

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**ZMĚNA KOEFICIENTU INBREEDINGU U KONĚ PŘEVALSKÉHO
V PRŮBĚHU JEHO CHOVU**

Diplomová práce

Bc. Tereza TREFILOVÁ

Studijní program: N1501

Studijní obor: Biologie – Geografie

Forma studia: Prezenční

Olomouc 2017

Vedoucí práce: Ing. Jiří Bezdíček, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně v průběhu magisterského studia pod vedením Ing. Jiřího Bezdíčka, Ph.D. na základě uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne:

.....

Bc. Tereza TREFILOVÁ

Tímto děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jiřímu Bezdíčkovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady, jeho čas a trpělivost a také za materiály, které mi během zpracování práce poskytl. Také bych ráda poděkovala Zoo Praha za možnost zpracování tohoto tématu a využití Plemenné knihy koně Převalského.

Bibliografická identifikace:

Autor (osobní číslo): **Tereza Trefilová (R150368)**

Název práce: **Změna koeficientu inbreedingu u koně Převalského v průběhu jeho chovu**

Typ práce: **Diplomová práce**

Pracoviště: **Katedra zoologie a ornitologická laboratoř**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Bezdíček, Ph.D.**

Rok obhajoby: **2017**

Abstrakt: V diplomové práci “Změna koeficientu inbreedingu u koně Převalského v průběhu jeho chovu” je popsána historie a fylogeneze koně Převalského a počátky jeho chovu v lidské péči. V práci je zpracován vývoj populace koně Převalského v jednotlivých obdobích od roku 1901 a její vztah ke koeficientu inbreedingu. Práce se také zabývá negativními vlivy příbuzenské plemenitby na zdraví zvířat a na zvýšený podíl mrtvě narozených zvířat při vyšších hodnotách koeficientu inbreedingu.

Klíčová slova: **kůň Převalského, Plemenná kniha, Generální plemenní kniha, inbreeding, inbreední deprese**

Počet stran: **65**

Počet příloh: **0**

Jazyk: **Čeština**

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: **Tereza Trefilová**

Title: **Changing the inbreeding coefficient for Przewalski's horses during their breeding**

Type of thesis: **Diploma thesis**

Department: **Katedra zoologie a ornitologická laboratoř**

Supervisor: **Ing. Jiří Bezdíček, Ph.D.**

The year of presentation: **2017**

Abstract: The diploma thesis "Changing inbreeding coefficient in the horse of Prevalski during his breeding" describes the history and phylogeny of the horse of Prevalski and the beginnings of his breeding in human care. In the thesis, the development of the Prevalski horse population in individual periods since 1901 and its relation to the inbreeding coefficient was elaborated. The work also deals with the negative effects of animal breeding on animal health and an increased share of stillborn animals at higher inbreeding coefficient values.

Keywords: **Przewalski's horse, Studbook, the General Stud Book, inbreeding, inbreeding depression**

Number of pages: **65**

Number of inserts: **0**

Language: **Czech**

Obsah

Obsah	6
Úvod.....	8
1 Cíle práce	9
2 Literární přehled	10
3 Metodika práce.....	11
4 Pohled na historii koně Převalského.....	12
4.1 Fylogeneze koňovitých savců.....	12
4.2 Objevení koně Převalského.....	13
5 Transporty koně Převalského v počátku jeho chovu.....	15
5.1 Největší transport koně Převalského.....	16
6 Začátky chovu koně Převalského v lidské péči	17
6.1 Zakladatelské stanice chovu koně Převalského	17
6.1.1 Askania Nova.....	17
6.1.2 Halle/Saale	18
6.1.3 Gooilustu a Paříž	18
6.1.4 New York a Cincinnati	18
6.2 Další významné chovné stanice	19
7 Vývoj populace koně Převalského	20
7.1 Mezinárodní plemenná kniha koně Převalského.....	21
7.1.1 Generální plemenná kniha	22
8 Počátky chovu koně Převalského v Zoo Praha	25
8.1 Profesor František Bílek	28
9 Příbuzenská plemenitba	30
9.1 Definice příbuzenské plemenitby.....	30
9.2 Koeficient inbreedingu	30
9.3 Koeficient příbuznosti	31
9.4 Výpočty koeficienty inbreedingu F_x a koeficientu příbuznosti R_{xy} podle Malécot a Crudenová.....	33
9.5 Vliv inbreedingu na zvířata.....	34
9.5.1 Inbreední deprese.....	35
9.6 Inbreeding v praxi	35
9.6.1 Vliv inbreedingu na kvalitu a výnos embryí.....	36
9.6.2 Vliv inbreedingu na další reprodukční vlastnosti.....	38
9.6.3 Inbreeding a chov koně Převalského	39

