

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**Potravní strategie a reprodukční biologie prasete divokého  
(*Sus scrofa*) v kulturní krajině**

Mgr. Ondřej Mikulka

Rigorózní práce

Obor: Zoologie

Vedoucí práce: Prof. Ing. Stanislav Bureš, CSc.

Olomouc 2019



**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou rigorózní práci vypracoval samostatně za použití citované literatury. Na předložených článcích se podíleli spoluautoři. Žádnou část této práce jsem nepředložil k získání jiného akademického titulu.

V Olomouci 10. května 2019

.....

Podpis:

## **Poděkování:**

Rád bych věnoval poděkování Stanislavovi Burešovi za vedení této práce a Jirkovi Kamlerovi za konzultace a umožnění práce v zajímavém oboru. Poděkování patří také mým kolegům z Lesnické a dřevařské fakulty, jmenovitě Jakubovi Drimajovi, Jaroslavovi Zemanovi a Radimovi Plhalovi za pomoc při sběru vzorků a konzultace. Velký dík patří Martě Heroldové za zasvěcení do psaní vědecké práce a Miloslavovi Homolkovi za cenné rady a konzultace nejen při studiu savců.

Práce vznikla díky finanční podpoře IGA (LDF\_VP\_2016023) a IGA (LDF\_VP\_2016013).

V Olomouci 10. května 2019



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Ondřej Mikulka

**Název práce:** Potravní strategie a reprodukční biologie prasete divokého (*Sus scrofa*) v kulturní krajině

**Typ práce:** Rigorózní práce

**Pracoviště:** Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí práce:** Prof. Ing. Stanislav Bureš, CSc.

**Rok obhajoby práce:** 2019

### **Abstrakt:**

Prase divoké (*Sus scrofa*) je zcela přirozenou součástí evropských ekosystémů. Je velmi často diskutováno v souvislosti s razantním nárůstem jeho populace a problémy, které přináší pro kulturní krajinu a přirozené ekosystémy. V této rigorózní práci jsou předloženy poznatky ze dvou studií o tomto druhu. První studie shrnuje poznatky o potravním chování na podzim a v zimě v období semenných roků dubu a vlivu příkrmování. Druhá studie se věnuje vlivu kvality prostředí na reprodukční schopnosti samců prasete. Preferovanou přírodní složkou potravy byly žaludy dubu, které jsou energeticky velmi bohatou potravou, která zásadním způsobem ovlivňuje potravní chování prasat v semenných rocích. Kukuřice je energeticky srovnatelná s žaludy a byla z předkládaných složek nejčastěji preferovaná, avšak využívaná byla až po zkonsumování žaludů na lokalitě. Semenné roky a příkrmování tak mohou zásadně zvýšit šanci prasat na přežití zimy a podporují vývoj populace. Kvalita prostředí, určována zejména potravou, byla významným činitelem, který ovlivňuje fyzický vývoj samců divokých prasat. V prostředí poskytujícím dostatek potravy, klidu a krytu rostou prasata rychleji a reprodukční zralost u nich nastává dříve. V prostředí méně úživném jsou dlouhodobě vystavována stresu, což se projevuje pomalejším růstem těla, varlat a produkcí spermií v pozdějším věku. Tyto dvě studie poskytují částečnou odpověď na vysokou reprodukční úspěšnost a nárůst populace prasete divokého v posledních letech.

**Klíčová slova:** prase divoké, potrava, chování, krmení, prostředí, reprodukce, varlata

## **Bibliographical identification**

**Autor's first name and surname:** Mgr. Ondřej Mikulka

**Title:** The diet strategy and reproductive biology of wild boar (*Sus scrofa*) in the cultural landscape

**Type of thesis:** Rigorous thesis

**Department:** Department of Zoology and Laboratory of Ornithology,  
Faculty of Science, Palacký University

**Supervisor:** Prof. Ing. Stanislav Bureš, CSc

**The year of presentation:** 2019

### **Abstract:**

Wild boar (*Sus scrofa*) is a native species of European ecosystems. It is often discussed in connection with the rapid population growth and problems for cultural landscape and natural ecosystems. In this rigorous thesis are presented findings from two studies on this species. The first study summarizes dietary behavior in autumn and winter during the oak seed years and the influence of feeding. The second study deals with the impact of environmental quality on the reproductive capacity of wild boar males. Oak acorns were the preferred natural ingredient of the diet. It is very energy-rich diets that affect the diet behavior of boars in the seed years. Maize is energetically comparable to acorns and has been most often preferred from feed ingredients. It was consume after consumption of acorns on the site. Seed years and feeding can significantly increase the chances of wild boars surviving the winter season and contribute population development. The quality of the environment, determined mainly by diet, was a significant factor affecting the physical development of male wild boars. In an environment with a lot of diet, tranquility and cover, boars grow faster and reproductive maturity occurs earlier. In a less nutritious environment, they are exposed to stress for a long time, resulting in slower growth of the body, testes and later sperm production. These two studies provide a partial response to the high reproductive success rate and increase in wild boar population in recent years.

**Keywords:** wild boar, diet, behavior, feeding, environment, reproduction, testicles

## Obsah

Úvod .....	8
2. Cíle práce .....	11
3. Seznam příložených příspěvků .....	12
4. Materiál a metodika .....	13
5. Výsledky a diskuze .....	15
6. Literatura .....	18
Přílohy .....	22
<b>Příspěvek I</b>	
Mikulka, O., Zeman, J., Drimaj, J., Plhal, R., Adamec, Z., Kamler, J., & Heroldová, M. (2018). The importance of natural food in wild boar ( <i>Sus scrofa</i> ) diet during autumn and winter. <i>Folia Zoologica</i> , 67(3-4), 165-172. ....	22
<b>Příspěvek II</b>	
Drimaj, J., Kamler, J., Hošek, M., Zeman, J., Plhal, R., Mikulka, O. & Kudláček T. (2019). Reproductive characteristics and morphometry of wild boar males ( <i>Sus scrofa</i> ) in different conditions of environment. ( <i>manuscript</i> ). ....	31
<b>Příspěvek III</b>	
Mikulka, O. (2010). Pramenná oblast Luká a její biodiverzita. <i>Živa sv.</i> (4)2010, 188-189. ISSN 0044-4812 .....	48
<b>Příspěvek IV</b>	
Prodělalová J., Mikšová K., Kamler J., Moutelíková R., Plhal R., Drimaj J., Mikulka O. (2018). Mallard as a potential source of poultry viruses. <i>Veterinářství</i> , 68(7): 497–500. ....	51
<b>Příspěvek V</b>	
Drimaj, J., Mikulka, O., Kamler, J., Plhal, R. (2016). Co také žije mezi ploty Žofínského pralesa? <i>Ochrana přírody</i> , 71(3): 32-35. ISSN 1210-258X. ....	56

## Úvod

Na počátku 20. století bylo v rámci Evropy prase přítomné většinou jen v oborách a ve volnosti byl jeho výskyt vzácný. Od 40. let populace postupně narůstala a v posledních desetiletích zaznamenala razantní nárůst v celé Evropě (Massei et al. 2015). Díky tomu je jedním z nejdiskutovanějších velkých savců také v ČR. Probírané jsou jeho životní projevy související především se škodami na polních plodinách, lesních porostech, ničením významných ekosystémů atd. (Baubet et al. 2004). Tento druh má velmi širokou potravní valenci, díky čemuž dokáže v různých prostředích nejen přežít, ale ještě vytvářet životaschopnou populaci (Rosell et al. 2001, Baubet et al. 2004, Irizar et al. 2004).

Velká pozornost je proto věnována faktorům, které přispívají k jejich vysoké reprodukci (Apollonio et al. 2010). Reprodukce prasat je významně ovlivňovaná mimo jiné nevhodnou sociální strukturou populací, kdy od dvou let věku je podíl samic výrazně vyšší než samců. Dále příznivými klimatickými podmínkami či změnou reprodukční strategie prasat, kdy do reprodukce začali masivně vstupovat jedinci již v prvním roce života (Oja et al. 2014). Situaci také zásadně ovlivňuje snadná dostupnost značného množství kvalitní potravy během celého roku a také skutečnost, že prasata jsou oblíbenou lovnou zvěří (Schley et al. 2008).

Podzimní a zimní období bývá pro divoké prasata zásadní z hlediska příjmu potravy, díky které dokáží přežít nepříznivé období. Podzim je pro prasata ideální období z hlediska potravní nabídky. Má k dispozici pestrou škálu několika dostupných potravních zdrojů, čehož dokáže, jako oportunitní všežravec, využít ve svůj prospěch (Schley & Roper 2003). Dochází k dozrávání dužnatých plodů, polních plodin a v semenných rocích také k padání žaludů a bukvic. V zimě jsou přirozené zdroje omezeny, ale v místních podmínkách je prase intenzivně přikrmováno lovci za účelem vnaštění, což mnohdy bývá hlavní zdroj potravy (Oja et al. 2015). Potrava tak může ovlivňovat i populační dynamiku prasete (Massei et al. 1996, Bieber & Ruf 2005).

Divoká prasata konzumují vždy alespoň jednu z energeticky bohatých složek potravy. Mohou to být žaludy dubu (Schley & Roper 2003), které jsou v tomto období významným zdrojem a to především díky jejich stravitelnosti a výživnosti, vysokému obsahu bílkovin a cukrů (Herrero et al. 2004). Dostatek této přirozené potravní složky je ovšem pouze v semenných rocích, tzn. po 3 a více letech (Bieber & Ruf 2005). V ostatních letech se prase přizpůsobí aktuální nabídce bez žaludů (Challies 1975, Wood & Roark 1980, Cellina 2008).

Žaludy jsou díky svým hodnotám konzumovány i jinými druhy živočichů a mohou nejvýznamněji ovlivňovat jejich populační dynamiku (Massei et al. 1996, Bieber & Ruf 2005). Prase je tak silným konkurentem pro ostatní živočichy, díky své velikosti a schopnosti efektivně nalézat potravu. Vystává otázka, do jaké míry jsou žaludy atraktivní v prostředí jak s přirozenými potravními zdroji, tak s uměle předkládanou potravou. Uměle předkládaná potrava je nejefektivnější variantou z hlediska energie vynakládané pro získání potravy. Ne vždy však může být natolik hodnotná jako žaludy či bukvice.

Z hlediska reprodukce je prase sezónně polyestrické, přičemž nejvýznamnější období z hlediska množství estrálních cyklů připadá od listopadu do března a druhým méně významným obdobím je začátek jara (Mauget 1972). Systém páření je popisován jako polygynní (Fernández-Llario et al. 1999), avšak s ohledem na prokázanou vícečetnou paternitu ve vrzích (Delgado-Acevedo et al. 2011). Někteří autoři uvažují o polygynandriním či promiskuitním rozmnožování. (Pérez-González et al. 2014). V hlavní reprodukční sezoně jsou tlupy prasat tvořeny mláďaty do jednoho roku obojího pohlaví dospívajícími a dospělými samicemi a dospělými silnými samci. Zcela v nich chybí dospívající samci. Samice se do reprodukce přitom zapojují přibližně již od 7 měsíce věku, zejména v závislosti na potravních podmínkách prostředí (Gethöffer et al. 2007). Není přitom jasné, nakolik jsou tyto mladé a morfologicky nedospělé samice schopné se pářit se silnými dospělými kňoury a jak jsou reprodukčně vyspělí samci o stejném věku.

Reprodukční schopnost je výslednicí mnoha faktorů, které na daného jedince v určitém prostředí působí a je přímo svázána s jeho fyzickým vývojem. Zatímco u samic je pro zapojení do aktivní reprodukce nutná nejen pohlavní dospělost, ale i přiměřený tělesný vývoj a dostatečné tukové rezervy, u samců jde především o vývoj pohlavních žláz a jejich schopnost produkce životaschopných spermií, což určuje začátek možného zapojení mladého samce do reprodukčního procesu. Vzhledem k tomu, že v posledních desetiletích došlo k masivnímu zapojování mladých samic do reprodukce, je pravděpodobné, že podmínky prostředí, zejména potrava, působí i na samce, kteří by měli být schopní stejně staré samice oplodnit (Murta et al. 2013).

Tato rigorózní práce shrnuje výsledky dvou publikací, jejichž cíli byla preference potravy v období semenných roků a vliv prostředí na reprodukční strategii. Byl zjišťován poměr umělých složek a přirozených složek potravy, zvláště pak žaludů, a vyhodnocení dynamiky příjmu potravy v podzimním a zimním období. Dalšími cíli bylo na základě vývoje

reprodukčních orgánů zhodnotit nástup pohlavní zralosti u samců v závislosti na stáří jedince, tělesné vyspělosti a podmínkách prostředí.

## 2. Cíle práce

- 1) Vyhodnocení potravního chování prasete divokého v krajině, kde dochází k jeho managementu. Zjištění poměru umělých a přirozených složek potravy v zimním období.
- 2) Zhodnocení preference potravy v období semenných roků s převažujícími dubovými porosty a různorodou potravou.
- 3) Zjištění a významu kukuřice a žaludů dubu ve výživě prasete divokého.
- 4) Na základě vývoje varlat a produkce spermií zhodnotit nástup puberty a pohlavní zralosti u samců
- 5) Vyhodnocení nástupu pohlavní zralosti v závislosti na věku, tělesné vyspělosti a podmínkách prostředí.

### **3. Seznam příložených příspěvků**

K rigorózní práci předkládám publikovaný článek zabývající se potravou prasat a rukopis zabývající se reprodukcí divokých prasat, který je aktuálně v recenzním řízení. Obě publikace jsou hlavním tématem této rigorózní práce. Jako doplňující předkládám tři recenzované publikace.

#### **Příspěvek I**

Mikulka, O., Zeman, J., Drimaj, J., Plhal, R., Adamec, Z., Kamler, J., & Heroldová, M. (2018). The importance of natural food in wild boar (*Sus scrofa*) diet during autumn and winter. *Folia Zoologica*, 67(3-4), 165-172.

#### **Příspěvek II**

Drimaj, J., Kamler, J., Hošek, M., Zeman, J., Plhal, R., Mikulka, O. & Kudláček T. (2019). Reproductive characteristics and morphometry of wild boar males (*Sus scrofa*) in different conditions of environment. (*submitted*).

#### **Příspěvek III**

Mikulka, O. (2010). Pramenná oblast Luká a její biodiverzita. *Živa sv.* (4)2010, 188-189. ISSN 0044-4812

#### **Příspěvek IV**

Prodělalová J., Mikšová K., Kamler J., Moutelíková R., Plhal R., Drimaj J., Mikulka O. (2018). Mallard as a potential source of poultry viruses. *Veterinářství*, 68(7): 497–500.

#### **Příspěvek V**

Drimaj, J., Mikulka, O., Kamler, J., Plhal, R. (2016). Co také žije mezi ploty Žofínského pralesa? *Ochrana přírody*, 71(3): 32-35. ISSN 1210-258X.



## 4. Materiál a metodika

Práce se skládá z příspěvků zaměřujících se na především na potravu prasete divokého a jeho reprodukci. Pro oba příspěvky byl materiál sbírán v letech 2014 – 2015, z ulovených zvířat při společných lovech. U jedinců bylo určeno pohlaví, váha a věk. Následně byli vykoleni a odebrány žaludky bez rozdílu pohlaví. U Samců byly odebrány pohlavní orgány. Na jednotlivých lokalitách byly zaznamenávány faktory jako příkrmování či hustota populace jak prasat, tak ostatních kopytníků.

**Příspěvek I** se zaměřuje na zhodnocení přirozené a předkládané potravy v podzimním až zimním období u prasete divokého na čtyřech lokalitách (Soutok, Valtice, Domousnice, Křivoklátsko) v rámci České republiky. Lokality byly vybrány záměrně tam, kde se nachází velké plochy dubových porostů a přirozená potravní nabídka ve formě žaludů je podobná. V jednotlivých lokalitách docházelo k předkládání různého typu umělé potravy. Lokality nejsou výrazně dotčeny lidskými sídly a rušeny člověkem.

Analýza vzorků potravy z žaludků probíhala prostřednictvím klasické volumetrické metody (relativní volumetrie - % v). Snahou bylo zjistit poměr přirozených a dokrmovaných složek, změna preference potravních složek v průběhu období a význam energeticky bohatých složek zejména žaludů (Schley & Roper 2003, Herrero et al. 2004) a kukuřice v potravě prasete. Stanovení základních obsahových látek celých a loupaných žaludů a kukuřice bylo prováděno prvotním stanovením sušiny, rozemletím a vyhodnocením chemické analýzy. Ke stanovení loupaných a neloupaných žaludů jsme přistoupili z důvodu, že prase za normálních okolností žaludy přežvýká a nekonzumuje oplodí. V případě, že je jedinec vystaven stresu, tak žaludy konzumuje celé (Elston & Hewitt 2010). U populace na lokalitě Soutok jsme sledovali změny v konzumaci potravy ve vztahu k jejímu původu (z přírodních zdrojů a z příkrmování a vnadění) s důrazem na podíl potravy z kukuřice a žaludů v podzimním - zimním období. Abychom zachytili vývoj vlivu lidského faktoru na složení potravy, vzorky ze žaludků ulovených prasat byly odebírány každý měsíc od srpna do ledna dalšího roku (6 měsíců).

**Příspěvek II** shrnuje vztah mezi reprodukční schopností samců prasete divokého a kvalitou prostředí, ve kterém žije. Vzorky byly sbírány v rámci 21 lokalit v České republice. Jedinci byli váženi a měřeny jejich tělesné parametry. Pohlavní zralost samců byla porovnávána v souvislosti s věkem. U pohlavních orgánů (varlat) byla zjišťována přítomnost spermií prostřednictvím mikroskopické analýzy. Dále byly orgány měřeny, váženy, spočítán objem a následně vypočítán Gonadosomatický index (Barber & Blake 1991). Věk byl určován metodou

šetření vývoje chrupu s přesností na měsíce (Briedermann 1965, Matschke 1967, Boitani & Mattei 1992). Prostředí jsme rozdělili na tři kategorie dle jeho kvality pro život prasete (bohaté, střední, chudé), určené především dostupností kvalitní přirozené potravy (dubové či bukové porosty), příkrmováním a intenzitou lovu. Za účelem zjištění, čím je ovlivněn vstup mladých samců do reprodukce, jsme zvolili tři modely: vztah mezi tělesnými parametry a prostředím, váhou těla a Gonadosomatickým indexem, komplexní model porovnávající vztahy mezi všemi proměnnými.

## 5. Výsledky a diskuze

### Příspěvek I

Celkem bylo vyhodnoceno 182 vzorků žaludků ze čtyř lokalit. Srovnáním hodnot přirozených a příkrmovaných složek potravy byl zjištěn významný podíl žaludů a kukuřice na všech sledovaných lokalitách. Při srovnání středních hodnot podílu přirozené potravy v analyzovaných žaludcích mezi lokalitami byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Shodný podíl přirozené potravy byl zjištěn u dvou lokalit, jedna měla podíl vyšší a jedna naopak nižší.

Žaludy i kukuřice jsou pro prasata velmi atraktivním zdrojem potravy. Obsah žaludů negativně koreluje právě s často příkrmovanou kukuřicí. V období padání jsou žaludy jednoznačně preferovány nad všemi složkami potravy. V případě jejich nedostatku nebo spotřeby jsou nahrazovány další velmi významnou složkou potravy, kterou je kukuřice (Ballari et al. 2013), avšak ta pochází většinou z příkrmování.

