

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Využití ptilochronologických dat jako ukazatele individuální kondice**

**Application of ptilochronology like indicator of individual condition**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Jiří Eliáš**

**Vedoucí práce: Ing. Jana Svobodová, Ph.D.**

**Konzultant práce: RNDr. Michal Vinkler**

**2012**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu.

V Praze dne: 15.4.2013

.....

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Svobodové Ph.D a mému konzultantovi RNDr. Michalu Vinklérovi Ph.D. Děkuji také celé své rodině za veškerou podporu v průběhu mého studia.

## Abstrakt

Kondici jedinců v ornitologii můžeme vyjádřit mnoha různými způsoby. Jeden z možných způsobů jak vyjádřit kondici je pomocí ptilochronologických znaků. Tato práce v rešeršní formou části nejprve podává přehled o dvou základních barevných ornamentech (melaninových a karotenoidních). Z přehledu studií vyplývá, že čestným ukazatelem (honest signals) kondice jsou karotenoidní ornamente a melaninové ornamente jsou považovány za méně věrohodné kondiční ukazatele. Avšak recentní ukazují, že neexistuje rozdíl mezi těmito ornamente, neboť se podílejí na podobných procesech. Takže i melaninové ornamente mohou dobře odrážet kondici. V praktické části této práce jsem se zaměřil na žluté karotenoidní ornamente. U karotenoidních ornamentů mládřat sýkory koňadry (*Parus major*) byla hodnocena exprese žlutého spektra pomocí spektrometru a následně byla sledována jejich souvislost s individuálními kondičními znaky. Kromě karotenoidních znaků byly ještě sledovány hodnoty body mass indexu (BMI), délka a hmotnost ocasních rýdovacích per, velikost snůšky (počty vajec), načasování snůšky, délka tarsu a hmotnosti 1., 15 a 16 den. Tyto údaje byly následně statisticky hodnoceny v závislosti na barevném vyjádření peří. V závěrečném vyhodnocení výsledků závislost mezi žlutým ornamentem a kondičními znaky prokázána nebyla. Byla ovšem zaznamenána marginální závislost mezi intenzitou žlutého zbarvení mládřat a dobou načasování líhnutí mládřat. Dříve tedy mohou hnízdit jen ti, co jsou v dobré kondici. Dospělci v dobré kondici pak mohou produkovat mládřata se žlutějším ornamentem, protože samice mají více karotenoidů a rodiče mládřata mohou zásobovat větším množstvím potravy s karotenoidy. Dále bylo zjištěno, že mládřata s těžším rýdovacím perem měli lesklejší karotenoidní ornament. Mládřata v lepší kondici mohou vytvořit těžší rýdovací pera a lesklejší ornament. Může tedy karotenoidní ornament odrážet skutečně kondici mládřat?

Tento výzkum byl financován grantovým projektem GAČR(505/10/1871), který se zabývá výzkumem polymorfizmu genů vrozené imunity.

Klíčová slova: Sýkora koňadra (*Parus major*), kondice, čestné znaky, ornamente peří, pigmenty, sekundární pohlavní znaky.

## Abstrakt

In ornithology we can express condition of individuals in many different ways. One of the possible ways to express the condition is by using ptilochronology characters. This work shows in literature search overview about differences between two basic color ornaments (melanin and carotenoid). A review of studies shows that the more honest signals of condition are carotenoid ornaments and melanin ornaments are less reliable indicators of condition. However, there are recent studies argue that there is no difference between these ornaments, because they are involved in similar processes. So even melanin may well reflect the condition. In the practical part of this thesis, I focused on the yellow carotenoid ornaments. The carotenoid ornaments at chick Great tits (*Parus major*) were evaluated expression of the yellow spectrum using the spectrometer and then was monitored the influence on fitness characters. Besides carotenoid ornaments were still monitoring the value of body mass index, length and weight of the tail feathers, the number of eggs in the nest, timing of *snůška*, length of tarsus and weight 1, 15 and 16 days in chick. These data were then statistically evaluated depending on the color expression feathers. In the final evaluation of the results dependence between yellow ornament and conditioning characters was not demonstrated. However, there was found a marginal significant correlation between the intensity of yellow color and time of hatching chicks. Earlier therefore can nest only those who are in good condition. The adults in good condition can then produce chicks with more yellow ornament, because females have more carotenoids and parents can supply plenty of food carotenoids with their chicks. It was also found that chicks with severe tail feather had shinier carotenoid ornament. Chicks in better shape can create heavier tail feathers of a shiny ornament. It may therefore reflect the carotenoid ornament really fit chicks?

This study was funded by grant project GACR (505/10/1871), which dealing with the influence of genetic variability of genes of innate immunity.

Key-word: Great tit(*Parus major*), condition, honest signals, feathers ornaments, pigments, secondary sexual traits.

## **OBSAH:**

1. Úvod .....	7
2. Cíle práce a předpoklady.....	8
3. Barevné ornamenty u ptáků... ..	9
3.1 Vyjádření ornamentů.....	9
3.2 Druhy barevných ornamentů .....	10
3.2.1 karotenoidy.....	11
3.2.2 melaniny.....	12
3.3 Souhrn-ornamenty .....	13
4. Analýza karotenoidních ornamentů.....	14
5.1 Barevné systémy .....	14
5.2 Spektrometrické měření barev .....	15
5. Praktická část .....	16
5.2 Úvod a studovaný druh.....	16
5.2 Metodika.....	17
5.3 Statistické vyhodnocení.....	18
5.4 Výsledky .....	19
5.5 Diskuse .....	20
6. Závěr: .....	27
7. Přehled literatury a použitých zdrojů .....	28
8. Přílohy .....	34

## 1. Úvod

Barevné ornamenty u ptáků patří mezi sekundární pohlavní znaky, které tedy hrají důležitou roli v pohlavním výběru nebo jako možný ukazatel kondice (Hill 2006). Zastávají tak velmi důležitou roli informační a signální. Rozpoznat co daný znak signalizuje je důležitou úlohou zejména při páření, kdy samice si vybírají svého reprodukčního partnera na základě těchto znaků (Cote et al. 2010, Hill 1990). Dále nám tyto barevné ornamenty mohou sloužit k odhadnutí silného vrstevníka v bojích o samičku (McGraw et al. 2002).

V této práci jsem se zaměřil na základní typy ornamentů u mláďat sýkory koňadry (*Parus major*). V rešeršní části je cílem analyzovat, které ornamenty nejlépe vystihují individuální kondici jedinců. V druhé praktické části, která se týká vlastního terénního výzkumu, je hlavním záměrem statisticky analyzovat, který parametr barvy žlutých karotenoidů nejlépe vystihuje kvalitu jedince.

## **2.Cíle práce a předpoklady**

V teoretické části je cílem této práce podat rešeršní přehled výsledcích studií o vztahu mezi karotenoidními a melaninovými ornamenty ve vztahu ke kondici jedinců. Předpokládá se, že lépe vystihují kondici ornamenty karotenoidního původu, které jsou v mnoha případech považovány za čestné ukazatele kondice (Badyaev et Hill 2000, Senar et al., 2003).

V praktické části je cílem otestovat pomocí spektrometrických metod, zda variabilita karotenoidních ornamentů koreluje se základními kondičními znaky a se strukturou ocasních rýdovacích per.



### **3. Barevné ornamenty u ptáků**

Barevné ornamenty u ptáků hrají důležité role v životě jedinců. Jsou to důležité sekundární pohlavní znaky, které mají význam při pohlavním výběru nebo při určování kondice jedinců (Hill 2006). Představují fenotypické či genetické kvality svých nositelů (Hřrak et al. 2000). Existuje velká variabilita barevného vyjádření u ptačích ornamentů jak na mezidruhové, tak na vnitrodruhové úrovni (Dale 2006). Tato variabilita je studována v několika oblastech z hlediska kondice (McGraw et al. 2002, Senar et al. 2003, Peters et al. 2007) imunitní reakce (Anguilera et Amat 2007), v reakci k parazitům (Fitze et Richter 2002), v dědičnosti (Mundy 2006) nebo z hlediska kvality prostředí (Eeva et al. 1998, Hřrak et al. 2000).

Výrazné ornamenty se objevují hlavně u druhů s výrazným pohlavním dimorfizmem (Badyaev et Hill 2000) zvláště u samců než u samic. Jelikož však mohou ptáci vnímat širší rozpětí spektra (300-700nm) mohou ptáci i pro nás monochromatické druhy vnímat jako dichromatické (Eaton 2005).

#### **3.1 Vyjádření ornamentů**

Předpokládá se, že větší, složitější či barevnější ornament je signálem dominance (Anderson 1994, Flegr 2005) a celkově dobrého zdravotního stavu (Candolin 1999). Naopak je tedy analogicky ornament barevně nevýrazný považován za znak, který nám vypovídá o jedinci kondičně slabém či nemocném (Hill et Brawner 1998). Předpokládá se totiž, že pokud jedinec bude vystaven určitým nepříznivým vlivům, je dosti možné, že takový vliv se projeví také v depozici pigmentů do ornamentů.

