

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

**Katedra myslivosti a lesnické zoologie**



**Vokální ontogeneze raroha loveckého (*Falco rusticolus*)**

Bakalářská práce

Autor: Daniel Pytlík

Vedoucí práce: Mgr. Richard Policht, Ph.D.

**2020**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Pytlík

Lesnictví  
Provoz a řízení myslivosti

Název práce

**Vokální ontogeneze sokola loveckého (*Falco rusticolus*)**

Název anglicky

**Vocal ontogeny of the Gyrfalcon (*Falco rusticolus*)**

---

### Cíle práce

Ontogenetické rozdíly ve vokalizaci ptáků jsou v posledních letech intenzivně studovány. Studium ontogeneze akustických signálů umožňuje zjistit, v jakém časovém období se utváří informace zakódované v těchto signálech, včetně individuální identity. Využití individuálně specifických znaků nabízí novou alternativu neinvazivního monitoringu jedinců. V rámci řádu dravců, detailní studie o hlasových signálech jsou doposud studovány pouze okrajově. Zástupce čeledi: Falconiformes, rodu: *Falco*, sokol lovecký (*Falco rusticolus*), je typický představitel tzv. pravých sokolů. V historii a dosud zejména v arabských zemích je tento druh velmi ceněn, pro své lovecké vlastnosti a majestátní vzhled. Hlasové projevy nebyly dosud podrobně zkoumány a publikovány. Cílem práce je deskripce vývoje hlasových signálů v průběhu ontogeneze mláďat a testování individuálních rozdílů.

### Metodika

Pomocí digitálního rekordéru budou nahráváni juvenilní jedinci druhu *Falco rusticolus*. Předpokládaný rozsah vzorku bude zahrnovat 6 – 10 jedinců. Konkrétně se bude jednat o imprintované jedince z umělých odchovů v rámci České republiky. Jedinci budou nahráváni ve stejném věkovém období a to v intervalu dvou týdnů. Nahrávky studovaných jedinců budou analyzovány pomocí bioakustických softwarů (Raven, AviSoft). Individuální rozdíly v naměřených parametrech budou testovány pomocí jednorozměrných i mnohorozměrných statistických metod (Principal Component Analysis, Discriminant Function Analysis, Permutated DFA aj).

**Doporučený rozsah práce**

30 – 40 stran.

**Klíčová slova**

vokální ontogeneze, vokální individualita, sokol lovecký, imprinting.

---

**Doporučené zdroje informací**

- Cramp, S., K. E. L. Simmons (Eds.) (1980). Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa: The Birds of the Western Palearctic, Vol. 2: Hawks to Bustards. Oxford University Press, New York.
- del Hoyo, J., A. Elliott & J. e. Sargatal (1994). Handbook of the birds of the world. Volume 2. New World vultures to guineafowl. Lynx Edicions, Barcelona
- Digby, A., B. D. Bell & P. D. Teal (2014). Vocal individuality of Little Spotted Kiwi (*Apteryx owenii*). *Emu* 114:326-336
- Dragonetti, M. (2007). Individuality in Scops Owl Otus scops vocalisations. *Bioacoustics-the International Journal of Animal Sound and Its Recording* 16:147-172.
- Eakle, W. L., R. W. Mannan & T. G. Grubb (1989). Identification of individual breeding bald eagles by voice analysis. *Journal of Wildlife Management* 53:450-455.
- Falls, J. B. (1982). Individual recognition by sound in birds. In *Acoustic communication in birds* (Kroodsma, D. E. & E. H. Miller). Academic Press, New York 237-278.
- Farquhar, C. C. (1993). Individual and intersexual variation in alarm calls of the white-tailed hawk. *Condor* 95:234-239
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Mgr. Richard Policht, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

**Konzultant**

Ing. Jiří Horák

---

Elektronicky schváleno dne 8. 9. 2019

**doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 15. 06. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Vokální ontogeneze raroha loveckého (*Falco rusticolus*)" vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Richarda Polichta, Ph.D a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 9. 6. 2020

Podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Mgr. Richardu Polichtovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Horákovi za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Děkuji také sokolníkům a chovatelům Stanislavu Menclíkovi, Petru Vágnerovi a Lubomíru Kasovi, kteří mi umožnili pořídít zvukové záznamy dravců.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá ontogenezí vokalizace raroha loveckého (*Falco rusticolus*) včetně vývoje individuálních rozdílů. Je to typický představitel tzv. pravých sokolů, jenž je v historii a zejména v arabských zemích velmi ceněn pro své lovecké vlastnosti a majestátný vzhled. Cílem práce bylo dokumentovat variabilitu ve vokalizaci jedinců v rámci stejného pohlaví a porovnání vývoje variability vokalizace s ohledem k věku. Jednalo se o imprintované sokoly z umělých odchovů v rámci České republiky. Nahrávání probíhalo se 14. denní frekvencí od 7. týdne do 27. týdne, tj. ve věku od 1,5 měsíce do 7 měsíců stáří mláďat. Volání se během 7. – 14. týdne průkazně měnilo v sedmi z osmi naměřených akustických parametrů včetně délky volání a dalších časových a frekvenčních parametrů. Největší změny byly zaznamenány mezi 7. a 9. týdnem života, kdy se snížila fundamentální frekvence ve frekvenčních parametrech. Naproti tomu se délka hlasu prodlužovala v průběhu 7. – 11. týdne života. Obě frekvenční modulace vykázaly podobný průběh, snížení frekvence mezi 7. a 9. týdnem a pak opětovné zvýšení. Délka iniciálního úseku frekvenční modulace byla nejdelší v 11. týdnu a pak se prudce snížila. Naproti tomu délka koncového úseku frekvenční modulace se celkově zkracovala. Frekvenční parametry neukázaly silnější korelační vztah na věku ani hmotnosti. Naproti tomu délka volání se prodlužuje s rostoucí hmotností a s věkem. Pro testování individuálních rozdílů byly provedeny čtyři diskriminační modely (DFA) nezávisle pro věk 7. – 14. týdne. Volání se průkazně lišilo mezi jedinci již od počátku sledovaného období. Průměrná míra úspěšnosti klasifikace volání ke správnému jedinci se pohybovala v rozsahu 81,9 – 90,3% na základě konvenční DFA a 72,2 – 86,1 v případě validované DFA. Takovýto výsledek klasifikace je mnohem vyšší než by byla klasifikace na základě náhody (16,7%). Výsledky tak nabízí potenciální možnost neinvazivního monitoringu individuálních jedinců raroha loveckého. Výsledky práce nabízí novou alternativu neinvazivního monitoringu jedinců raroha loveckého.

**Klíčová slova:** vokální ontogeneze, vokální individualita, rarah lovecký, imprinting

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the ontogeny in the vocalization of the gyrfalcon (*Falco rusticolus*) including individual differences. It is a typical representative of the so-called true falcons, which is in the history and mainly in the Arabic countries highly valued for its hunting characteristics and a majestic appearance. The aim of this work is to demonstrate a variation in the vocalization of individuals within the same sex and then to compare the development of the vocalization variability with respect to the age, within this species. These were imprinted falcons from artificial breeding places within the Czech Republic. The recording took place with a 14-day frequency from the 7<sup>th</sup> week to the 27<sup>th</sup> week of the age, at the age from 1.5 to 7 months of the age of the chicks. Calls significantly changed during the 7<sup>th</sup> week to the 14<sup>th</sup> week of the age in seven from eight measured parameters, including call duration and other temporal and frequency parameters. The largest changes were recorded during 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> week of age when decreased a fundamental frequency. In comparison to fundamental frequency, a call duration increased during 7<sup>th</sup> and 11<sup>st</sup> week of age. Both frequency modulations showed a similar pattern, a frequency decrease during 7<sup>th</sup> and 11<sup>st</sup> week of age and then increase again. Duration of initial frequency modulation were the longest in the 11<sup>th</sup> week and then it dropped sharply. On the other hand, the duration of the end frequency modulation generally shortened. Frequency parameters did not show a stronger correlation between age and weight. In contrast, call duration increases with weight and age. I conducted four discriminant models (DFA) independently for the age of 7 – 14 weeks. The calls significantly differed among individuals from the beginning of recording period. The average classification success into correct individual ranged from 81,9 – 90,3%, based on conventional DFA and 72,2 – 86,1 based on cross-validated DFA. Such result is much higher than would be classification based on chance (16,2%). The results thus offer a potential possibility of non-invasive monitoring of individual gyrfalcons.

**Key words:** vocal ontogeny, vocal individuality, gyrfalcon, imprinting

# Obsah

1 Seznam obrázků, tabulek a map	8
2 Seznam použitých zkratk	9
3 Úvod	10
4 Cíle práce	11
5 Literární rešerše	12
5.1 Raroh lovecký	12
5.1.1 Populační stavy a varianty zbarvení	13
5.1.2 Rozmnožování	16
5.1.3 Ochrana	16
5.1.4 Potrava a lov	16
5.1.5 Aspergilóza	17
5.1.6 Historie	18
5.2 Vokální ontogeneze ptáků	18
5.3 Využití vokální individuality pro monitoring ptáků	20
5.4 Vtištění (imprinting)	20
6 Metodika	22
6.1 Zkoumaní ptáci a lokality	22
6.2 Nahrávání	23
6.3 Akustická analýza	26
6.4 Statistická analýza	28
7 Výsledky	29
7.1 Univariátní testy	30



7.2 Deskriptivní statistika	32
7.3 Korelační analýza	34
7.4 Multivariátní testy	36
7.4.1 DFA model: věk 7 týdnů	37
7.4.2 DFA model: věk 9 týdnů	39
7.4.3 DFA model: věk 11 týdnů	40
7.4.4 DFA model: věk 14 týdnů	42
8 Diskuze	46
9 Závěr	48
10 Seznam literatury a použitých zdrojů	49
10.1 Seznam použitých českých zdrojů	49
10.1 Seznam použitých zahraničních zdrojů	50
10.1 Seznam použitých internetových zdrojů	54

# 1 Seznam obrázků, tabulek a map

## 1.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Složení potravy raroha loveckého	17
Obrázek 2: Měření akustických parametrů	27
Obrázek 3: Spektrogram typického volání samce raroha loveckého (ID 3) ve stáří 77 dní	29
Obrázek 4: Spektrogram typického volání samce raroha loveckého (ID 5) ve stáří 523 dní	29
Obrázek 5: Ontogenetický průběh Start F	31
Obrázek 6: Ontogenetický průběh End F	31
Obrázek 7: Ontogenetický průběh Central F	31
Obrázek 8: Ontogenetický průběh Duration	31
Obrázek 9: Ontogenetický průběh Initial F	31
Obrázek 10: Ontogenetický průběh Initial Time	31
Obrázek 11: Ontogenetický průběh Ended F	32
Obrázek 12: Ontogenetický průběh Ended Time	32
Obrázek 13: Délka volání/hmotnost	35
Obrázek 14: Délka volání: věk	35
Obrázek 15: Rozptylový graf: DFA model 7 týdnů	37
Obrázek 16: Rozptylový graf: DFA model 9 týdnů	39
Obrázek 17: Rozptylový graf: DFA model 11 týdnů	41
Obrázek 18: Rozptylový graf: DFA model 14 týdnů	44

## **1.2 Seznam tabulek**

Tabulka 1: Velikost dravce	12
Tabulka 2: Populace rarohů loveckých v jednotlivých zemích výskytu	13
Tabulka 3: Tabulka nahrávek	24
Tabulka 4: Deskriptivní statistika volání staršího	32
Tabulka 5: Deskriptivní statistika volání mladých rarohů	33
Tabulka 6: Korelační analýza	34
Tabulka 7: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 7 týdnů	37
Tabulka 8: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA	38
Tabulka 9: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 9 týdnů	39
Tabulka 10: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA	40
Tabulka 11: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 11 týdnů	41
Tabulka 12: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA	42
Tabulka 13: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 14 týdnů	43
Tabulka 14: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA	45

## **1.3 Seznam map**

Mapa 1: Areál rozšíření rarocha loveckého	14
Mapa 2: Výskyt a barevné varianty rarocha loveckého v Rusku	15

## **2 Seznam použitých zkratk**

DFA – Diskriminační funkční analýza

### 3 Úvod

Individuální rozdíly ve vokalizaci ptáků jsou v posledních letech intenzivně studovány. Je to právě z toho důvodu, že u ptáků dosáhla akustická komunikace ohromné variability a ze signálů obratlovců ji předstihuje pouze lidská řeč slovní zásobou, frekvenčním rozsahem, různou intenzitou nebo melodiemi (Veselovský 2005). Využití individuálně specifických znaků hlasů nabízí novou alternativu neinvazivního monitoringu jedinců. Většina výzkumů se však zabývá hlasovými projevy pěvců (Marller a Peters 1982). V rámci řádu dravců není dosud publikováno mnoho prací. Výzkum ontogeneze a akustické komunikace raroha loveckého vytváří doposud nepříliš prozkoumané možnosti ornitologického zkoumání.