9.6.4	Inbreeding u starokladrubskeho koně.....	40
10	Praktická část s výsledky.....	42
10.1	Výpočet koeficientu inbreedingu F_x	42
10.2	Podrobný vývoj populace koně Převalského	44
10.3	Vztah koeficientu inbreedingu F_x a velikost populace.....	50
10.3.1	Výpočet korelace prezentující těsnost vztahu počtu zvířat a F_x	53
10.4	Vztah F_x na podíl mrtvě narozených hříbat koně Převalského	53
11	Diskuze	55
12	Didaktická analýza	57
13	Závěr	61
14	Zdroje	62

Úvod

Kůň Převalského patří mezi poslední žijící druhy divokých koní. Je to předek dnešních domácích koní. V minulosti byl kůň Převalského málem vyhuben, ale díky snaze jedinců, zoologických zahrad a dalších organizací přežil tento druh dodnes. Velkou zásluhu na záchraně má také Česká republika a pan profesor František Bílek, který nechal dovézt první koně do Československa. Ti se tak stali zakladateli pražské linie a stáli u zrodu úspěšného chovu těchto koní v Československu a následně v České republice. V populaci koně Převalského a také v jiných malých populacích je velmi významný stupeň inbreedingu, který má vliv na udržení zdravého chovu.

Diplomová práce navazuje na moji bakalářskou práci *Kůň Převalského jako významný genetický zdroj a nebezpečí inbreedingu pro jeho chov*.

Diplomová práce je rozdělena na 3 části. První obsahuje teorii, kde je objasněna historie koně Převalského a jeho fylogeneze. Jsou zde popsány transporty koně Převalského z volné přírody do lidské péče a počátky chovu ve vybraných chovatelských stanicích a v Zoo Praha. Závěr teoretické části je věnován příbuzenské plemenitbě neboli inbreedingu. V práci jsou popisovány možnosti výpočtu koeficientu inbreedingu, jeho vliv na zdraví zvířat a jejich chov.

Druhá část diplomové práce se zabývá výsledky. Je zde zpracován podrobný vývoj populace koně Převalského. U vybraných jedinců jsou vypočteny koeficienty inbreedingu. V této části je také vytvořen graf vztahu koeficientu inbreedingu s velikostí populace koně Převalského. Praktická část je zaměřena také na negativní jevy inbreedingu na populaci koně Převalského.

Poslední část je zaměřena na didaktickou analýzu tématu a jeho možnost využití při výuce na základní nebo střední škole. Je zde zpracována písemná příprava pro vyučovací hodinu doplněná o pracovní list pro žáky.