Výrazný barevný ornament je pro jedince velmi energeticky nákladný co do udržování tohoto znaku a může tak mnohdy i snižovat kondici a zdraví nositele (Zahavi 1975). Aby tyto znaky byly využitelné v signalizaci, je důležité, aby byli čestnými signály kvality nositele. Aby byli tyto signály čestné, musí být jejich vývoj nákladný. Předpokládá se totiž, že pokud je znak čestný a tudíž i dosti nákladný, je pro samici výhodné vybrat si takového samce, kterému tento znak nevadí a dobře se s ním vyrovnává. Energeticky nákladný signál je tedy limitován pouze na kvalitní samce (Zahavi 1975).

### 3.2 Druhy barevných ornamentů

Ornamenty jsou zbarveny různými barevnými pigmenty (melaniny, karotenoidy, porfiriny aj.). Ornamenty mohou obsahovat jednak živou tkáň nebo odumřelé kožní deriváty (ramfotéka, peří aj.). Ornamentem živé tkáně jsou například temenní či nadočninové výběžky, laloky a další holé části pokožky. Živé tkáně mohou měnit zbarvení mnohem rychleji a lépe tak odrážet aktuální kondici jedince (Martínez-Padilla et al. 2007, Pérez-Rodríguez 2009). U ornamentů mrtvých kožních derivátů představuje také ramfotéka další místo, kam se mohou pigmenty ukládat. Jelikož je však ramfotéka plně keratizována, odráží spíše dlouhodobý stav kondice (Pérez-Rodríguez et Viñuela 2008). V této práci jsem se zaměřil na ornament pera.

U ptáků rozeznáváme tyto základní druhy pérových ornamentů: 1) karotenoidní ornamenty, které se zbarvují pomocí karotenoidních pigmentů jako jsou karoteny a xantofyly (Jagannadham 1999) a 2) melaninové ornamenty, které se zbarvují pomocí melaninových pigmentů jako je eumelanin a feomelanin (Nicolaus 1968). Pigmenty se ukládají do struktury pera a způsobují různé zbarvení. Karotenoidy jsou tedy barviva, která se vyznačují žlutými, oranžovými, červenými či nazelenalými ornamenty (McGraw 2006a, Veselovský 2001). Melaniny se vyznačují černým, šedým, hnědým zbarvením (McGraw 2006b). Takto vzájemně barevně různé ornamenty mohou tak plnit odlišnou funkci (Vergara et Fargallo 2011).

### 3.1.1 Karotenoidy

Karotenoidy jsou pigmenty vyskytující běžně v přírodě. Předpokladem čestnosti karotenoidních ornamentů je, že je ptáci nemohou syntetizovat (postrádají enzymy k jejich výrobě) a nabídka karotenoidů je potravně limitována v prostředí (Ferns&Hinsley 2007, Fitze et al. 2003b, Goodwin 1984, Hill 2000, Latscha 1990, Tschirren et al. 2003).

Karotenoidy jsou pro zvířata důležité, protože chrání před oxidativním poškozením a absorbují krátké vlnové délky záření. Existují tedy důkazy, že karotenoidy fungují také jako antioxidanty (Lozano 1994, Olson & Owens 1998, Young et Lowe 2001). Pokud tedy mají karotenoidy duální funkci, tzn., že se podílejí jak na zbarvení peří, tak na imunitním procesu, pak by měl existovat určitý kompromis či souvislost mezi těmito procesy. Pokud je jedinec vystaven oxidativnímu stresu, jsou karotenoidy spotřebovány v antioxidačních procesech a tím pádem vznikají nebarevné ornamenty (Alonzo-Alvarez et al. 2004). Z toho vyplývá, že samci, kteří jsou v lepší kondici, nemusí spotřebovávat tolik karotenoidů pro oxidační reakce a mohou je tak využít do svých ornamentů, čímž navenek informují o své aktuální kondici. Imunitní systém, tak může určovat přísun karotenoidů do ornamentů (Alonzo-Alvarez et al. 2004).

Byl dále sledován možný vliv parazitárního napadení na karotenoidní vyjádření (Hill et Brawner 1998, Hůrak et al. 2000, McGraw et Hill 2000a). Sledovala se variabilita barevného vyjádření ornamentu v závislosti na střevních a krevních parazitech. Jedinci jež nebyly napadeni parazity měli větší odstín žluté než jedinci infikovaní.

Podle studie Fitze et al.(2003a) bylo také zjištěno, že barevné vyjádření žlutých karotenoidů, bylo u jedinců sýkory koňadry z hlediska velikosti lokality odlišné. To bylo odůvodněno jednak odlišnou dobou pelichání a také potravní nabídkou a obsahem karotenoidů ve stravě, resp. hojností potravní nabídky housenek, jako možný zdroj karotenoidů.

Karotenoidy jsou také ovlivňovány hormony, kdy zejména zvýšená hladina testosteronu podporuje barevné vyjádření karotenoidů v ornamentech (McGraw et al. 2006) ale může i oslabit imunitní schopnost jedince (McGraw et Ardia 2005). Nicméně vliv karotenoidů na zdraví je stále diskutován (Vinkler et Albrecht 2010). Například studie Isaksson (2007) u sýkory koňadry nezjistila žádný vztah mezi sytostí karotenoidních ornamentů a celkovou antioxidační aktivitou. Karotenoidy tak nemusí být látkami v antioxidační obraně(Isaksson 2007).

Pomocí tohoto barevného výrazu těchto pigmentů můžeme také hodnotit i úspěšnost v pohlavním výběru či sílu kompetice (Olson et Owens 1998).

Karotenoidy tedy ve většině studií představují informaci o vyhledávacích schopnostech jedinců, zdraví a kondici (Hill 1992, Lozano 1994, Hegyi et al. 2007). Ve většině studií se pracuje jen s barvou ornamentu (Ferns et Hinslay 2007).

V současné době podíl dědičnosti na výrazu karotenoidního zbarvení u sýkory koňadry není příliš znám (Mundy 2006).

### 3.2.2 Melaniny

Melaniny jsou zastoupeny ve struktuře peří nejčastěji (McGraw 2006b). Jsou syntetizovány jako konečné produkty neesenciálních aminokyselin z tyrosinu a fenylalaninu (Griffith et al. 2006). Ptáci je dokáží syntetizovat, a proto se předpokládá, že jsou méně citlivými ukazateli kondice (Badyaev et Hill 2000, Gray 1996, Jawo et Breitwisch 2003). Například studie Hill et al. (2009) provedená na zvoncích zelených (*Carduelis tristis*) ukázala, že velikost či sytost melaninového ornamentu hlavy není ovlivněna potravní limitací nebo přítomností střevního parazita *Isospora*. Další studie McGraw et al. (2002) na vrabci domácím (*Passer domesticus*) prokázala, že potravní stres neovlivňuje výraz melaninového ornamentu.

Senar et al. (2003) studovali vztah mezi zbarvením ornamentů v závislosti na nutriční kondici provedené u sýkory koňadry. Zjistili, že šíře středního melaninového pruhu byla nezávislá na nutriční kondici.

Dále bylo také zjištěno, že melaniny podléhají přísnější genetické kontrole a nejsou tak snadno ovlivnitelné vnějším prostředím (Mundy 2006, Roulin et al. 2007). Existuje však málo důkazů, že dědičnost a genetické predispozice jsou pravděpodobně regulujícími faktory pro tvorbu melaninu více nebo méně, než je tomu u karotenoidů (Crawford 1990, Goodwin 1984, Ueshima et al. 1998).

Melaninové pigmenty tak ve většině studií signalizují hormonální stav, informaci o dominanci v populaci (Bakker 1993, McGraw et Hill 2000b) nebo bojových schopnostech při obhajobě teritoria (Wilson 1992). U melaninů se tak pracuje často s velikostí a tvarem ornamentu (McGraw et al. 2002, Wilson 1992). Dále také studie Rohwera (1975) například ukázala, že černé hrdlo u vrabců domácích (*Passer domesticus*) zprostředkovává určitou sociální informaci o postavení v populaci. Jedinci s ornamentem větším, byli z hlediska

hierarchie v populaci výše postavení (dominantnější) než jedinci jejichž velikost ornamentu byla menší. Existuje také několik dalších studií, které podporují vztah mezi postavením (dominancí) a melaninově založenými znaky (Møller 1988).

Melanin dále pro jedince poskytuje důležitou ochranu před UV zářením. V tkáních a perech se využívá jejich strukturních vlastností pro zpevnování peří. Je důležitý antioxidant a chrání tělo před volnými radikály (Griffits et al. 2006). Jak uvádí studie Galván et Alonzo-Alvarez (2008) melaninový ornament může tedy signalizovat schopnost vyrovnat se s oxidativním stresem.

Studie Fitze et Richter (2002) provedená u sýkory koňadry ukazuje, že zatížení ektoparazity (*Ceratophyllus gellinae*) může ovlivnit velikost melaninového pruhu. Velikost pruhu tak může sloužit jako čestný signál o přítomnosti parazitárního zatížení jedince. Avšak jiná studie Jacquin et al. 2011 provedená na holubech skalních (*Columba livia*) ukázala, že na velikost melaninového ornamentu u tohoto druhu může mít vliv také endoparazitismus. Dříve studie předpokládali, že na vyjádření melaninového ornamentu má vliv jen ektoparazitární zatížení.