Při podrobení tří vzorků (žaludy celé, loupané a kukuřice) chemickou analýzou, bylo zjištěno, že kukuřice obsahuje velké množství dusíkatých látek, čímž je pro kopytníky energeticky velmi přijatelná potrava (Ballari et al. 2014). Obsahem tuku a vlákniny je srovnatelná s celými (neloupanými) žaludy, které mají nízký obsah vlákniny a velké množství tuku. Kvalitní potrava v podzimních měsících, kdy si kopytníci vytvářejí tukové rezervy, může významně přispět k dobré kondici a přežití v období strádání (Overgaard et al. 2007).

Na lokalitě Soutok bylo možné, díky kontinuálnímu odběru vzorků, sledovat změny složení potravy po měsících. To nám umožnilo částečně znázornit antropogenní vliv člověka, konkrétně lovecké příkrmování. Intenzita příkrmování se na dané lokalitě lišila, dle fáze lovecké sezóny. Přirozená potrava vždy záporně korelovala s předkládanou. Na této lokalitě byla během sledovaného období předkládána potrava po celou dobu kromě prosince. V listopadu, v nejintenzivnějším období hlavní lovecké sezóny tvořila předkládaná potrava průměrně 60 % a byla zastoupena převážně kukuřicí. V prosinci byla situace zcela opačná a tvořila pouhých 10 %. Dominantní složkou potravy byly kořínky, jakožto přirozená složka, přičemž zásoba žaludů v tomto období byla již zcela vyčerpána. V období ledna bylo opětovně intenzivně příkrmováno kukuřicí (17 % obsahu v žaludcích), ale také řepou (16 % obsahu v žaludcích).

V porovnání všech čtyřech lokalit je významný rozdíl v délce využívání žaludů jako přirozené složky. V lednu je na lokalitách Valtice a Domousnice podíl žaludů mezi 10 – 20 %

a na lokalitě Křivoklátsko jsou dominantní složkou potravy (33 %), tak na lokalitě Soutok končí využívání žaludů již v prosinci. Přestože bývají žaludy preferovány, tak na této lokalitě více dominuje přikrmovaná kukuřice, to je dáno větším zazvěřením, a tím pádem i vysokou konkurencí o tuto výživově cennou potravu než na ostatních lokalitách. Největší podíl žaludů v potravě je v září a říjnu. Podle Zemana et al. (2016) je úroda žaludů maximální během září a října, kdy je prasetem divokým také intenzivně využívána.

Potravní strategie prasete divokého je velice pružná a přizpůsobivá. Kombinuje využívání hojné nabídky nepředvídatelného zdroje, úrody žaludů, v přirozených podmínkách, v nižších populačních hustotách. Vysoký reprodukční potenciál umožní maximálně využít tuto výjimečnou nabídku, i když narostlá populace následně prochází stresem kvůli nedostatku potravy. Na lokalitách, kde se přikrmuje, tento stres a redukce populace nenastává (Cellina 2008, Oja et al. 2014).

## **Příspěvek II**

Celkem bylo získáno 145 vzorků samčích reprodukčních orgánů z 21 lokalit, které byly rozděleny do třech kategorií dle kvality prostředí. Věková struktura samců byla nevyrovnaná: selata (81 %), lončáci (stáří 12-24 měsíců) (8 %), dospělci (11 %), přičemž polovinu z nich tvořili samci ve věku 2–3 let. Tělesná hmotnost u všech ulovených prasat vykazovala velmi těsný vztah s věkem, s největší závislostí ve skupině selat. Průměrné hmotnosti tří hlavních věkových tříd v této studii nabývaly obdobných hodnot, které zjistili Sprem et al. (2011), ale vyšší než Herrero & Fernandez de Luco (2003) a Delgado et al. (2008).

Sledované tělesné parametry byly závislé zejména na hmotnosti jedince a méně na jeho věku. Celkový objem pohlavních žláz (obou varlat) nabýval hodnot od 41 mm<sup>3</sup> u selat, až po 599 mm<sup>3</sup> u dospělých samců. Hmotnost varlat vysoce korelovala s hmotností živého samce. Nejrychlejší růst GSI byla zjištěna u tělesné hmotnosti 51 kg, což odpovídá přibližně 11 měsíci věku samce.

Kvalita prostředí významně ovlivňovala růst prasat v prvním roce jejich života i vývoj jejich reprodukčních orgánů. Vliv prostředí na tělesný vývoj a jejich reprodukční orgány byl vyhodnocen pouze u selat z důvodu nedostatečného materiálu u lončáků a dospělců. Prostedí ovlivňuje tělesné parametry, GSI a hmotnost. V kvalitním prostředí, kde prasata nebyla stresována lovem v průběhu roku a kde měla dostatek klidu, krytu a potravy dosahovala větších tělesných rozměrů a hmotností dříve, než v oblastech s nižší úživností (zejm. omezenou dostupností energeticky bohatého krmiva) a obecně větší mírou životního stresu. Délka těla

jedinců žijících v chudém prostředí byla významně nižší než v ostatních (kvalitnějších). Významný byl také rozdíl mezi tělesnými hmotnostmi jedinců v prostředí se střední kvalitou a bohatém p.

Rozměry pohlavních žláz a výskyt spermií byly hodnoceny u prasat ulovených na společných lovech. Tyto se konají nejčastěji v době, která je označována jako hlavní reprodukční období divokých prasat (Mauget & Boissin 1987, Marchev et al. 2003, Kozdrowski & Dubiel 2004, Sancho et al. 2004, Smital 2009). Prostředí významně ovlivňovalo hodnotu GSI selat, kdy v bohatém p. byla varlata relativně větší, než v méně kvalitních. Rozdíly v hodnotě GSI mezi lokalitami jsou dány více hmotností varlat než tělesnou hmotností. V úživném prostředí tak prasata rychleji rostou a zároveň i pohlavně dospívají, takže mají ve stejném věku výrazněji vyvinutá varlata. Spermie nebyly zaznamenány u selat do stáří 5 měsíců. Od věku 6–7 měsíců se četnost selat se spermiemi zvyšovala (63 % selat v bohatém a středním p., ale pouze u 17 % v chudém p.). V 8 měsíci mělo spermie každé sele v bohatém a středním p., kdežto v chudém p. to bylo 83 % selat (100 % od 9. měsíce). Každé sele, jehož hmotnost byla 29 kg a více, již mělo ve varlatech spermie. Tento poznatek neodpovídá zjištění Mauget & Boissin (1987), kteří zaznamenali přítomnost spermií u prasat od stáří 10 měsíců. Soulad je však s jimi udávanou hmotností hranicí pro výskyt spermií (30-35 kg).

Tato studie prokázala podmínky prostředí jako významného činitele, který ovlivňuje fyzický vývoj samců divokých prasat, resp. rychlost růstu tělesného rámce i nástup pohlavní zralosti. V prostředí poskytujícím dostatek potravy, klidu a krytu, prasata rostou rychleji a v dřívějším věku vstupují do puberty. V prostředí méně úživném a lovem ohrožujícím jsou dlouhodobě vystavována stresu, což se projevuje pomalejším růstem těla, varlat a produkcí spermií v pozdějším věku (o cca 2-3 měsíce později).

## 6. Literatura

- Apollonio, M., Andersen, R., & Putman, R. (Eds.). (2010). European ungulates and their management in the 21st century. Cambridge University Press.
- Ballari, S. A., & Barrios-García, M. N. (2014). A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food selection in native and introduced ranges. *Mammal Review*, 44(2), 124-134.
- Barber, B. J., & Blake, N. J. (2006). Reproductive physiology. In *Developments in aquaculture and fisheries science* (Vol. 35, pp. 357-416). Elsevier.
- Baubet, E. R. I. C., Bonenfant, C., & Brandt, S. E. R. G. E. (2004). Diet of the wild boar in the French Alps. *Galemys*, 16(especial), 101-113.
- Bieber, C., & Ruf, T. (2005). Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *Journal of Applied Ecology*, 42(6), 1203-1213.
- Boitani, L., Mattei, L., Nonis, D., & Corsi, F. (1994). Spatial and activity patterns of wild boars in Tuscany, Italy. *Journal of Mammalogy*, 75(3), 600-612.
- Briedermann, L. (1965). Die Altersbestimmung des erlegten Schwarzwildes. AdL.
- Cellina, S. (2008). Effects of supplemental feeding on the body condition and reproductive state of wild boar *Sus scrofa* in Luxembourg (Doctoral dissertation, University of Sussex).
- Delgado, R., Fernandez-Llario, P., Azevedo, M., Beja-Pereira, A., & Santos, P. (2008). Paternity assessment in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*)—Are littermates full-sibs?. *Mammalian Biology*, 73(3), 169-176.
- Delgado-Acevedo, J., Zamorano, A., DeYoung, R. W., Campbell, T. A., Hewitt, D. G., & Long, D. B. (2011). Promiscuous mating in feral pigs (*Sus scrofa*) from Texas, USA. *Wildlife Research*, 37(7), 539-546.
- Elston, J. J., & Hewitt, D. G. (2010). Intake of mast by wildlife in Texas and the potential for competition with wild boars. *The Southwestern Naturalist*, 55(1), 57-67.
- Fernández-Llario, P., Carranza, J., & Mateos-Quesada, P. (1999). Sex allocation in a polygynous mammal with large litters: the wild boar. *Animal Behaviour*, 58(5), 1079-1084.

- Gethöffer, F., Sodeikat, G., & Pohlmeier, K. (2007). Reproductive parameters of wild boar (*Sus scrofa*) in three different parts of Germany. *European Journal of Wildlife Research*, 53(4), 287-297.
- Herrero, J., & De Luco, D. F. (2003). Wild boars (*Sus scrofa* L.) in Uruguay: scavengers or predators?. *Mammalia*, 67(4), 485-492.
- Herrero, J., García-Serrano, A., Couto, S., Ortuño, V. M., & García-González, R. (2006). Diet of wild boar *Sus scrofa* L. and crop damage in an intensive agroecosystem. *European Journal of Wildlife Research*, 52(4), 245-250.
- Challies, C. N. (1975). Feral pigs (*Sus scrofa*) on Auckland Island: status, and effects on vegetation and nesting sea birds. *New Zealand Journal of Zoology*, 2(4), 479-490.
- Irizar, I. Ñ. A. K. I., Laskurain, N. A., & Herrero, J. U. A. N. (2004). Wild boar frugivory in the Atlantic Basque Country. *Galemys*, 16(Special Issue), 125-134.
- Kozdrowski, R., & Dubiel, A. (2004). The effect of season on the properties of wild boar (*Sus scrofa* L.) semen. *Animal reproduction science*, 80(3-4), 281-289.
- Marchev Y, Apostolov A, Szostak B 2003: Season and age effect on sperm quality and quantity in boars from the Danube White breed. *Bulg J Agric Sci* 9: 703-706
- Massei, G., Genov, P. V., & Staines, B. W. (1996). Diet, food availability and reproduction of wild boar in a Mediterranean coastal area. *Acta Theriologica*, 41, 307-320.
- Massei, G., Kindberg, J., Licoppe, A., Gačić, D., Šprem, N., Kamler, J., ... & Cellina, S. (2015). Wild boar populations up, numbers of hunters down? A review of trends and implications for Europe. *Pest management science*, 71(4), 492-500.
- Matschke, G. H. (1967). Aging European wild hogs by dentition. *The Journal of Wildlife Management*, 109-113.
- Mauget, R. (1972). Observations sur la reproduction du sanglier (*Sus scrofa* L.) a l'etat sauvage. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique* (Vol. 12, No. 2, pp. 195-202). EDP Sciences.
- Mauget, R., & Boissin, J. (1987). Seasonal changes in testis weight and testosterone concentration in the European wild boar (*Sus scrofa* L.). *Animal Reproduction Science*, 13(1), 67-74.

- Murta, D. V. F., Costa, D. S., Santos, M. D., Faria, F. J. C., & Paula, T. A. R. D. (2013). Corporal and testicular biometry in wild boar from birth to 12 months of age. *Revista Ceres*, 60(1), 1-6.
- Oja, R., Kaasik, A., & Valdmann, H. (2014). Winter severity or supplementary feeding—which matters more for wild boar?. *Acta theriologica*, 59(4), 553-559.
- Oja, R., Zilmer, K., & Valdmann, H. (2015). Spatiotemporal effects of supplementary feeding of wild boar (*Sus scrofa*) on artificial ground nest depredation. *PloS one*, 10(8), e0135254.
- Övergaard, R., Gemmel, P., & Karlsson, M. (2007). Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. *Forestry*, 80(5), 555-565.
- Pérez-González, J., Costa, V., Santos, P., Slate, J., Carranza, J., Fernández-Llario, P., ... & Varga, G. (2014). Males and females contribute unequally to offspring genetic diversity in the polygynandrous mating system of wild boar. *PloS one*, 9(12), e115394.
- Rosell, C., Fernández-Llario, P., & Herrero, J. (2001). El jabalí (*Sus scrofa* LINNAEUS, 1758). *Galemys*, 13(2), 1-25.
- Sancho, S., Pinart, E., Briz, M., Garcia-Gil, N., Badia, E., Bassols, J., ... & Coll, M. G. (2004). Semen quality of postpubertal boars during increasing and decreasing natural photoperiods. *Theriogenology*, 62(7), 1271-1282.
- Schley, L., & Roper, T. J. (2003). Diet of wild boar *Sus scrofa* in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. *Mammal review*, 33(1), 43-56.
- Schley, L., Dufrêne, M., Krier, A., & Frantz, A. C. (2008). Patterns of crop damage by wild boar (*Sus scrofa*) in Luxembourg over a 10-year period. *European Journal of Wildlife Research*, 54(4), 589.
- Smital, J. (2009). Effects influencing boar semen. *Animal Reproduction Science*, 110(3-4), 335-346.
- Šprem, N., Piria, M., Florijančić, T., Antunović, B., Dumić, T., Gutzmirtl, H., ... & Curik, I. (2011). Morphometrical analysis of reproduction traits for the wild boar (*Sus scrofa* L.) in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 76(3), 263-265.
- Wood, G. W., & Roark, D. N. (1980). Food habits of feral hogs in coastal South Carolina. *Journal of Wildlife Management*, 44(2), 506-511.



Zeman, J., Hrbek, J., Drimaj, J., Plhal, R., Kamler, J., Adamec, Z., & Heroldová, M. (2016). Wild boar impact to the natural regeneration of oak and acorn importance in its diet. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(2), 579-585.

## **Přílohy**

### **Příspěvek I**

Mikulka, O., Zeman, J., Drimaj, J., Plhal, R., Adamec, Z., Kamler, J., & Heroldová, M. (2018). The importance of natural food in wild boar (*Sus scrofa*) diet during autumn and winter. *Folia Zoologica*, 67(3-4), 165-172.

# The importance of natural food in wild boar (*Sus scrofa*) diet during autumn and winter

Ondřej MIKULKA<sup>1\*</sup>, Jaroslav ZEMAN<sup>1</sup>, Jakub DRIMAJ<sup>1</sup>, Radim PLHAL<sup>1</sup>, Zdeněk ADAMEC<sup>3</sup>, Jiří KAMLER<sup>1</sup> and Marta HEROLDOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Forest Protection and Wildlife Management, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic; e-mail: [ondrej.mikulka@mendelu.cz](mailto:ondrej.mikulka@mendelu.cz)

<sup>2</sup> Institute of Forest Ecology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> Department of Forest Management and Applied Geoinformatics, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

Received 14 March 2018; Accepted 24 August 2018

**Abstract.** The diet of wild boar (*Sus scrofa*), a native and problematic species of European ecosystems, highly reflects the management of the species as well as the level of its damaging effect. This study focuses on the importance of natural dietary components in the diet of wild boar over the autumn to winter season (i.e. the main hunting season) in four predominantly oak forests in the Czech Republic. We also studied the effect of supplementary feed, especially maize, on feeding preferences. The oak acorn was always preferred, regardless of other natural or supplementary feeds available. Both acorns and maize are highly nutritional, energy rich foods and boars always consumed at least one of these energy-rich foods. If acorns were not available, supplementary feed, and especially maize, was actively searched for, whereupon they often substituted for acorns nutritionally. The wild boar is the dominant competitor for acorns and can potentially exploit the whole forest crop, depending on the size of the acorn crop, the wild boar population density and the density of other ungulates in the forest. When the acorn biomass was exhausted, supplementary feed (predominantly maize) was always preferred.

**Key words:** food preference, acorn, maize, seasonal diet, supplementary feeding

## Introduction

The wild boar (*Sus scrofa*), a problematic game species in many countries, has been the subject of much debate in the Czech Republic in recent years (Bartoš et al. 2010), and indeed in Europe as a whole. Of particular interest has been their behaviour in relation to damage to field crops, forest stands and protected ecosystems and transmission of diseases (Baubet et al. 2004, Klein et al. 2007, Schley et al. 2008). The diet of wild boar is highly diverse, which allows the species to not only survive in a wide range of environments but also to create viable populations (Rosell et al. 2001, Baubet et al. 2004, Irizar et al. 2004). In habitats where it can obtain high-quality food throughout the year, the negative impacts are increased still further as the population density can increase considerably. As an opportunist omnivore, wild boar diet will be determined by the availability and abundance of food items (Schley & Roper 2003). In autumn, however, the food available to wild boar is wide and varied, with many fruit and field products

available, along with acorns and beechnuts in mast years. On the other hand, winter is a critical season for the wild boar, along with other European mammals, as the natural food supply can be considerably limited by climatic conditions. In such cases, its survival is generally ensured through the provision of supplementary feed or by hunter's baiting, with maize being among the most frequently used baits to attract wild boar into hunting areas (Schley & Roper 2003, Bartoš et al. 2010). Supplementary feeding of wildlife during winter is obligatory under Czech law and is undertaken intensively throughout the country (Putman & Staines 2004). In the case of the wild boar, it has been suggested that consumption of such feed may increase their reproductive potential and contribute to the increase in their population density (Gortázar et al. 2000, Cellina 2008, Herrero et al. 2008, Ježek et al. 2016).

Wild boars always include at least one nutritious food component in their diet, especially acorns or some cereals (Schley & Roper 2003). Acorns are a very

\* Corresponding Author

important resource as they are both nutritious (high in protein and sugars) and easy to digest (Herrero et al. 2004); however, they are only available in high numbers in most years that only occur every three years or so (Bieber & Ruf 2005). In other years, the wild boar must adapt its diet to those foods currently available (Challies 1975, Wood & Roark 1980, Cellina 2008).

Thanks to their nutritional value, the acorn is also a favoured food of other woodland species and can also have a significant effect on their population dynamics (Massei et al. 1996, Ostfeld & Keesing 2000, Bieber & Ruf 2005). The rates of intake and the ability of wild boar to displace native wildlife species from feeding sites (Berger 1985) and obtaining a higher-quality diet by discarding acorn shells suggest that wild boar can compete effectively with wildlife for mast crops (Elston & Hewitt 2010).

In this study wild boar diet was analysed from four localities, all situated in forest dominated by oak in a good acorn harvest year in autumn-winter period. In all localities also supplementary food was given (mostly maize). Both these diet supplies (natural and supplemental) were compared as to nutritional content to see if this factor influence the food dominance. We presume oak acorns would be hypothetically dominant food over other food available, because of natural, energy-rich source. We also tracked the changes in wild boar food during half of the year (from late summer until the end of January) to know the food resources utilization dynamics in a site under intensive management (Soutok).