Zástupce čeledi *Falconiformes*, rodu *Falco*, rarah lovecký (*Falco rusticolus*), je typický představitel tzv. pravých sokolů (del Hoyo et al. 1994). Na světě se vyskytuje v počtech 7 880 až 10 990 jedinců, proto se jedná o velmi vzácného dravce (Potapov a Sale 2005). Z hlediska ochrany přírody rarah lovecký patří mezi kriticky ohrožené druhy (del Hoyo et al. 1994). Pro svůj majestátní vzhled, a především lovecké vlastnosti, je velmi ceněn zejména v arabských zemích (Krivjanský 2007). V zajetí je jeho chov velmi náročný, protože se rozmnožuje nejdříve ve věku šesti let a je náchylný k respiračním onemocněním. Z tohoto důvodu se jeho odchovem na světě zabývá velmi málo chovatelů. V České republice je několik chovatelských stanic, které se věnují jeho rozmnožování.

Zkoumání ontogeneze a akustické komunikace v raném věku raroaha by mohlo objasnit, které struktury hlasu jsou zodpovědné za individuální rozpoznávání jedinců, popř. pohlaví a věku dravců. Tato práce zároveň nabízí nové možnosti neinvazivního monitoringu raroaha loveckého.

## 4 Cíle práce

Cílem práce je prokázání možné variability ve vokalizaci u jedinců raroha loveckého (*Falco rusticolus*).

1. Obecně popsat variabilitu studovaného volání.

Ontogenetický vývoj ve vokalizaci dravců nebyl doposud relativně studován.

2. Popsat ontogenetický vývoj ve vokalizaci věku mláďat od 7. do 27. týdne jejich věku se 14. denní frekvencí.

Lze očekávat určité změny v akustických parametrech, podobně jako u jiných ptáků.

3. Otestovat variabilitu ve vokalizaci mezi jedinci (vokální individualita).

4. Zjistit míru individuálních rozdílů v průběhu ontogeneze.

5. Otestovat vliv stáří a hmotnosti na variabilitu v akustické struktuře volání.

## 5 Literární řešerše

### 5.1 Raroh lovecký (*Falco rusticolus*)

Raroh lovecký je největší a nejsilnější člen rodu sokolů – Falco. Jedná se o dravce robustního těla (viz tabulka 1), silných pařátů a v porovnání s jinými sokoly širších křídel, schopných vyvinout vysokou horizontální a „stoupavou“ rychlost (del Hoyo 1994). Přidáme-li schopnost razantního střemhlavého útoku, získáme velmi výkonného univerzálního lovce, který je schopný lovit různé druhy kořisti pomocí různé techniky a taktiky, a to na zemi nebo ve vzduchu (Cade 1982). Rarozí lovečtí loví za jakéhokoliv počasí. Díky svým velkým křídům nepotřebují termiku jako jiní dravci a mohou létat i za velkého větru (Chindgren 2018).

Raroh lovecký je značně větší než sokol stěhovavý, ale na rozdíl od sokola stěhovavého nemá nikdy černé licousy v obličejové části hlavy (Burnham a Mattox 1984). Jeho barva je svrchu modrošedá nebo hnědá, pera na hřbetě jsou světle lemována, proto vypadá jako by byl svrchu lemován (del Hoyo 1994). Vyznačuje se značnou rozmanitostí zbarvení, která se projevuje jak individuálně, tak s věkem, nebo podle výskytu dané populace (Sternberg 1969).

Tabulka 1: Velikost dravce (Cade 1982)

	Délka těla	Hmotnost
Samec	48–61 cm	800–1300 g
Samice	51–64 cm	1300– 2100 g

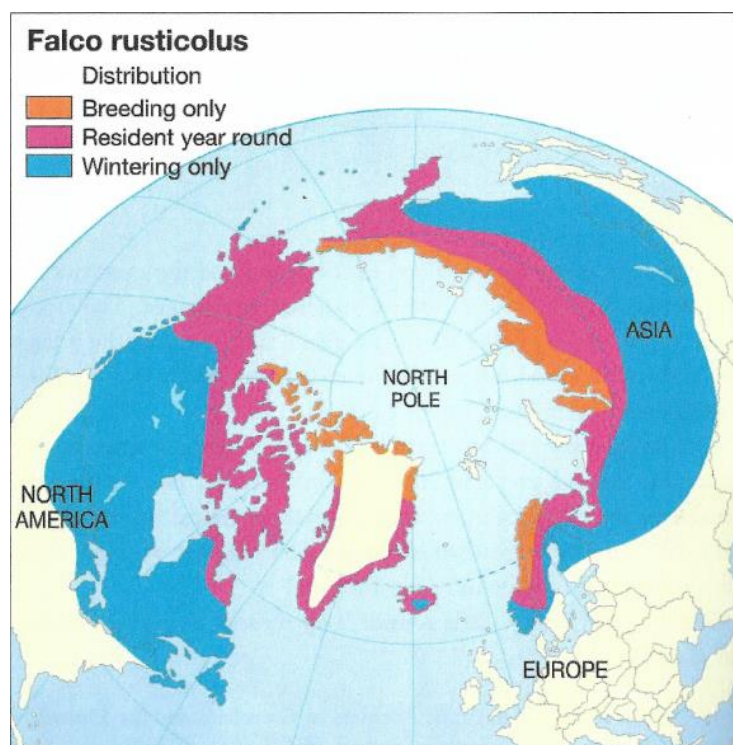
### 5.1.1 Populační stavy a varianty zbarvení

Raroh lovecký obývá území nejsevernější části pevniny o velikosti blížící se 7,5 milionu km<sup>2</sup> v počtech 7880 až 10990 jedinců (Potapov a Sale 2005), (viz tabulka 2).

Tabulka 2: Populace rarohů loveckých v jednotlivých zemích výskytu (Potapov a Sale 2005)

Country	Minimum estimate	Maximum estimate	Source
Iceland	300	400	Cade <i>et al.</i> (1998)
Norway	300	500	Koskimies (1999) and references therein
Sweden	80	135	Gärdenfors (2000), Tjernberg (2000)
Finland	25	30	Koskimies (1999)
Russia	3,500	5,000	Present authors
USA (Alaska)	375	675	Swem <i>et al.</i> (1994)
Canada	2,550	3,200	Shank and Poole (1994), present authors
Greenland	750	1,000	Cade (1982), Peregrine Fund (Denmark) Report (2000)
Total	7,880	10,990	

Raroh lovecký je jediným rarochem žijícím ve sněhovém a chladném prostředí (del Hoyo 1994). Vyskytuje se v arktických a subarktických částech, především od 82N po 60N cirkumpolárně přes arktické ostrovy, např. Grónsko nebo Island a území tundry a tajgy Severní Ameriky a Eurasie (Cade 1982). Největší a nejsilnější rarozi lovečtí mají hnědé zbarvení a žijí na Islandu (Beebe a Webster 2013). V některých pobřežních hnízdištích, např. na Labradoru nebo Kamčatce, dosahuje až k jižní hranici 55N (Potapov a Sale 2005), (viz mapa 1). Staří ptáci jsou stářejší, mladí ptáci často migrují do jižnějších částí kontinentů (Cade 1982).



Mapa 1: Areál rozšíření raroha loveckého (Potapov a Sale 2005)

Raroh lovecký je dnes považován za monotypický druh, ačkoli do 60. let, kdy tuto tezi vyzdvihl profesor Cornellovy univerzity Tom Cade a následně se stala konsenzem, byl vysoký stupeň polymorfie ve zbarvení a v rozdílech poměru délek některých letek přiřazován k několika poddruhům (Demetěv 1989). Mnohými autory byly v 18. a 19. století popsány a pojmenovány geografické varianty. Euroasijské populace byly zastoupeny třemi poddruhy, sibiřským „intermedius“, východosibiřským „grebnitzki“ zasahujícím až na Aljašku a evropským „gyrfalco (rusticolus)“. Dále byly popsány poddruhy „islandicus“ na Islandu, kanadský „absoleutus“ a „candicans“ v severním Grónsku (Demetěv 1989).

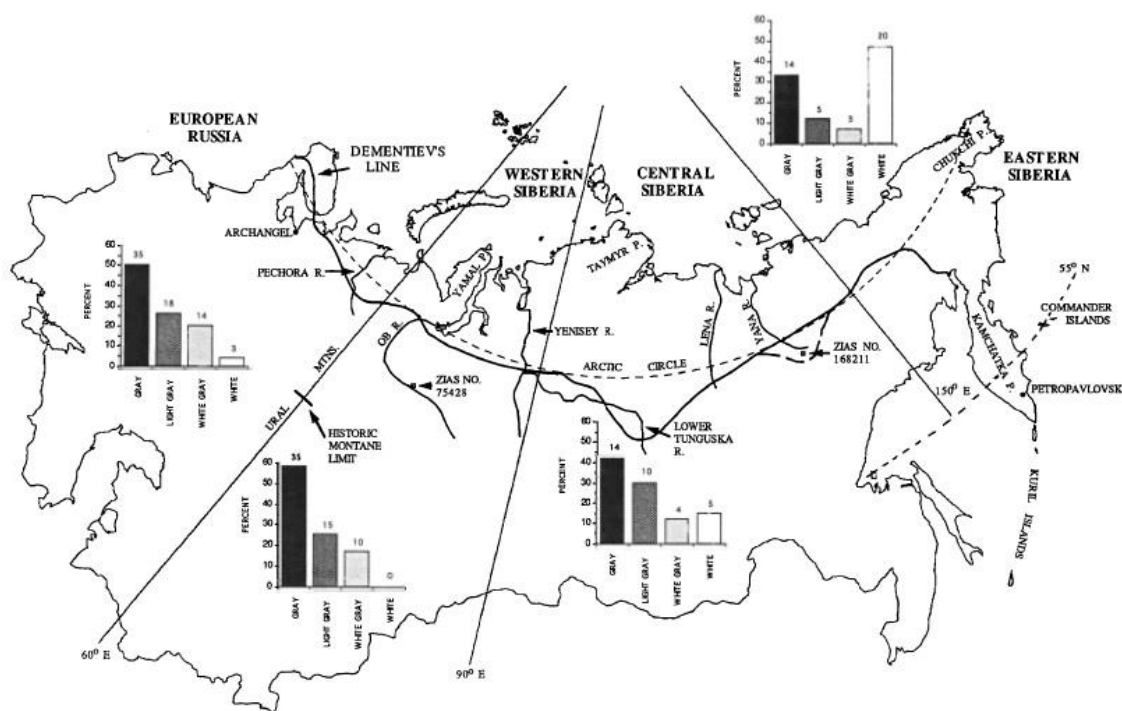
Výše zmíněný vysoký stupeň polymorfie ve zbarvení zahrnuje jedince od téměř čistě bílých přes několik odstínů šedé až po téměř černé ptáky (del Hoyo 1994). Na západní polokouli se bílí jedinci vyskytují v nejvyšším počtu v Grónsku, na kanadských arktických ostrovech a v arktických částech Aljašky (Cade 1982). Raroh lovecký migruje na zimoviště



ze severských oblastí nejjižněji do severských států USA (Roy 2004). Výskyt bílých hnízdních ptáků klesá směrem k jihu, kde jsou nahrazovány šedými páry (Burnham a Mattox 1984). Bílí jedinci se téměř nevyskytují na Islandu, kde je výrazně převažující typické světle šedé zbarvení (del Hoyo 1994). Tmavě až černě zbarvení ptáci jsou typičtí pro severní část Quebecu a Labrador (Cade 1982).

Na východní polokouli chybí černí jedinci úplně. Euroasijské populace jsou tvořeny šedě až šedomodře zbarvenými jedinci ve Skandinávii a evropské části Ruska. Východně od Uralu jsou historicky prokázáni šedí, světlešedí a bílí jedinci (viz mapa 2). Podíl bílých jedinců vzrůstá severovýchodním směrem až na Čukotku, kde v oblasti Beringova moře se populace potkává s populací Aljašskou (Ellis 1992).

Raroh lovecký obývá území nejsevernější části pevniny o velikosti blíží se 7,5 milionu km<sup>2</sup> v počtech 7880 až 10990 jedinců (Potapov a Sale 2005).



Mapa 2: Výskyt a barevné varianty rarohe loveckého v Rusku (Ellis 1992)

### **5.1.2 Rozmnožování**

Krajinné prostředí výskytu raroha loveckého tvoří tři základní typy: mořská skalnatá pobřeží a zálivy – fjordy, dále údolí velkých řek ve vnitrozemí a rozsáhlé výše položené oblasti tajgy a tundry (del Hoyo 1994). Hnízda jsou nejčastěji umístěna ve skalních výklencích nebo na stromech (Burnham a Mattox 1984). Rarozi stejně jako ostatní příslušníci rodu *Falco* hnízda nestaví, ale využívají hnízda jiných ptáků, především krkavců, kání, orlů a dalších (Potapov 2005). Raroh lovecký se začíná pářit v přírodě ve druhém až třetím roce života (del Hoyo 1994), v umělých chovech až okolo šestého roku. Samice snese do hnízda maximálně čtyři vajíčka, která mají hnědou barvu (Potapov a Sale 2005). Na vysezení vajec se nejvíce podílí samice, samec ji střídá na hnízdě jenom na krátkou dobu jejího krmení (Beebe a Webster 2013). Inkubační doba vajec je 34–36 dní (del Hoyo 1994). Mláďata se narodí v bílém prachovém peří. Krycí pera a letky jim začínají růst okolo 30. dne života (Beebe a Webster 2013). Dravci se začínají učit létat až když mají vyschlé peří, to je obvykle v 60-65 dnech (Pitcher a Velarde 2009).