### 3.3 Ornamenty - Souhrn

Existuje mnoho studií, které se zabývaly rozdílem mezi karotenoidními a melaninovými pigmenty resp. ornamenty a jejich úlohou v životě ptáků. Většina studií dokazuje, že karotenoidní ornamenty lépe odrážejí kondici (Hill et Brawner 1998, Olson et Owens 1998) a melaninové ornamenty nesouvisí s fyzickou kondicí (Hill et al. 2009). Avšak existují poměrně recentní studie, které ukazují, že není rozdíl ve vztahu ornament-kondice mezi melaninovými a karotenoidními pigmenty (Griffith et al. 2006), protože i melaniny mohou souviset s imunitními funkcemi (Dunn et al. 2010, Gangoso et al. 2011, Jacquin et al. 2011).

Přehled studií je prezentován v tabulce 1. a 2. v rámci diskuze. Při sestavování těchto přehledových tabulek jsou použity články serveru *Web of Knowledge*. Hlavními kritérii výběru článků byl studovaný druh, zejména byly vybírány práce zabývající se řádem pěvců (*Passeriformes*). Dále byly studovány hlavně práce zaměřující se na problematiku úlohy melaninových a karotenoidních ornamentů ve vztahu ke kondičním znakům. Články byly vybírány do roku 2011.

Novější práce zabývající se informačním obsahem pigmentů v ornamentech ukazují, že i melaniny mohou být korelovány s imunitní odpovědí tak jako karotenoidy (Jacquin et al.

2011). Souhrnné tabulky (tab. č. 3, 4) uvádějí přehled studií mezi melaninovými a karotenoidními pigmenty, které sledovali faktory ovlivňující expresi ornament a které mohou lépe odrážet kondici. Novější studie tedy poukazují hlavně na imunostimulační a antioxidační úlohu těchto pigmentů (tab. č. 4).

## **4. Analýza karotenoidních ornamentů**

Pro vyhodnocení barevných karotenoidních ornamentů je potřeba znát v jakém spektru mohou ptáci vnímat barvy. Na rozdíl od člověka, který je schopen vnímat barvy ve spektru od 400 do 700nm (Cutthill 2006), je oko ptáků schopné vnímat barvy v širším spektru od 315nm do 700nm. Stavba oka u ptáků je tedy od lidského odlišná zejména v počtu čípků, kdy většina druhů ptáků má v sítnici 4 až 5 typů čípků. Ptáci tedy navíc vidí v UV spektru (Veselovský 2001).

### **4.1 Barevné systémy**

Nejstarší barevný systém vytvořili Young, Maxwell a von Helmholtz okolo roku 1800. Byl to tzv. RGB barevný model, který pracuje na principu míchání barev ze tří základních (červené, zelené, modré).

Dále by definován HSB systém, který poskytuje poměrně detailní představu o složení barev. Stanovuje tři základní parametry barvy: základní barvu (HUE), intenzita barvy (CHROMA) a jas ( BRIGHTNESS). Systém je vhodný pro porovnávání mezi jednotlivými barvami. HSB barevný systém je pro naše měření vyhovující (Evans et al. 2010). Tento systém o složení barev poskytl A. Munsell roku 1930.

Mezi modernější barevné systémy, které byly ustanoveny Mezinárodní komisí pro osvětlování (*Commission internationale de l'éclairage*, CIE) patří CIE LCH nebo CIE LAB. Jedná se o matematické modely, které jsou složeny z vzájemně nezávislých parametrů hue, brightness a chroma.

## 4.2 Spektrometrické měření barev

Měření probíhalo na spektrofotometru Avantes 2048. Spektrometr je přístroj zaznamenávající množství reflektovaného světla od daného vzorku. Velkou výhodou je, že tento přístroj dokáže zaznamenat reflektované záření v celém, ptáky viditelném spektru. Přístroj využívá halogenové lampy (wolfram-halogenové či deuterium-halogenové). Odražená část je poté snímána měřicí sondou a následně vyhodnocována v počítačovém programu. Výsledkem měření je křivka zobrazující množství reflektovaného světla v příslušných vlnových délkách.

Samotné měření vzorků peří spektrometrem probíhá buď v terénu (Doucet 2002, Montgomerie 2006) nebo v laboratoři, měřením navrstveného vzorku peří, které bylo v terénu odebráno při odchycích, jak použili např. Siefferman et Hill (2003).

Ačkoli má přímý odběr peří v terénu, resp. vytržení vzorku peří u zvířat nevýhodu v tom, že jsou takto jedinci vystaveni většímu stresu, má tato metoda i určité výhody, kdy z dlouhodobého hlediska umožňuje případné opakování měření či poskytuje materiál pro jiné analýzy (Quesada et Senar 2006). Změny v barevnosti vzorků per už prakticky nejsou možné. K změnám v barevnosti vzorků by mohlo dojít například nesprávným skladováním a působením různých znehodnocujících vlivů (Veselovský 2001).

## 5. Praktická část

### 5.1 Úvod a studovaný druh

Cílem této práce je zjistit, zda variabilita u karotenoidních ornamentů mládřat sýkory koňadry je korelována s kondičními znaky a s hodnotami ocasních rýdovacích per.

Studovaným druhem je sýkora koňadra (*Parus major*) druh z řádu pěvců (Passeriformes) z čeledi sýkorovitých (Paridae). Je naše největší a zároveň nejtěžší evropská sýkora. Má třpytivě černou hlavu, modrošedá křídla, čistě bílé líce, žlutavý tyl a zelený hřbet. Spodní strana těla je na bocích náprsenky žlutá (karotenoidní ornament) a uprostřed se nachází široký břišní střední černý proužek (melaninový ornament). Druh je částečně tažný. Je rozšířen v palearktické oblasti. Hnízdí ve světlejších lesích, parcích, zahradách. Hnízdí 2krát ročně (IV-VI). Hnízdo si staví v dutinách nebo budkách. Potravu tvoří převážně hmyz a larvální stádia hmyzu, pavouci, rostlinné plody, semena (Šťastný et Hudec 2010). Druh je pohlavně dichromatický. Samci jsou teritoriální a monogamní (Norris 1990). Velikost snůšky se pohybuje od 7 do 11 vajec. Mládřata jsou vzletná 15-21 den (Šťastný et Hudec 2010).

Sýkora koňadra je jedním z mála druhů ptáků, kde zbarvení karotenoidního ornamentu je uvedeno i u mládřat (Brush 1990). Co se týká barevného vyjádření, mládřata sýkory koňadry jsou méně barevně nasycena než dospělci (Fitze et al. 2003). Studie Tschirrena et al. (2003) zjistila významný vliv dědičnosti na žluté zbarvení mládřat sýkor koňader. Studie Fitze et al. (2003) pak ukazuje, že karotenoidní ornament se jeví jako kondičně závislý na potravní dostupnosti. Ve studii Hōrak (2000) byl prokázán vliv krevního parazita na karotenoidní ornament sýkory koňadry

Jak ukazuje například studie Hegyi et al (2007) exprese melaninového ornamentu u sýkory koňadry může být ovlivněna věkem, zatímco u karotenoidního ornamentu může být jas zbarvení žluté ovlivněn tělesnou velikostí. Ve studii Senar et al. 2003 u tohoto druhu nebyla zjištěna kondiční závislost melaninového ornamentu vzhledem k pohlaví a věku. U mládřat však velikost melaninového pruhu byla ovlivněna oxidativním stresem (Galván et Alonso-Alvarez 2008). U dospělců pak podle studie Fitze et Richter (2002) byla velikost melaninového ornamentu negativně ovlivněna ektoparazitárním zatížením.



## 5.2 Metodika

Terénní práce probíhala na přelomu dubna a května 2011 v Čimickém a Ďáblickém háji v Praze Kobylisích (viz. mapy, příloha č. 1, 2.). Lokality jsou od sebe vzdáleny 400 metrů. Jedná se o lesní porosty s převahou dubu zimního (*Quercus petrae*), modřínu opadavého (*Larix decidua*), lípy srdčité (*Tilia cordata*), dubu letního (*Quercus robur*) a habru obecného (*Carpinus betulus*). Nejvíce je zastoupena 4 a 6 věková třída (61-80 a 101-120 let). Celková rozloha obou lokalit činí okolo 82 ha. Porost v Čimickém háji je z velké části uměle vysazen a také v Ďáblickém háji pochází porost z nepůvodních druhů dřevin, až na fragmenty podobající se původním přirozeným porostům (ENVIS 2012).