### Study Area

Samples were collected during the autumn and winter of 2014 and January 2015 from four forest sites in the Czech Republic: Soutok (SO), Valtice (VA), Křivoklátsko (KR) and Domousnice (DO) (Fig. 1, Table 1, 2 and 4). All four sites were dominated by oak (*Quercus* sp.) forest and, while the natural food supply of acorn was similar, different supplementary food was supplied at each site. In all sites there was an intensive oak seed year. None of the sites suffered from substantial human disturbance or urbanisation. Site SO is a game preserve situated in the floodplain forest aligning two large rivers, the Morava and Dyje. Open areas are mostly covered with alluvial grassland. The site contains numerous forest pools, cut-off meanders and channels. The forest stand comprises oak, European ash (*Fraxinus excelsior*), alder (*Alnus* sp.), poplar (*Populus* sp.) and willow (*Salix* sp.). Site VA stands in a complex of production forest

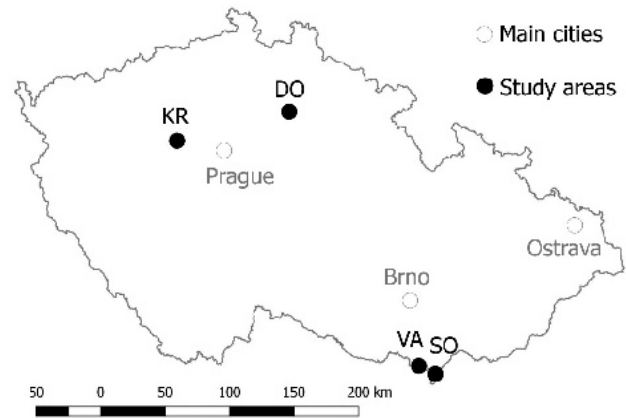


Fig. 1. Distribution of studied sites in the Czech Republic, locations are marked with solid point.

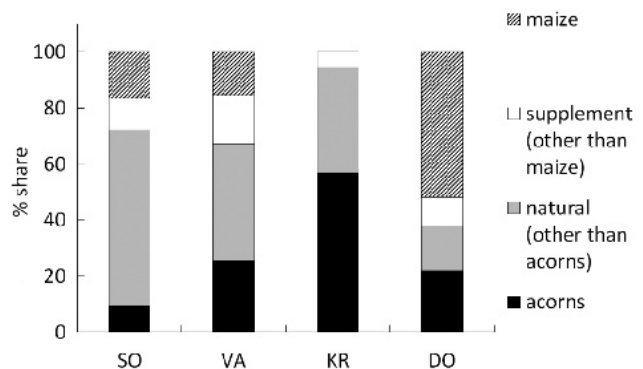


Fig. 2. The proportion of acorns, natural food and supplemented diet on locations (mean in %v).

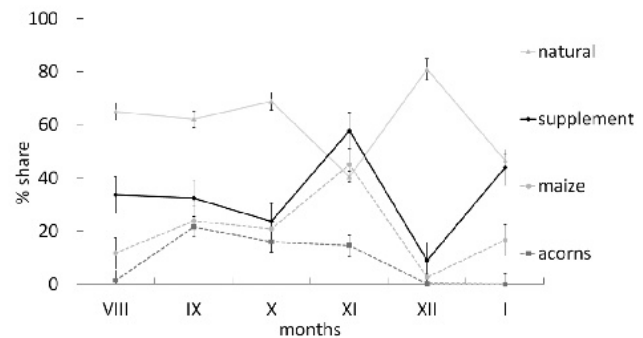
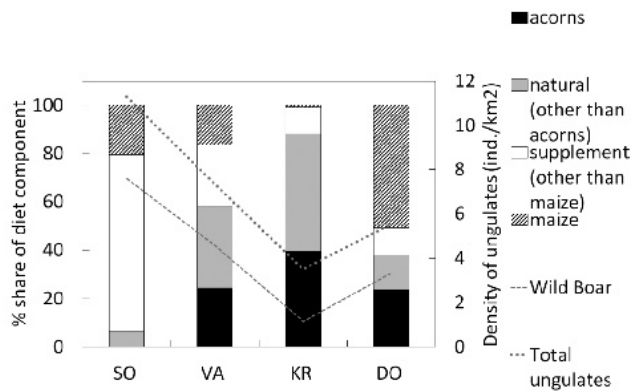


Fig. 3. The main diet components changes (natural food supply – natural; supplemented food supply – supplement; maize and acorn; in % of volume) during the monitored period in SO.

surrounded by farmland. The forest stand consists of oak, elm (*Ulmus* sp.), pine (*Pinus sylvestris*) and ash, often mixed with black locust (*Robinia pseudoacacia*). The surrounding farmland consists of wheat, maize, sunflower and barley. Roe deer (*Capreolus capreolus*) are common at the site.

Site KR represents a typical old oak stand mixed with hornbeam (*Carpinus betulus*) and beech (*Fagus sylvatica*). Forest-free land is covered by grassland.





**Fig. 4.** Comparison of acorns consumption and ungulates densities in the localities in January.

**Table 1.** Description of study sites.

Location	Abbreviation in text	Character	Coordinates	Area (km <sup>2</sup> )	Elevation (m a.s.l.)	Forest vegetation grade	Share of forest, fields, meadows and other areas (%)
Soutok	SO	flood plain forest	48.6734047N, 16.9477844E	63	160	oak	87/10/0/3
Valtice	VA	oak forest	48.7320886N, 16.8236733E	28	192	oak	86/11/1/2
Křivoklátsko	KR	oak forest	50.1096914N, 13.9737511E	193	465	oak beech	73/7/14/6
Domousnice	DO	mixed forest	50.3873000N, 15.0808811E	22	359	beech oak	63/24/8/5

**Table 2.** Game species present and supplemental foods provided at the study sites.

Location	Supplemental diet	Ungulate species	Wild boar density ind./km <sup>2</sup>	Estimated total ungulate density ind./km <sup>2</sup>	Share of oak forests (%)
SO	cereals, maize, beets	<i>Cervus elaphus</i> , <i>Dama dama</i> , <i>Capreolus capreolus</i>	7.6	11.3	67
VA	maize, beets	<i>Capreolus capreolus</i>	4.6	7.3	52
KR	cereals, beets	<i>Dama dama</i> , <i>Ovis musimon</i>	1.2	3.5	54
DO	maize, beets	<i>Capreolus capreolus</i>	3.3	5.5	48

**Table 3.** Nutritional content (mean and standard deviation (in parentheses) of whole acorns (W), peeled acorns (P) and maize (M). Statistically significant differences are marked with asterisks (\*\* =  $p \leq 0.01$ ). (OM - organic matter, NI - crude protein, NFE - nitrogen free extract, GE - gross energy).

g/kg	Whole acorn		Peeled acorn		Maize		W × P	W × M	P × M
OM	977.76	(0.67)	980.46	(0.22)	983.7	(0.30)		**	
NI	69.10	(2.78)	61.86	(0.39)	106.6	(0.41)		**	**
Fat	34.18	(2.34)	65.84	(0.67)	45.2	(0.49)	**		
Fibre	23.82	(0.94)	11.36	(0.29)	22.5	(0.86)	**		
NFE	850.65	(2.82)	841.48	(0.51)	809.4	(1.07)	**		
GE	18.82	(0.67)	19.90	(0.36)	19.48	(1.44)	**		
Ash	22.24	(0.67)	19.54	(0.22)	16.2	(0.25)		**	

Site DO is a mixed oak forest comprising several forest stands surrounded by farmland, where maize, rape and cereals are grown.

Data on wild boar density (ind. km<sup>2</sup>) was obtained from the local hunting authorities, these figures being considered as more relevant than the official Czech game abundances (Table 2).

## Material and Methods

### Sampling

We took part in a number of drive hunts at each of the above-mentioned sites and were given permission to extract whole stomachs of all wild boars shot. All

**Table 4.** Differences in food intake between areas (mean in %v).

%v	SO	VA	KR	DO
Animal food	7.00	8.41	15.77	11.20
Grass	11.80	7.19	14.30	1.69
Acorns	9.40	25.43	56.86	21.90
Fruit	11.80	3.83	0.00	1.96
Herbs	5.18	8.52	2.27	0.41
Roots	24.00	3.83	3.58	2.09
Beet	4.81	13.12	1.71	8.67
Cereals	6.66	3.95	3.93	0.20
Maize	16.37	25.70	0.00	51.81
Other	2.98	0.02	1.59	0.08

samples were collected in autumn 2014 to the end of January 2015. At SO sampling was continuous from the end of summer 2014 until the end of January 2015 (half of the year, every month), depending on the success of the hunters; at VA, KR and DO, samples were always collected during local hunts. After dissection the stomach was cut full length and a representative sample of 0.5 kg removed. Each sample was then placed in a polyethylene container labelled with sex, age, live weight and identification number of the individual. The samples were then transported to the laboratory where they were deep-frozen at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  and stored for subsequent microanalysis. In addition, samples of maize and acorns from nature were collected in order to determine the chemical and nutritional content.

#### Stomach analysis

Food content from the stomach samples was analysed using the standard volumetric method (Zeman et al. 2016a). The relative volume (%v) of each item was then calculated from the food volume. The percentage frequency (%f) of each food item was calculated using the formula  $\%f = 100 f/\Sigma f$ . Diversity ( $H'$ ) of food items in the diet was calculated on the basis of relative volume data using the Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ; Shannon & Weaver 1964). As the wild boar occasionally peels the acorns while consuming them (Elston & Hewitt 2010), we focused in our analysis to see the fragmentation and proportion of the acorns in stomachs. In some individuals the entire acorn was in the stomach but in some only whitish mash with a minimum of shell (pericarp) was present. This is why chemical analysis was undertaken on peeled and unpeeled acorns (Zeman et al. 2016b). The nutritional quality of whole and peeled acorns and maize was assessed from dry matter, ground and mixed samples

from four locations were prepared and being sent for laboratory analysis in order to determine organic matter (OM) content (nitrogenous substances  $N \times 6.25$  – crude protein (NI), fat, nitrogen-free extract (NFE), fibre and gross energy (GE) (AOAC 1975).

To trace the changes in wild boar food during half of the year and record the degree of human influence on food composition at SO, stomach samples of shot wild boar were analysed every month from August to January (August – 4 samples; September – 14; October – 14; November – 13; December – 21; January – 13). Wild boar consumption of acorn, maize, supplementary feeding and natural sources of food were evaluated.

#### Data analysis

Non-parametric one-way ANOVA (Kruskal-Wallis test) was used to compare the expected values of natural food in stomachs at the four study sites. A non-parametric test was chosen as none of the localities provided normal data distribution. In order to compare the proportion of maize and natural foods in the stomachs, a correlation coefficient was calculated and tested using the correlation coefficient significance test. The Kruskal-Wallis test was also used to compare the expected values of food chemical components in whole acorns, peeled acorns and maize dry matter. This test was used due to the low number of samples in each group (always five).

To prove the influence of the wild boar densities on the oak acorn depletion we compared the amount (%v) of oak mast in the stomachs by Kruskal-Wallis ANOVA in all four localities under study. Non-parametric test was used due to small sample sizes in compared areas. The level of significance for all analyses was set at  $\alpha = 0.05$ , giving a confidence of 95 %. The STATISTICA 12 software package (StatSoft 2013) was used for all calculations.

#### Results

A total of 182 samples were collected from the four sites, 79 from SO, 39 from VA, 34 from KR and 30 from DO. Analysis of the samples detected a wide range of natural food components, including herbs, grass, wood, tubers, fruit, pine needles, tree leaves, roots, bark, moss, acorns, nuts, herb seeds, clams, beetles, rodents, a salamander, a feather, fish, earthworms and other indeterminate items of animal origin. Supplementary feeding components identified included maize, wheat, barley, oats, cereal husks and beetroot. The diet at all sites included an important proportion of acorns and maize. The comparison of



expected values for the proportion of natural food items in the stomachs at the four sites showed statistically significant differences ( $H(3, 178) = 40.0682, p < 0.001$ ). The multiple comparison test indicated that identical proportions of natural food were only taken at SO and VA. Site KR had a statistically higher proportion of natural food than the other localities, where a large proportion of acorns was taken, and site DO had a statistically lower proportion (Fig. 2).

The proportions of maize and natural food in stomachs negatively correlate ( $t(4) = -2.7978, p = 0.0489$ ) at  $-0.814$ , suggesting that the proportion of natural food decreased as the proportion of maize in the diet increased and vice-versa.

At SO, natural food was recorded most often (roots and grasses, both 18 % of relative frequency). The most frequently consumed item at VA were grasses (19 %f), followed by animal food, acorns and maize (all 14 % of relative frequency). At KR, animal food and acorns were eaten with the same high frequency (25 %f). At DO, maize was the most often eaten item (24 %f), followed by animal food. The diversity of the diet was highest at lowland localities (VA:  $H' = 2.01$ ; SO:  $H' = 1.95$ ). Samples from sites DO and KR had a relatively low diversity ( $H' = 1.42$  and  $H' = 0.23$ , respectively).

#### *Content of substances in dry matter*

Statistically different results were obtained when comparing individual food components in peeled and whole acorns and maize. The most important component was NI in maize. Peeled acorns had highest levels of fat and gross energy (GE), and the lowest fibre content express this good food quality (Table 3).

#### *Dietary changes at SO (from late summer to January)*

Our data indicate clear changes in food composition in the wild boar population at SO related to consumption of supplementary feed, natural food, acorns and maize over autumn and winter (Fig. 3). Supplementary food was supplied at all times; nevertheless, natural food was dominant in diet between August and October. Maximum acorn consumption occurred in September and lower in October and November. Supplementary food (from baiting stations) was dominant (approximately 60 %; mostly maize) in the diet in November, the most intensive period of the hunting season. In December, the situation was opposite, with supplementary food representing only 10 % of the diet. Acorn reserves had already been exhausted and roots were the dominant item taken. In January,

supplemented food, such as maize (17 % of stomach content) and beetroot (16 %) were more intensively consumed.

#### *Acorn exploitation*

There was a noticeable difference in oak acorn exploitation between the study sites. Kruskal-Wallis ANOVA confirmed the percentage of acorns in diet of hunted wild boars was significantly different between studied locations ( $p = 0.0074$ ). Difference was found between locations SO, with highest wild boar densities and acorn already depleted in January and KR with the lowest wild boar densities and acorns remaining an important food item (33 %) in January ( $p = 0.0209$ ). No differences were found between the proportion of acorns in the diet at sites VA and DO (20 % in January). Acorn consumption by other ungulates at each locality depended upon their densities, with acorns soon exhausted in areas with high ungulate densities (Fig. 4).

#### **Discussion**

Our results indicate that both acorns and maize are very attractive sources of energy for wild boar. During most years, acorns are sought after food over all other food components. If acorns are already consumed, maize is the first choice, where available. The importance of maize in the diet was also reported by Ballari & Barrios-García (2014). Presence of acorns in the diet correlated negatively with presence of maize, frequently given as supplementary food, as described by Fournier-Chambrillon et al. (1996). In localities without maize supplementation authors have described a negative correlation between acorns and grasses (Massei et al. 1996) and tubers, cereals or roots (Briedermann 1979, Herrero et al. 2004). Our data from SO confirm roots and grasses the most frequent items if no acorns were available.

The relationship between native wildlife, wild boars and mast crop species has been shown to be complex and incredibly interconnected. Wild boars can effectively compete with native wildlife for these resources and exploit mast crops that many species find unpalatable, increasing their competitive advantage through increased fertility and reproduction (Elston & Hewitt 2010). Wild boars have also been shown to actively search for acorns buried by granivorous small mammals, excavating significantly more locations with burrows (Focardi et al. 2000), thereby extending their competitiveness beyond other ungulates.

Chemical analysis of the three food components examined indicated that maize contains a high level



of NL, making it a preferred food for ungulates (Bleier et al. 2017); acorns, however, also represent a very valuable food source, which, when present, will be sought after. According to Zeman et al. (2016b), the percentage of pericarp (shell) and cotyledon (nut) in whole acorn mass is 30 % and 70 %, respectively, while the percentage of dry matter is 53 % and 44 %, respectively. Wild boars peeled off the shell when consuming acorns if in feeding conditions without disturbance. If disturbed and in a hurry, however, they may swallow the whole acorn, which may be found undigested in stomach and also in the faeces (Elston & Hewitt 2010, Zeman et al. 2016b). Given the choice, therefore, the boar maximises its nutritional intake by discarding the less nutritious shell.

By continually collecting stomach samples from site SO from late summer to January it was possible to monitor changes in dietary composition over half a year's time. It was also possible to trace the human influence, particularly as regards to provision of supplementary feeding and baiting by hunters. Overall, maize was present in the diet, though acorns represented the highest proportion in the diet in September and October. According to Zeman et al. (2016b), the acorn crop is at its maximum in these two months and our results confirm that wild boars shift their diet and exploit this item intensively, it being the main food component for some individuals (up to 95 % of stomach content). In previous studies, however, forest fruits (mast) often represent between 22 to 68 % of dietary volume in (Schley & Roper 2003: a summary of wild boar diet data based on 21 European studies). In December, when acorn reserves were exhausted and supplemental foods were not available, wild boar shifted their diet toward natural foods such as roots (highest volume) and grasses (highest frequency). High diversity environment of lowland forests enabled them to exploit the food of the highest diversity from natural resources (Zeman et al. 2018). In January, supplementary food was used again intensively. It is evident that supplementary food can influence the whole feeding strategy of wild boar, especially in winter (Groot Bruinderink et al. 1994).

The high effect of acorn consumption and availability was demonstrated by the presence of acorns in the diet until January at those sites with lower density of wild boar population (VA, DO, KR), while at SO, where both wild boar and ungulate density was conspicuously higher, acorns had disappeared from the diet by December (Fig. 3). According to Kamler et al. (2016), wild boar populations are able to consume

around 92 % of the acorn crop in lowland forest stands in South Moravia, though the percentage consumed by other animals and the percentage of successful germination must also be taken into account when using such figures. At such high rates of consumption, natural forest reproduction/regeneration may become almost impossible (Gómez et al. 2003). Only in mast years, when the acorn crop is abundant, will natural forest reproduction be possible, though only if the wild boar population density in such oak woods is kept at a suitable level and the overwintering population does not consume the entire crop (Kamler et al. 2016).

The availability of high quality food during autumn, when ungulates are storing energy reserves, can contribute significantly to successful overwintering and the condition of the animals following the long period of food deprivation. In such cases, productive oak stands and regular mast years can significantly increase the carrying capacity of the environment, thereby influencing both the diet and feeding habits of wild boar and potentially affecting other traits such as population dynamics, habitat use, dispersal, reproduction and interactions with other species (Massei et al. 1996, Bieber & Ruf 2005, Frauendorf et al. 2016). When mast is abundant, the overall body mass of the population will increase, thereby increasing individual fertility and, eventually, population size (Massei et al. 1996). Furthermore, a number of authors have shown that, when acorns are available in winter, the increase in nutrition over this period can contribute to an earlier start of the reproduction season (Massei et al. 1996, Schley & Roper 2003, Övergaard et al. 2007). Other researchers have also confirmed that forest tree mast years, and their increased frequency, have a strong influence on wild boar invasion capacity (e.g. Schley & Roper 2003, Övergaard et al. 2007). A previous study at KR by Nováková et al. (2011) clearly demonstrated a permanent increase in wild boar numbers as a result of increased supplementary feeding over autumn and winter (especially maize and waste cereals). When this feeding occurred in combination with good oak and beech mast years, there was a clear increase in the numbers of wild boars hunted in the subsequent year. It was explained by increased food offer positively influencing reproduction. Similarly, other authors have shown a significant increase in wild boar numbers following years with a combination of mild, warm above-average winters and good oak and beech mast (Briedermann 1979, Groot Bruinderink & Hazebroek 1995, Massei et al. 1996, Cahill & Llimona 2004), while Neet (2014) recorded an increase in population



size the year after the area sown with maize in adjoining fields was increased.

