., Ruxton, G. D., 2011: Context-dependent misclassification of masquerading prey, *Evol Ecol* (2011) 25, p. 751–761.
- Socha, R., Němec, V., 1992: Pteridine analysis in five body colour mutations of *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 89, p. 195 – 203.
- Stevens, M., Cuthill, I. C., Windsor, A. M. M., Walker, H. J., 2006: Disruptive contrast in animal camouflage, *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, p. 2433–2438.
- Stevens, M., Yule, D. H., Ruxton, G. D., 2008: Dazzle coloration and prey movement, *Proc. R. Soc. B* 2008 275, p. 2639-2643.
- Svádová, K., Exnerová, A., Štys, P., Landová, E., Valenta, J., Fučíková, A., Socha, R., 2009: Role of different colours of aposematic insects in learning, memory and generalization of naive bird predators, *Animal Behaviour* 77 (2009), p. 327–336.
- Tullberg, B. S., Merilaita, S., Wiklund, C., 2005: Aposematism and crypsis combined as a result of distance dependence: functional versatility of the colour pattern in the swallowtail butterfly larva, *Proc. R. Soc. B* (2005) 272, p. 1315–1321.
- Tullberg, B. S., Gamberale-Stille, G., Bohlin, T., Merilaita, S., 2008: Seasonal ontogenetic colour plasticity in the adult striated shieldbug *Graphosoma lineatum* (Heteroptera) and its effect on detectability, *Behav Ecol Sociobiol* (2008) 62, p. 1389–1396.
- Unzicker, A., Jüttner, M., Rentschler, I., 1998: Similarity-based models of human visual recognition, *Vision Research* 38 (1998), p. 2289–2305.

- Vallin, A., Dimitrova, M., Kodandaramaiah, U., Merilaita, S., 2011: Deflective effect and the effect of prey detectability on anti-predator function of eyespots, *Behav Ecol Sociobiol* (2011) 65, p. 1629 – 1636.
- Vandewiele, M., D'Hondt, W., Didillon, H., Iwawaki, S., Mwamwenda, T., 1986: Number and color preferences in four countries, *Perceptual and Motor Skills*, Volume 63, Issue , p. 945 - 946.
- Veselý, P., Cibulková, A., Fuchs, R., 2009: Importance of color in dangerous prey recognition in great tits. 31th International Ethological Conference, Rennes, France (August, 2009). Proceedings of abstract, p. 447. In: <http://www.cke.cz/publications/IEC2009-Vesely-Cib-Fuch.pdf>.
- Veselý, P., Veselá, S., Fuchs, R., (in prep, 2010): Visual anti predatory signal of the red cotton bug: colour or pattern?. In: Veselý, P., 2010: Rozlišování nevhodné kořisti ptačími predátory. Dizertační práce.
- Wallace, A. R. 1889 Darwinism. An exposition of the theory of natural selection with some of its applications. London, UK: Macmillan.
- Watson, P. J., Thornhill, R., 1994: Fluctuating asymmetry and sexual selection, *Trends Ecol. Evol.* 9, p. 1 – 64.
- Wheeler, B. C., Bradley, B. J., Kamilar, J. M., 2011: Predictors of orbital convergence in primates: A test of the snake detection hypothesis of primate evolution, *Journal of Human Evolution* 61 (2011), p. 233 – 242.
- Wijk, H.; Berg, S. Sivik, L., et al., 1999: Color discrimination, color naming and color preferences in 80-year olds, *Aging – clinical and experimental research*, vol. 11, issue 3, p. 176-185.
- Wogalter, M. S., 2006: *Handbook of Warnings*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey 2006, 845 stran.
- Wouter A. A., Geest, van den, T. M., 2011: Color Matters: Color as Trustworthiness Cue in Web sites, *Technical communication*, Volume: 58, Issue: 2, p. 149-160.
- Yu, R.F., Chan, A.H.S., Salvendy, G., 2004: Chinese perceptions of implied hazard for signal words and surround shapes, *Human factors and ergonomics in manufacturing*, Volume 14, Issue 1, p. 69 – 80.

Zollinger, H., 1988: Categorical color perception: Influence of cultural factors on the differentiation of primary and derived basic color terms in color naming by Japanese children, *Vision Research*, Volume 28, Issue 12, p. 1379 – 1382.