Na obou lokalitách je instalováno celkem 267 budek, které jsou rozmístěny s rozestupy cca 50 metrů (příloha obr. 3, 4). Pro velikost oblastí a také z důvodu lepší a rychlejší terénní práce bylo nejprve potřeba v terénu lokalizovat hnízdící páry. Poté bylo zapotřebí zajistit pravidelné kontroly budek, kdy se sledovala velikost a načasování snůšky. Po vylíhnutí bylo nutné ihned sledovat základní biometrické a kondiční údaje, jako hmotnost 1, 15 a 16 den, délka tarsu 15 a 16 den a délka a hmotnost rýdovacího pera. U 15 denních mládřat byl odebrán standardní vzorek žlutého břišního krycího peří a vždy jedno rýdovací pero a to první z pravé části ocasních per. Mládřata byla poté ihned vrácena do hnízdních budek. Body mass index (BMI) byl definován poměrem hmotnosti a délky tarsu. U odebraných vzorků rýdovacích per se měřila hmotnost na analytických vahách a délka pomocí digitálního posuvného měřidla (šupléra). K výsledné statistické analýze bylo použito 71 mládřat z 18 budek.

### *Spektrofotometrická analýza karotenoidního ornamentu peří a definování parametrů jednotlivých barvy*

Analýza odebraných vzorků žlutého břišního karotenoidního peří byla změřena spektrometrem Avantes 2048, který byl propojen se počítačovým softwarem Avasoft 7.7. Přístroj měřil množství odraženého světla od vzorku v rozmezí vlnových délek 300-700nm. Vzorek peří byl měřen vždy po 20 pírkách, která byla fixována na podložní sklíčko. Navstvení alespoň po 20 pírkách je odůvodněno neúplnou strukturou pera, kdy slabší vrtvy například po 10 pírkách nepředstavují dobrý měřicí podklad. Měřicí sonda byla k vzorkům přikládána vždy pod stejným úhlem 45° a stejným odstupem 4 mm. Sonda byla přikládána ke

vzorku vždy po směru struktury pera. Měřené vrstvičky peří byly přeskládány celkem 8 krát a znovu přeměřeny, aby byla eliminována možnost volby pořadí per ve vrstvě.

Z naměřených transmitancí bylo vyhodnoceno 26 parametrů. Byli tedy v rámci HSB barevného spektra vypočítány parametry barvy(H), sytosti(S) a jasu(B). Parametr jasu (B1, B2) byl definován jako suma reflektancí od 300 do 700 nm nebo průměrem sumy reflektancí. Hodnota barvy je pak definována jako vlnová délka, ve které byla dosažena nejvyšší hodnota reflektance nebo jako střední vlnová délka mezi minimální a maximální hodnotou reflektance ( $\lambda R_{max}$ )(Johnsen et al. 2003) nebo v případě křivky s nejasným jedním vrcholem jako střední vlnová délka mezi minimální a maximální hodnotou reflektance ( $\lambda R_{mid}=[R_{max}+R_{min}]/2$ ; Mougeot 2008). Parametr sytosti (YS1) představující sumu reflektancí ve žlutém spektru podle vzorce (550 nm-625 nm / B1) a parametr (UVS1) je analogií parametru YS1 pro UV spektrum(300-399nm). Parametry sytosti jsou nejsledovanějšími parametry barvy je sytost, jelikož právě v tomto parametru barvy se jedinci jak na mezidruhové tak na vnitrodruhové úrovni liší.

### 5.3 Statistické vyhodnocení

Pro ověření správnosti měření spektrometrem byla nejprve vypočítána repeatabilita (opakovatelnost, ozn. se r), která popisuje podíl variability v charakteru souboru, podle principu metody od Lessells a Boag 1987. Repeatabilita pracuje dle statistické metody ANOVA. Pro každý parametr barvy byla vypočítána tedy repeatabilita (tab č. 8).

Dále byl analyzován vztah mezi parametry barvy karotenoidního ornamentu a kondičními ukazateli jedince. Pro každý parametr barvy, jako závislé proměnné, byl sestaven lineární model, který předpokládá normalitu dat u standardizovaných reziduálů. Jako nezávislé vysvětlující proměnné, byly stanoveny údaje o hmotnosti mládřat 1. den, 15. den a 16. den po vylíhnutí. Dále jsou to hodnoty o délkách a hmotnostech rýdovacích per, počtech vajec v hníždě a počtech dnů od začátku líhnutí mládřat. Do modelu byly zahrnuty jen proměnné, které nebyly vzájemně korelované (viz. tab.4). Všechny analýzy byly provedeny v statistickém počítačovém programu R 2.15.2 (R Development Core Team 2008).

## 5.4 Výsledky

Metoda stanovení žlutosti krycího peří spektrální analýzou měla vyhovující hodnotu opakovatelnosti u parametrů *B1*, *B2*, *UVLRmax*, *UVLR1/2*, *R700*, *R450*, *VRmax*, *VRmin*, *VRaver*, *UVRmax*, *UVRmin*, *UVRaver*, *Ychroma*, *Vchroma*, *UVchroma*, *UVsumaR*, *YsumaR*, *YSI* a *UVSI* (tab. č. 8).

Nebyla zjištěna žádná signifikantní závislost mezi barevným vyjádřením a body mass indexem (tab. č. 6, 7). Byla pouze zjištěna marginální závislost mezi intenzitou žlutého zbarvení karotenoidního ornamentu (*YSI*) a načasováním snůšky (tab č. 1, graf č. 1). Jedinci s žlutějším ornamentem, hnízдили dříve, než jedinci jejichž ornament byl méně výrazně zbarven.

Dále byla zjištěna signifikantní pozitivní lineární závislost mezi brightness a hmotností rýdovacího pera (tab č. 2, graf č.2), tzn., že ptáci s těžším rýdovacím perem mají lesklejší ornament.

**Tab. č. 1:** Výsledky lineárního regresního modelu pro sytost žlutého zbarvení. N=67;DF=63, F=1.499,p=0.2235

Proměnná	Směrnice	SE	t-statistika	p-hodnota
<i>YSI</i>				
konstanta	0.2446	0.0099	24.697	<2e-16***
Načasování snůšky	-0.0004	0.0002	-1.809	0.0753 •
Velikost snůšky	-0.0009	0.0008	-1.181	0.2419
Hmotnost rýdov. pera	0.1253	1.5728	0.08	0.9368

Poznámka: \*\*\* hladina významnosti <0.001, \*\* hladina významnosti <0.01, \* hladina významnosti <0.05, \* hladina významnosti <0.05, . hladina významnosti <0.1

**Tab. č. 2:** Výsledky lineárního regresního modelu pro parametr jas(B1). N=67;DF=65, F= 4.922,p= 0.03001

Proměnná	Směrnice	SE	t-statistika	p-hodnota
<i>Brightness(B1)</i>				
konstanta	3156	3627	0.87	0.387
Hmot.R	1366693	616021	2.219	0.03 *

Poznámka: \*\*\* hladina významnosti <0.001, \*\* hladina významnosti <0.01, \* hladina významnosti <0.05, \* hladina významnosti <0.05, . hladina významnosti <0.1

## 5.5 Diskuze

Karotenoidní ornamenty dobře odráží kondici a zdraví jedinců. U mnoha studií bylo zjištěno, že karotenoidní ornament pozitivně koreluje s kondicí, jedinec v dobré kondici může tak najít kvalitní potravu a nebude muset spotřebovávat karotenoidy na antioxidační procesy, čímž vytvoří intenzivněji zbarvený ornament. Například výsledky studie Hill (2000) na hýlech mexických (*Capodacus mexicanus*) zjistili, že intenzita zbarvení karotenoidního ornamentu byla ovlivněna výrazně potravní limitací. Další studie Jonsen et al. (2003) na mládětech sýkory modřinky (*Parus caeruleus*) zjistili, že variabilita karotenoidů v ornamentálním výrazu pozitivně korelovala s BMI indexem. Na sýkoře koňadře byla provedena studie Slagsvold et Lifjelda (1985), která potvrdila závislost mezi vztahem kondice-ornament z hlediska potravní limitace, stejný výsledek potvrzuje také studie Ferns et Hinsley (2007) na sýkoře koňadře. V této práci však variabilita karotenoidního ornamentu nevyovídala o kondici jedinců. Nesignifikantní výsledek mezi parametrem barvy a kondičními znaky v naší studii mohl být způsoben absencí informace o pohlaví mezi mláděty. Je známo, že existuje signifikantní rozdíl ve zbarvení mezi pohlavími u dospělých jedinců, samci mají mnohem výraznější ornament (Hill 1990). I když nepředpokládáme významný rozdíl mezi samci a samicemi u 15 denních mlád'at. Tento vztah se však musí ověřit pomocí molekulárně genetických metod.