## Conclusion

Our diet analysis data suggests that the provision of supplementary food strongly influences both wild boar feeding strategy and its habitat use, especially in winter, suggesting that humans can strongly influence levels of wild boar impact. Our observations confirmed the supplementary feeding as harmful and that law should be modified accordingly. Further, mild winters, changes in surrounding crops, forest productivity and an increase in the number of mast years can all significantly increase the carrying

capacity of the environment, thereby influencing both wild boar diet and feeding habits, and potentially other traits such as population dynamics, habitat use, dispersal, reproduction and interactions with other species. As such, careful analysis of wild boar diet and the availability of food items should prove a useful tool for predicting, and perhaps controlling, wild boar impact on the environment.

## Acknowledgements

This research was undertaken with supported by the Specific University Research Fund of the FFWT Mendel University in Brno (reg. number: LDF\_PSV\_2016013). We also thank Kevin Roche and Ladislav Čepelka for improving the English language and for comments to an earlier version of the manuscript.

## Literature

- AOAC 1975: Official methods analysis (11<sup>th</sup> ed.). Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C.
- Ballari S.A. & Barrios Garcia M.N. 2014: A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food selection in native and introduced ranges. *Mammal Rev.* 44: 124–134.
- Bartoš L., Kotrba R. & Pintíř J. 2010: Ungulates and their management in the Czech Republic. In: Apollonio M. et al. (eds.), European ungulates and their management in the 21<sup>st</sup> century. Cambridge University Press, Cambridge: 243–261.
- Baubet E., Bonenfant C. & Brandt S. 2004: Diet of the wild boar in the French Alps. *Galemys* 16: 99–111.
- Berger J. 1985: Interspecific interactions and dominance among wild Great Basin ungulates. *J. Mammal.* 66: 571–573.
- Bieber C. & Ruf T. 2005: Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *J. Appl. Ecol.* 42: 1203–1213.
- Bleier N., Kovács I., Schally G. et al. 2017: Spatial and temporal characteristics of the damage caused by wild ungulates in maize (*Zea mays* L.) crops. *Int. J. Pest. Manag.* 63: 92–100.
- Briedermann L. 1979: Ergebnisse einer Inhaltsanalyse von 665 Wildschweinemägen. *Zool. Gart.* 46: 157–185.
- Cahill S. & Llimona F. 2004: Demographics of a wild boar *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 population in a metropolitan park in Barcelona. *Galemys* 16: 37–52.
- Cellina S. 2008: Effects of supplemental feeding on the body condition and reproductive state of wild boar *Sus scrofa* in Luxembourg. PhD Thesis, University of Sussex, Brighton.
- Challies C.N. 1975: Feral pigs (*Sus scrofa*) on Auckland Island: status, and effects on vegetation and nesting sea birds. *N. Z. J. Zool.* 2: 479–490.
- Elston J.J. & Hewitt D.G. 2010: Intake of mast by wildlife in Texas and the potential for competition with wild boars. *Southwest. Nat.* 55: 57–66.
- Focardi S., Capizzi D. & Monetti D. 2000: Competition for acorns among wild boar (*Sus scrofa*) and small mammals in a Mediterranean woodland. *J. Zool. Lond.* 250: 329–334.
- Fournier-Chambillon C., Maillard D. & Fournier P. 1996: Variabilité du régime alimentaire du sanglier (*Sus scrofa* L.) dans les garrigues de Montpellier (Hérault). *Gibier Faune Sauvage* 13: 1457–1476.
- Fraundorf M., Gethöffer F., Siebert U. & Keuling O. 2016: The influence of environmental and physiological factors on the litter size of wild boar (*Sus scrofa*) in an agriculture dominated area in Germany. *Sci. Total Environ.* 541: 877–882.
- Gómez J.M., García D. & Zamora R. 2003: Impact of vertebrate acorn and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest. *For. Ecol. Manag.* 180: 125–134.
- Gortázar C., Herrero J., Villafuerte R. & Marco J. 2000: Historical examination of the status of large mammals in Aragon, Spain. *Mammalia* 64: 411–422.
- Groot Bruinderink G.W.T.A. & Hazebroek E. 1995: Ingestion and diet composition of red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Netherlands from 1954 till 1992. *Mammalia* 59: 187–196.
- Groot Bruinderink G.W.T.A., Hazebroek E. & Van Der Voot H. 1994: Diet and condition of wild boar, *Sus scrofa scrofa*, without supplementary feeding. *J. Zool. Lond.* 233: 631–648.
- Herrero J., Couto S., Rosell C. & Arias P. 2004: Preliminary data on the diet of wild boar living in a Mediterranean coastal wetland. *Galemys* 16: 115–123.
- Herrero J., García-Serrano A. & García-González R. 2008: Reproductive and demographic parameters in two Iberian wild boar *Sus scrofa* populations. *Acta Theriol.* 53: 355–364.
- Irizar I., Laskurain N.A. & Herrero J. 2004: Wild boar frugivory in the Atlantic Basque Country. *Galemys* 16: 125–134.
- Ježek M., Holá M., Kušta T. & Červený J. 2016: Creeping into wild boar stomach to find traces of supplementary feeding. *Wildlife Res.* 43: 590–598.
- Kamler J., Dobrovolný L., Drimaj J. et al. 2016: The impact of seed predation and browsing on natural sessile oak regeneration under different light conditions in an over-aged coppice stand. *iForest* 9: 569–576.

- Klein F., Baubet E., Toigo C. et al. 2007: La gestion du sanglier. Des pistes et des outils pour réduire les populations. *Auffargis Bar-le-Duc, Paris, France*.
- Massei G., Genov P.V. & Staines B.W. 1996: Diet, food availability and reproduction of wild boar in a Mediterranean area. *Acta Theriol.* 41: 307–320.
- Neet C.R. 2014: Population dynamics and management of *Sus scrofa*: a statistical modelling approach. *J. Mt. Ecol.* 3: 188–191.
- Nováková P., Štípek K., Ježek M. et al. 2011: Effect of diet supply and climatic conditions on population dynamics of the wild boar (*Sus scrofa*) in the Krivoklát region (Central Bohemia, Czech Republic). *Sci. Agric. Bohem.* 42: 24–30.
- Ostfeld R.S. & Keesing F. 2000: Pulsed resources and community dynamics of consumers in terrestrial ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 15: 232–237.
- Övergaard R., Gemmel P. & Karlsson M. 2007: Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. *Forestry* 80: 555–565.
- Putman R.J. & Staines B.W. 2004: Supplementary winter feeding of wild red deer *Cervus elaphus* in Europe and North America: justifications, feeding practice and effectiveness. *Mammal Rev.* 34: 285–306.
- Rosell C., Fernández-Llario P. & Herrero J. 2001: El jabalí (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). *Galemys* 13: 1–25.
- Shannon C.E. & Weaver W. 1964: The mathematical theory of communication. *University of Illinois, Urbana*.
- Schley L. & Roper T.J. 2003: Diet of wild boar *Sus scrofa* in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. *Mammal Rev.* 33: 43–56.
- Schley L., Dufrière M., Krier A. & Frantz A.C. 2008: Patterns of crop damage by wild boar (*Sus scrofa*) in Luxembourg over a 10-year period. *Eur. J. Wildlife Res.* 54: 589–599.
- StatSoft 2013: STATISTICA (data analysis software system), version 12. <http://www.statsoft.com>
- Wood G.W. & Roark D.N. 1980: Food habits of feral hogs in coastal South Carolina. *J. Wildlife Manage.* 44: 506–511.
- Zeman J., Hrbek J., Drimaj J. et al. 2016a: Comparison of three methods to evaluate wild boar diet. *Folia Zool.* 65: 221–224.
- Zeman J., Hrbek J., Drimaj J. et al. 2016b: Wild boar impact to the natural regeneration of oak and acorn importance in its diet. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.* 64: 579–585.
- Zeman J., Hrbek J., Drimaj J. et al. 2018: Habitat and management influence on a seasonal diet composition of wild boar. *Biologia* 64: 1–7.

## **Příspěvek II**

Drimaj, J., Kamler, J., Hošek, M., Zeman, J., Plhal, R., Mikulka, O. & Kudláček T. (2019). Reproductive characteristics and morphometry of wild boar males (*Sus scrofa*) in different conditions of environment. (*manuscript*).

### **Reproductive characteristics of wild boar males (*Sus scrofa*) under different environmental conditions**

Jakub Drimaj<sup>1</sup>, Jiří Kamler<sup>1</sup>, Martin Hošek<sup>2</sup>, Jaroslav Zeman<sup>1</sup>,  
Radim Plhal<sup>1</sup>, Ondřej Mikulka<sup>1</sup>, Tomáš Kudláček<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology, Department of Forest Protection and Wildlife Management

<sup>2</sup> Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Department of Animal Breeding

Address of institution:

Department of Forest Protection and Wildlife Management

Faculty of Forestry and Wood Technology

Mendel University in Brno

Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Czech Republic

Address for correspondence:

Jakub Drimaj

Mendel University in Brno

Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Czech Republic

Phone: +420 774 683 672

E-mail: [jakub.drimaj@mendelu.cz](mailto:jakub.drimaj@mendelu.cz)

## Abstract

The population of wild boar has permanently increased during recent decades and caused conflicts with the requirements of modern human society. Existing effort to stabilize wild boar numbers generally fails whereas one of the causes is high reproductive potential of wild boar. The aim of this study was to assess the onset of sexual maturity in the wild boar males with regard to age, physical frame and environmental conditions on the basis of testicle development and sperm production.

This study assessed the dimensions of gonads and the occurrence of sperm in boars caught during common hunts. Environmental conditions was found as an important factor for growth of wild boar males and their sexual maturity. Body weight was more important factor for sperm production than age of young wild boar male. The weight threshold for sperm production in the testes was 29 kg of live weight, which corresponds to 6 months of age in average.

This study has proven that environmental conditions are a significant factor affecting the physical development of male wild boars, more specifically the growth rate of their body frames and the onset of sexual maturity. In better quality environment boars grow faster and enter puberty at an earlier age. In environments with hunters and fewer resources, the boars are exposed to long-term stress, which leads to slower body and testicular growth, as well as the production of sperm at a later age (approx. 2–3 months later).

**Keywords:** testicles, gonads, mating season, sperm, feeding, body weight

## Introduction

The wild boar (*Sus scrofa*), is currently one of the most widely discussed large mammals of Europe and other certain areas of the world. The main reason for the interest in wild boars is the permanent and rapid increase in their population during recent decades (Massei et al. 2015) and the subsequent conflicts with the requirements of modern human society. These conflicts are reflected in, e.g. damage to agricultural crops, negative effects on environment diversity, and the spread of parasites and diseases (e.g. African Swine Fever, Hepatitis E virus).

Consequently, a great deal of attention is also paid to the factors contributing to their high reproduction rates (Apollonio et al. 2010). Significant factors include: the disproportionate social structure of the population (there are considerably more female than male boars older than 2 years), easy access to a substantial amount of quality food throughout the year, favourable climate, and also a shift in the reproductive strategy of boars, which have begun to reproduce en masse in the first year of their lives (Oja et al. 2014).

The wild boar is seasonally polyestrous, and, as the mating season of current populations is considerably long, piglets can be born at virtually any time (Orłowska et al. 2013). Nevertheless, it can be stated that most females reproduce during the primary reproductive season from November to March (Mauget 1972). The social structure of wild boar populations over the course of the year is a dynamic system. Family groups formed by old sows, their adult daughters and young piglets of both sexes constitute its foundation. Adult males, which live by themselves, join the groups for reproduction seasons (Truvé and Lemel 2003). Young males leave their family packs when they are approximately one year old and form their own packs outside of the family groups. The mating system is commonly described as polygynous (Fernández-Llario et al. 1999), some authors, however, describe it as polygynandrous or promiscuous (Pérez-González et al. 2014) in view of evidence of multiple paternity within litters (Delgado-Acevedo et al. 2011).

Females begin reproducing when they are approximately 7 months old and weigh around 20 kg, with these parameters depending largely on the availability of food (e.g. Gethöffer et al. 2007). It is not clear to what extent these young and morphologically immature females are capable of mating with strong adult boars, and how reproductively mature similarly aged males are.

Reproduction ability is determined by a number of factors influencing the animal in the provided environment; it is directly tied to its physical development. While females need to be sexually mature, as well as be adequately physically developed, and have sufficient fat reserves in order to take part in active reproduction, the reproductive ability of a young male is determined mainly by the development of his gonads and their capacity for producing viable sperm. In recent decades, young females have begun to reproduce en masse, it is therefore likely that environmental conditions have the same effect on males, which should be capable of fertilizing females of the same age (Murta et al. 2013).

The aim of this study was to assess the onset of puberty and sexual maturity in the wild boar males with regard to age, physical size and environmental conditions on the basis of testicle development and sperm production.

## **Materials and Methods**

The sexual maturity of males was assessed by analysing their reproductive organs. Samples were collected from wild boars, killed in hunts in different parts of the Czech Republic from November to January 2014 and 2015. Areas were divided into three groups according to environmental quality during the whole year (see Table 1).

Males were weighed before (liveweight) and after evisceration, their age was determined from tooth eruption and wear (Briedermann 1965; Matschke 1967; Boitani and Mattei 1992), and body length was measured to the nearest millimeters (distance of snout-tail). In order to minimize errors, all determining and measuring were performed by the same person. After that, the testes with their epididymides were removed and frozen until the time of the analysis. The excisional incisions were made by transecting the ejaculatory duct, the was deferens, 10 cm from the epididymis.

After defrosting at room temperature (20 °C), both testes with epididymides were stripped of excess tissue and the length and width of the each testis and its epididymis was determined to the nearest 0.01 mm (selected parameters from Věžník et al. 2004) and the weight of each testis with and without the epididymis was determined to the nearest 0.01 g. Testicular volume was calculated using the following formula (Bekaert et al. 2012):  $\text{Volume} = \text{length} \times \text{width}^2 \times (\pi/6)$ . The gonadosomatic index (GSI) was calculated using the following formula (Barber and Blake 1991):

$$\text{GSI} = \text{testis weight} / \text{body weight} \times 100.$$

The testes were cut in 3 places – the head, body, and tail of each epididymis – and the imprinting preparations were placed on microscope slides. Subsequently, the presence or absence of sperm was determined under a microscope at x300 magnification.

All biological material was handled in accordance with the relevant veterinary and health directives and was disposed of adequately.

All analyses were performed in the R software (R Development Core Team, 2008):

1. Modelling individual relationships between body parameters and environment quality: Individual relationships were modelled using generalized linear models and log-linear regression. Multiple comparisons were carried out using a likelihood-ratio test.
2. Model of the relationship between GSI and body weight: Various models were compared in performance terms by means of nested Monte Carlo cross-validation with 10000 iterations. Tested models included various penalized polynomial regressions (LASSO, Ridge and Elastic Net Regularization) and 21 different sigmoid functions implemented in the drc package (Ritz et al. 2015) – these were included on the basis of visual assessment of the data. Mean cross-validated error served as a criterion for the final model selection.
3. Complex models: The variable selection problem was addressed by the Elastic net algorithm implemented in the glmnet package (Friedman et al. 2010), where the regularization parameter lambda was determined through cross-validation. Hyperparameters optimization and model selection was performed via nested Monte Carlo cross-validation with 10000 iterations. The

final model was selected based on mean cross-validated error. In the case of modelling the continuous response variable – the testicle weight – the forecast accuracy was expressed by the mean absolute percentage error (MAPE). In the case of logistic regression – modelling the probability of sperm presence – the criterion for model selection was the misclassification rate.

## Results

Altogether, the reproductive organs of 145 males from 21 locations were analyzed. The locations were divided into 3 regions by the quality of the environment (Table 1). As mostly piglets in the first year of their life (81%) were analyzed, the age structure of the males was unbalanced. Adult males accounted for 11% and half of these were males aged 2–3 years. There were only 7 fully adult males older than 3 years (Table 2). The body weight ranged from 11 to 60 kg in piglets, from 62 to 102 kg in young adults, and from 84 to 145 kg in adults. In all dead boars, this parameter seemed to be closely correlated with age ( $r = 0.86$ ;  $P < 0.001$ ), with the biggest correlation apparent in piglets ( $r = 0.67$ ;  $P < 0.001$ ). The proportion of internal organ weight to the weight of a live boar ranged from 1/4 in piglets to 1/6 in adults ( $r = -0.49$ ;  $P < 0.001$ ), which is related to the development of musculature and skeleton during the process of morphological and physiological maturation. Table 3 shows an overview of the measured physical parameters.

Body length depended the most on body weight and less on age. There was strong relationship between body length and body weight:  $r = 0.88$ ;  $P < 0.001$  (all cases) and  $r = 0.81$ ;  $P < 0.001$  (piglets). A significant relationship was also found between body length and age:  $r = 0.75$ ;  $P < 0.001$  (all cases) and  $r = 0.67$ ;  $P < 0.001$  (piglets).

### Basic Characteristics of Reproductive Organs

The total volume of gonads (both testes) ranged from 41.4 mm<sup>3</sup> in piglets to 598.7 mm<sup>3</sup> in adult males. The highest value was measured in a male aged 6 years; the volume of testes was 903.6 mm<sup>3</sup> with the weight of one testicle a little over 250 g (0.5 kg including epididymis). The determined parameters of the gonads are detailed in Table 4.

Close correlations were discovered between testicular weight and body weight ( $r = 0.94$ ;  $P < 0.001$ ) and also the average testicle length and body length ( $r = 0.88$ ;  $P < 0.001$ ). Differences between the left and right testicle in volume, weight, and measurements were not observed ( $P < 0.001$ ). The measured physical parameters and dimensions of the testes correlated at the values of  $r = 0.7–0.8$  ( $P < 0.001$ ). On average, the ratio of gonad weight to body weight (GSI) was  $0.14 \pm 0.13\%$  (see Fig. 1). The relationship between GSI and body weight was best explained by the following Weibull model:



$$GSI(\text{body\_weight}) = 0.056c + (0.421d - 0.056c)\exp(-\exp(3.637b(\log(x) + \log(51.442e))))$$

The formula implies that the fastest growth of GSI occurs for the body weight of 51.44 kg, which corresponds to approximately 11 months of age.

### The Influence of Environment Quality on Physical Development and Reproductive Organs

Due to insufficient data for adult boars, environment influence was only evaluated in piglets. Environment quality significantly affected the growth of piglets in the first year of their lives and the development of their reproductive organs. GSI, body weight and body length (Fig. 2) of males living in POOR quality environments were significantly lower compared with males living in GOOD and MODERATE quality environments ( $P < 0.001$ ). There was also a significant difference in body weight between boars living in GOOD and MODERATE environments ( $P < 0.001$ ).

The environment affected the GSI values of piglets significantly (see Fig. 3). In GOOD environments, despite higher body weight, testes were relatively bigger than in other environments (GSI in GOOD e. - 0.13%; MODERATE e. - 0.10%, and POOR e. - 0.05%). The differences in GSI between locations were caused by testicular weight ( $r = 0.93$ ;  $P < 0.001$ ) to a higher extent than by body weight ( $r = 0.81$ ;  $P < 0.001$ ). In high quality environments, boars grow and sexually mature faster, so their testes were significantly more developed. The most notable connection between the acquired data about testes and body parameters was observed between body weight and testicular length ( $r = 0.67$ ;  $P < 0.001$ ).