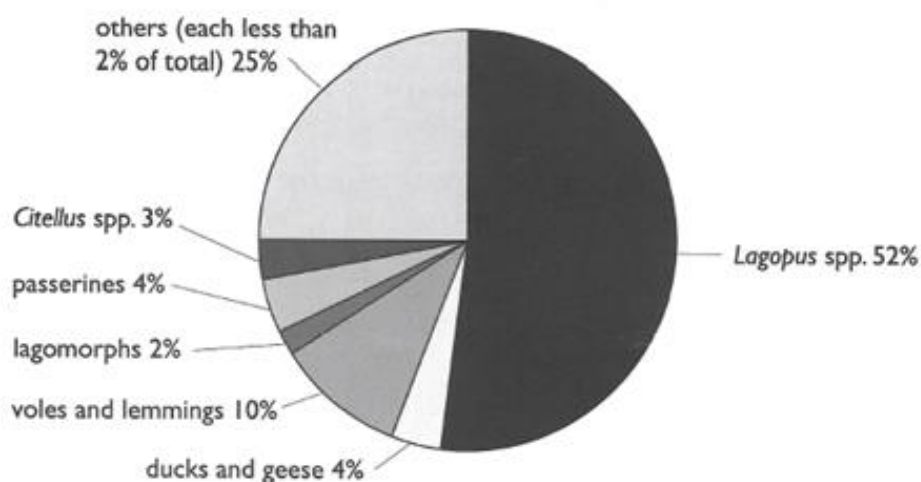
### **5.1.3 Ochrana**

Z hlediska ochrany přírody je raroh lovecký legislativně chráněn na celém území svého výskytu. Je zařazen do stupně ochrany přílohy 1 CITES. Stavby rarožů loveckých nebyly nikdy tak kriticky ohroženy jako stavby sokolů stěhovavých (del Hoyo 1994). Vzhledem k tomu, že rarozi lovečtí narozdíl od sokolů stěhovavých nemigrují na jižní polokouli, byl u rarožů minimální obsah DDT ve vejcích, což bylo příčinou téměř vyhubení sokolů stěhovavých (Potapov a Sale 2005).

### **5.1.4 Potrava a lov**

Síla, rychlost a obratnost raroha loveckého ho předurčuje být univerzálním lovcem jak z hlediska velikosti kořisti, tak z hlediska krajinného prostředí lovu a způsobu života kořisti (Beebe a Webster 2013). Kořistí rarožů (složení potravy - viz obrázek 1) jsou jak ptáci do velikosti husy, tak v menší míře savci od lumíků po polární zajíce (Cade 1982). Lovecká taktika rarožů je dána krajinným prostředím a druhem kořisti (del Hoyo 1994). Raroh lovecký nejčastěji loví nízkým „průzkumným“ letem kopírujícím terén s překvapivými útočnými výpady (Cade 1982). Dalším způsobem je pozorování loveckého teritoria

z odsedávky na skále, popřípadě stromě s dlouhým výhledem dolů do údolí, kde vyhlíží kořist (del Hoyo 1994). V tomto případě využívá k útoku výškového rozdílu mezi ním a kořistí. Méně častým způsobem pátrání po kořisti je křížování prostoru vysoko ve vzduchu s následným střemhlavým útokem dolů na kořist (Cade 1982).



*Figure 6.1 Gyrfalcon diet averaged over all ranges*

Obrázek 1: Složení potravy raroha loveckého (Potapov a Sale 2005)

### 5.1.5 Aspergilóza

Tento druh a většina zástupců sokolovitých je přímo závislých na svých letových schopnostech, které jsou závislé na jejich zdravotním stavu. Jeho chov je ale velmi náročný, protože pochází z arktické oblasti a ve středoevropských podmínkách je náchylný na onemocnění (Hanzal 2018).

Bohužel jsou citliví na metabolické a respirační poruchy-*aspergilózu*. Toto onemocnění je infekčního původu, způsobuje ho houba rodu *Aspergillus* (Hanzal a Slamečka 2019). Nákaza se přenáší vdechnutím a projevuje se u jedinců s oslabenou imunitou. Náchylní jsou zejména dravci s nízkou fyzickou kondicí, kteří jsou drženi v nečistém a vlhkém prostředí, kde se mohou tyto plísně množit (Heinz 2003). Pro diagnostiku respiračních a metabolických poruch se využívá vhodné metody tepenních a žilních plynů (Raghav, et al. 2015).

### **5.1.6 Historie**

Ze sokolnického hlediska je raroh lovecký nejvíce ceněným dravcem vůbec (Mikulica, Ptáček a Kučera 1988). Jeho velká vzácnost je patrná i z dávné historie, kde třeba Fridrich II. Hohenštaufský (1212-1250), nazývaný „Sokolí císař“, je na obrazech zobrazován s velkým bílým rarohem na pěsti (Krivjanský 2007). Jeho tmavá forma, a hlavně bílá, se řadí do seznamu nejcennějších dravců v historii (Červený, Kamler a Kholová 2004). Bílou formu raroha loveckého, jako nejcennějšího ze všech sokolů, označil také malíř a zakladatel německého sokolnického řádu Renz Waller (Blüchel 2004). Sokolníci raroha loveckého řadí do skupiny dravců vysokého letu, stejně jako sokola stěhovavého a raroha velkého. V asijském sokolnictví byl a je velmi oblíben jak pro své výjimečné lovecké vlastnosti, tak pro svou dobrou povahu a učenlivost (Hanzal 2018).

## **5.2 Vokální ontogeneze ptáků**

Ptáci mají rozsáhlou rozmanitost akustické komunikace. Mezi obratlovci je předčí pouze lidská řeč ve slovní zásobě, rozsahu frekvence, intenzitě a melodii. (Veselovský 2005). Přestože výzkum akustické komunikace je velmi intenzivní, tak ontogeneticky vývoj celé řady druhů zůstává dosud málo prostudován. (Klenová et al. 2014).

Průběh vokální ontogeneze ptáků v zásadě zahrnuje dva způsoby:

1. Ptáci, kteří jsou schopní učení:

- papoušci (Bond a Diamont 2005)
- kolibříci (Jarvis et al. 2000)
- pěvci (Marller a Peters 1982)

2. Ptáci, kteří nemají schopnost učení.

U ptáků, kteří nemají schopnost vokálního učení byly rozpoznány dva módy ontogenetického vývoje:

1. graduální vokální vývoj
2. vývoj hlasu s náhlými změnami

První způsob zahrnující postupné změny následující s vývojem těla, včetně hlasového projevu, byl popsán např. u:

- vrubozobých (Engländer a Bergmann 1990)
- krátkokřídlých (Klenová et al. 2014)
- dlouhokřídlých (Adret 2012)
- hrabavých (Meinert a Bergmann 1983)

Druhý způsob vývoje zahrnující náhlou změnu v konkrétním věkovém období byl dokumentován u některých druhů jeřábů (Budde 2001, Klenová et al 2010; Klenová et al. 2007), alek (Klenová a Kolesnikova 2013), chřástalů (Cosens 1981) a některých dalších. Mezi akustickými parametry zejména základní frekvence, se může s věkem měnit jak graduálně (Thoren a Bergmann 1986), tak postupně (Cosens 1981). V případě zmiňované náhlé změny v hlase, představující rychlý pokles základní frekvence, tuto změnu autoři popisují jako „*Voic breaking*“. Jde o podobnost se změnou hlasu lidí, konkrétně chlapců v pubertě (Radford 2004, Klenová et al. 2010). Základní frekvence často koreluje s velikostí a délkou hlasivkových, nebo síringiálních membrán (Titze 1994, Fitch a Hauser 2002).

### 5.3 Využití vokální individuality pro monitoring ptáků

Využití individuálně specifických znaků hlasů nabízí novou alternativu neinvazního monitoringu jedinců. U druhů, kterým se nedají nasazovat kroužky nebo křídelní značky, je jejich identifikace složitá. Zejména u skrytě žijících druhů, např. sluky lesní (*Scolopax rusticola*), (Hoodless et al., 2008), chřástala polního (*Crex crex*), (Peake a McGregor, 2001) nebo také u sov, které jsou aktivní převážně v noci, je jejich vizuální monitoring nemožný. Pro mapování jejich teritorií byly použity akustické metody, např. u sice rousného (*Aegolius funereus*), výra virginického (*Bubo virginianus*) a puštíka proužkovaného (*Strix varia*), (Shonfield, Heemskerk a Bayne 2018).

Při monitoringu puštíka afrického (*Strix woodfordii*) vědci ve své práci postupovali tím způsobem, že nejprve přehráli zvuky ptákům tak, aby dostali odpověď, kterou nahráli a zaznamenali oblast nahrávání. Pro vyhodnocení spektrogramu odpovědi použili statickou analýzu měření. Technika zvukového monitoringu byla vyhodnocena jako vysoce přínosná a přesná pro výzkum sčítání a dlouhodobé pozorování populace i jiných druhů sov (Delport, Kemp a Ferguson 2002).

Rozpoznávání živočichů na základě jejich vokální individuality má značné výhody oproti fyzickému značení a živočichům nijak neškodí (Fox 2008).

### 5.4 Vtištění (imprinting)

Vtištění u mláďat probíhá v senzitivní periodě. Jedná se o způsob rychlého a trvalého učení. Mláďě se naučí poznávat svou matku, aby ji potom mohlo následovat. Poprvé byl tento jev popsán a vysvětlen rakouským zoologem Konradem Lorenzem, který zkoumal toto chování u mláďat vrubozobých ptáků.

Nejznámějším případem vtištění je rychlé poznání rodiče nebo sexuálního partnera, jehož charakteristické znaky si mláďata trvale zafixují do paměti. Mláďeti stačí k imprintingu na matku jenom krátký okamžik prvního sledování, při kterém si vtiskne její charakteristické znaky, které si pak pamatuje celý život. Tento proces vtištění označil Lorenz za ireverzibilní a nelze ho změnit (Veselovský 2005).

Vtištění je metoda založená na vytvoření orientace mláděte na člověka (Augustin 2013). Mláďata, která byla odchována jinak než svými biologickými nebo pěstounskými rodiči, nazýváme imprinti (Roy 2004).

Rozlišujeme tři základní druhy vtištění:

- druhový
- sociální
- potravní (Augustin 2013)

## 6 Metodika

### 6.1 Zkoumaní ptáci a lokality

Díky zajímavosti výzkumu se podařilo získat souhlas s vokálním nahráváním raroha loveckého ve třech chovatelských stanicích. Pro snadnější manipulaci s mláďaty byli vybráni dravci, kteří byli odchováni pomocí imprintingu.

Jedinci raroha loveckého (*Falco rusticolus*), použiti pro výzkum, pochází ze tří soukromých chovů chovatelů sokolů v České republice:

- od Stanislava Menčíka z Vysokého Mýta - 6 jedinců
- od Petra Vágnera z Prahy - 1 jedinec
- od Lubomíra Kasy z Písku - 2 jedinci

Nahrávaná mláďata jsou z pěti různých párů rodičů raroha loveckého. Je tedy zaručena jejich nepříbuznost. Tyto chovy a dravci v nich drženi, podléhají zákonu na ochranu zvířat proti týrání č. 246/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů a zákonu č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů, jako např. zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny a zákon č. 100/2004 Sb., úmluvě o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin CITES – registrace zvířat a povolení k chovu. Dále jsou chovatelé povinni dodržovat Řád ochrany dravců a sov při chovu Klubu sokolníků Českomoravské myslivecké jednoty. Mláďata raroha loveckého byla 9. den života rodičům odebrána a krmena chovateli, aby se u nich vytvořil imprinting neboli vtištění. Při vytváření vazeb imprintingu jsou mláďata citlivá na jakékoliv změny nebo vnější podněty. Proto dali majitelé souhlas začít s jejich nahráváním až od 7. týdne věku. Díky metodě imprintingu se mohlo s mláďaty manipulovat, aniž by se bála. Naopak při spatření chovatele na něho volala jako na rodiče svého druhu a vynucovala si krmění. Nahrávání probíhalo se 14. denní frekvencí od 7. týdne do 27. týdne věku sledovaných dravců v období od června do listopadu 2019.



## 6.2 Nahrávání

Nahrávání mláďat rarioha loveckého bylo prováděno pomocí audio rekordéru Olympus LS-P2 vždy v odpoledních hodinách, kdy byli dravci hladoví a svým voláním si vynucovali po chovateli potravu.

Dravci byli nahráváni individuálně, tak aby se svými hlasovými projevy navzájem nepřekrývali a byl zaručen individuální zvukový záznam sledovaného jedince.

Každé mládě se postupně přeneslo ze společného hnízda do jiné voliéry (komory), kde nebyl slyšet křik jiných dravců z chovu a nebylo nahrávání rušeno jinými rušivými zvuky.

Mládě se položilo do předem připraveného hnízda a pomocí audio rekordéru Olympus LS-P2 byl pořízen ze vzdálenosti 1 m jeho zvukový záznam v časové délce 1-2 min. Záznam byl vždy proveden dvakrát, aby se při vyhodnocování mohla vybrat a použít ta kvalitnější zvuková nahrávka. Po nahrání byl každý jedinec zvážen na digitální stolní váze zn. ACS s přesností na gramy. Potom bylo mládě nakrmeno a vráceno k ostatním mláďatům do voliéry.