Dalším důvodem může být také fakt, že kondici lze vyjádřit mnoha různými způsoby. Existuje velké množství metod stanovení tělesné kondice. Ne všechny metody jsou ideální pro daný druh. Prioritní však je, aby takový ukazatel byl měřitelný. Mezi přímé metody měření kondice se používá množství zásobních energetických rezerv (množství podkožního tuku) a bílkovin (Bailey 1979, Evans et Smith 1975, Harvey 1971). Dále lze kondici měřit pomocí krevních testů (Kronfeld et Medway 1969, Gawett et Wakeley 1986), kloakální teploty (O'Connor 1975), konduktometrie (Walsberg 1988), flukтуаční asymetrie, představující metodu, kdy je sledována odchylka v rozdílné délce per od ideálního stavu nebo pomocí tvaru těla, kdy odhadujeme tukové zásoby podle tvaru vyklenutí (Owen 1981, Swaddle 1994). Kondici můžeme také hodnotit pomocí kondičních ukazatelů založených na tělesných proporcích a to poměrem mezi hmotností těla a některým z lineárních rozměrů jako je délka křídla, tarsu, ramfotéky nebo ocasních per. Tyto indexy většinou nejsou přímo závislé na obsahu zásobních látek, které indikují kondici. V některých studiích se proto využívá kondičních ukazatelů s přímým měřením rezervních tkání v těle (Stejskalová 2001). Další stanovení kondice mlád'at plánujeme pomocí hematologických testů, jelikož také

hematologická data mohou odrážet zdravotní stav a kondici jedinců (Vinkler et Albrechr 2010) a spolehlivě indikují stres, kdy například vysoká hladina leukocytů v krvi často poukazuje na špatnou kondici zvířete v důsledku choroby nebo stresu. U ptáků se používá se často poměru heterocytů a leukocytů pro hodnocení míry stresové reakce (Davis et al. 2008).

Častým způsobem hodnocení kondice je také šířka růstových proužků, hmotnost pera, počet kazových proužků (Grubb 1986). Tyto znaky jsou považovány za citlivé indikátory kondice daného jedince. Proto jsme také analyzovali hmotnost rýdovacích per. Zjistili jsme tím, že hmotnost těchto per měla pozitivní lineární vztah s leskem (Brightness). Tento výsledek by tedy mohl znamenat, že mláďata v lepší kondici budou investovat více karotenoidů do karotenoidního ornamentu.

Výsledek (viz. tab. č. 1, obr. č. 1) mezi intenzitou žlutého zbarvení a dobou načasování líhnutí mláďat sýkory koňadry naznačuje, že dříve mohou hnízdit jen ti jedinci, co jsou v dobré kondici. Dospělci v dobré kondici pak mohou produkovat mláďata se žlutějším ornamentem, protože samice mají více karotenoidů a rodiče mohou mláďata zásobovat větším množstvím potravy s karotenoidy. Mláďata totiž získávají karotenoidní zbarvení hlavně z těchto tří zdrojů: 1) mateřský vaječný žloutek, 2) potrava od otců, kdy jsou samice vyčerpané a odpočívají 3) od obou rodičů (Fitze et al. 2003). Sytější zbarvený karotenoidní ornament u mláďat je závislý na potravních schopnostech (kondici) rodičů a dostupnosti karotenoidů v hnízdní oblasti, kdy tyto faktory mohou vysvětlit značný podíl v míře zbarvení ornamentů u mláďat (Senar et al. 2002).

**Tab. č. 3:** Tabulka studií zabývajících se rozdílnou úlohou mezi karotenoidy a melaniny.

Autor	Studijní druh	Typ ornamentu	Expese	Studovaný vliv na zbarvení
Hegyí et al. 2007	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ne	Věk
	<i>Parus major</i>	Melaninový	Ne	Tělesná velikost
McGraw 2008	<i>Hirundo rustica</i>	Melaninový	Ne	Potravní dostupnost
Hill 2000	<i>Capodacus mexicanus</i>	Karotenoidní	Ano	Potravní dostupnost
Hill et al. 2009	<i>Carduelis tristis</i>	Melaninový	Ne	Potravní dostupnost
Ferns et Hinsley 2008	<i>Cyanistes caeruleus</i>	Karotenoidní	Ano	Potravní dostupnost
	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ano	Potravní dostupnost
Fitze et al. 2003	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ano	Potravní dostupnost
Tschirren et al. 2003	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ano	Potravní dostupnost
Vergara et Fargallo 2011	<i>Falco Tinnunculus</i>	Karotenoidní	Ano	Celková tělesná kondice
	<i>Falco Tinnunculus</i>	Melaninový	Ano	Celková tělesná kondice
Hill 1990	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Karotenoidní	Ano	Celková tělesná kondice
Hill et Montgomerie 1994	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Karotenoidní	Ano	Celková tělesná kondice
Slagsvold et Lifjeld 1985	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ano	Kondice, potravní nabídka
McGraw et al. 2002	<i>Passer domesticus</i>	Melaninový	Ne	Nutriční stres
Jonsen et al. 2003	<i>Parus caeruleus</i> juv	Karotenoidní	Ano	Kondice(BMI index)
Hill et Brawner 1998	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Karotenoidní	Ano	infikování střevním parazitem
	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Melaninový	Ne	infikování střevním parazitem
McGraw et Hill 2000	<i>Carduelis tristis</i>	Karotenoidní	Ano	infikování střevním parazitem
	<i>Carduelis tristis</i>	Melaninový	Ne	infikování střevním parazitem
Hůrak et al. 2000	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ano	Krevní parazit ( <i>Haemoproteus</i> )
Fitze et Richter 2002	<i>Parus major</i>	Melaninový	Ano	Ektoparazitismus
McGraw et al. 2007	<i>Taeniopygia guttata</i>	Karotenoidní	Ano	Hormonální účinky
Wilson 1992	<i>Parus major</i>	Melaninový	Ano	Teritorialita, dominance

**Tab. č. 4:** Tabulka studií zabývajících se rozdílnou úlohou mezi karotenoidy a melaniny z hlediska imunitní funkce

Autor	Studijní druh	Typ ornamentu	Expese	Studovaný vliv na zbarvení
Jacquín et al. 2011	<i>Columba livia</i>	Melaninový	Ano	imunitní reakce, endoparazitismus
Galván et Alonzo-Alvarez 2008	<i>Parus major</i>	Melaninový	Ano	Oxidativní stres
Lozano 1994	<i>Meta-analýza</i>	Karotenoidní	Ano	Antioxidační úloha
Olson et Owens 1998	<i>Meta-analýza</i>	Karotenoidní	Ano	Antioxidační úloha
Griffith et al. 2006	<i>Meta-analýza</i>	Karotenoidní	Ano	Antioxidační a imunostimulační úloha
		Melaninový	Ano	Antioxidační a imunostimulační úloha
Peréz-Rodríguez 2009	<i>Meta-analýza</i>	Karotenoidní	Ano	Antioxidační a imunostimulační úloha
		Melaninový	Ano	Antioxidační a imunostimulační úloha
Hartley et Kennedy 2004	<i>Meta-analýza</i>	Karotenoidní	Ne	Antioxidační úloha
Isaksson 2007	<i>Parus major</i>	Karotenoidní	Ne	Antioxidační úloha

**Tab. č. 5:** Variabilita znaků u mláďat sýkory koňadry, n=67

proměnná	počet	průměr	min	max	SE	CV%
B1	67	11178.83	5920.07	18342.18	287.09	21.02
VLRmax	67	687.59	658.75	693.50	0.71	0.84
Ychroma	67	0.48	0.39	0.60	0.01	10.20
Vchroma	67	0.66	0.52	0.85	0.01	11.24
UVchroma	67	0.84	0.70	0.97	0.01	7.26
YS1	67	0.23	0.22	0.25	0.00	2.32
Velikost snůšky	67	10.15	8.00	12.00	0.11	8.62
Načasování snůšky	67	5.52	1.00	10.00	0.36	53.71
Hmotnost 1 den	67	1.48	1.02	2.03	0.03	14.50
Hmotnost 15 den	67	18.02	15.97	19.90	0.12	5.41
Tarsus 15 den	67	22.58	21.25	23.74	0.07	2.53
BMI index	67	0.78	0.71	0.83	0.00	4.09
Hmotnost 16 den	67	17.24	15.24	19.20	0.11	5.32
Hmotnost rýdováku	67	0.01	0.00	0.01	0.00	8.24
Délka rýdováku	67	36.49	29.85	41.19	0.27	6.05

**Tab. č. 6:** Korelační matice sledovaných proměnných, n=67, zvýrazněné korelace jsou s hladinou významnosti < 0.05

Proměnné	1	2	3	4	5	6	7	8
B1 (1)	1.000	0.069	-0.079	-0.135	-0.008	-0.023	0.237	-0.023
VLRmax (2')		1.000	0.047	0.100	0.079	0.104	-0.174	-0.053
Ychroma (3)			1.000	<b>0.981</b>	<b>0.613</b>	<b>0.924</b>	-0.101	-0.237
Vchroma (4)				1.000	<b>0.639</b>	<b>0.932</b>	-0.106	<b>-0.250</b>
UVchroma (5)					1.000	<b>0.730</b>	-0.235	-0.126
YS1 (6)						1.000	-0.130	-0.209
Velikost snůšky (7)							1.000	-0.095
Načasování snůšky (8)								1.000
Hmotnost 1 den (9)								
Hmotnost 15 den (10)								
Délka tarsu 15 den (11)								
BMI – body mass index(12)								
Hmotnost 16 den (13)								
Hmotnost rýdov. pera (14)								
Délka rýdov pera (15)								