Sperm was not observed in piglets younger than 5 months. In piglets aged 6–7 months, sperm was observed in 63% of piglets living in GOOD and MODERATE environments, but only in 17% of piglets from POOR environments. Every piglet aged 8 months and living in GOOD or MODERATE conditions had sperm in its testes, while piglets in POOR conditions had sperm only in 83% of cases (100% from 9 months on). Every piglet weighing 29 kg and more already had sperm in its testes. This corresponds to 23 g in gonad weight (GSI = 0.08%); sperm was individually observed starting at 8 g (the average weight of one testicle was 4 g, see Table 4). The final selected model of probability of sperm occurrence with the highest accuracy (92%) had the following formula:

$$\text{Sperm\_presence}(\text{body\_weight}, \text{testicle\_length}, \text{testicle\_weight}) = 0.164\text{body\_weight} + 0.013\text{testicle\_length} + 0.041\text{testicle\_weight} - 18.406$$

In addition, it can be concluded that the presence of sperm is more dependent on body weight than on age (see Fig. 4).



## Discussion

This study complements findings from the field of wild boar reproductive biology; while females have been studied extensively, there are few studies focusing on males. From an ecological point of view, its reproductive strategy is somewhere between r- and K-selection; the boar is able to reach high population density in a very short period of time (Frauendorf et al. 2016). This is determined by the size of the litter, positively influenced by high precipitation and temperatures in the summer, as well as the higher mast yield of oak, and also, indirectly, by the climate, which affects the weight of the mother through nutrition. The weight of the mother and the entire population is also supported by agricultural policy oriented towards extensive production of energy crops (maize, rapeseed or grain; e.g. Cahill et al. 2003; Herrero et al. 2006) and supplementary feeding from hunters (Oja et al. 2015). This way, the boar never feels nutritionally deprived, not even out of growing seasons (Oja et al. 2014). Unless it is burdened with significant health problems or other types of stress, the increase in average weight and body frame size can continue undisturbed, depending on environmental conditions (especially energy-rich food sources). It is different in males and females. Pedone et al. (1991) and Gallo Orsi et al. (1995) discussed the weight differentiation between sexes under 12 months of age, when the males invest all their energy into growth, while females must also invest it in reproduction, causing them to grow slower. Ježek et al. (2011) also states that the influence of location as a factor affecting morphometric parameters is very important in boars in their first year of life. This factor also proved to be significant in the present study focused on males. In a high-quality environment where boars were not stressed by hunts over the course of the year and had enough rest, shelter and nutrition, they reached larger body sizes and higher weights sooner than boars in environment with fewer resources (esp. with limited availability of energy-rich nutrition) and generally more stressful environments. An important role is also played by wild boar diseases, which may affect the growth and overall form of piglets in particular. As a result of their organs struggling with infection, they may fall behind in growth (Patra et al. 2013). Forejtek and Chroust (2010), for example, found a 94% prevalence of metastrongylosis in boars caught in the Czech Republic. Therefore, it is highly probable that any of the examined boars were infected with metastrongylid lungworms. However, evaluating the state of their health was not the aim of this study. In general, Pedone et al. (1995) indicate that a boar acquires 50% of its adult weight within the first 12 months and 70% of its adult weight within the first 22 months. These findings are also confirmed by the results of this study.

The average weights of the three main age groups of this study showed similar values to the ones found by Sprem et al. (2011), although they were higher than values found by Herrero and

Fernandez de Luco (2003) and Delgado et al. (2008). Using body parameters, it is possible to compare body lengths of the examined boars according to research by Ježek et al. (2011), who evaluated boars caught in several different areas of the Czech Republic, used similar age groups, and their values were very close to the values observed in the scope of this study. Similarly, they were very close to values observed in other parts of Europe (such as Germany – Gethöffer et al. 2007; and Switzerland – Hebeisen 2007).

This study assessed the dimensions of gonads and the occurrence of sperm in boars caught during common hunts. These usually take place during a time referred to as the main reproductive period of the wild boar (November-January). An effect of the shortening light phase of the day on physiological changes stimulating the reproductive function of the testes was proven not only in females, but also in males (Smital 2009). Most studies were aimed at domestic pigs kept on farms, but Kozdrowski and Dubiel (2004) state that the ejaculates of domestic pigs and wild boars are not significantly different. Pig ejaculate tested in autumn and in early winter showed a higher concentration of sperm and their total volume, as well as a higher proportion of motile sperm (Mauget and Boissin 1987; Marchev et al. 2003; Kozdrowski and Dubiel 2004; Sancho et al. 2004; Smital 2009). Schopper et al. (1984) showed the highest steroid hormone production values in autumn and early winter. Mauget and Boissin (1987) point out that testicular weight and volume, as well as testosterone concentrations in the blood, are at their highest in winter. Chinchilla-Vargas et al. (2018), on the other hand, point out changes in reproductive characteristics in domestic pigs caused by climatic phenomena and phases of the moon.

Thus, there is a correspondence between the reproductive periods of females and sperm production in males; while female reproductive activity is significantly seasonal. The ovarian cycles of females can be interrupted due to food shortages in winter, but also due to, e.g. high summer temperatures (Thibault et al. 1966; Peltoniemi et al. 1999; Tummaruk et al. 2000). It is a time when follicles do not mature on the ovaries of the wild sow and fertilizable eggs are not released. According to the study conducted by Schopper et al. (1984), the libidos of domestic pigs were disrupted from mid-July to mid-September; they refused to jump on the figurine which is used to collect sperm for the artificial insemination of domestic sows. Kozdrowski and Dubiel (2004) discovered an absence of copulation as early as the month of May. The maximum productivity of the testes coincides with the main reproductive period of the females (Smital 2009).

As mentioned above, many authors considered the weight of young females to be a more significant factor influencing the onset of sexual maturity in piglets than the actual

physiological age of the animal. Through analyses the occurrence of sperm in testes of young adult males, this has also been confirmed in this study. Changes in dimensions of the testes occurring as a part of their physiological development are caused by cytological and structural changes to the testes within the relevant age groups (Ogwu et al. 2009). This suggests a close relationship between testicle sizes for each age group and the spermatogenic and endocrinal activity in the testes. In the first few months, they initially exhibit slow growth as a result of the cell proliferation period (Thomas and Raja 1980). As puberty approaches, the growth accelerates due to the expansion of lumen and thickening of the walls of seminiferous tubules. After reaching their sexual maturity, the growth slows slightly due to an increase in the volume of connective tissue (Schinckel et al. 1983; Assis Neto et al. 2003; Murta et al. 2013). This accelerated growth in puberty and the post-pubertal period is related to an increase in the volume of Sertoli cells and the mitotic division of reproductive cells in seminiferous tubules, which leads to the formation of primary spermatocyte out of spermatogonia. Environment quality has been proven to cause an earlier onset of sexual maturity in piglets. This is due to the piglets achieving threshold weight faster in quality environments, which is also related to the weight (and volume) of their gonads (Ogwu et al. 2009).

The ratio of body and testicular weight was initially more or less constant; this was followed by rapid growth starting at month 8 and peaking during month 10, which could be caused by impending puberty, as described by Murta et al. (2013) and Ferreira et al. (2004). After that, the growth gradually slowed and reached constant values again. GSI growth is represented by a sigmoid curve. The acquired GSI values corresponded to the findings of similar studies of boars of comparable ages and in comparable seasons. Almeida et al. (2006) state that GSI fluctuates during rutting season (November/January). In males of a Brazilian population of *Sus scrofa scrofa* aged around 10 months, these authors found a GSI of 0.3% (which corresponds to the present average value acquired from young adults). The high correlations found between gonad parameters and the weight/age of the males in this study have already been described in both domestic pigs (Thomas and Raja 1980; França and Cardoso 1998; França 2005) and wild boars (Šprem et al. 2011). Domestic pigs exhibit higher GSI values compared to wild boars. Almeida et al. (2006) think this is caused by the selective reproductive process on farms, which leads to an increase of the effectiveness of Sertolli cells, or an increase in total testicular weight. The weight threshold for sperm occurrence in the testes was 29 kg of live weight, which corresponds to 6 months of age. This observation does not match the findings of Mauget and Boissin (1987), who observed the presence of spermatozoa in the epididymes of boars, from Midwestern France, starting at 10 months of age, with an average testicular weight of 53 g.

However, our observation does correspond to weight threshold for sperm occurrence (30-35 kg) observed by Mauget and Boissin (1987). The correlation coefficient between testicular and body weights was very high in comparison to other studies (Mauget and Boissin 1987:  $r = 0.67$ ; Schinckel et al. 1983:  $r = 0.51-0.70$ ; Murta et al. 2013:  $r = 0.90$ ).

This study has proven that environmental conditions are a significant factor affecting the physical development of male wild boars, more specifically the growth rate of their body frames and the onset of sexual maturity. In an environment with sufficient food, rest, and shelter, boars grow faster and enter puberty at an earlier age. In environments with hunters and fewer resources, the boars are exposed to long-term stress, which leads to slower body and testicular growth, as well as the production of sperm at a later age (approx. 2–3 months later).

### **Acknowledgements**

This study was supported by the Specific University Research Fund of the FFWT Mendel University in Brno, Grant No. LDF\_VP\_2016023. Spaces for laboratory analyses provided by Department of Morphology, Physiology and Animal Genetics, and Department of Animal Breeding, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno. We also thank Zuzana Rečková for help with laboratory analyses.

### **References**

- Almeida FFL, Leal MC, França LR 2006: Testis morphometry, duration of spermatogenesis, and spermatogenic efficiency in the wild boar (*Sus scrofa scrofa*). *Biol Reprod* **75**: 792-799
- Apollonio M, Andersen R, Putman R (eds.) 2010: European ungulates and their management in the 21st century. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom
- Assis Neto AC, Melo MIV, Carvalho MAM et al. 2003: Quantificação de células dos túbulos seminíferos e rendimento da espermatogênese em cutias (*Dasyprocta aguti*) criadas em cativeiros. *Braz. J Vet Res Anim Sci* **40**: 175-179
- Barber BJ, Blake NJ 1991: Reproductive physiology. In: Shunway S (ed.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, Amsterdam: 377-409
- Bekaert KM, Aluwé M, Millet S et al. 2012: Predicting the likelihood of developing boar taint: Early physical indicators in entire male pigs. *Meat Sci* **92**: 382-385
- Boitani L, Mattei L 1992: Ageing wild boar (*Sus scrofa* L.) by tooth eruption. In: Spitz F, Janeau G, Gonzalez G, Aulagnier S (eds.), *Ongulés/Ungulates*. SFEPM-IRGM, Paris-Toulouse, 399-402

Briedermann 1965: Les composantes de l'alimentation du Sanglier en Europe Centrale. Rapports di VIIème de l'Union des Biologistes du Gibier. Belgrade Ljubljane: 207-213

Cahill S, Llimona F, Gràcia J 2003: Spacing and nocturnal activity of wild boar (*Sus scrofa*) in a Mediterranean metropolitan park. *Wildl Biol* **9**: 3-13

Chinchilla-Vargas J, Kerns K, Rothschild MF 2018: Lunar and climatic effects on boar ejaculate traits. *Anim Reprod Sci* **193**: 117-125

Delgado R, Fernández-Llario P, Azevedo M et al. 2008: Paternity assessment in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*) – Are littermates full-sibs? *Mammal Biol* **73**: 169-176

Delgado-Acevedo J, Zamorano A, DeYoung RW et al. 2011: Promiscuous mating in feral pigs (*Sus scrofa*) from Texas, USA. *Wildl Res* **37**: 539-546

Fernández-Llario P, Carranza J, Mateos-Quesada P 1999: Sex allocation in a polygynous mammal with large litters: the wild boar. *Anim Behav* **58**: 1079-1108

Ferreira ACS, Guimarães DAA, Luz-Ramos RS et al. 2004: Reproductive developmental of male agouti (*Dasyprocta* sp.) raised in captivity determined by quantitative analysis of spermatogenic cells. *Rev Bras Reprod Anim* **28**: 196-201

Forejtek P, Chroust K 2010: Great pulmonary nematodes for our hoofed game. *Myslivost* **6**: 32-34

França LR, Cardoso FM 1998: Duration of spermatogenesis and sperm transit time through the epididymis in the Piau boar. *Tissue Cell* **30**: 573-582

França LR, Avelar GF, Almeida FF 2005: Spermatogenesis and sperm transit through the epididymis in mammals with emphasis on pigs. *Theriogenology* **63**: 300-318

Frauendorf M, Gethöffer F, Siebert U, Keuling O 2016: The influence of environmental and physiological factors on the litter size of wild boar (*Sus scrofa*) in an agriculture dominated area in Germany. *Sci Total Environ* **541**: 877-882

Friedman J, Hastie T, Tibshirani R 2010: Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent. *J Stat Soft* **33**: 1-22

Gallo Orsi U, Macchi E, Perrone A, Durio P 1995: Biometric data and growth rates of a wild boar population living in the Italian Alps. *IBEX JME* **3**: 60-63

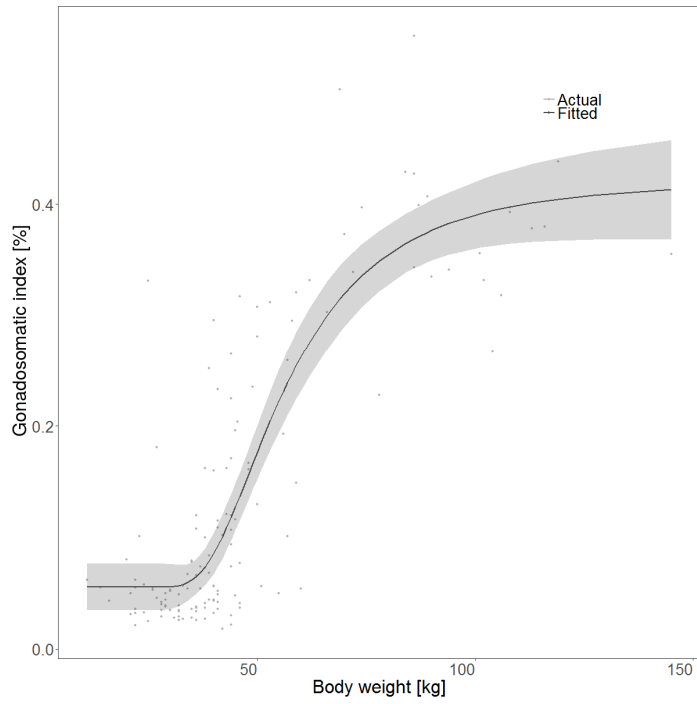
Gethöffer F, Sodeikat G, Pohlmayer K 2007: Reproductive parameters of wild boar (*Sus scrofa*) in three different parts of Germany. *Eur J Wildl Res* **53**: 287-297

Hebeisen C 2007: Population size, density and dynamics, and social organization of wild boar (*Sus scrofa*) in the Basin of Geneva. [PhD. Thesis.] University of Neuchâtel, Geneva

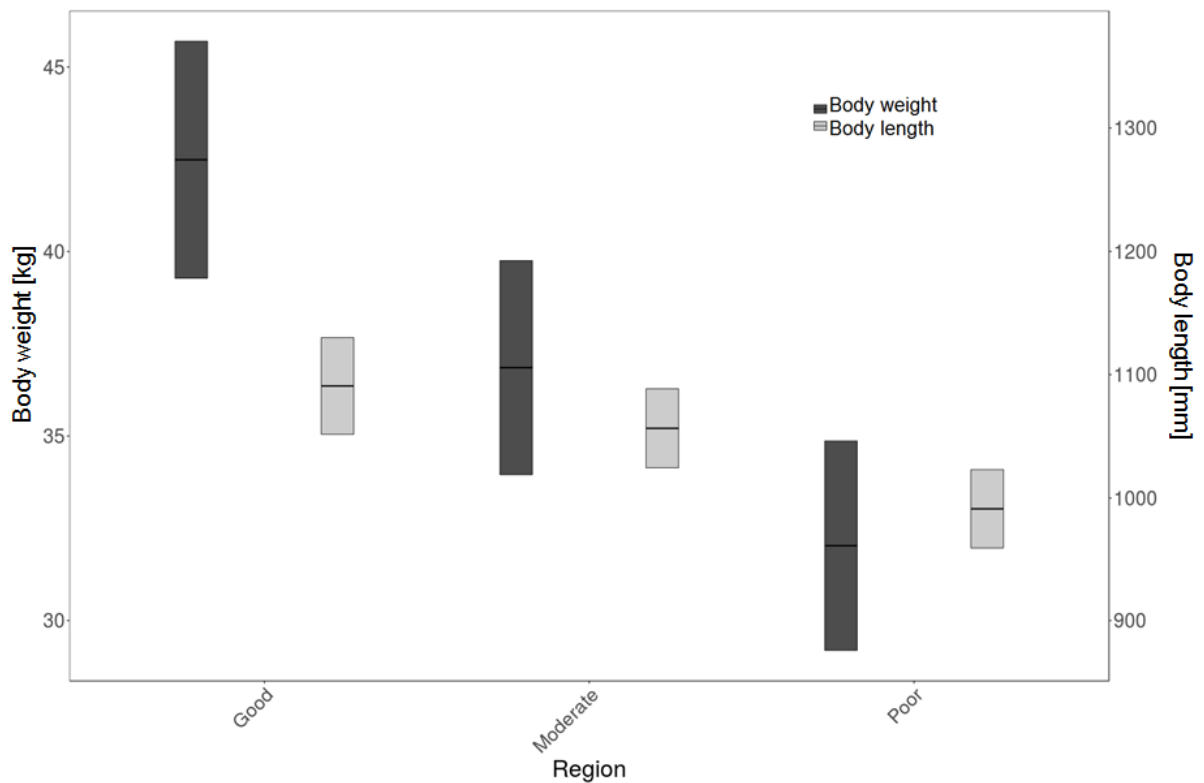
Herrero J, Fernández de Luco D 2003: Wild boars (*Sus scrofa* L.) in Uruguay: Scavengers or predators? *Mammalia* **67**: 485-491

- Herrero J, García-Serrano A, Couto S et al. 2006: Diet of wild boar *Sus scrofa* L. and crop damage in an intensive agroecosystem. *Eur J Wildl Res* **52**: 245-250
- Ježek M, Štípek K, Kušta T et al. 2011: Reproductive and morphometric characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) in the Czech Republic. *J For Sci* **57**: 285-292
- Kozdrowski R, Dubiel A 2004: The effect of season on the properties of wild boar (*Sus scrofa* L.) semen. *Theriogenology* **80**: 281-289
- Marchev Y, Apostolov A, Szostak B 2003: Season and age effect on sperm quality and quantity in boars from the Danube White breed. *Bulg J Agric Sci* **9**: 703-706
- Massei G, Kindberg J, Licoppe A et al. 2015: Wild boar populations up, numbers of hunters down? A review of trends and implications for Europe. *Pest Manag Sci* **71**: 492-500
- Matschke GH 1967: Ageing European wild hogs by dentition. *J Wildl Manag* **31**: 109-113
- Mauget R, Boissin J 1987: Seasonal changes in testis weight and testosterone concentration in the European wild boar (*Sus scrofa* L.). *Anim Reprod Sci* **13**: 67-74
- Mauget R. 1972: Observations sur la reproduction du sanglier (*Sus scrofa* L.) a l'état sauvage. *Ann Biol Anim Bioch Biophys* **12**: 195-202
- Murta DVF, Costa DS, Santos MD et al. 2013: Corporal and testicular biometry in wild boar from birth to 12 months of age. *Rev Ceres* **60**: 1-6
- Ogwu SOC, Onyimonyi AE, Foleng H 2009: Testicular development and relationship between body weight, testis size and sperm output in tropical boars. *Afr J Biotechnol* **8**: 1165-1169
- Oja R, Kaasik A, Valdmann H 2014: Winter severity or supplementary feeding – which matters more for wild boar? *Acta Theriol* **59**: 553-559
- Oja R, Zilmer K, Valdmann H 2015. Spatiotemporal Effects of Supplementary Feeding of Wild Boar (*Sus scrofa*) on Artificial Ground Nest Depredation. *PLoS ONE* **10**: e0135254
- Orłowska L, Rembacz W, Florek C 2013. Carcass weight, condition and reproduction of wild boar harvested in north-western Poland. *Pest Manag Sci* **3**: 367-370
- Patra G, Prasad H, Lalsiamthara J et al. 2013: Lungworm infestation in piglets in different parts of Mizoram, India. *J Parasitol* **8**: 37-44
- Pedone P, Mattioli L, Mattioli S 1995: Body size and growth patterns in wild boars of Tuscany, central Italy. *IBEX JME* **3**: 66-68
- Pedone P, Mattioli L, Mattioli S et al. 1991: Body growth and fertility in wild boars of Tuscany, Central Italy. In: Csanyi S, Ernhaft J (eds.), *Transactions of the XXth IUGB Congress Part II*. University of Agricultural Sciences, Godöllö: 604-609
- Peltoniemi OAT, Love RJ, Heinonen M et al. 1999: Seasonal and management effects on fertility of the sow: A descriptive study. *Anim Reprod Sci* **55**: 47-61