Tímto způsobem byla postupně nahrávána všechna mláďata se 14. denní frekvencí u každého chovatele. Po každém nahrávání byly získané údaje (číslo kroužku jedince, datum nahrávky, číslo nahrávky a váha) zapsány do předem vytvořené excelové tabulky v PC (viz tabulka 3).

Všechny zvukové záznamy sledovaných jedinců byly z nahrávače Olympus LS-P2 staženy do složky nahrávek v PC a byly očíslovány a označeny datem pořízení záznamu.

Analyzováno bylo celkem 516 nahrávek od devíti jedinců, osmi samců a jediné samice, která byla nahrána pouze jednou z důvodu úhynu. Jedinci byly nahráváni, pokud možno v pravidelných intervalech dvou týdnů. Z provozních důvodů to nebylo vždy úplně přesně možné. V jednom případě byla série nedokončena v důsledku úhynu jedince.

Jednotliví jedinci byli nahráváni v průběhu věku: samec ID 1 (50 – 149 dnů), ID 2 (50 – 179 dnů), ID 3 (50 – 94 dní), ID 4 (50 – 95 dní), ID 7 (61 – 182 dní), ID 8 (49 – 79 dní),

ID 9 (40 – 104 dní), samice ID 6 ve věku 63 dní a pro porovnání byl nahráván i jeden roční samec (ID 5) v průběhu 426 – 523 dní.

Tabulka 3: Tabulka nahrávek

Pořadí dravce	Chovatel	Pohlaví	Číslo kroužku	Datum narození	Datum nahrávky	Věk dravce/týden	Číslo nahrávky	Příbuznost	Hmotnost
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	23.06.2019	7	1	A45, D68, B47, E46	950g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	06.07.2019	9	2	A45, D68, B47, E46	1000g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	20.07.2019	11	3	A45, D68, B47, E46	1080g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	30.07.2019	13	4	A45, D68, B47, E46	1100g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	07.08.2019	15	5	A45, D68, B47, E46	1100g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	02.09.2019	19	6	A45, D68, B47, E46	1150g
1.	Stanislav Menclík	samec	C41	04.05.2019	30.09.2019	22	7	A45, D68, B47, E46	1150g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	23.06.2019	7	8	C41, D68, B47, E46	900g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	28.06.2019	8	9	C41, D68, B47, E46	940g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	20.07.2019	11	10	C41, D68, B47, E46	1020g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	20.07.2019	11	11	C41, D68, B47, E46	1020g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	07.08.2019	15	12	C41, D68, B47, E46	1080g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	02.09.2019	19	13	C41, D68, B47, E46	1120g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	30.09.2019	22	14	C41, D68, B47, E46	1140g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	10.10.2019	23	15	C41, D68, B47, E46	1140g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	30.10.2019	26	16	C41, D68, B47, E46	1140g
2.	Stanislav Menclík	samec	A45	04.05.2019	11.11.2019	27	17	C41, D68, B47, E46	1140g
3.	Stanislav Menclík	samec	D68	04.05.2019	23.06.2019	7	18	C41, A45, B47, E46	930g
3.	Stanislav Menclík	samec	D68	04.05.2019	10.07.2019	9	19	C41, A45, B47, E46	990g

3.	Stanislav Menčík	samec	D68	04.05.2019	20.07.2019	11	20	C41, A45, B47, E46	1040g
3.	Stanislav Menčík	samec	D68	04.05.2019	30.07.2019	13	21	C41, A45, B47, E46	1080g
3.	Stanislav Menčík	samec	D68	04.05.2019	07.08.2019	15	22	C41, A45, B47, E46	1100g
4.	Stanislav Menčík	samec	B47	04.05.2019	23.06.2019	7	23	C41, A45, D68, E46	940g
4.	Stanislav Menčík	samec	B47	04.05.2019	06.07.2019	9	24	C41, A45, D68, E46	990g
4.	Stanislav Menčík	samec	B47	04.05.2019	30.07.2019	13	25	C41, A45, D68, E46	1060g
4.	Stanislav Menčík	samec	B47	04.05.2019	07.08.2019	15	26	C41, A45, D68, E46	1090g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	20.07.2019	1 rok	27	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	10.08.2019	1 rok	28	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	02.09.2019	1rok	29	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	19.09.2019	1 rok	30	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	30.09.2019	1rok	31	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	15.10.2019	1 rok	32	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	25.10.2019	1 rok	33	nepříbuzný	1160g
5.	Stanislav Menčík	samec	Č540	20.05.2018	30.10.2019	1 rok	34	nepříbuzný	1160g
6.	Stanislav Menčík	samice	E46	04.05.2019	06.07.2019	9	35	C41, A45, D68, B47	1140g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	07.07.2019	9	36	nepříbuzný	920g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	22.07.2019	12	37	nepříbuzný	1080g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	06.08.2019	14	38	nepříbuzný	1110g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	05.10.2019	23	39	nepříbuzný	1160g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	25.10.2019	26	40	nepříbuzný	1160g
7.	Lubomír Kasa	samec	96	07.05.2019	05.11.2019	28	41	nepříbuzný	1160g
8.	Lubomír Kasa	samec	89	18.05.2019	07.07.2019	7	42	nepříbuzný	950g
8.	Lubomír Kasa	samec	89	18.05.2019	22.07.2019	9	43	nepříbuzný	990g

8.	Lubomír Kasa	samec	89	18.05.2019	06.08.2019	12	44	nepříbuzný	1080g
8.	Lubomír Kasa	samec	89	18.05.2019	01.10.2019	19	45	nepříbuzný	1140g
8.	Lubomír Kasa	samec	89	18.05.2019	25.10.2019	24	46	nepříbuzný	1140g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	07.07.2019	5	47	nepříbuzný	750g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	17.07.2019	7	48	nepříbuzný	980g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	22.07.2019	9	49	nepříbuzný	1110g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	20.07.2019	10	50	nepříbuzný	1120g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	08.08.2019	12	51	nepříbuzný	1130g
9.	Petr Vágner	samec	Š47	28.05.2019	06.09.2019	16	52	nepříbuzný	1160g

### 6.3 Akustická analýza

Nahrávky byly analyzovány použitím bioakustického programu Avisoft SASLab Pro, verze 5.12.13. Spektrogramy byly vytvořeny pomocí následujících parametrů: FFT length 1024, Frame size 100%, Hamming window, Overlap 93,75%, Frequency resolution 22 Hz, Temporal resolution 2,9 ms. Akustické parametry byly odečítány pomocí měřicího kurzoru ze spektrogramů klikáním na sedm definovaných bodů, ze kterých byly odečteny akustické parametry (viz obrázek 2).

Ze spektrogramů byly měřeny následující akustické parametry:

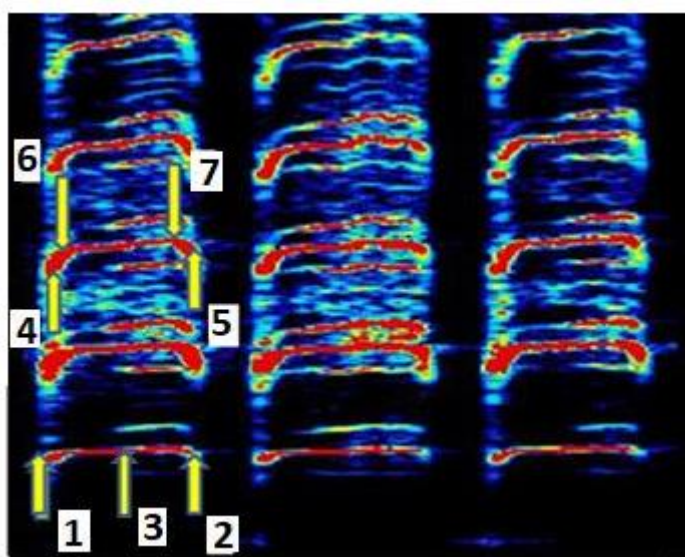
#### **Akustické parametry kvantifikující základní frekvenci (fundamental frequency)**

- **Start frequency (Start F):** začáteční frekvence signálu (bod 1)
- **End frequency (End F):** koncová frekvence signálu (bod 2)
- **Central frequency (Central F):** frekvence v centru signálu (bod 3)
- **Duration:** délka signálu

Začátek a konec signálu je charakteristicky modulovaný. Frekvenční modulace byla lépe zřetelná na harmonických tónech spíše, než na základní frekvenci. Proto byly odečítány na 3. harmonické frekvenci:

### Frekvenční modulace třetí harmonické frekvence

- **Initial frequency modulation (Initial F):** odečtením frekvence v bodě 4 od frekvence v bodě 6.
- **Initial time modulation (Initial T):** Odečtením času v bodě 4 od času v bodě 6.
- **Ended frequency modulation (Ended F):** odečtením frekvence v bodě 5 od frekvence v bodě 7.
- **Ended time modulation (Ended T):** odečtením času v bodě 5 od frekvence v bodě 7.



Obrázek 2: Spektrogram

## 6.4 Statistická analýza

Nerovnoměrné zastoupení dat v rámci celého nahrávacího období nakonec umožnilo porovnání celkem čtyř nahrávacích period, v sedmém, devátém, jedenáctém a čtrnáctém týdnu věku sokolů. Tato data zahrnují vždy 72 volání od 6 jedinců (12 volání na jedince) za jedno nahrávací období (tj. celkem  $N = 288$  volání). Naproti tomu deskriptivní statistika zahrnuje i volání, která nebyla zahrnuta do tohoto porovnání ( $N = 516$ ), v důsledku toho, že nebyl dostatek dat pro další nahrávací periody

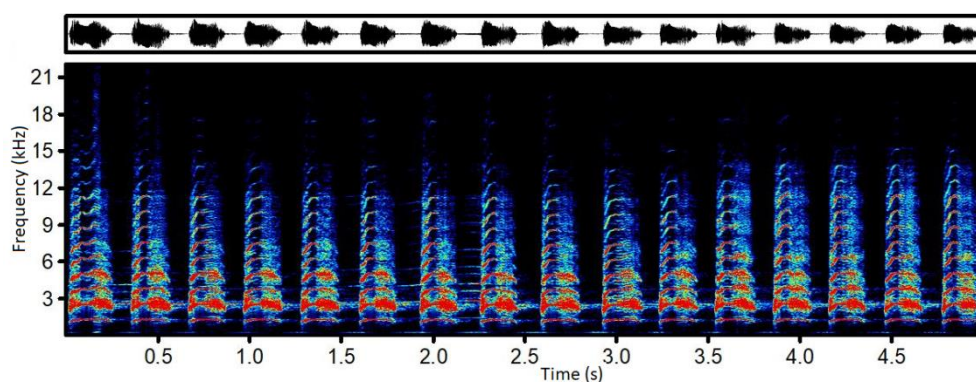
Efekt ontogeneze byl testován pomocí Friedman ANOVA testu pro opakovaná měření. Neparametrická metoda byla zvolena z důvodu nenormálního rozdělení. Pro testování míry závislosti dvou kontinuálních proměnných byly použity korelace a případně regrese. Kritická hodnota  $p$  byla považována za signifikantní, když  $p < 0,05$ .

Pro testování individuálních rozdílů byla použita multivariátní ordinační metoda, diskriminační funkční analýza (DFA), hledající takovou kombinaci originálních proměnných (akustických parametrů), které maximalizují rozdíly mezi testovanými kategoriemi (jedinců). Pro validaci diskriminační procedury byla zvolena metoda Leave-one-out. Univariátní testy byly provedeny v programu STATISTICA version 13.5.0.17 a Diskriminační funkční analýza v programu IBM SPSS version 20. Akustické parametry vstupující do DFA byly standardizovány (od konkrétních hodnot byl odečten průměr a výsledek dělen standardní odchylkou). Tato transformace odstraňuje rozdílnou distribuci dat v důsledku odlišných jednotek měření a převádí je na srovnatelné distribuce s průměrem rovným nule a standardní odchylkou rovnou jedné.

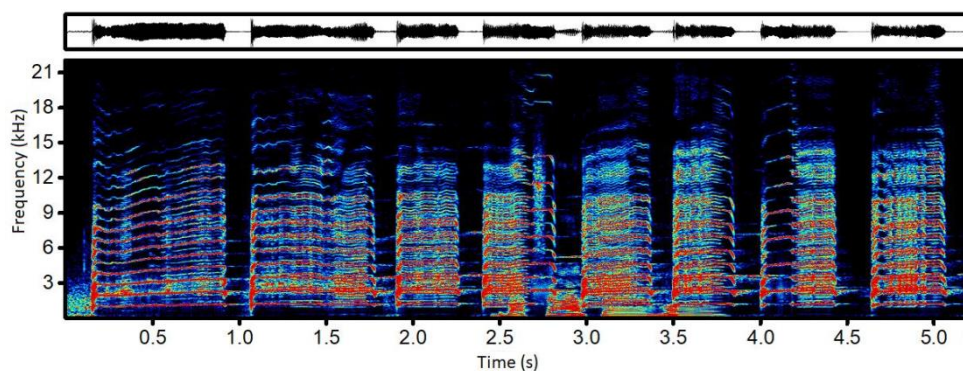
## 7 Výsledky

Zkoumaný hlas rarioha loveckého představuje volání tvořené harmonicky strukturovanými tóny (viz obrázek 3). Tento hlas je často vydáván v sériích v průběhu situací, kdy volá rarioh o potravu.