Proměnné	9	10	11	12	13	14	15
B1 (1)	0.001	0.158	0.137	0.076	0.083	<b>0.265</b>	0.179
VLRmax (2)	0.073	0.098	0.103	0.078	0.130	-0.003	0.041
Ychroma (3)	-0.010	0.143	0.096	0.063	0.064	-0.097	-0.128
Vchroma (4)	-0.040	0.132	0.102	0.047	0.057	-0.110	-0.117
UVchroma (5)	0.044	0.127	0.106	0.107	0.167	-0.086	0.038
YS1 (6)	-0.036	0.153	0.041	0.099	0.071	-0.077	-0.069
Velikost snůšky (7)	<b>-0.489</b>	-0.047	-0.123	-0.051	-0.148	<b>0.348</b>	0.237
Načasování snůšky (8)	<b>0.297</b>	-0.067	0.031	-0.071	-0.033	0.150	0.238
Hmotnost 1 den (9)	1.000	0.176	0.207	0.088	0.125	-0.002	0.047
Hmotnost 15 den (10)		1.000	<b>0.535</b>	<b>0.837</b>	<b>0.830</b>	<b>0.528</b>	<b>0.403</b>
Délka tarsu 15 den (11)			1.000	0.089	<b>0.537</b>	<b>0.344</b>	0.134
BMI – body mass index(12)				1.000	<b>0.828</b>	<b>0.483</b>	<b>0.433</b>
Hmotnost 16 den (13)					1.000	<b>0.535</b>	<b>0.401</b>
Hmotnost rýdov. pera (14)						1.000	<b>0.734</b>
Delka rýdov pera (15)							1.000

**Tab. č. 7:** Korelační matice mezi parametry barvy, n=67, zvýrazněné korelace jsou při hladině významnosti < 0.05

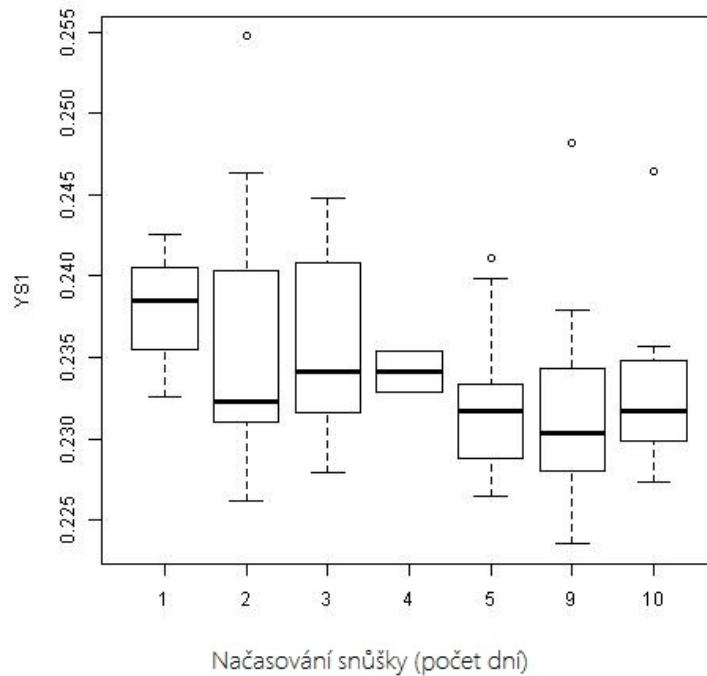
Proměnné	B1	VLRmax	Ychroma	Vchroma	UVchroma	YS1
B1	1.0000	0.0690	-0.0787	-0.1348	-0.0081	-0.0228
VLRmax		1.0000	0.0467	0.0999	0.0794	0.1041
Ychroma			1.0000	<b>0.9810</b>	<b>0.6128</b>	<b>0.9243</b>
Vchroma				1.0000	<b>0.6395</b>	<b>0.9325</b>
UVchroma					1.0000	<b>0.7301</b>
YS1						1.0000



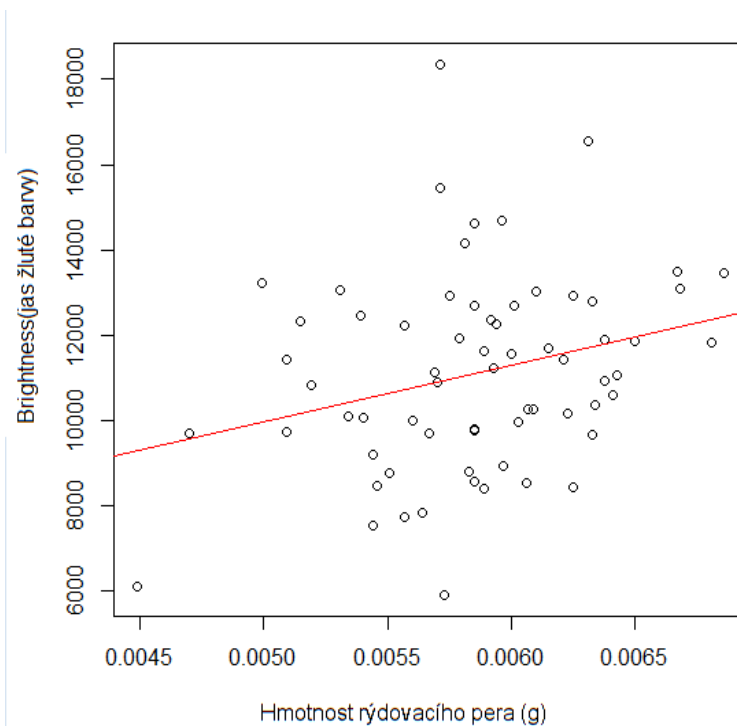
**Tab. č. 8:** Výsledky měření repeatability (opakovatelnosti) podle studie Lessells a Boag 1987. Vyhovující hodnoty opakovatelnosti měření jsou zvýrazněny.

Parametr barvy	Repeatability ( r )	Parametr barvy	Repeatability ( r )
B1	<b>0.9874</b>	VR_max	<b>0.9865</b>
B2	<b>0.9876</b>	VR_min	<b>0.9731</b>
UVLR_max	<b>0.6420</b>	VR_average	<b>0.9876</b>
UVLR_min	0.0000	UVR_max	<b>0.9828</b>
UVLR_1/2	<b>0.6439</b>	UVR_min	<b>0.8744</b>
VLR_max	0.1681	UVR_average	<b>0.9790</b>
VLR_min	0.2455	Y_chroma	<b>0.8621</b>
VLR_1/2	0.1753	V_chroma	<b>0.8695</b>
YLR_max	-0.0053	UV_chroma	<b>0.7063</b>
YLR_min	0.4844	UV_sumaR	<b>0.9790</b>
YLR_1/2	0.3840	Y_sumaR	<b>0.9867</b>
R700	<b>0.9855</b>	YS1	<b>0.8579</b>
R450	<b>0.9725</b>	UVS1	<b>0.7687</b>

**Obr. č. 1:** Graf závislosti mezi žlutostí karotenoidního ornamentu(YS1) a načasováním snůšky. Pruh představuje hodnotu mediánu. Mimo box ploty leží ohledlé hodnoty. Vousy boxu představují největší a nejmenší hodnoty, s výjimkou hodnot odlehlých.



**Obr. č. 2:** Graf závislosti mezi parametrem jasu karotenoidního ornamentu a hmotností rýdovacího pera. Pozitivní lineární závislost.



## 6.Závěr

Výsledky většiny studií ukázaly, že melaninové ornamenty nejsou kondičně podmíněny. Karotenoidní ornamenty poskytují o kondici mnohem spolehlivější informaci. Objevují se však mnohé studie, které poukazují, že ornamenty různého původu mohou signalizovat podobné informace o kvalitách zvířete (Dunn et al. 2010, Griffith et al. 2006).

V této studii nebyla zjištěna žádná signifikantní závislost mezi barevným karotenoidním vyjádřením a body mass indexem. Byla pouze zjištěna marginální závislost mezi intenzitou žlutého zbarvení karotenoidního ornamentu (*YSI*) a načasováním snůšky u mláďat sýkory koňadry. Dříve tedy mohou hnízdit jen ti, co jsou v dobré kondici. Dospělci v dobré kondici pak mohou produkovat mláďata se žlutějším ornamentem, protože samice mají více karotenoidů a rodiče mohou mláďata zásobovat větším množstvím potravy s karotenoidy.

Dále bylo zjištěno, že mláďata s těžším rýdovacím perem měli lesklejší karotenoidní ornament. Mláďata v lepší kondici mohou vytvořit těžší rýdovací pera a lesklejší ornament. Může tedy karotenoidní ornament odrážet skutečně jen kondici mláďat?

## 7. Použitá literatura a použitých zdrojů

**Aguilera E. et Amat J. A., 2007:** Carotenoids, immune response and the expression of sexual ornaments in male greenfinches (*Carduelis chloris*). *Naturwissenschaften* 94:895–902.