- Pérez-González J, Costa V, Santos P et al. 2014: Males and females contribute unequally to offspring genetic diversity in the polygynandrous mating system of wild boar. *PLoS ONE* **9**: e115394
- R Development Core Team 2008: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Ritz C, Baty F, Streibig JC, Gerhard D 2015: Dose-Response Analysis Using R. *PLoS ONE* **10**: e0146021
- Sancho S, Pinart E, Briz M et al. 2004: Semen quality of postpubertal boars during increasing and decreasing natural photoperiods. *Theriogenology* **62**: 1271-1282
- Schinckel A, Johnson RK, Pumfrey RA, Zimmerman DR 1983: Testicular growth in boars of different genetic lines and its relationship to reproductive-performance. *J Anim Sci* **56**: 1065-1076
- Schopper D, Gaus J, Claus R, Bader H 1984: Seasonal changes of steroid concentrations in seminal plasma of a European wild boar. *Acta Endocrinol (Copenhagen)* **107**: 425-427
- Smital J 2009: Effects influencing boar semen. *Anim Reprod Sci* **110**: 335-346
- Sprem N, Piria M, Florijančić T et al. 2011: Morphometrical analysis of reproduction traits for the wild boar (*Sus scrofa* L.) in Croatia. *Agric Conspec Sci* **76**: 263-265
- Thibault CM, Courot M, Martinet L et al. 1966: Regulation of breeding season and oestrus cycles by light and external stimuli in some mammals. *J Anim Sci* **25**: 119-139
- Thomas UP, Raja CKSV 1980: Postnatal development of testis and epididymis of Large White Yorkshire boars. *J Vet Sci* **2**: 277-286
- Truvé J, Lemel J 2003: Timing and distance of natal dispersal for wild boar *Sus scrofa* in Sweden. *Wildl Biol* **9**(suppl): 51-57
- Tummaruk P, Lundeheim N, Einarsson S, Dalin AM 2000: Reproductive performance of purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire sows I. Seasonal variation and parity influence. *Acta Agric Scand* **50**: 205-216
- Věžník Z, Švecová D, Zajícová A, Přinosilová P 2004: Repetitorium: spermatology and andrology and sperm analysis methodology. Veterinary Research Institute, Brno

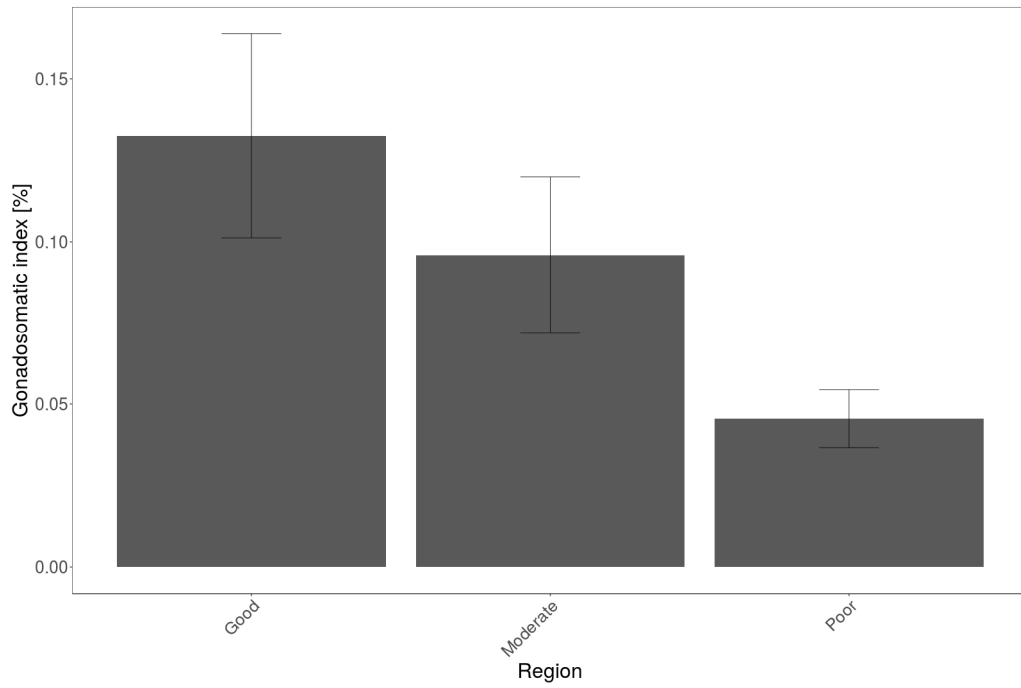


**Fig. 1.** Relationship between body weight and gonadosomatic index in wild boar ( $r^2 = 0.66$ ;  $p < 0.001$ )

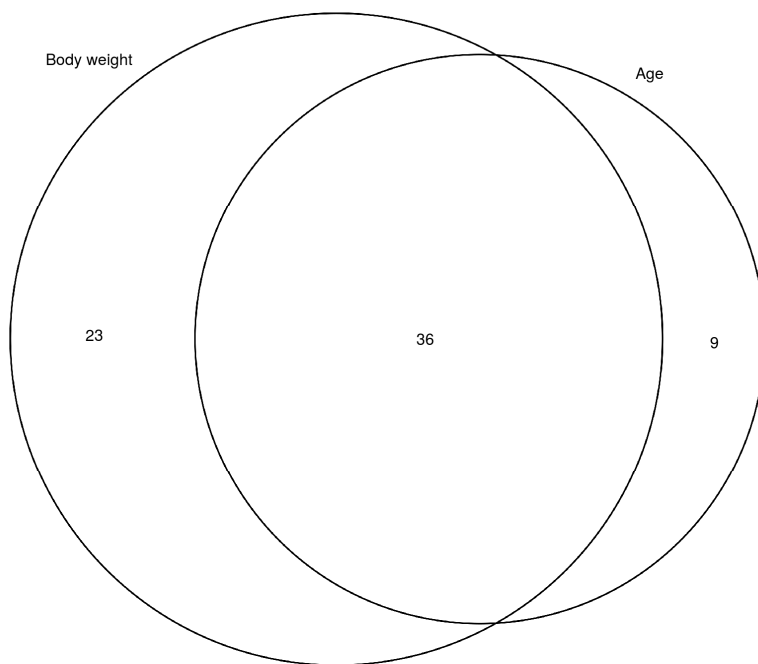


**Fig. 2.** Body weight and length of piglets 5-11 months old depending on the quality of the environment





**Fig. 3.** Gonadosomatic index of piglets 5-11 months old depending on the quality of the environment



**Fig. 4.** Percentage of variability in sperm presence explained by body weight, age and both

**Table 1.** Characteristics of groups of localities by the environmental quality

Environment	Level of food	Details
GOOD	Excellent	Year-round availability of quality food (e.g. acorns, beechnuts, maize, wheat, barley and supplementary feeding), hunting only on common hunts in the autumn
MODERATE	Mean	Average feeding hunting grounds (mixed forests, small agricultural fields), year-round hunting
POOR	Poor	Year-round unavailability of food (absence of fruitive trees, agricultural crops and supplementary feeding), year-round hunting

**Table 2.** Numbers and basic characteristics of wild boar males

Class of age	Age (months)	Indd <sup>1</sup> (n)	Average body weight (Kg)	Proportion of viscera (% body weight)	GSI <sup>2</sup> (%)	Individuals with sperm (%)
Piglets	1–12	118	37.3 ± 10.1	25.5 ± 5.2	0.09 ± 0.08	66.9
Yearlings	13–24	11	79.0 ± 13.1	20.8 ± 3.0	0.36 ± 0.07	100.0
Adults	24<	16	105.8 ± 16.8	17.2 ± 3.9	0.39 ± 0.07	100.0

<sup>1</sup> – Individuals; <sup>2</sup> – Gonadosomatic index

**Table 3.** Average body weight and length of wild boar males

Age (months)	(n)	Body weight (kg)	Body length (mm)
2	1	11.0	720.0
3	1	14.0	790.0
5	6	25.7 ± 4.3	925.3 ± 38.9
6	33	32.5 ± 7.3	990.6 ± 72.3
7	18	33.8 ± 8.9	997.1 ± 133.1
8	21	38.3 ± 5.1	1086.7 ± 72.2

9	21	43.5 ± 8.2	1124.7 ± 65.2
10	12	48.1 ± 8.6	1128.4 ± 81.9
11	3	51.5 ± 5.6	1175.0 ± 25.5
12	2	55.0 ± 0.8	1176.7 ± 70.4
13–24	11	79.0 ± 13.7	1372.0 ± 84.9
24<	16	105.8 ± 17.3	1428.4 ± 121.5

**Table 4.** Average testicular parameters of wild boar males

Age (months)	Indd <sup>1</sup> (n)	Indd <sup>1</sup> with (%)	Testicles length (mm)	Testicles width (mm)	Testicles weight (g)	Epididymes weight (g)	Testicles volume (cm <sup>3</sup> )
2–5	8	0.0	29.5 ± 4.2	16.3 ± 2.1	5.1 ± 1.8	2.7 ± 0.7	4.2 ± 1.5
6	33	42.4	32.3 ± 4.6	19.6 ± 3.2	8.3 ± 7.0	4.1 ± 1.7	6.9 ± 3.5
7	18	41.2	34.5 ± 10.4	21.0 ± 6.2	9.7 ± 8.4	5.7 ± 6.7	10.2 ± 13.1
8	21	95.2	38.4 ± 9.7	23.5 ± 6.4	14.5 ± 10.9	5.6 ± 3.8	13.4 ± 11.2
9	21	95.5	52.4 ± 14.4	33.4 ± 9.1	34.2 ± 22.2	14.0 ± 9.6	37.1 ± 26.9
10–11	15	100.0	57.0 ± 17.1	36.1 ± 12.3	44.4 ± 28.9	16.3 ± 11.5	49.9 ± 40.0
12–16	4	100.0	73.5 ± 17.2	48.9 ± 15.1	89.5 ± 61.4	33.0 ± 18.2	108.7 ± 75.2
17–24	9	100.0	92.0 ± 13.0	61.1 ± 8.5	141.6 ± 38.7	68.8 ± 28.8	187.2 ± 71.4
25≤	16	100.0	109.3 ± 9.2	71.8 ± 6.8	208.6 ± 52.3	122.7 ± 42.0	299.4 ± 82.0

<sup>1</sup> – Individuals

### **Příspěvek III**

Mikulka, O. (2010). Pramenná oblast Luká a její biodiverzita. *Živa* sv. (4)2010, 188-189. ISSN 0044-4812



## Pramenná oblast Luká a její biodiverzita

**V nejsevernější výspě Dražanské vrchoviny v blízkosti obce Luká se nachází pramenná oblast potoka Šumice (povodí Moravy), která je významným krajinným prvkem tvořícím přirozeně stabilní vodní tok. Tato vodoteč, ačkoli je v povědomí snad jen místních obyvatel a znalců regionu, skrývá několik významných lokalit vyznačujících se nejen výskytem vzácných druhů rostlin a živočichů, ale především přítomností ekologicky stabilních koridorů, důležitých pro migraci organismů.**

Zaměříme se nejprve na pramennou oblast toku Šumice, ležící ve srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny v nadmořské výšce kolem 500 m, s průměrnou roční teplotou 7,2 °C a průměrným úhrnem srážek 571 mm ročně. Protože nikde v okolí nejsou velké podniky, továrny apod., není tato lokalita příliš zasažena škodlivými látkami, i když některé vlivy lidské činnosti jsou patrné (viz dále).

Pramenná oblast nazývaná též Luh má celkem 10 vodních toků, které se vyznačují hloubkovou erozí a většinou i značným spádem. Výjimečnost a kvalita těchto vodotečí není nijak zvláštní (nejsou to léčivé ani minerální prameny), přesto zde najdeme několik pramenů s poměrně čistou vodou, o čemž svědčí např. i nálezy

různých jepic (*Ephemeroptera*). Dalším snad všeobecným kladem je, že čím hustší, resp. rozvětvenější vodní systém, tím více umožňuje zadržování vody v krajině.

Odtok ve zdejší oblasti je spíše nízký a průtok vody značně kolísá, v suchých letních obdobích proto některé pramenné stružky vysychají. Je v nich tedy méně organismů, chybí např. ryby, žáby a druhy přímo závislé na vodě. Přesto zde bylo nalezeno hned několik druhů, jako již výše zmiňované jepice, dále pak ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*), blešivec obecný (*Gammarus pulex*) a vodule (skupina *Hydracarina*). Ta obývá hlavně stojaté vody, tedy u vodních toků slepá ramena nebo močály. Z rostlin se zde vyskytují především nárosty ruduch (*Rhodophyta*).

Zajímavou lokalitou je také soustava rybníků nedaleko obce Bohuslavice u Konic. Celkem 6 vodních nádrží (pět bylo postaveno do r. 1955 a jedna v r. 2004) tvoří stabilní krajinu s rákosovými, stromovými a převážně lenitickými ekosystémy (se stojatou vodou) s řadou vzácných druhů rostlin a živočichů. Vybudovány byly za účelem chovu ryb, to znamená, že oživení a tvorba sedimentů závisí na činnosti člověka a jeho přístupu ke krajině. Chová se zde převážně kapr obecný (*Cyprinus carpio*) a amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), ovšem díky napojenosti na lotický systém (tekoucí vody) pramenné oblasti není vyloučen výskyt dalších druhů, např. hrouzka nebo jiných, převážně tzv. plevelných ryb. Výskyt vzácných druhů živočichů, jako jsou ledňáček říční (*Alcedo atthis*), čáp černý (*Ciconia nigra*, viz obr. 2) nebo dudek chocholatý (*Upupa epops*), v částech pramenné oblasti je podpořen existencí těchto rybníků, které jsou rovněž hnízdištěm množství vodního ptactva a lokalitou pro získání přirozené potravy živočichů. Negativní, jako u většiny hospodářských rybníků, zůstává malá a během sezony kolísavá průhlednost vodního sloupce (horší v létě než v zimě a na jaře) a vysoká eutrofizace zapříčiněná množstvím ryb a způsoby hospodaření.

Břehy jsou porostlé mohutnými duby a jasanu s příměsí lísky, vrby a břízy. V bezprostřední blízkosti vody roste rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobinec (*Typha* sp.). Velmi pozitivní je, že u každého rybníka alespoň část volného břehu postupně přechází v podmáčenou louku, je zde tedy vytvořeno litorální pásmo (obr. 6). V nedávné době byla v okolí rybníků nalezena vzácná lilie zlatohlávek (*Lilium maritagon*, obr. 4).

Nejcennějším prvkem v této oblasti jsou ale populace vodního ptactva. Z jara sem přilétá labuť velká (*Cygnus olor*), která byla dříve chována v parcích a od druhé poloviny 20. stol. se šíří i ve volné krajině. Velmi zřídka lze zahlédnout i dudka chocholatého. Dalšími vzácnými druhy na této poměrně malé lokalitě je např. moták pilich (*Circus cyaneus*), ledňáček říční, čáp černý, potápka roháč (*Podiceps cristatus*). Z běžnějších druhů zde mají stabilní populaci kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), lyska černá (*Fulica atra*), polák chocholačka (*Aythya fuligula*), polák velký (*A. ferina*) a jiné obvyklé druhy.

Podle mého názoru si Bohuslavické rybníky zaslouží alespoň částečné ochranné opatření (např. jako přírodní památka nebo alespoň biocentrum), přestože jim do budoucna snad žádné přímé nebezpečí nehrozí. Pohromou však může být otevření vápencového lomu na nedaleké Paní Hoře poblíž Javoříčských jeskyní vzdálené od sud pouhých 7 km. Tato činnost pravděpodobně přinese vysokou prašnost, hluk a provoz nákladních vozidel, což může být pro tuto oblast silně degradující. O něco méně rušivým faktorem, ovšem ovlivňujícím už přímo samotný vodní ekosystém, je splach z obydlených oblastí, kde dosud není vybudována čistíčka odpadních vod.



1 Potok Šumice v blízkosti obce Luká v nejsevernější výspě Dražanské vrchoviny





Sice oproti jiným je lokalita více různorodá (meandry, močály, tůňe) a voda se po určité délce meandrujícího toku s břehovými porosty pročistí od nežádoucích látek. Je však třeba počítat s narůstajícím počtem obyvatel a jejich nároky. Navíc nikdy není možné určit, po jaké době se voda stává nezávadnou následkem střídání ročních a vegetačních období a jiných ekologických faktorů. Při orientačním měření v r. 2008 byl ve vodě zjištěn zvýšený obsah dusičnanů a fosfátů (dusičnanů více než 50 mg/l), přestože se měření provádělo ve vzdálenosti až 3 km od zdroje znečištění. Z toho vyplývá, že vybudování čističky je skutečně nutným požadavkem. Rovněž by bylo vhodné lokalitu detailně zmapovat.



Článek vychází z dat studentské práce *Hydrobiologická inventarizace lotických systémů pramenné oblasti Luká* (Mikulka 2009) oceněné v soutěži *Česká hlavička 2009*. Pozn. redakce: *České hlavičky* je projekt zaměřený na podporu talentovaných mladých lidí ze středních škol a vyšších ročníků základní školy ke zvýšení zájmu o studium technických a přírodovědných oborů ve spolupráci s projektem *Česká hlava*, s VŠE v Praze, Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR, Asociací pro mládež, vědu a techniku (AMAVET), Sdružením na podporu talentované mládeže ČR ad.

- 2 Čáp černý (*Ciconia nigra*) patří mezi vzácné obyvatelé pramenné oblasti Luká – vyhledává především lesy v blízkosti vodních toků, ale i stojatých vod.
  - 3 Slepýš křehký (*Anguis fragilis*) – typický obyvatel lesů v pramenné oblasti
  - 4 Vzácná lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*) byla v okolí Bohuslavických rybníků nalezena teprve nedávno.
  - 5 Břehy Šumice porostlé devětsílem lékařským (*Petasites hybridus*)
  - 6 Postupný přechod vody v podmáčenou louku – litorální pásmo kolem břehů rybníků zvyšuje jejich ekologickou hodnotu. Jde o prostředí vyhledávané např. k hnízdění vodních ptáků.
- Snímky O. Mikulky



#### **Příspěvek IV**

Prodělalová J., Mikšová K., Kamler J., Moutelíková R., Plhal R., Drimaj J., Mikulka O. (2018).  
Mallard as a potential source of poultry viruses. *Veterinářství*, 68(7): 497–500.