Jak se tento hlas změní, po více než roce, ukazuje spektrogram volání samce ve stáří 523 dní (viz obrázek 4). Jelikož byl k dispozici pouze jediný takto starý jedinec, nebylo možné statistické testování porovnávající staré a mladé ptáky.



Obrázek 3: Spektrogram typického volání samce rarioha loveckého (ID 3) ve stáří 77 dní



Obrázek 4: Spektrogram typického volání samce rarioha loveckého (ID 5) ve stáří 523 dní

## 7.1 Univariátní testy

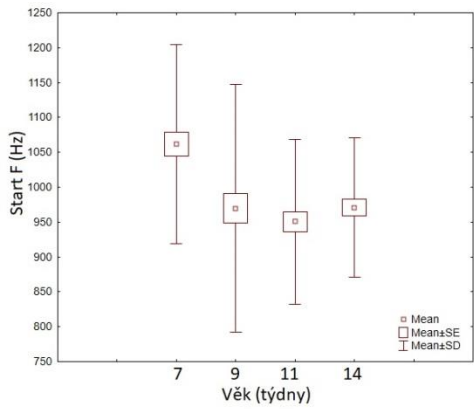
Neúplnost dat v rámci celého nahrávacího období nakonec umožnila porovnání celkem čtyř nahrávacích period: v sedmém, devátém, jedenáctém a čtrnáctém týdnu věku sokolů.

Porovnání použitím Friedman ANOVA testu ukázalo, že hlas sokola loveckého se během ontogenetického vývoje v období 7. – 14. týdne průkazně měnil v sedmi z osmi naměřených akustických parametrů:

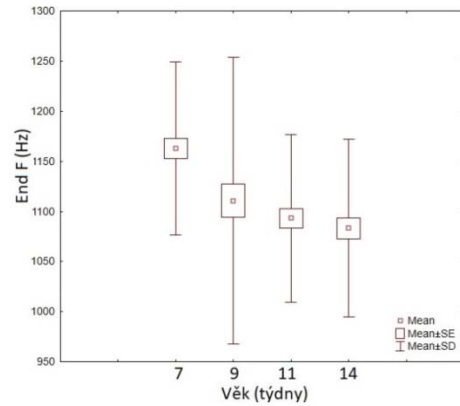
- Start F (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 10,83; **p = 0,013**)
- End F (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 27,99; **p < 0,001**)
- Central F (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 1,68; p = 0,64)
- Duration (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 11,99; **p = 0,007**)
- Initial F (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 24,10; **p < 0,001**)
- Initial T (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 10,01; **p = 0,018**)
- Ended F (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 18,92; **p < 0,001**)
- Ended T (Friedman ANOVA test: Chi Sqr (N = 36, df = 3) = 9,03; **p < 0,029**)

Největší změny byly zaznamenány mezi 7. a 9. týdnem života, kdy se snížil průběh fundamentální frekvence ve frekvenčních parametrech (Start F, End F), (viz obrázek 5 a 6). V případě Central F však tato změna nebyla signifikantní. Naproti tomu se délka hlasu postupně prodlužovala v průběhu 7. – 11. týdne života, a pak ve 14. týdnu se náhle zkrátila (viz obrázek 7 a 8). Obě frekvenční modulace vykázaly podobný průběh, snížení frekvence mezi 7. a 9. týdnem a pak opět zvýšení. Délka iniciálního úseku frekvenční modulace (Initial T) byla nejdelší v 11. týdnu a pak se prudce snížila (viz obrázek 9 a 10). Naproti tomu délka koncového úseku frekvenční modulace (Ended T) se celkově zkracovala (viz obrázek 11 a 12).

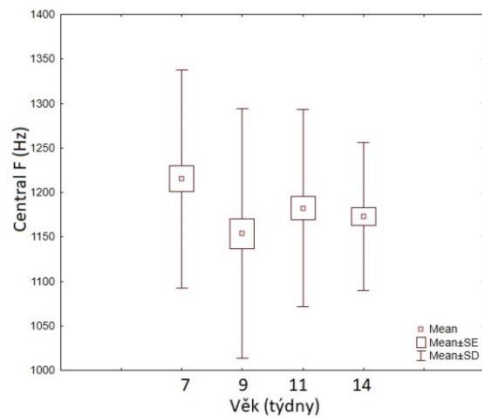




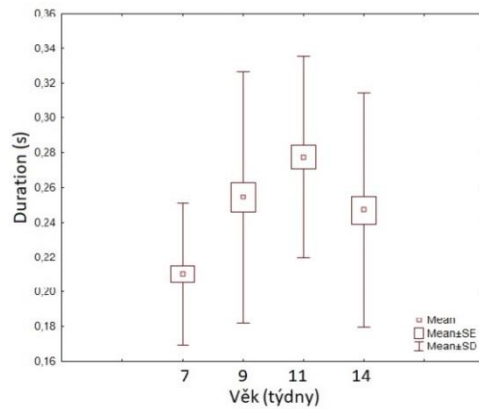
Obrázek 5: Ontogenetický průběh Start F.



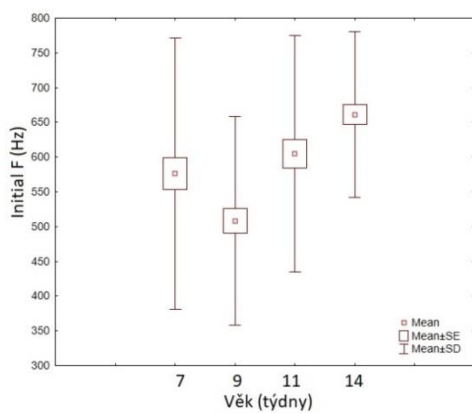
Obrázek 6: Ontogenetický průběh End F.



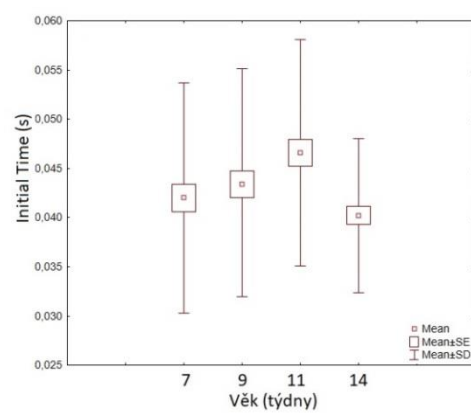
Obrázek 7: Ontogenetický průběh Central F.



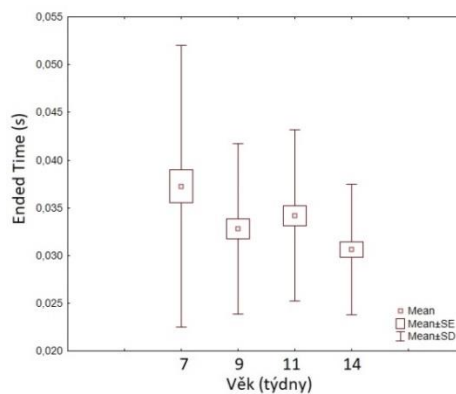
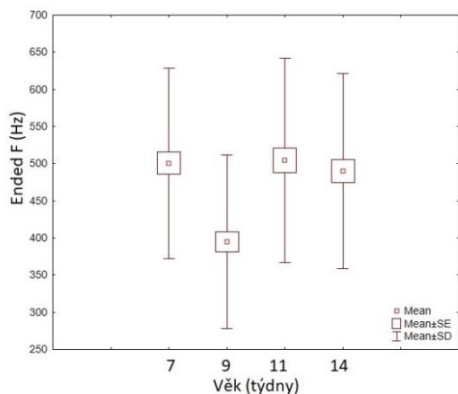
Obrázek 8: Ontogenetický průběh Duration (s).



Obrázek 9: Ontogenetický průběh Initial F.



Obrázek 10: Ontogenetický průběh Initial Time



Obrázek 11: Ontogenetický průběh Ended F. Obrázek 12: Ontogenetický průběh Ended Time.

## 7.2 Deskriptivní statistika

Popisná statistika popisuje zvláště mladé rarohy (N = 8) a ročního raroha (N = 1; ID 5). Vzhledem k tomuto počtu nelze statisticky porovnat staré a mladé ptáky.

Tabulka 4: Deskriptivní statistika volání staršího raroha (stáří: 426 – 523 dní; 60 hlasů)

Start F	Start F	Start F	Start F	End F	End F	End F	End F
Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
990,00	84,67	770,00	1200,00	1108,83	79,68	990,00	1290,00

Centr F	Centr F	Centr F	Centr F	Duration	Duration	Duration	Duration
Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
1140,67	75,26	990,00	1290,00	0,40	0,08	0,27	0,78

Initial F	Initial F	Initial F	Initial F	Initial T	Initial T	Initial T	Initial T
Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
528,00	106,69	300,00	810,00	0,04	0,01	0,02	0,06

End F	End F	End F	End F	End T	End T	End T	End T
Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
583,00	151,93	300,00	990,00	0,03	0,01	0,02	0,05

Tabulka 5: Deskriptivní statistika volání mladých rarohů (stáří: 40 – 182 dní; 456 hlasů)

<b>ID</b>	<b>Start F</b>	<b>Start F</b>	<b>Start F</b>	<b>Start F</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>
	Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
1	918,45	82,02	730,00	1110,00	1077,14	82,81	860,00	1240,00
2	988,23	74,71	810,00	1160,00	1103,02	57,53	940,00	1240,00
3	1044,67	68,51	860,00	1240,00	1106,33	103,09	770,00	1290,00
4	994,72	95,96	810,00	1110,00	1121,67	67,21	900,00	1200,00
6	812,50	45,35	730,00	900,00	995,00	44,21	900,00	1070,00
7	1084,33	116,19	900,00	1290,00	1175,83	90,09	990,00	1330,00
8	1173,33	127,55	920,00	1350,00	1264,17	55,26	1140,00	1350,00
9	948,47	140,76	600,00	1200,00	1053,75	107,25	730,00	1240,00
<b>ID</b>	<b>Centr F</b>	<b>Centr F</b>	<b>Centr F</b>	<b>Centr F</b>	<b>Duration</b>	<b>Duration</b>	<b>Duration</b>	<b>Duration</b>
	Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
1	1119,05	61,32	940,00	1240,00	0,33	0,09	0,20	0,65
2	1165,42	45,72	1070,00	1290,00	0,25	0,06	0,14	0,45
3	1216,17	65,38	1110,00	1330,00	0,20	0,03	0,15	0,28
4	1150,56	55,60	990,00	1240,00	0,21	0,03	0,15	0,27
6	1046,67	31,72	990,00	1070,00	0,28	0,04	0,24	0,34
7	1312,67	50,92	1200,00	1420,00	0,31	0,05	0,23	0,51
8	1338,89	87,89	1200,00	1480,00	0,27	0,05	0,21	0,38
9	1121,94	139,09	900,00	1370,00	0,25	0,08	0,16	0,53
<b>ID</b>	<b>Initial F</b>	<b>Initial F</b>	<b>Initial F</b>	<b>Initial F</b>	<b>Initial T</b>	<b>Initial T</b>	<b>Initial T</b>	<b>Initial T</b>
	Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
1	697,74	151,19	340,00	1070,00	0,05	0,01	0,02	0,07
2	572,81	103,89	300,00	860,00	0,04	0,01	0,03	0,05
3	621,50	130,30	260,00	860,00	0,05	0,01	0,03	0,07
4	516,94	101,05	340,00	690,00	0,04	0,01	0,01	0,05
6	663,33	116,49	430,00	790,00	0,04	0,00	0,03	0,05
7	648,17	94,82	470,00	910,00	0,04	0,01	0,03	0,06
8	298,61	56,42	200,00	430,00	0,06	0,01	0,05	0,08
9	628,61	136,91	390,00	990,00	0,04	0,01	0,02	0,05
<b>ID</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>	<b>End F</b>	<b>End T</b>	<b>End T</b>	<b>End T</b>	<b>End T</b>
	Mean	St. Dev.	Min	Max	Mean	St. Dev.	Min	Max
1	530,48	144,55	220,00	900,00	0,03	0,01	0,02	0,06

2	501,67	100,36	260,00	730,00	0,03	0,00	0,02	0,04
3	488,17	107,88	260,00	730,00	0,03	0,01	0,02	0,05
4	381,11	65,93	260,00	520,00	0,02	0,00	0,02	0,04
6	440,83	112,29	260,00	610,00	0,03	0,01	0,02	0,04
7	666,33	105,30	430,00	950,00	0,03	0,01	0,02	0,05
8	314,44	93,70	210,00	560,00	0,05	0,01	0,03	0,08
9	568,75	125,48	300,00	910,00	0,04	0,01	0,02	0,06

### 7.3 Korelační analýza

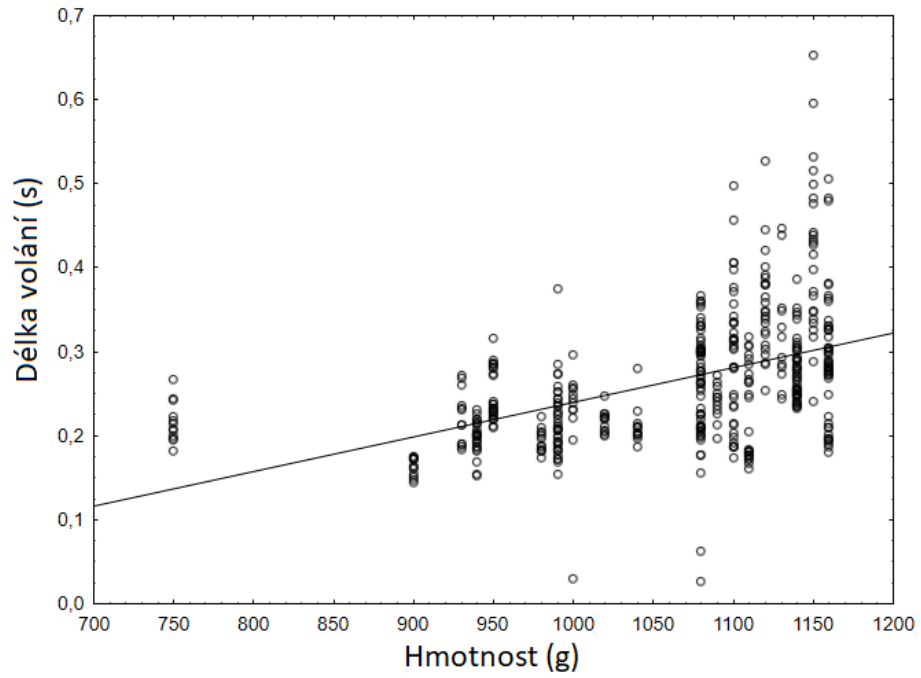
Frekvenční parametry neukázaly silnější korelační vztah na věku ( $r < 0,24$ ;  $p < 0,05$ ), ani hmotnosti rarohů ( $r < 0,20$ ;  $p < 0,05$ ) (viz tabulka 6).