**Alonso-Alvarez C., Bertrand S., Devevey G., Gaillard M., Prost J., Faivre B. et Sorci G., 2004a:** An experimental test of the dose-dependent effect of carotenoids and immune activation on sexual signals and antioxidant activity. *The American Naturalist* 164: 651–659.

**Anderson M. B., 1994:** *Sexual Selection*. Princeton University Press, Chichester, 445s. online: <http://www.google.cz/books>, cit. 20.12.2012.

**Badyaev A. V. et Hill G. E., 2000:** Evolution of sexual dichromatism: contribution of carotenoid- versus melanin-based coloration. *Biological Journal of the Linnean Society* 69: 153–172.

**Bailey R. O. 1979:** Methods of estimating total lipid content in the Redhead Duck (*Aythya americana*) and an evaluation of condition indices. *Can. J. Zool.* 57: 1830–1833.

**Bakker, T. C. M. 1993.** Positive genetic correlation between female preference and preferred male ornament in sticklebacks. *Nature*, 363: 255–257.

**Brush A. H. 1990:** Metabolism of carotenoid pigments in birds. *FASEB J* 4:2969–2977

**Cote J., Arnoux E., Sorci G., Gaillard M. et Faivre B., 2010:** Age-dependent allocation of carotenoids to coloration versus antioxidant defences. *The Journal of Experimental Biology* 213: 271–277.

**Crawford, R. D. (Ed) 1990.** *Poultry Breeding and Genetics*. New York: Elsevier.

**Cutthill I.C., 2006:** Color perception. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration*. Volume 1. Mechanisms and Measurements. Harvard University Press, Cambridge: 3–41.

**Dale J., 2006:** Intraspecific variation in coloration. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration*. Volume 2. Function and Evolution. Harvard University Press, Cambridge: 36–87

**Davis A. K., Maney D. L., 2008:** The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology* 22: 760–772

**Doucet S. M., 2002:** Structural plumage coloration, male body size, and condition in the blue-black grassquit. *The Condor* 104(1): 30–38.

**Dunn P. O., Garvin J. C., Whittingham L. A., Freeman-Gallant C. R. et Hasselquist D., 2010:** Carotenoid and melanin-based ornaments signal similar aspects of male quality in two populations of the common yellowthroat. *Functional Ecology* 24: 149–158.

**Eaton, M. D. 2005.** Human vision fails to distinguish widespread sexual dichromatism among sexually “monochromatic” birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 10942–10946.

**Eeva T., Lehikoinen E. et Rönkä M., 1998:** Air pollution fades the plumage of the Great Tit. *Functional Ecology* 12: 607-612.

**Evans P. R., Smith P. C. 1975:** Studies of shorebirds at Lindisfarne, Northumberland. 2. Fat and pectoral muscle as indicators of body condition in the Bar-tailed Godwit. *Wildfowl* 26: 64–76.

**Evans J. R. G., Saeed F.A., 2010:** Measurement of diffuse reflectance from combinatorial samples. *Analytica Chimica Acta* 677 (2010) 79–89

**Ferns P. N. et Hinsley S. A., 2007:** Carotenoid plumage hue and chroma signal different aspects of individual and habitat quality in tits. *Ibis* 150: 152–159.

**Fitze P. S. et Richner H., 2002:** Differential effects of a parasite on ornamental structures based on melanins and carotenoids. *Behavioral Ecology* 13 No. 3: 401–407. 39

**Fitze P. S., Mathiasco L et Richner H., 2003a:** Effects of common origin and common environment of nestling plumage coloration in the great tit (*Parus major*). *Evolution* 57:144-150

**Fitze P. S., Tschirren B. et Richner H., 2003b:** Carotenoid-based colour expression is determined early in nestling life. *Oecologia* 137:148–152.

**Flegr J., 2005:** Evoluční biologie. Academia, Praha, 559 s.

**Galván I. et Alonso-Alvarez C., 2008:** An intracellular antioxidant determines the expression of a melanin-based signal in a bird. *Plos One* 3: 1-7.

**Gangoso L., Grande J. M., Ducrest A. L., Figuerola J., Bortolotti G. R., Andrés J. A., Roulin A. 2011** MC1R-dependent, melanin-based colour polymorphism is associated with cell-mediated response in the Eleonora's falcon. *Journal of Evolutionary Biology* 24: 2055–2063

**Goodwin, T.W. 1984** The biochemistry of carotenoids. Vol. 2. Animals. 2nd edn. New York: Chapman et Hall.

**Gray, D. A. 1996:** Carotenoids and sexual dichromatism in North American passerine birds. *Am. Nat.* 148, 453-480.

**Griffith, S. C. & Pryke, S. R. 2006.** Benefits to female birds of assessing color displays. In: *Bird Coloration. Vol. 2: Function and Evolution* (Ed. by G. E. Hill & K. J. McGraw), pp. 233–279. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

**Griffith S. C., Parker T. H. et Olson V. A., 2006:** Melanin- versus carotenoid-based sexual signals: is the difference really so black and red? *Elsevier* 71: 749-763.

**Grubb T. C. Jr. 1989:** Ptilochronology: feather growth bars as indicators of nutritional status. *Auk* 106: 314–320.

**Harvey J. M. 1971:** Factors affecting blue goose nesting success. *Can J. Zool.* 49:223–234.

**Hegy G., Szigeti B, Török J. et Eens M., 2007:** Melanin, carotenoid and structural plumage ornaments: information content and role in great tits (*Parus major*). *Journal of Avian Biology* 38: 698-708.

**Hill, G. E. (1990).** Female House Finches Prefer Colorful Males - Sexual Selection for A Condition-Dependent Trait. *Animal Behaviour* 40: 563-572.

**Hill, G. E. 1992** The proximate basis of variation in karotenoid pigmentation in male house finches. *Auk* 109: 1-12.

**Hill G. E., 2000:** Energetic constraints on expression of carotenoid-based plumage coloration. *Journal of Avian Biology* 31: 559-566.

**Hill G. E., 2006:** Female mate choice for ornamental coloration. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration. Volume 2. Function and Evolution.* Harvard University Press, Cambridge: 137-201.

**Hill G.R et Brawner R.W., 1998:** Melanin-based plumage coloration in the house finch is unaffected by coccidial infection *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 265: 1105-1109

**Hill, G. E. & Montgomerie, R. (1994).** Plumage Color Signals Nutritional Condition in the House Finch. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 258: 47-52.

**Hill G. E., Hood W. R. et Huggins K., 2009:** A multifactorial test of the effects of carotenoid access, food intake and parasite load on the production of ornamental feathers and bill coloration in American goldfinches. *The Journal of Experimental Biology* 212: 1225-1233.

**Hörak P., Vellau H., Ots I. et Möller A. P., 2000:** Growth conditions affect carotenoid-based plumage coloration of great tit nestlings. *Naturwissenschaften* 87: 460–464.

**Isaksson C., McLaughlin P., Monaghan P., Andersson S., 2007:** Carotenoid pigmentation does not reflect total non-enzymatic antioxidant activity in plasma of adult and nestling great tits, *Parus major*. *Functional Ecology* 21: 1123-1129.

**Jagannadham M. V., 1999:** The structure of carotenoids. *Correspondence. Tree* 14: 236.

**Jacquin L, P Lenouvel, C Haussy, S Ducatez, J Gasparini 2011:** Melanin-based coloration is related to parasite intensity and cellular immune response in an urban free living bird: the feral pigeon *Columba livia*. *Journal of Avian Biology* 42:11-15

**Jawor J. M. et Breitwisch R., 2003:** Melanin ornaments, honesty, and sexual selection. *The Auk* 120: 249-265.

**Johnsen A., Delhey K., Andersson S. et Kempenaers B., 2003:** Plumage colour in nestling blue tits: sexual dichromatism, condition dependence and genetic effects. *Proceedings of the Royal Society* 270: 1263-1270.