RNDr. Jana  
Prodělalová, Ph.D.,  
odborná pracovnice  
výzkumu



Mgr. Romana  
Moutelíková, Ph.D.,  
odborná pracovnice  
výzkumu

# Kachna divoká jako možný zdroj virových patogenů drůbeže

J. PRODĚLALOVÁ,<sup>1</sup> K. MIKŠOVÁ,<sup>2</sup> J. KAMLER,<sup>3</sup> R. MOUTELÍKOVÁ,<sup>1</sup> R. PLHAL,<sup>3</sup> J. DRIMAJ,<sup>3</sup> O. MIKULKA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v. v. i., Brno

<sup>2</sup>Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno

<sup>3</sup>Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita, Brno

## SOUHRN

J. Prodělalová, K. Mikšová, J. Kamler, R. Moutelíková, R. Plhal, J. Drimaj, O. Mikulka **Kachna divoká jako možný zdroj virových patogenů drůbeže**. Veterinářství 2018;68(7):497-500.

Volně žijící ptáci včetně divokých kachen představují významný rezervoár mnoha ekonomicky významných patogenů drůbeže. Střevní obsah 209 divokých kachen odlovených v září 2016 byl vyšetřen na přítomnost aviárních rotavirů (RVA, RVD, RVF a RVG), koronavirů, viru aviární chřipky, viru newcastleské choroby (*Avian paramyxovirus 1*) a původce moru kachen (*Anatid herpesvirus 1*) s využitím PCR a reverzně transkripční PCR. Pozitivní výsledky byly ověřeny sekvenací získaných ampliconů. Ve 4,8 % (n = 10/209) vyšetřených vzorků byla detekována aviární chřipka. Kmeny byly klasifikovány jako nízkopatogenní subtypy H3, H4 a H6. Původce newcastleské choroby byl zjištěn u 0,95 % (n = 2/209) vzorků. Přítomnost rotavirů, koronavirů a původce moru kachen nebyla zjištěna.

## SUMMARY

J. Prodělalová, K. Mikšová, J. Kamler, R. Moutelíková, R. Plhal, J. Drimaj, O. Mikulka **Mallard as a potential source of poultry viruses**. Veterinářství 2018;68(7):497-500.

Wild birds including mallard ducks are generally known as an important reservoir of many pathogenic viruses causing economically important diseases, which can spread to poultry. Gut content samples from 209 mallard ducks culled in September 2016 were screened for the presence of avian rotaviruses (RVA, RVD, RVF and RVG), coronaviruses, *Influenza A virus*, *Avian paramyxovirus 1* (also known as Newcastle disease virus), and *Anatid herpesvirus 1* (also known as duck plague virus or duck enteritis virus) by reverse transcription PCR/qPCR or PCR. Positive results of PCR were confirmed by direct sequencing of obtained amplicons. Within sample collection, *Influenza A virus* was detected in 4.8% of samples (n = 10/209); and classified as low pathogenic avian influenza strains belonging to the subtypes H3, H4 and H6. *Avian paramyxovirus 1* was detected in 0.95% of samples (n = 2/209). Samples were tested for the presence of rotaviruses, coronaviruses, and *Anatid herpesvirus 1* with negative results.

## Úvod

Kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) je náš nejhojnější druh kachny. Jedná se o synantropní, fakultativně migrující a velmi přizpůsobivý lovný druh, který hnízdí na celém území České republiky. Společně s dalšími druhy vodního ptactva je kachna divoká také hostitelem celé řady virových patogenů přenosných na drůbež, z nichž nejčastěji jsou zmiňovány původci chřipky drůbeže a newcastleské choroby. Populace divokých kachen však může být zdrojem dalších nálezů, jako je například mor kachen nebo rotavirové infekce.

## Influenza drůbeže

Volně žijící ptáci jsou přirozeným rezervoárem viru chřipky A (IAV, *Influenza A virus*, rod

*Alphainfluenzavirus*, čeleď *Orthomyxoviridae*). Vysoce patogenní kmeny aviární chřipky (HPAI) způsobují epizootie s typickou vysokou mortalitou zejména u drůbeže, ale také u některých druhů volně žijícího ptactva.<sup>1</sup> Nejčastěji se jedná o subtypy H5 a H7. V posledních letech však dochází ke změnám v epidemiologickém cyklu HPAI a mutacím viru umožňujícím jeho přenos na velké vzdálenosti některými druhy kachen, které virus vylučovaly výkaly a při experimentální infekci nevykazovaly příznaky onemocnění.<sup>2</sup> Naopak nízkopatogenní kmeny chřipkových virů (LPAI) běžně cirkulují v populaci, aniž by způsobovaly zjevné klinické onemocnění. LPAI mají velmi široké hostitelské spektrum, nejčastěji však bývají detekovány u vodního ptactva, obvykle se jedná o kachny, dále husy, brodivé ptáky a racky. Mezi



hostitelskými druhy však existují rozdíly v prevalenci, heterogenitě cirkulujících kmenů a schopnosti přenášet virus.<sup>3,4</sup> LPAI se primárně pomnožuje v gastrointestinálním traktu ptáků, a proto jej lze snadno detekovat ve střevním obsahu nebo výkalech.

## Newcastelská choroba

Aviární paramyxoviry (APMV, rod *Avulavirus*, čeleď *Paramyxoviridae*) patří celosvětově k ekonomicky mimořádně významným původcům virových infekcí ptáků. Nejvýznamnějším onemocněním je newcastleská choroba (pseudomor) drůbeže, způsobovaná virulentními kmeny APMV-1.<sup>5</sup> APMV včetně APMV-1 jsou relativně často detekovány v populacích volně žijících a migrujícího ptactva, za významné rezervoáry jsou považováni holubi a někteří další zástupci čeledi *Columbidae*, divoké kachny a další migrující druhy vodních ptáků, v Severní Americe také kormoráni (*Phalacrocorax auritus*).<sup>6,7</sup> APMV-1 izolované z vodního ptactva se ovšem vyznačují různou virulencí. Z kachen, racků a brodivých ptáků byly doposud izolovány málo virulentní (lentogenní) kmeny, které nezpůsobovaly klinické onemocnění. Naopak z epizootie u kormoránů byly izolovány středně a vysoce virulentní (mezogenní a velogenní) kmeny.<sup>5</sup> APMV se přenáší inhalačně nebo požitím kontaminované potravy nebo vody. To společně s relativní odolností viru ve vnějším prostředí umožňuje mezidruhový přenos mezi volně žijícími ptáky a drůbeží, pokud dochází k přímému nebo nepřímému kontaktu mezi těmito skupinami, tj. zejména v nevakcinovaných malochovech.<sup>5,7</sup>

## Mor kachen

Mor kachen (virová enteritida kachen) je onemocnění se značnou mortalitou, postihující zástupce vrubozobých (řád *Anseriformes*), zejména husy, kachny a labutě bez rozdílu věku. Je způsobené virem enteritidy kachen, který je klasifikován jako *Anatid herpesvirus 1* (rod *Mardivirus*, čeleď *Herpesviridae*). Onemocnění je rozšířeno celosvětově a migrující vodní ptactvo hraje významnou roli v jeho přenosu. Virus se přenáší horizontálně i vertikálně, z hlediska přenosu je významné vylučování výkalů.<sup>8</sup> Vzhledem k výskytu viru v populacích volně žijících vodních ptáků existuje reálné riziko jeho přenosu do nevakcinovaných chovů vodní drůbeže.<sup>9,10</sup>

## Rotaviry

Rotavirové enteritidy představují jednu z významných příčin ekonomických ztrát v chovech drůbeže, kdy v důsledku infekce gastrointestinálního traktu dochází ke snížení absorpce živin a poklesu váhových přírůstků.<sup>11</sup> Jsou často diagnostikovány u krůt, kuřat, bažantů, sporadicky také u koroptví, křepelek, holubů a velmi zřídka u kachen. V chovech drůbeže infekce probíhá pod různým klinickým obrazem, od závažných enteritid až po subklinické formy onemocnění. Často dochází ke koinfekci nebo sekundární infekci dalšími enterálními pato-

geny v souvislosti se stavem imunitního systému hostitele a zoohygienickými podmínkami v chovu.<sup>12</sup> Do skupiny ptačích rotavirů (rod *Rotavirus*, čeleď *Reoviridae*) jsou v současnosti řazeny druhy *Rotavirus A* (RVA), *Rotavirus D* (RVD), *Rotavirus F* (RVF) a *Rotavirus G* (RVG).<sup>13</sup>

Cíle studie bylo vyhodnotit výskyt vybraných virů v tuzemské populaci kachny divoké a rizika jejich potenciálního přenosu na drůbež.

## Materiál

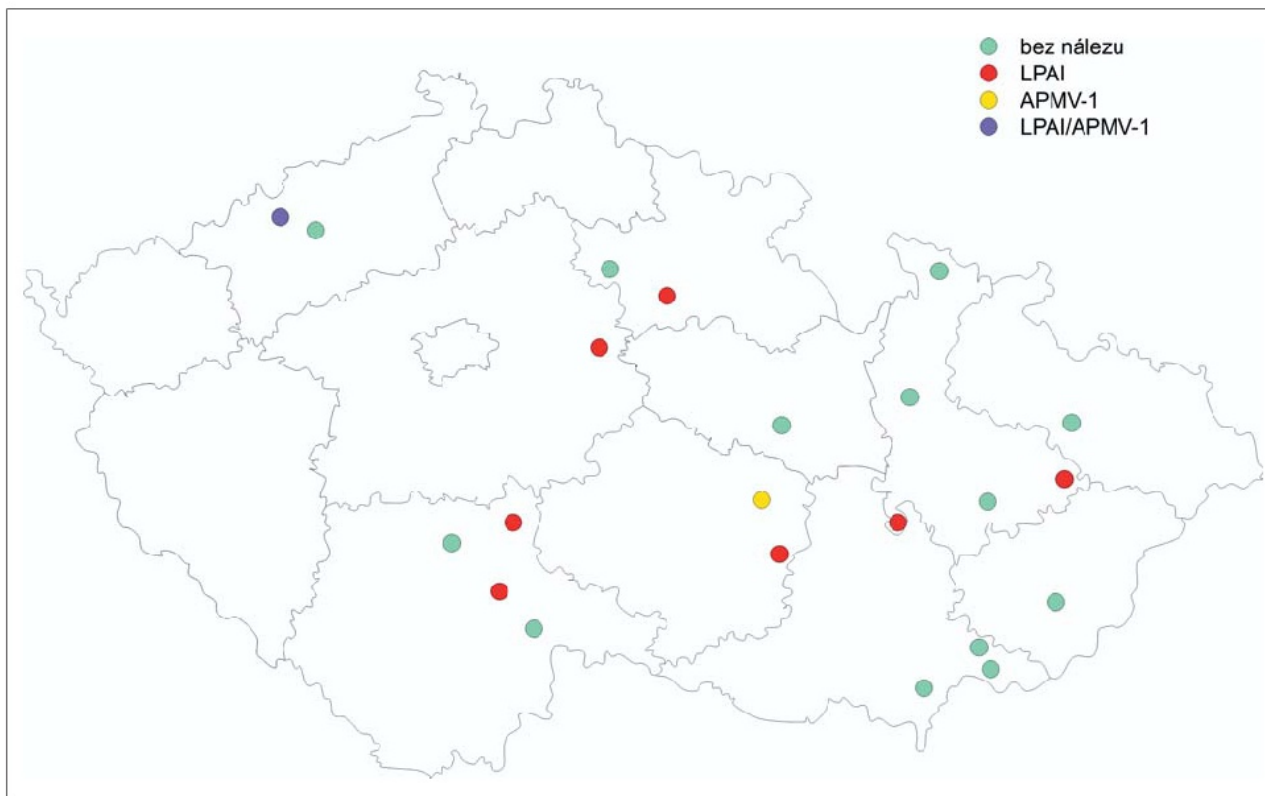
Kachny divoké (209 jedinců) byly odloveny v období od 3. do 24. září 2016 na 21 lokalitách na území České republiky. Kachny v době odlovu nejevily známky klinického onemocnění. Z každé z 20 lokalit bylo získáno deset vzorků, z toho polovinu vzorků tvořili samci a polovinu samice. Z jedné lokality bylo získáno devět vzorků (pět samců a čtyři samice). Pro detekci cílových virových patogenů byl vzorkován obsah tenkého střeva. Jako referenční byly využity virové kmeny uložené ve Sbírce zoopatogenních mikroorganismů (CAPM), ÚVVeL Brno, konkrétně CAPM V-442 (*Avian paramyxovirus 1*) a CAPM V-1 (*Influenza A virus*).

## Metody

Virové nukleové kyseliny byly extrahovány pomocí AllPrep®Power Viral DNA/RNA Kit (Qiagen) z 10% suspenze obsahu tenkého střeva kachen v pufrovaném fyziologickém roztoku. Přítomnost cílových virů byla stanovována pomocí detekce virových nukleových kyselin s využitím nested PCR pro *Anatid herpesvirus 1* nebo dvoukrokové, reverzně transkripční PCR pro rotaviry (RVA, RVD, RVF a RVG), koronaviry a APMV-1.<sup>9,12,14-17</sup> Pro přepis virové RNA do cDNA byl použit ProtoScript II First Strand cDNA Synthesis Kit (New England Biolabs) a PCR byla provedena s použitím Aptamer HotStart Master Mix (Top-Bio). Virus chřipky A byl detekován a kvantifikován pomocí jedнокrokové reverzně transkripční PCR v reálném čase.<sup>18</sup> U pozitivních vzorků byla následně provedena HA subtypizace s využitím sekvenční analýzy části genu pro hemaglutinin, což je významný povrchový protein virionu chřipky.<sup>19</sup>

## Výsledky

Ve vyšetřovaných vzorcích střevního obsahu kachny divoké metodami založenými na PCR při použití primerů detekujících genomy rotavirů (RVA, RVD, RVF a RVG), koronavirů (univerzální metoda detekce zástupců čeledi *Coronaviridae*) a herpesvirů (*Anatid herpesvirus 1*) nebyla zjištěna jejich přítomnost. Naopak virus IAV byl detekován v 38 % (n = 8/21) vzorkovaných lokalit a v 4,8 % (n = 10/209) vyšetřených vzorků. V jedné pozitivní lokalitě byl zjištěn ve třech vzorcích (n = 3/10), ve zbývajících sedmi pozitivních lokalitách se jednalo shodně o jeden pozitivní vzorek (n = 1/10). Na základě typizace založené na sekvenaci části genu pro hemaglutinin byly cirkulující kmeny klasifikovány do subtypů H3, H4 a H6, jedná se



Výsledky vyšetření v souvislosti s lokalitami odběru vzorků (poznámka popisky jsou součástí obrázku)

tedy o nízké patogenní kmeny. Ve dvou sledovaných lokalitách (9,5 %,  $n = 2/21$ ) byl detekován shodně vždy v jednom z deseti odebraných vzorků původce Newcastlešské choroby drůbeže (APMV-1). Na základě analýzy částečné sekvence (535 bp) genu pro F protein byly oba kmeny klasifikovány jako APMV-1 třída II genotypu 2. Vzhledem k tomu, že mezi kmeny byla zjištěna 99% podobnost v nukleotidové sekvenci, dá se předpokládat, že byl zachycen jeden kmen cirkulující na našem území. Oba detekované kmeny byly navíc v nukleotidové sekvenci z 99 % shodné s vakcinačním kmenem LaSota, který je řazen také do genotypu 2. V jedné sledované lokalitě byly oba výše uvedené viry, tj. nízké patogenní IAV a APMV-1, detekovány současně. Výsledky podle lokalit jsou znázorněny na obrázku.

## Diskuse

Přítomnost několika subtypů (H3, H4 a H6) LPAI v trávicím traktu divokých kachen není překvapující, protože právě tyto ptáci jsou virem infikováni velmi často a vyskytuje se u nich geneticky značně variabilní populace virových kmenů. V případě přenosu LPAI do populace drůbeže však může dojít k mutaci, vzniku vysoce patogenních kmenů a rozvoji onemocnění, které vede k vysokým ztrátám v chovech drůbeže.<sup>20,21</sup> Z hlediska možnosti přenosu onemocnění na drůbež jsou významné podzimní měsíce spojené s migrací, kdy u divokých kachen stoupá prevalence LPAI v důsledku zvýšené hustoty jedinců v migrující populaci, která navíc ve zvýšené míře obsahuje mladé, imunologicky naivní jedince. První vrchol

výskytu LPAI nastává v srpnu, epidemiologicky významnější druhý vrchol následuje v říjnu až listopadu.<sup>22</sup>

Viry newcastleské choroby drůbeže (APMV-1) se na základě nukleotidové sekvence štěpného místa v genu pro F protein dělí do dvou tříd. Do třídy I jsou řazeny viry izolované převážně z volně žijících vodních ptáků. Do třídy II, která je dále klasifikována do 18 genotypů, jsou řazeny virulentní i avirulentní kmeny, které byly izolovány z širokého spektra ptačích druhů včetně drůbeže a volně žijících vodních ptáků.<sup>5,6</sup> Oba tuzemské kmeny APMV-1 zachycené v roce 2016 u divokých kachen byly v rámci třídy II zařazeny do genotypu 2, který se vyskytuje celosvětově. Do tohoto genotypu patří také vakcinační kmen LaSota, který taktéž vykazuje 99% shodu s oběma detekovanými kmeny. Vzhledem k tomu, že genotyp 2 byl několikrát detekován u volně žijících ptáků, lze předpokládat, že v minulosti mohlo dojít k rozšíření kmenů používaných v živých vakcínách do populací volně žijících ptáků.<sup>23</sup>

Aviární rotaviry, koronaviry a původce moru kachen nebyly ve sledovaném souboru vzorků detekovány. V případě neúspěšné detekce rotavirů lze usuzovat na nedostatečnou specifitu použitých oligonukleotidových primerů, které byly primárně navrženy pro detekci příslušných druhů rotavirů hrabavé drůbeže. Sekvence rotavirů vodní drůbeže nejsou v současnosti ve veřejných databázích dostupné a proto nejsou známy ani fylogenetické vztahy mezi rotaviry vyskytujícími se u zmíněných druhů ptáků.<sup>24</sup> *Anatid herpesvirus 1* (původce moru kachen) se vyznačuje schopností způsobovat latentní infekci, kdy infikovaní jedinci virus aktivně nevyklučují, a proto jej není možné detekovat ve střevním obsahu.<sup>9</sup> Výsledky studie



provedené v sousedním Polsku však odhalily 72,7 % latentně infikovaných volně žijících vodních ptáků, převážně divokých kachen a labutí.<sup>10</sup>

## Závěr

Získané výsledky potvrzují skutečnost, že virus ptačí chřipky je běžně přítomný v prostředí, do kterého je vylučován divokými kachnami, u kterých nejsou zjevné známky klinického onemocnění. Obdobná situace byla pozorována i v případech původce newcastleské choroby drůbeže. Volně žijící ptáci včetně divokých kachen proto představují významný rizikový faktor zavlečení onemocnění do chovů drůbeže, zejména pokud jsou vybaveny venkovními výběhy. Proto je z hlediska prevence šíření obou nebezpečných nálezů zásadní zabránit přímému i nepřímému kontaktu drůbeže s volně žijícími ptáky včetně možné kontaminace krmiva a vody.

### Poděkování

Práce vznikla za finanční podpory projektů LO1218 a NAZV QJ1630210. Autoři děkují doc. MVDr. Petru Lány, Ph.D. (VFU Brno), za konzultaci v oblasti diagnostiky aviární chřipky.