Tabulka 6: Korelační analýza

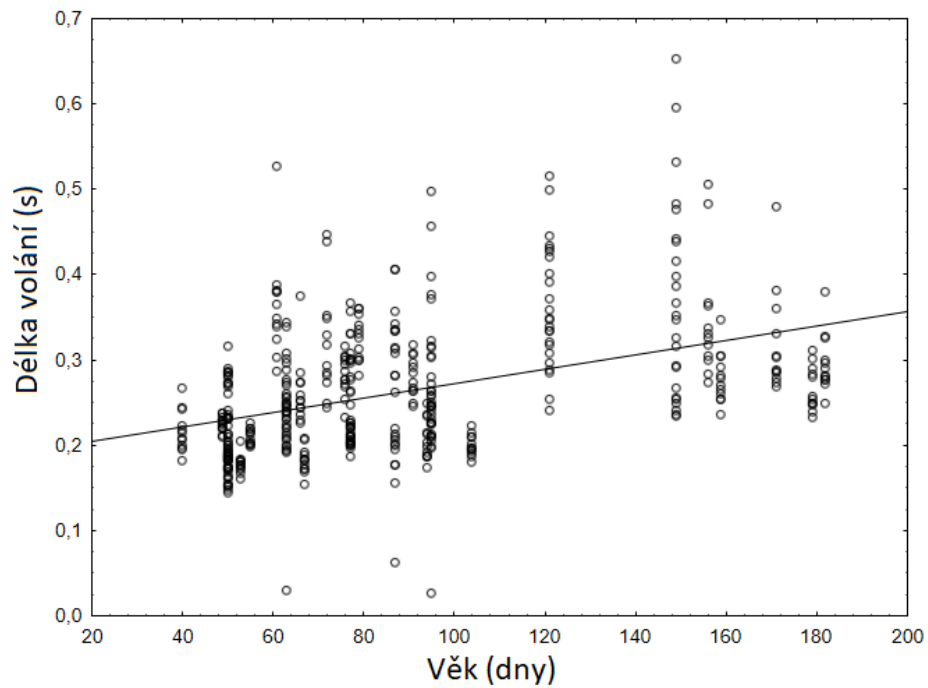
	Age	Weight	Start F	End F	Central F	Duration	Initial F	Initial T	Ended F	Ended T
Weight	0,72	1,00	-0,17	-0,20	-0,11	0,48	0,03	-0,06	0,09	-0,23
Start F	0,10	-0,17	1,00	0,74	0,82	-0,28	-0,42	0,07	0,01	0,28
End F	0,07	-0,20	0,74	1,00	0,79	-0,21	-0,32	0,15	-0,10	0,21
Central F	0,13	-0,11	0,82	0,79	1,00	-0,24	-0,25	0,11	0,09	0,28
Duration	0,43	0,48	-0,28	-0,21	-0,24	1,00	0,08	0,15	0,20	0,00
Initial F	0,00	0,03	-0,42	-0,32	-0,25	0,08	1,00	-0,03	0,46	-0,12
Initial T	-0,12	-0,06	0,07	0,15	0,11	0,15	-0,03	1,00	-0,16	0,40
Ended F	0,23	0,09	0,01	-0,10	0,09	0,20	0,46	-0,16	1,00	0,16
Ended T	-0,23	-0,23	0,28	0,21	0,28	0,00	-0,12	0,40	0,16	1,00
Age	1,00	0,72	0,10	0,07	0,13	0,43	0,00	-0,12	0,23	-0,23

Červeně jsou označeny signifikantní korelace ( $p < 0,05$ ).

Naproti tomu délka volání se prodlužuje s rostoucí hmotností (korelace,  $r = 0,48$ ). Pro tento vztah platí regresní rovnice:  $Y = -0,17 + 0,0004 * X$  ( $r^2 = 0,23$ ;  $p < 0,001$ ) (viz obrázek 13). Podobný vztah platí pro délku hlasu rostoucí s věkem: (korelace,  $r = 0,43$ ). Regresní závislost:  $Y = 0,188 + 0,00008 * X$  ( $r^2 = 0,19$ ;  $p < 0,001$ ) (viz obrázek 14).



Obrázek 13: Délka volání/hmotnost



Obrázek 14: Délka volání/věk

## 7.4 Multivariátní testy

Následující analýzy testují míru individuálních rozdílů nezávisle pro každou ontogenetickou kategorii (sedm, devět, jedenáct a čtrnáct týdnů věku), které byly testovány i univariátními metodami. Do těchto modelů byli zahrnuti jedinci, u kterých byly k dispozici hlasy v příslušné věkové kategorii.

Do každé DFA analýzy vstoupilo 72 volání 6 jedinců (12 hlasů za každého jedince) příslušné věkové kategorie (ID 6 je samice, všichni ostatní jedinci jsou samci):

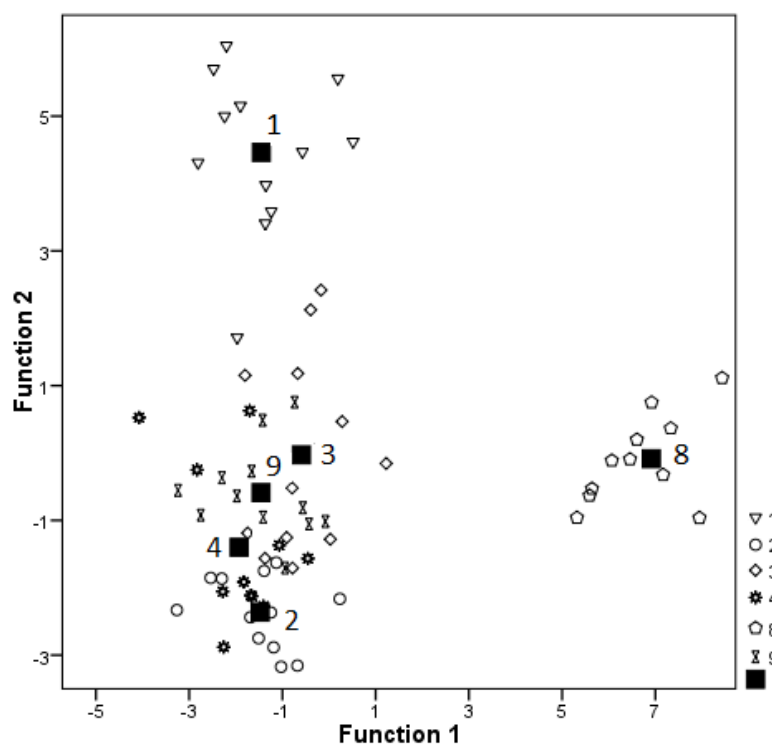
1. **DFA model (věk 7 týdnů)** zahrnuje jedince: ID 1, ID 2, ID 3, ID 4, ID 8 a ID 9
2. **DFA model (věk 9 týdnů)** zahrnuje jedince: ID 1, ID 3, ID 4, ID 6, ID 8 a ID 9
3. **DFA model (věk 11 týdnů)** zahrnuje jedince: ID 1, ID 2, ID 3, ID 7, ID 8 a ID 9
4. **DFA model (věk 14 týdnů)** zahrnuje jedince: ID 1, ID 2, ID 3, ID 4, ID 7 a ID 9

### 7.4.1 DFA model: věk 7 týdnů

Do diskriminační analýzy vstoupilo osm měřených akustických parametrů kvantifikujících 72 volání pocházejících od šesti rarohů ve stáří sedmi týdnů. Tyto parametry byly nejprve standardizovány (viz 5. Metodika). Výsledný DFA model (Wilkinson Lambda = 0,004) zahrnuje 5 proměnných: Ended T, Duration, Central F, Initial F a Initial T. Obsahuje pět signifikantních diskriminačních funkcí ( $p < 0,001$ ). První dvě proměnné mají Eigenvalue  $> 5$  a vysvětlují 90,4% variability. S první diskriminační funkcí (DF1) nejvíce koreluje Ended T ( $r = 0,608$ ). S druhou diskriminační funkcí (DF2) nejvíce koreluje Duration ( $r = 0,760$ ).

Tabulka 7: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 7 týdnů

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Start F	72	770	1350	1061,9	142,69
End F	72	940	1330	1162,8	86,52
Central F	72	990	1480	1215,1	122,89
Duration	72	0,144	0,315	0,21	0,04
Initial F	72	260	1070	576,1	195,46
Initial T	72	0,014	0,070	0,04	0,01
Ended F	72	280	810	500,7	128,33
Ended T	72	0,018	0,084	0,04	0,01



Obrázek 15: Rozptylový graf DFA model 7 týdnů

Rozptylový graf (viz obrázek 15) ukazuje polohu každého volání a centroidů příslušného klastru pro jednotlivé sokoly ve věku 7 týdnů, v prostoru prvních dvou diskriminačních funkcí. Čísla centroidů odpovídají ID jedinců. Všichni tito jedinci jsou samci.

Na základě tohoto modelu lze přiřadit jakýkoli náhodně vybraný hlas s 90,3% (konvenční DFA) pravděpodobností ke správnému jedinci a 86,1% pravděpodobnost podle cross-validované DFA. Takovýto výsledek je mnohem vyšší, než klasifikace podle náhody (a-priori klasifikace = 16,7%).

Tabulka 8: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA

ID	1	2	3	4	8	9	N
1	<b>11</b>	0	1	0	0	0	12
2	0	<b>11</b>	0	1	0	0	12
3	1	4	<b>7</b>	0	0	0	12
4	0	0	1	<b>10</b>	0	1	12
8	0	0	0	0	<b>12</b>	0	12
9	0	0	0	1	0	<b>11</b>	12
ID	1	2	3	4	8	9	%
1	<b>91,7</b>	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	100,0
2	0,0	<b>91,7</b>	0,0	8,3	0,0	0,0	100,0
3	8,3	33,3	<b>58,3</b>	0,0	0,0	0,0	100,0
4	0,0	0,0	8,3	<b>83,3</b>	0,0	8,3	100,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	100,0
9	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	<b>91,7</b>	100,0

(ID) Individuální identita sokola. (N) Počet volání. První polovina tabulky udává počty hlasů a druhá polovina tabulky je převádí na procenta. Řádky udávají počty volání pro každého jedince. Tučně (diagonála) jsou vyznačeny počty hlasů správně klasifikovaných odpovídajícímu jedinci. Ostatní počty v řádku ukazují nesprávně klasifikované hlasy, tj. přiřazené jiným jedincům, např. u jedince ID 2 bylo 11 hlasů přiřazeno ke správnému jedinci (tedy ID 2) a jeden hlas klasifikován chybně (k jedinci ID 4).

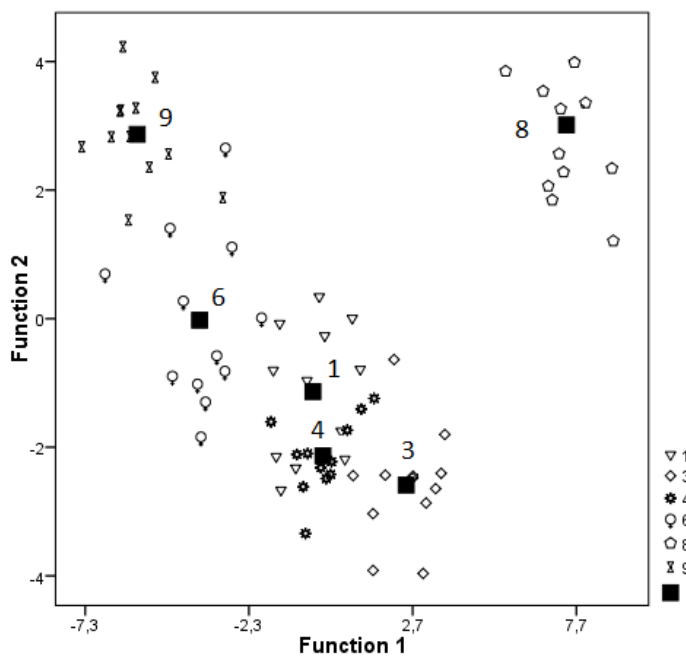


### 7.4.2 DFA model: věk 9 týdnů

Konečný DFA model (Wilkinson Lambda = 0,005) zahrnul stejné proměnné jako model pro věk 7 týdnů: Ended T, Duration, Central F, Initial F a Initial T. Obsahuje rovněž pět signifikantních diskriminačních funkcí ( $p < 0,001$ ). První dvě proměnné mají Eigenvalue  $> 5$  a vysvětlují 98,4% variability. S DF1 nejvíce koreluje Central F ( $r = 0,689$ ) a s DF2 nejvíce koreluje Duration ( $r = 0,579$ ).