- Latscha, T. 1990.** Carotenoids: Their Nature and Significance in Animal Feeds. Basel: Hoffmann-LaRoche.
- Lessells CM, Boag PT (1987)** Unrepeatable repeatabilities: a common mistake. *Auk* 104: 116–121.
- Lozano G. A., 1994:** Carotenoids, parasites, and sexual selection. *Oikos* 70: 309-311.
- Martínez-Padilla J., Mougeot F., Pérez-Rodríguez et Bortolotti G.R., 2007:** Nematode parasites reduce carotenoid-based signalling in male red grouse. *Biology Letters* 3: 161-164.
- McGraw K. J., 2006a:** Mechanics of carotenoid-based coloration. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration. Volume 1. Mechanisms and Measurements.* Harvard University Press, Cambridge: 177-243
- McGraw K. J., 2006b:** Mechanics of melanin-based coloration. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration. Volume 1. Mechanisms and Measurements.* Harvard University Press, Cambridge: 243-295. 41
- McGraw K. J. et Hill G. E., 2000a:** Differential effects of endoparasitism on the expression of karotenoid- and melanin- based ornamental coloration. *Proceedings of Royal Society* 267: 1525-1531.
- McGraw K. J. et Hill G. E., 2000b:** Carotenoid-based ornamentation and status signaling in the house finch. *Behavioral Ecology* 11: 520-527.
- Mcgraw, K. J. & Ardia, D. R. (2005).** Sex differences in carotenoid status and immune performance in zebra finches. *Evolutionary Ecology Research* 7: 251-262.
- Mcgraw, K. J., Correa, S. M., & Adkins-Regan, E. (2006).** Testosterone upregulates lipoprotein status to control sexual attractiveness in a colorful songbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60: 117-122.
- McGraw K. J. et Mackillop E. A., Dale J. and Hauber M. E., 2002:** Different colors reveal different information: how nutritional stress affects the expression of melanin- and structurally based ornamental plumage. *The Journal of Experimental Biology* 205: 3747–3755.
- Møller, A. P. 1988.** Badge size in the house sparrow *Passer domesticus*: effects on intrasexual and intersexual selection. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 22: 373-378.
- Montgomerie R., 2006:** Analyzing colors. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration. Volume 1. Mechanisms and Measurements.* Harvard University Press, Cambridge: 90-148.
- Mougeot F., 2008:** Ornamental comb colour predicts T-cell-mediated immunity in male red grouse *Lagopus lagopus scoticus*. *Naturwissenschaften* 95: 125–132.
- Mundy N. I., 2006:** Genetic basis of color variation in wild birds. In: Hill G.E. et McGraw K.J. [eds]: *Bird Coloration. Volume 1. Mechanisms and Measurements.* Harvard University Press, Cambridge: 469-507.
- Nicolaus, R. A. 1968.** Melanins. Paris: Herman.
- Norris K. J., 1990:** Female choice and the quality of parental care in the Great Tit (*Parus major*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 27: 275-281.

- O'Connor R. J. 1975.** The growth and metabolism in nestling passerines. *Symp. zool. Soc. Lond.* 35: 277–306
- Olson, V. A. & Owens, I. P. F. (1998).** Costly sexual signals: are carotenoids rare, risky or required? *Trends in Ecology & Evolution* 13: 510-514.
- Owen W. 1981:** Abdominal profile condition index for wild geese in the field *J. Wildl. Manage.* 45: 227–230.
- Perez-Rodriguez, L 2009:** Carotenoids in evolutionary ecology: re-evaluating the antioxidant role. *BioEssays* 31:1116-1126
- Pérez-Rodríguez L., Viñuela J., 2008:** Carotenoid-based bill and eye ring coloration as honest signals of condition: an experimental test in the red-legged partridge (*Alectoris rufa*). *Naturwissenschaften* 95: 821–830.
- Peters A., Delhey K., Johnsen A. et Kempenaers B., 2007:** The condition-dependent development of carotenoid-based and structural plumage in nestling Blue Tits: males and females differ. *The American Naturalist* 169: 123-136.
- Quesada J. et Senar J. C., 2006:** Comparing plumage colour measurements obtained directly from live birds and from collected feathers: the case of the great tit *Parus major*. *Journal of Avian Biology* 37: 609-616.
- Rohwer, S. 1975:** The social significance of avian winter plumage variability. *Evolution* 29: 593-610.
- Roulin A., Gasparini J., Bize P., Ritschard M. et Richner H., 2007:** Melanin-based colorations signal strategies to cope with poor and rich environments. *Behavioral Ecology Sociobiology* 62: 507–519.
- Senar, J. C., J. Figuerola, and J. Pascual. 2002.** Brighter yellow blue tits make better parents. *Proc. Roc. Soc. Lond. B.* 269: 257–261
- Senar J. C., Figuerola J. et Doménech J., 2003:** Plumage coloration and nutritional condition in the great tit *Parus major*: the roles of carotenoids and melanins differ. *Naturwissenschaften* 90:234–237.
- Siefferman L. et Hill G. E., 2003:** Structural and melanin coloration indicate parental effort and reproductive success in male eastern bluebirds. *Behavioral Ecology* 14 No. 6: 855–861.
- Slagsvold, T. & Lifjeld, J.T. 1985** Variation in plumage coloration of the great tit *Parus major* in relation to habitat, season, and food. *J. Zool., Lond. A* 206, 321-328.
- Stejskalova L. 2001:** Odhad tulesne kondice u ptaku – literarni review. *Sylvia* 37: 3–16.
- Swaddle J. P., Witter M. S., Cuthill I. C. 1994:** The analysis of fluctuating asymmetry. *Anim. Behav.* 48: 986–989.
- Šťastný K. et Hudec K. [eds], 2010:** Rod *Parus Linnaeus* – Sýkora. In: Šťastný K. & Hudec K. [eds]: *Fauna ČR. Ptáci díl III/2.* Academia, Praha, 703-713.



**Tschirren B., Fitze P. S. et Richner H., 2003:** Proximate mechanisms of variation in the carotenoid-based plumage coloration of nestling great tits (*Parus major* L.). *Journal of Evolutionary Biology* 16: 91-100.

**Ueshima, G., Nakajima, M. & Fujio, Y. 1998.** A study on the inheritance of body color and chromatophores in the guppy *Poecilia reticulata*. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 48, 111–122.

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

**Vergara P. & Fargallo J. A., 2011:** Multiple coloured ornaments in male common kestrels: different mechanisms to convey quality. *Naturwissenschaften* (2011) 98:289–298

**Vinkler M. et Albrecht T., 2010:** Carotenoid maintenance handicap and the physiology of carotenoid-based signalisation of health. *Naturwissenschaften* 97: 19–28.

**Walsberg G. E. 1988:** Evaluation of a nondestructive method for determining fat stores in small birds and mammals. *Physiol. Zool.* 61: 153 – 159.

**Wilson, J. D. 1992.** A reassessment of the significance of status signaling in populations of wild great tits, *Parus major*. *Anim. Behav.* 43: 999-1009.

**Young A. J., Lowe G. M.,** Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 1:20–27

**Zahavi, A. (1975).** Mate Selection - Selection for A Handicap. *Journal of Theoretical Biology* 53: 205-214.

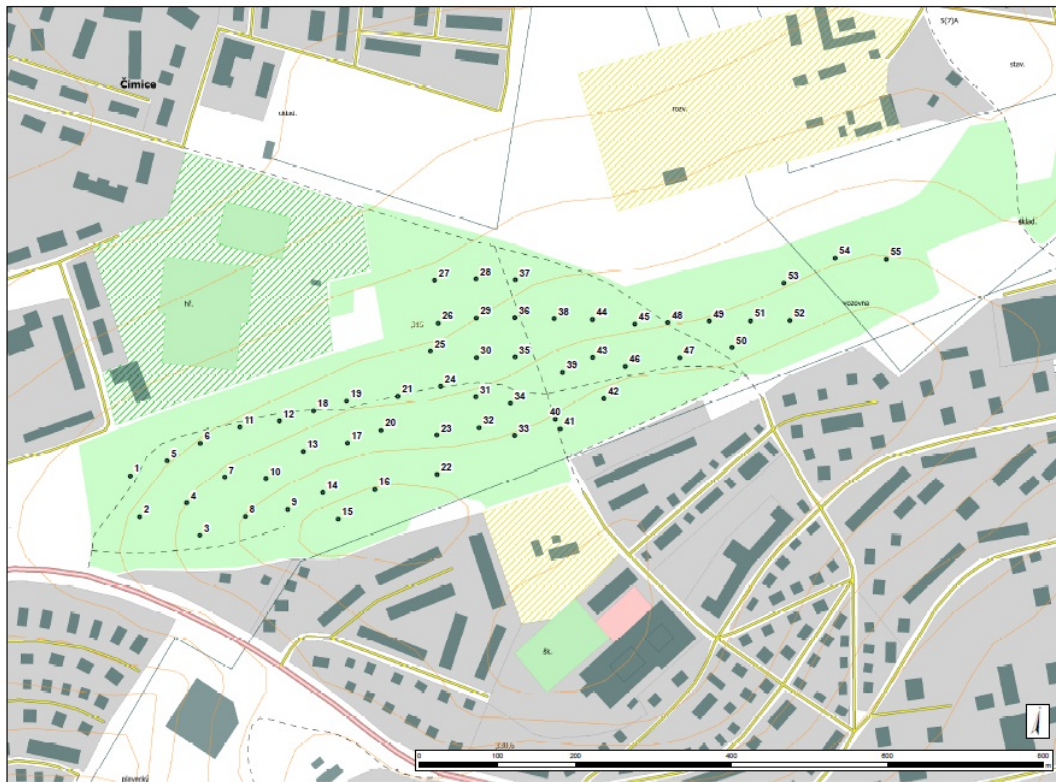
### **Internetové zdroje:**

**ENVIS, 2012: Informační servis o životním prostředí v Praze.** Praha, online: <http://envis.prahamesto.cz>, cit. 1.4.2013.

**R Development Core Team, 2008:** R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, online: <http://www.Rproject.org>, cit. 1.12.2012

## 8. Přílohy

Obr. č. 3: Mapa rozmístění budek v Čimickém háji v Praze Kobyliších



Obr. č. 4: Mapa rozmístění budek v Ďáblickém háji v Praze Kobyliších