### Literatura:

- CAPUAI, ALEXANDER, D. J. The challenge of avian influenza to the veterinary community. *Avian Pathol* 2006;35(3):189-205.
- VAN DEN BRAND, J. M. A., VERHAGEN, J. H., VELDHIJZ KROEZE, E. J. B. et al. Wild ducks excrete highly pathogenic avian influenza virus H5N8 (2014-2015) without clinical or pathological evidence of disease. *Emerg Microb Infect* 2018;7:67.
- VAN DIJK, J. G., B., VERHAGEN, J. H., WILLE, M. et al. Host and virus ecology as determinants of influenza A virus transmission in wild birds. *Current Opinion Viro* 2018;28:26-36.
- VERHAGEN, J. H., LEXMOND, P., VUONG, O. et al. Discordant detection of avian influenza virus subtypes in time and space between poultry and wild birds; towards improvement of surveillance program. *PLOS ONE* 2017;12:e0173470.
- DIMITROV, K. M., RAMEY, A. M., QIU, X. et al. Temporal, geographic, and host distribution of avian paramyxovirus 1 (Newcastle disease virus). *Infection, Genetics and Evolution* 2016;39:22-34.
- ALEXANDER, D. J. Newcastle disease in the European Union 2000 to 2009. *Avian Pathol* 2011;40(6):547-558.
- BROWN, V. R., BEVINS, S. N. A review of virulent Newcastle disease viruses in the United States and the role of wild birds in viral persistence and spread. *Vet Res* 2017;48:68.
- DHAMA, K., KUMAR, N., SAMINATHAN, M. et al. Duck virus enteritis (duck plague) – a comprehensive update. *Vet Quart* 2017;37(1):57-80.
- KEEL, K., STALLKNECHT, D., COBB, D. et al. The epizootology of Anatid herpesvirus 1 infection in free-flying waterfowl: a comparison of latent and active infections among native waterfowl, captive reared released ducks, and peridomestic or feral ducks. *J Wildlife Dis* 2013;49(3):486-491.
- WOZNIAKOWSKI, G., SAMOREK – SALAMONOWICZ, E. First survey of the occurrence of duck enteritis virus (DEV) in free-ranging Polish water birds. *Arch Virol* 2014;159:1439-1444.
- DHAMA, K., SAMINATHAN, M., KARTHIK, K. et al. Avian rotavirus enteritis – an updated review. *Vet Quart* 2015;35(3):142-158.
- FALCONE, E., BUSI, C., LAVAZZA, A. et al. Molecular characterization of avian rotaviruses circulating on Italian poultry flocks. *Avian Pathol* 2015;6(44):509-515.
- DEOL, P., KATTOOR, J. J., SIRCAR, S. et al. Avian group D rotaviruses: structure, epidemiology, diagnosis, and perspective on future research challenges. *Pathogens* 2015;6:53.
- DAY, J. M., SPACKMAN, E., PANTIN-JACKWOOD, M. A. Multiplex RT-PCR test for the differential identification of turkey astrovirus type 2, chicken astrovirus, avian nephritis virus and avian rotavirus. *Avian Dis* 2007;51:681-684.
- OTTO, P. H., AHMED, M. U., HOTZEL, H. et al. Detection of avian rotaviruses of groups A, D, F a G in diseased chickens and turkeys from Europe and Bangladesh. *Vet Microbiol* 2012;156:8-15.
- TONG, S., CONRARDY, C., RUONE, S. et al. Detection of novel SARS-like and other coronaviruses in bats from Kenya. *Emerg Infect Dis* 2009;15(3):482-485.
- DESINGU, P. A., SINGH, S. D., DHAMA, K. et al. A rapid method of accurate detection and differentiation of Newcastle disease virus pathotypes by demonstrating multiple bands in degenerate primer based nested PCR. *J Virol Method* 2015;212:47-52.
- ROSENBERGOVÁ, K., LÁNY, P., POSPÍŠIL, Z. et al. Quantification of avian influenza virus in tissues of mute swans using TaqMan real time qRT-PCR. *Vet Med Czech* 2012;54(9):435-443.
- GALL, A., HOFFMANN, B., HARDER, T. et al. Universal primer set for amplification and sequencing of HA0 cleavage sites of Influenza A viruses. *J Clin Microbiol* 2008;46 (8): 2561-2567.
- BONFATTI, L., MONNE, I., TAMBA, M. et al. Highly pathogenic H7N7 avian influenza in Italy. *Vet Rec* 2014;174:382.
- MULATTI, P., ZECCHIN, B., MONNE, I. et al. H7N7 highly pathogenic avian influenza in poultry farms in Italy in 2016. *Avian Dis* 2017;61:261-266.
- LATORRE-MARGALEF, N., TOLF, C., GROSBOIS, V. et al. Long-term variation in influenza A virus prevalence and subtype diversity in migratory mallards in northern Europe. *Proceedings of the Royal Society B* 2014;281:e20140098.
- CARDENAS GARCIA, S., NAVARRO LOPEZ, R., MORALES, R. et al. Molecular epidemiology of Newcastle disease in Mexico and the potential spillover of viruses from poultry into wild bird species. *Applied Environ Microbiol* 2013;13(16):4985-4992.
- PAULY, M., OLUWOLE, O. O., SAUSY, A. et al. Molecular epidemiology of avian rotaviruses group A and D shed by different bird species in Nigeria. *Virol J* 2017;74:111.

**Adresa autorky:**  
**RNDr. Jana Prodelalová, Ph.D**  
**Výzkumný ústav veterinárního lékařství**  
**Hudcova 296/70**  
**621 00 Brno**  
**email: prodelalova@vri.cz**

## **Příspěvek V**

Drimaj, J., Mikulka, O., Kamler, J., Plhal, R. (2016). Co také žije mezi ploty Žofínského pralesa? *Ochrana přírody*, 71(3): 32-35. ISSN 1210-258X.



# Co také žije mezi ploty Žofínského pralesa?

Jakub Drimaj, Ondřej Mikulka, Jiří Kamler, Radim Plhal

Informace o výskytu živočichů jsou cenné pro kohokoli, kdo má o určité území zájem, ať jde o biologa, lesníka, či běžného turistu. Všechny tyto zájmy pak jsou umocněny v jedinečném prostředí, které je veřejnosti nepřístupné, je reprezentantem v celosvětové výzkumné síti CTFS-ForestGEO, jež požívá nejvyšší status

ochrany, je obehnané plotem proti poškození zvěří a již 178 let je víceméně ponecháno samovolnému vývoji. Za takovým územím přitom nemusíme ani opustit naši zemi, ale stačí navštívit Žofínský prales v Novohradských horách. O větších druzích živočichů, kteří se zde vyskytují, pojednává tento příspěvek.

Letos uplyne 178 let od doby, kdy hrabě Buquoy vyhlásil bezzásahovost Žofínského pralesa. Foto Jakub Drimaj



Unikátní prostředí Žofínského pralesa bylo rezervací vyhlášeno 31. prosince 1933, avšak centrální část pralesa byla ponechána samovolnému vývoji již 28. srpna 1838 rozhodnutím tehdejšího majitele panství, hrabětem Jiřím Františkem Augustem de Langueval Buquoyem. Jak popisuje Andreska (2006), původní rozloha 300 jiter (tj. 172,6 ha) zahrnovala jedlové a smrkové porosty s příměsí buku, javoru a jilmu, staré 150–300 let (možná i 400 let). Po smrti starého hraběte však jeho syn Jiří, na návrh taxátora Williama Rollanda a pod argumenty ekonomických predikcí, zmenšil plochu pralesa na pouhých 1,7 ha. Následně plocha kolísala, až se ustálila na současných 102,7 ha. Prales je exponován na SZ, S a SV svazích Stříbrného (936 m n. m.) v Novohradských horách, v těsné blízkosti státní hranice s Rakouskem. Nachází se v nadmořské výšce 735–825 m n. m. Klimatické poměry jsou charakterizovány horským podnebím s průměrnými ročními srážkami 800–950 mm a průměrnou roční teplotou 4,3 °C. Předmětem ochrany je dochovaný zbytek původního pralesovitého lesního porostu ponechaného samovolnému vývoji, který je ukázkou horských smíšených jedlo-bučin, jakož i fragmenty přípotočních smrčín a rašelinných smrčín a společenstva montánních lesních prameništ (dle vyhlášky č. 381/2004 Sb.). Stromové patro je z 81 % tvořeno bukem lesním (*Fagus sylvatica*), 14 % smrkem ztepilým (*Picea abies*), 4 % jedlí bělokorou (*Abies alba*), vtoušen je mj. javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a jilm drsný (*Ulmus glabra*). Kromě původních lesních porostů se v NPR zachovalo i bohaté bylinné patro typické pro společenstva smíšených lesů, řada taxonů mechů, hub a bezobratlých živočichů (např. Boublík et al. 2009, Kučera 2009). Území NPR je součástí evropské soustavy chráněných území Natura 2000, v rámci Evropsky významné lokality Žofínský prales – Pivonické skály, a spadá pod působnost Správy chráněné krajinné oblasti Blanský les.

### Plotem proti zvěři

Od 50. let 19. století do 2. světové války bylo území rezervace součástí obory s vysokou zvěří. Jak uvádí Andreska (2006), i v období po 2. světové válce byly pralesní porosty poškozovány okusem a loupáním vysokými stavy jelena evropského (*Cervus elaphus*). S ohledem na přirozenou obnovu dřevin však



V Žofínském pralesu se i přes kompletní oplocení vyskytují nemalé počty jelení zvěře. Foto Ondřej Mikulka

v 60. letech došlo k rapidnímu snížení jeho početnosti. Výsledek na sebe nenechal dlouho čekat a již při prvním šetření o cca 15 let později bylo zjištěno masivní bukové zmlazení s výškou do 3 m na 27 % plochy (Průša 2001). Aby byla zajištěna maximální ochrana nerušeného vývoje žofínského ekosystému, zejména obnovy buku a jedle, byl prales v roce 1991 po celém svém obvodu oplocen (dnes cca 4,5 km dřevěného plotu). Dnešní stav ekosystému a jeho biodiverzita mohou být výsledkem právě dlouhodobého působení zvěře, kdy vysoké stavy býložravců mohly simulovat vyhubené velké přežvýkavce a přispět tak k otevření rozsáhlých prameništ na území dnešní rezervace (Boublík et al. 2009).

### Součást celosvětové sítě ForestGEO

Centrální část Žofínského pralesa byla v roce 2012 zařazena do celosvětové sítě lesnicko-ekologického výzkumu CTFS-ForestGEO (The Center for Tropical Forest Science and Forest Global Earth Observatories; sdružené pod Smithsonian Tropical Research Institute ve Washingtonu D.C., USA), která zahrnuje všechny biomy planety. Síť v tuto chvíli tvoří 63 lesních ploch napříč 24 státy, na kterých je sledován růst a přežití více než 6 milionů stromů a 10 000 druhů, které se vyskytují na monitorovaných lesních pozemcích (STRI 2016). Žofínský prales v tomto systému reprezentuje smíšené temperátní lesy kontinentální Evropy (Žofín



Nejčastěji snímaným druhem bylo prase divoké, které v tamním prostředí nachází ideální krytové i potravní podmínky. Foto Jakub Drimaj



Forest Dynamics Plot). Reprezentativním prvkem bylo vymezeno jádro rezervace o výměře 25 ha, které je detailně monitorováno podle společných protokolů v rámci celosvětové sítě (podrobněji viz Vrška a Král 2013). Jedním z protokolů je i dokument standardizující monitoring savců pomocí fotopastí (Jansen et al. 2014). Pro účely realizace tohoto výzkumného záměru byl odborem ekologie lesa Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., (správcem plochy) osloven Ústav ochrany lesů a myslivosti Mendelovy univerzity v Brně. Ve spolupráci s koordinátorem programu, dr. Patrickem Jansenem z Wageningen University (Nizozemsko), bylo zajištěno nezbytné technické vybavení, včetně softwarové podpory. Díky spolupráci s AOPK ČR,

Správou CHKO Blanský les, byla umožněna výjimka ze zákazu vstupu do NPR. Vlastní monitoring byl uskutečněn nejen ve výzkumném jádru, ale v rámci celé oplocené části rezervace od července do října 2015. Zájmové území bylo překryto čtvercovou sítí tak, že vzniklo 36 definovaných bodů, po kterých bylo dle systému náhodných čísel rozmístováno 12 fotopastí, jež se po 30 dnech přemísťovaly. Design výzkumu byl pečlivě sladěn s požadavky protokolu tak, aby byla získaná data srovnatelná s výzkumy na jiných plochách v rámci globální sítě CTFs-ForestGEO.

### Savci

Za sledované období (26 000 foto hodin) bylo pořízeno bezmála 20 000 snímků, z nichž

po vyřídění prázdných záznamů zůstalo cca 4 300 snímků, na kterých bylo zachyceno 10 druhů savců a 8 druhů ptáků s tím, že stanovení početnosti těchto druhů nebylo možné s ohledem na nerozlišitelnost znaků jednotlivých jedinců. Bylo však možné stanovit frekvenci výskytu na snímcích, což je do značné míry ovlivněno teritorialitou či prostorovou aktivitou druhů. Nicméně i pouhé prokázání přítomnosti některých druhů v rámci oplocené části rezervace je unikátní informací. Nejčastěji snímaným druhem bylo prase divoké (*Sus scrofa*). S jistotou můžeme tvrdit, že se v rezervaci vyskytuje tlupa této zvěře, tvořená 2 bachyněmi a jejich 7 selaty a vedle ní 2 subadultní a jeden dospělý samec. Pokud tam zůstanou a budou se množit, tak již v létě 2016 může být



Jedinečný ekosystém si oblíbila i zvláště chráněná sluka lesní. Foto Jiří Kamler



v oblasti více než třicet zvířat. Tito identifikovaní jedinci se pohybovali rovnoměrně po celé oplocené části NPR, a to po napříč sledovaným obdobím. Druhým nejčastějším druhem byl jelen evropský. Ten byl reprezentován třemi laňmi, dvěma kolouchy a jedním středně starým jelenem. V trojici dominujících savců se umístil ještě smec obecný (*Capreolus capreolus*), kdy se podařilo rozlišit 3 srnce a několik srn a srnčat. S ohledem na jedinečnost pralesovitého ekosystému je území rovněž pod velkým tlakem ze strany výzkumných institucí. Dle snímků se zde často konají odborné exkurze, přičemž někteří kolegové s sebou berou i psy. Výskyt dalších savců byl velmi sporadický. Zaznamenali jsme myšice (*Apodemus* sp.), 2 exempláře ježka západního (*Erinaceus europaeus*), lišku obecnou (*Vulpes vulpes*) a veverku obecnou (*Sciurus vulgaris*). Na několika nočních snímcích ze dvou fotopastí byl také zachycen dospělý jedinec kočky, pravděpodobně s kotětem, nicméně kvůli nízké kvalitě fotografií nebylo možné na základě determinačních znaků prokázat, zda se jedná o kočku domácí, divokou, či jejich křížence.

## Ptáci

Poměrně často byli na snímcích zaznamenáváni pěvci, jako je kos černý (*Turdus merula*) či drozd zpěvný (*Turdus philomelos*), méně často pak sojka obecná (*Pica pica*), pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*) a červenka obecná (*Erithacus rubecula*). Měkkozobí byli představováni holubem hřivnáčem (*Columba palumbus*) a šplhavci datlem černým (*Dryocopus martius*). Překvapující byly také snímky se třemi jedinci sluky lesní (*Scolopax rusticola*). Studium ptačích společenstev v rezervaci se v letech 1989–1990 zabývali Bürger a Kloubec (1994), kteří zjistili 44 druhů ptáků. I když ptáci byli sledováni jen doplňkově a zcela odlišnou metodikou, než kterou použili zmiňovaní autoři, při komparaci zaznamenaných druhů je možné jejich seznam rozšířit pouze o sluku lesní.

## Vliv savců na dynamiku ekosystému

Z výše uvedeného vyplývá, že i přes plošnou mechanickou ochranu rezervace před zvěří se uvnitř zvěř vyskytuje. V okolí NPR se v lesích běžně hospodářsky vysokomenným způsobem bez dostatku krytových možností pro živočichy a bohatě strukturovaným ekosystém pralesa je tak pro zvěř vysoce atraktivním



Rezervace je obývána několika srnci, kterým při obchůzce teritorií neunikly instalované fotopasti, jež vždy pečlivě prozkoumali. Foto Radim Plhal

prostředím. K rozsáhlému poškození oplocení došlo v lednu 2007 v důsledku větrných polomů po orkánu Kyrill, kdy se do rezervace natáhla zvěř z okolních porostů. K poškození oplocení sporadicky dochází i při drobnějších polomech či vývratech. V NPR rozšířená divoká prasata zcela jistě ovlivňují obnovu buku i dalších rostlin, způsobují disturbance půdního povrchu a intenzivně konzumují houby a živočichy (více o působení prasat viz Drimaj et al. 2015). Srnčí zvěř okusem negativně působí na odrůstání bukových náletů a nárůstů, jelení taktéž okusují pupeny a terminální výhony, vytluckávají paroží a loupou či ohryzávají kůru na mladých stromech.

## Závěrem

Pro prales zásadní obnova buku, ale také ostatních dřevin, je tedy nejprve ohrožena konzumací bukovic (semen) prasaty a posléze impaktem velkých býložravců. Všechny tyto, pro vývoj relevantní, druhy zvěře se v rezervaci vyskytují, a ne ve zrovna malých počtech. Toto by měli mít na zřeteli všichni výzkumníci pracující na území NPR, Správa CHKO Blanský les jako její správce a v konečném důsledku i uživatelé okolních honiteb. Logickým výústěním této studie tedy bude zhodnocení impaktu zmiňovaných velkých savců na zdravotní stav a dynamiku jedinečného ekosystému Žofínského pralesa. Získaná data o výskytu savců v Žofínském pralesě dále poslouží při komparaci s ostatními plochami napříč celosvětovou výzkumnou sítí CTFS-ForestGEO.

Příspěvek vznikl v rámci projektu „Výchova a podpora vzdělanosti v oblasti významu lesních ekosystémů a podmínek pro zachování jejich diverzity“ financovaného z prostředků EHP fondů – Norsko, Island a Lichtenštejnsko ([www.eeagrants.org](http://www.eeagrants.org)).

### Použitá literatura:

- Andruska, J., (2006): *K dějinám Národní přírodní rezervace Žofínský prales*. Živa (5): 214–216.
- Boublík, K., Lepší, M., Lepší, P., (2009): *Vegetation of the Žofínský Prales nature reserve (Novohradské Hory Mts., Czech Republic)*. Silva Gabreta 15(2): 121–142.
- Bürger, P., Kloubec, B., (1994): *Struktura hnízdního společenstva ptáků Žofínského pralesa*. Sylvia 30: 12–21.
- Drimaj, J., Plhal, R., Kolibáč, P., (2015): *Prase divoké a jeho životní projevy kulturní krajiny*. Ochrana přírody 70(3): 6–10.
- Jansen, P., Forrester, T. D., McShea W. J., (2014): *Protocol for camera-trap surveys of mammals at CTFS-ForestGEO sites*. Smithsonian Tropical Research Institute, Center for Tropical Forest Science, 15 p.
- Kučera, J., (2009): *Bryoflora of the Žofínský Prales nature reserve (Novohradské hory Mts., South Bohemia)*. Silva Gabreta 15(2): 97–120.
- Průša, E., (2001): *Prognóza vývoje pralesovitých porostů v ČR*. Lesnická práce 80(12): 558–560.
- STRI: *Center for Tropical Forest Science [online]* citováno 18. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ctfs.si.edu>>.
- Vrška, T., Král, K., (2013): *Žofínský prales kráčí do světa*. Ochrana přírody (6): 22–23.