Tabulka 9: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 9 týdnů

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Start F	72	730	1290	983,6	146,0
End F	72	730	1350	1110,7	143,1
Central F	72	900	1420	1153,6	140,4
Duration	72	0,154	0,526	0,26	0,07
Initial F	72	220	860	508,2	149,8
Initial T	72	0,025	0,08	0,04	0,01
Ended F	72	210	650	394,7	116,5
Ended T	72	0,017	0,052	0,03	0,01



Obrázek 16: Rozptylový graf DFA model 9 týdnů

Rozptylový graf (viz obrázek 16) ukazující rozptyl jednotlivých volání a centroidů příslušného klastru pro jednotlivé sokoly ve věku 9 týdnů, v prostoru prvních dvou diskriminačních funkcí. Čísla centroidů odpovídají ID jedinců. Jedinec ID 6 je samice, ostatní jedinci jsou samci.

Klasifikační úspěšnost tohoto modelu vykazuje 86,1% (konvenční DFA) výsledek a 80,6% výsledek na základě cross-validované DFA v porovnání s a-priori pravděpodobností 16,7%.

Tabulka 10: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA

ID	1	3	4	6	8	9	N
1	<b>6</b>	0	5	1	0	0	12
3	0	<b>10</b>	2	0	0	0	12
4	2	0	<b>10</b>	0	0	0	12
6	1	0	0	<b>9</b>	0	2	12
8	0	0	0	0	<b>12</b>	0	12
9	0	0	0	1	0	<b>11</b>	12
ID	1	3	4	6	8	9	%
1	<b>50,0</b>	0,0	41,7	8,3	0,0	0,0	100,0
3	0,0	<b>83,3</b>	16,7	0,0	0,0	0,0	100,0
4	16,7	0,0	<b>83,3</b>	0,0	0,0	0,0	100,0
6	8,3	0,0	0,0	<b>75,0</b>	0,0	16,7	100,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	100,0
9	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	<b>91,7</b>	100,0

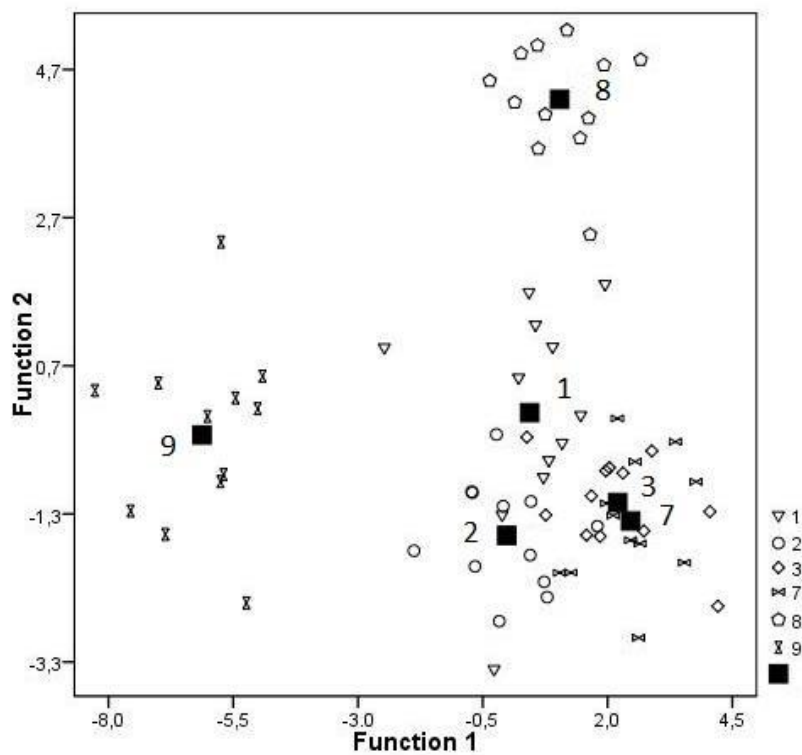
### 7.4.3 DFA model: věk 11 týdnů

Finální model DFA (Wilkinson Lambda = 0,003) obsahuje 4 proměnné: Central F, Ended F, Ended T a Duration. Vytváří ho čtyři signifikantních diskriminačních funkce ( $p < 0,001$ ). První dvě proměnné mají Eigenvalue  $> 4$  a vysvětlují 81,3% variability.

S DF1 nejvíce korelovalo Central F ( $r = 0,925$ ). S DF2 pak nejvíce korelovalo Ended F ( $r = -0,739$ ).

Tabulka 11: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 11 týdnů

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Start F	72	600	1220	950,6	118,2
End F	72	900	1290	1093,2	83,5
Central F	72	900	1330	1182,4	110,7
Duration	72	0,19	0,45	0,28	0,06
Initial F	72	200	860	605,0	170,5
Initial T	72	0,029	0,075	0,05	0,01
Ended F	72	220	820	504,6	137,8
Ended T	72	0,019	0,055	0,03	0,01



Obrázek 17: Rozptylový graf DFA model 11 týdnů

Rozptylový graf (viz obrázek 17) ukazující polohu jednotlivých volání a centroidů odpovídajícího klastru pro jednotlivé sokoly v prostoru prvních dvou diskriminačních funkcí. Čísla centroidů odpovídají ID jedinců. Všichni zobrazení jedinci jsou samci ve věku 11 týdnů.

Na základě tohoto modelu lze přiřadit jakýkoli náhodně vybraný hlas s 90,3% (konvenční DFA) pravděpodobností ke správnému jedinci a 86,1% pravděpodobnost podle cross-validované DFA (viz tabulka 12), což je mnohem vyšší úspěšnost, než je náhodná pravděpodobnost 16,7%.

Tabulka 12: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA

ID	1	2	3	7	8	9	N
1	<b>11</b>	1	0	0	0	0	12
2	0	<b>11</b>	1	0	0	0	12
3	1	2	<b>9</b>	0	0	0	12
7	0	0	0	<b>12</b>	0	0	12
8	0	0	0	0	<b>12</b>	0	12
9	0	0	0	0	0	<b>12</b>	12

ID	1	2	3	7	8	9	%
1	<b>91,7</b>	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	0,0	<b>91,7</b>	8,3	0,0	0,0	0,0	100,0
3	8,3	16,7	<b>75,0</b>	0,0	0,0	0,0	100,0
7	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	0,0	100,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	100,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	100,0

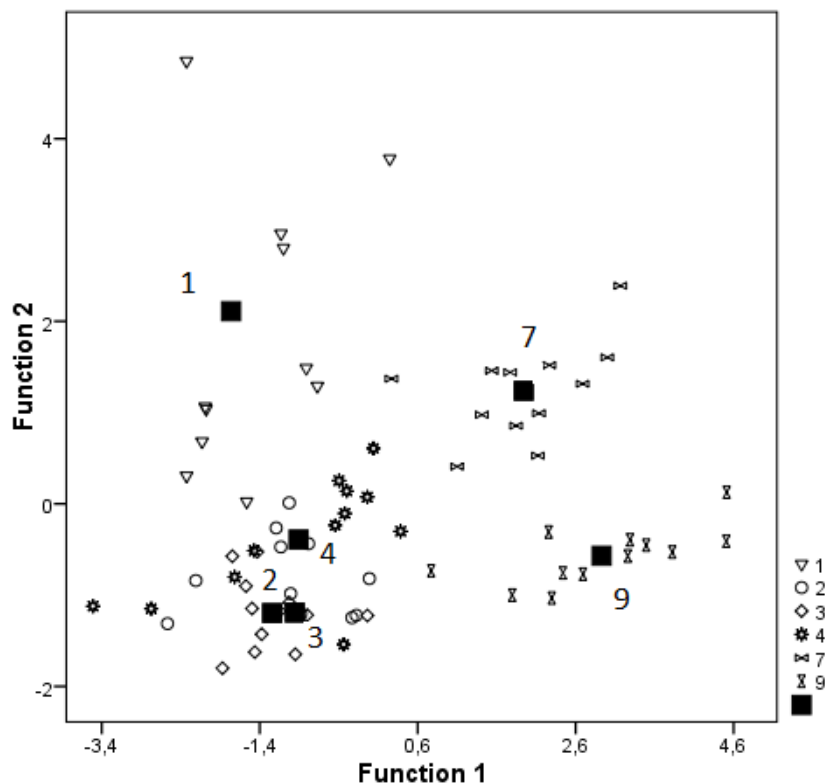
#### 7.4.4 DFA model: věk 14 týdnů

Výsledný DFA model (Wilkinson Lambda = 0,038) zahrnuje čtyři proměnné: Central F, Duration, End F a Initial T. Tento model zahrnuje čtyři signifikantních diskriminačních funkce ( $p < 0,001$ ). První proměnná vykazuje Eigenvalue  $> 3$  a vysvětluje 54% variability. Celkem tři proměnné mají Eigenvalue  $> 1$  a vysvětlují 99,8% variability.

Nejvíce korelující proměnnou s DF1 je Central F ( $r = 0,823$ ) a s DF2 pak Duration ( $r = 0,960$ ). Konvenční DFA klasifikuje hlasy s 81,9% úspěšností a validovaná DFA s 72,2% pravděpodobností ve srovnání s a-priori pravděpodobností 16,7%.

Tabulka 13: Deskriptivní statistika volání sokolů ve věku 14 týdnů

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Start F	72	810	1200	970,97	100,02
End F	72	770	1240	1083,19	88,70
Central F	72	940	1370	1172,92	82,95
Duration	72	0,026	0,497	0,25	0,07
Initial F	72	390	950	661,39	118,76
Initial T	72	0,023	0,061	0,04	0,01
Ended F	72	260	860	489,86	131,47
Ended T	72	0,018	0,052	0,03	0,01



Obrázek 18: Rozptylový graf DFA model 14 týdnů

Rozptylový graf (viz obrázek 18) ukazující pozici volání a centroidů odpovídajícího klastru pro jednotlivé sokoly v prostoru prvních dvou diskriminačních funkcí. Čísla centroidů odpovídají ID jedinců. Všichni zobrazení jedinci jsou samci ve věku 14 týdnů.

Podle tohoto modelu lze klasifikovat kterýkoli náhodně vybraný hlas s 81,9% (konvenční DFA) pravděpodobností ke správnému jedinci a 72,2% pravděpodobností podle cross-validované DFA (viz tabulka 14), což je mnohem vyšší úspěšnost, než je náhodná pravděpodobnost 16,7%.

Tabulka 14: Úspěšnost klasifikace na základě cross-validované DFA

ID	1	2	3	4	7	9	N
1	<b>7</b>	0	1	3	1	0	12
2	0	<b>5</b>	3	4	0	0	12
3	0	1	<b>10</b>	1	0	0	12
4	0	4	1	<b>7</b>	0	0	12
7	0	0	0	0	<b>12</b>	0	12
9	0	0	0	1	0	<b>11</b>	12

ID	1	2	3	4	7	9	%
1	<b>58,3</b>	0,0	8,3	25,0	8,3	0,0	100,0
2	0,0	<b>41,7</b>	25,0	33,3	0,0	0,0	100,0
3	0,0	8,3	<b>83,3</b>	8,3	0,0	0,0	100,0
4	0,0	33,3	8,3	<b>58,3</b>	0,0	0,0	100,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	100,0
9	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	<b>91,7</b>	100,0

## 8 Diskuze

V prvním nahrávacím období ve věku 7 týdnů je diskriminační analýza schopna identifikovat jakýkoli náhodně vybraný hlas s 90,3% přesností podle konvenční DFA pravděpodobnosti ke správnému jedinci a 86,1% pravděpodobnosti podle Cross-validované DFA. Tento výsledek je mnohem vyšší, než klasifikace podle náhody a-priori klasifikace, která je 16,7%. U výra velkého (*Bubo bubo*) bylo při použití stejné metody dosažena 98% úspěšné klasifikace u samce a 89 % pro samici (Grava et al., 2008). Oproti tomu při výzkumu vokální ontogeneze sýce amerického (*Aegolius acadicus*) byly stejnou metodou zjištěny parametry s 69 % až 75 % přesností (Otter 1996). V prvním nahrávacím období se nejvíce lišil podle mnohorozměrné analýzy jedinec 1 a 8, oproti tomu ostatní jedinci byli v jednom shluku.

Druhé nahrávací období v 9. týdnu věku vykazuje 86,1% klasifikační úspěšnost podle konvenční DFA metody a 80,6% úspěšnost na základě Cross-validované DFA metody. Nejvíce byl odlišný jedinec 8 a jedinec 9. Jedinci 1, 3 a 4 vytvořili jeden shluk. Tito jedinci jsou si hlasově nejpodobnější. Podle mého názoru je to tím, že jsou to sourozenci. Zajímavé by bylo v dalším výzkumu otestovat více mláďat ze stejných hnízd a vyhodnotit, jestli sourozenci jsou si navzájem hlasově podobní.

Ve třetím nahrávacím období ve věku 11 týdnů lze přiřadit náhodně vybraný hlas podle konvenční DFA pravděpodobnosti ke správnému jedinci s 90,3 % přesností a s 86,1 % pravděpodobností podle Cross-validované DFA metody, což je opět mnohem vyšší úspěšnost než podle náhodné pravděpodobnosti. Ve věku 14 týdnů, tedy ve čtvrtém nahrávacím období, byla úspěšnost konvenční analýzy DFA 81,9 % a pravděpodobnost podle Cross-validované DFA 72,2 %.

Hlasové projevy mláďat se během 7. - 14. týdnem průkazně měnilo v sedmi z osmi naměřených akustických parametrů včetně délky volání a dalších časových a frekvenčních parametrů.

Podle mého výzkumu je prokazatelné, že se dá určit vokální individualita mezi jedinci rohá loveckého. A jsou prokázány změny v akustických parametrech s ohledem růstu těla



u mlád'at. Je evidentní, že individuální rozdíly jsou prokazatelné již od sedmého týdne věku. Otázkou zůstává, jestli se individuální rozdíly ve vokalizaci vyskytují již od vylíhnutí, a jsou tedy vrozené, nebo se vyvinuly ve věku, který předcházel termínu nahrávání. V mladším věku nebylo bohužel možné nahrávání mlád'at z provozních důvodů a chování rodičů na hnízdech.

Můj výzkum je v souladu s výzkumem u jeřába panenského (*Grus virgo*), kde byl intenzivní růst těla ukončen ve stáří 2 měsíců a k náhlé změně jeho hlasu „voice breaking“ došlo v průměru 70 dnů věku (Klenova 2014).

Naproti tomu u jeřába japonského (*Grus japonensis*) intenzivní tělesný nárůst končil ve stáří 7 měsíců a náhlá změna hlasu byla v průměrném věku 211 dnů. (Klenova 2010). V případě jeřábů byla náhlá změna hlasu spuštěna právě díky ukončení intenzivního tělesného růstu.

Pokud jde o konkrétní parametry kódující individuální rozdíly, tak jsem zjistil, že byly důležité parametry jak frekvenční, tak časové. Výsledky mnou studovaného raroha loveckého představují model využívající kombinaci časových i funkčních parametrů.

Tato práce by mohla být přínosem pro monitoring raroha loveckého a identifikaci jeho jedinců.

Pro další výzkum by bylo zajímavé sledované jedince podrobit měření v jejich dospělém věku. Popřípadě se zabývat studiem podobností hlasů u sourozenců raroha loveckého.

Této problematice bych se chtěl věnovat ve své diplomové práci.

## 9 Závěr

Podle mého výzkumu byly nalezeny prokazatelné rozdíly ve vokalizaci mezi mládřaty rarioha loveckého (*Falko rusticolus*). Jejich hlas se během ontogenetického vývoje průkazně měnil. Zároveň byla prokázána náhlá změna v akustických parametrech hlasů „*voice breaking*“ s ohledem k ukončení jejich růstu těla.

Tato práce může být přínosem pro monitoring rarioha loveckého, popřípadě může přispět k individuálnímu rozpoznávání jedinců.

## 10 Seznam literatury a použitých zdrojů

### 10.1 Seznam použitých českých zdrojů

AUGUSTIN, Václav. *Vzjetí sokolnictví*. Praha: Work in progress, 2013. s. 448. ISBN 978-80-905476-4-3.

BLŮCHEL, G. Kurt. *Lov*. [S. l.]: Nakladatelství Slovart, 2004. s. 654. ISBN 80-7209-257-X.

ČERVENÝ, Jaroslav; KAMLER, Jiří; KHOLOVÁ, Helena. *Encyklopedie myslivosti*. Praha: Ottovo nakladatelství, s.r.o., 2004. s. 591. ISBN 80-7181-901-8.

HANZAL, Vladimír. *Myslivost II*. II. upravené vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo, spol. s r.o., 2018. s. 314. ISBN 978-80-213-2857-0.

HANZAL, Vladimír a Jaroslav SLAMEČKA. *Obornictví a bažantnictví*. I. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo, spol. s r.o., 2019. s. 176. ISBN 978-80-213-2997-3.

HEINZ, Brüll. *Sokolnictví*. Český Těšín: Vydavatelství Víkend, 2003. s. 151. ISBN 86-7222-303-8.

MIKULICA, Oldřich; PTÁČEK, Josef; KUČERA, Miloslav. *Dravci a sokolnictví*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988. s. 192.

STERNBERG, Zdeněk. *Sokolnictví*. [S. 1.] SZN - Státní zemědělské nakladatelství, 1969. s. 248.

VESELOVSKÝ, Z. *Etologie. Biologie chování zvířat*. Praha: Academia, 2005. s. 408. ISBN 80-200-1331-8.

## **10.2 Seznam použitých zahraničních zdrojů**

ADRET P. Call development in captive-reared Pied Avocets. *Recurvirostra avosetta*. *J Ornithol.* 2012, no. 153, s. 535–546.

BEEBE, L. Frank; WEBSTER, M. Harold. *North american falconry and hunting hawks*. Colorado: North American Falconry and Hunting Hawks, 2013. s. 475. ISBN 068566290X.

BOND, A. B.; DIAMOND J. Geographic and ontogenetic variation in the contact calls of the kea (*Nestor notabilis*). *Behaviour.* 2005, no. 142, s. 1-20.

BUDDE, C. *Ontogeny of calls of a nonpasserine species: the Grey Crowned Crane Balearica regulorum gibbericeps*. *Afr J Ecol.* 2001, no. 39, s. 33–37.

BURNHAM, W. A. a MATTOX, W.G. Biology of the peregrine and Gyrfalcon in Greenland. *Medd. Gronland.* 1984, no. 14, s. 1-30.

CADE, Tom. *The Falcons of the World*. London: Collins; 1st Edition edition, 1982. s. 192. ISBN 0 00 219251 9.

COSENS, E. Development of vocalizations in the American Coot. In CAN, J. Z. 1981, no. 59, s. 1921–1928.

DEMETĚV, G.P. *Der Gerfalke*. Sulzberg: Buchdruckerei Willy Kolbe, 1989. s. 158. ISBN 251-510/17/60.

ENGLÄNDER, W.; BERGMANN H.. *Sex specific voice development in the Shelduck Tadorna tadorna*. *J Ornithol.* 1990, no. 131, s. 174–176.

FITCH, W. T. and M. D. HAUSER. Unpacking "Honesty": Vertebrate vocal production and the evolution of acoustic signals. Acoustic Communication. In SIMMONS, A. M.; FAY, R. R. and Popper, A. N. *Unpacking Honesty*. New York: Springer, 2002, s. 65-137. ISBN 978-3-319-27721-9.

FOX, E. J. S. A new perspective on acoustic individual recognition in animals with limited call sharing or changing repertoires. *Animal Behaviour*. 2008, no. 75, s. 1187-1194.

GRAVA, T. Individual acoustic monitoring of the European Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis*. 2008, no. 150, s. 279-287.

HOODLESS, A. N; INGLIS J. G; DOUCET, J. P. a AEBISCHER, N. J. Vocal individuality in the roding calls of Woodcock *Scolopax rusticola* and their use to validate a survey method. *Ibis*. 2008, no. 150, s. 80-89.

HOPP, S. L., et al. *Animal acoustic communication. Sound analysis and research methods*. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1998. s. 421. ISBN 978-3-642-76220-8.

del HOYO, J., et al. *Handbook of the birds of the world. Volume 2. New World vultures to guineafowl*. Barcelona: Lynx Edicions, 1994. s. 638. ISBN 84-87334-15-6.

CHINDGREN, Steve. *The art of Hawking Sage Grouse*. London: New Holland, 2018. s. 188. ISBN 978-0-578-21117-6.

JARVIS, E.; RIBEIRO, S.; da SILVA, M.; VENTURA, D., VIELLIARD, J. a MELLO, C. Behaviourally-driven gene expression reveals hummingbird brain song nuclei. *Nature*. 2000, no. 406, s. 628-632.

KLENOVA, A. V.; VOLODIN, I. A.; VOLODINA, E.V. The vocal development of the Red-crowned Crane *Grus japonensis*. *Ornithol Sci*. 2007, no. 6, s. 107–119.

KLENOVA, A. V.; VOLODIN, I. A.; VOLODINA, E.V.; POSTELNYKH, K. A. Voice breaking in adolescent Redcrowned Cranes (*Grus japonensis*). *Behaviour*. 2010, no. 147, s. 505–524.

KLENOVA, A.V; KOLESNIKOVA, Y. A. Evidence for a non-gradual pattern of call development in Auks (Alcidae, Charadriiformes). *J Ornithol*. 2013, no. 154, s. 705–716.

KLENOVA, A. V., et al. "Vocal development and voice breaking in Demoiselle Cranes (*Anthropoides virgo*)."  
*Bioacoustics*. 2014, no. 23(3), s. 247-265.

KRIVJANSKÝ, Tomáš. *Sokoliarstvo*. Ružomberok: Vydavateľstvo EPOS, s.r.o., 2007. s. 336. ISBN 978-80-89191-68-0.

MARLER, P.R.; PETERS, S. Subsong and plastic song: their role in the vocal learning process. In: KROODSMA, D.E. a MILLER, E.H. (eds.) *Acoustic communication in birds*. New York, NY: Academic Press, 1982, vol. 2, s. 25-50.

MEINERT, U.; BERGMANN, H. Zur Jugendentwicklung der Lautäußerungen beim Birkhuhn (*Tetrao tetrix*). *Behaviour*. 1983, no. 85, s. 242–259.

OTTER, K. Individual variation in the advertising call of male Northern saw-whet owls. *Journal of Field Ornithology*. 1996, no. 67, s. 398-405.

PEAKE, T. M. a McGregor P. K. Corncrake *Crex crex* census estimates: a conservation application of vocal individuality. *Animal Biodiversity and Conservation*. 2001, no. 24.1, s. 81-90.

PITCHER, Ed; VELARDE, Ricardo. *The flying of falcons*. Madrid: Delfin Seral, 20109. s. 396. ISBN 978-0-578-02334-2.

POTAPOV, Eugene; SALE, Richard. *The Gyrfalcon*. London: Yale University Press, 2005. s. 288. ISBN 0-7136-6563-7.

RADFORD, A. Voice breaking in males results in sexual dimorphism of green woodhoopoe calls. *Behaviour*. 2004. no. 141, s. 555-569.

ROY, Joe. *Dock hawkling*. Pacom (Korea): Hancock House Publishers, 2004. s. 20. ISBN 0-88839-553-1.

ten THOREN, B. a BERGMANN, H. Veränderung und Konstanz von Merkmalen in der jugendlichen Stimmentwicklung der Nonnengans (*Branta leucopsis*). *Behaviour*. 1986, no. 100, s. 61-91.

TITZE, I.R. Principles of Voice Production. *Englewood Cliffs*. Prentice Hall, NJ, 1994.

### **10.2.1 Seznam použitých internetových zdrojů**

DELPOR, Wayne, Alan C. KEMP a J. Willem H. FERGUSON. Vocal identification of individual African Wood Owls *Strix woodfordii*: a technique to monitor long-term adult turnover and residency. *Ibis* [online]. 2002, **144**(1), 30-39 [cit. 2020-04-14]. DOI: 10.1046/j.0019-1019.2001.00019.x. ISSN 00191019. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.0019-1019.2001.00019.x>.

ELLIS, David H. *Distribution and colour variation of gyrfalcons in Russia*. [online]. 1992 [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Distribution-and-color-variation-of-gyrfalcons-in-Ellis-Ellis/5d24e5a5f96c9077a40628ad0753bc79043167ea>.



GALEOTTI, Paolo R., Bridget M. APPLEBY a Steven M. REDPATH. Macro and microgeographical variations in the 'hoot' of Italian and English tawny owls (*Strix aluco*). *Italian Journal of Zoology*. 2009, **63**(1), 57-64. DOI: 10.1080/11250009609356108. ISSN 1125-0003. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11250009609356108>.

RAGHAV, Raj; MIDDLETON, Rachael; AHAMED, Rinshiya; ARJUNAN, Raji; CALIENDO, Valentina. "Analysis of Arterial and Venous Blood Gases in Healthy Gyr Falcons (*Falco rusticolus*) Under Anesthesia," *Journal of Avian Medicine and Surgery* 29(4), 290-297, [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1647/2014-042>.

SHONFIELD, Julia; HEEMSKERK, Sarah; BAYNE, Erin. Utility of Automated Species Recognition For Acoustic Monitoring of Owls. *Search more than 200 leading titles in the biological, ecological, and environmental sciences*. [online]. Copyright © 2018 The Raptor Research Foundation, Inc. [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <https://bioone.org/journals/journal-of-raptor-research/volume-52/issue-1/JRR-17-52.1/Utility-of-Automated-Species-Recognition-For-Acoustic-Monitoring-of-Owls/10.3356/JRR-17-52.1.full>.