1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je odpovědět na předem stanové otázky, týkající se vývoje populace koně Převalského a změn stupně koeficientu inbreedingu u koně Převalského a důsledky inbreedingu na zvířata. Na začátku práce jsem si stanovila následující otázky:

- **Jak se vyvíjela populace koně Převalského v jednotlivých etapách?**
- **Jak se dá vypočítat koeficient inbreedingu F_x pomocí rodokmenu?**
- **Má počet jedinců v populaci vliv na koeficient inbreedingu?**
- **Bude se koeficient inbreedingu snižovat nebo zvyšovat s růstem dané populace?**
- **Má velikost koeficientu inbreedingu podíl na mrtvě narozených mláďatech?**

V prvních kapitolách se nachází teoretická část diplomové práce, kde je uvedena fylogeneze koňovitých savců a historie objevení koně Převalského. Následuje kapitola o transportech koně Převalského. Díky nim se první koně Převalského dostali v novodobé historii opět na území Evropy a později zásluhou pana profesora Františka Bílka i do České republiky a následně do Zoologické zahrady v Praze. Zoologická zahrada v Praze se pak stala jednou z největších chovatelských stanic na světě. V diplomové práci jsou popsány začátky chovu koně Převalského v Zoologické zahradě v Praze a je zde zpracován rodokmen prvních plemenných hřebců, kteří založili zdejší chov. V této části je také popsána plemenná kniha koně Převalského, kterou spravuje Zoologická zahrada v Praze, na konci teoretické části pak příbuzenská plemenitba neboli inbreeding, způsoby výpočtu koeficientu inbreedingu F_x a příbuzenské plemenitby R_{XY} . V kapitole o příbuzenské plemenitbě jsou také popsány vlivy inbreedingu na zvířata a jeho využití v praxi.

V praktické části se nachází grafy s vývojem populace koně Převalského a vývoj koeficientu inbreedingu F_x s růstem populace koně Převalského. Dále výpočty koeficientu inbreedingu F_x a koeficientu příbuznosti R_{XY} . V této části práce se nachází odpovědi na předem stanovené otázky.

V poslední části diplomové práce se nachází didaktická analýza, kde je nastíněno použití toho tématu při výuce na základní škole.

2 Literární přehled

V diplomové práci jsou použité výsledky vědeckých studií, knižní publikace a internetové zdroje. Nejvíce využívanou byla Generální plemenná kniha koně Převalského, kterou vydala Zoologická zahrada v Praze. V tištěné podobě vyšla v roce 2008. Pro novější data budu využívat také INTERNATIONAL STUDBOOK OF PRZEWALSKI HORSE, který je veřejně dostupný na internetových stránkách¹, tuto stránku spravuje Zoo Praha. Údaje z těchto zdrojů byly přepsány do programu Excel, ze kterých byla data dále zpracovávána.

Důležitými knižními zdroji byly knihy a články od autorů zabývajících se problematikou koně Převalského. Mezi ně patří především RNDr. Evžen Kůs a Dr. Jiří Volf. Od RNDr. Evžena Kůse byly použity články týkající se koně Převalského z časopisu Trojský koník (2008), nebo články z časopisu Gazella – VII. mezinárodní sympozium na záchranu koně Převalského (1991). Dr. Jiří Volf se ve svých pracích zabýval divokými koňmi. V diplomové práci jsem využila knihy: Po stopách koní (1972), Koně, osli a zebry (1977) a Odysea divokých koní (2009). Významná část diplomové práce je věnována příbuzenské plemenitbě neboli inbreedingu. Významným zdrojem informací pro diplomovou práci byly vědecké články, které se zabývaly výzkumem koně Převalského a příbuzenskou plemenitbou. Mezi důležité autory patří Wolc a kol. (2008), Keller a kol. (2004), Tatin a kol. (2008) a další.

¹ <https://przwhorse.zoopraha.cz/>

3 Metodika práce

Diplomová práce byla rozdělena do několika kapitol, které se lišily metodikou. První část diplomové práce obsahuje teoretickou část o koni Převalském a o příbuzenské plemenitbě. Tato část bude zpracována pomocí rešerše odborné literatury: kůň Převalského (Jakubec, Kůs, Volf) a příbuzenské plemenitba (Bezdíček, Jakubec, Wright, Cruden, Wolc a kol. a další).

Po teoretické části byla zpracována praktická část diplomové práce a výsledky. Nejprve byly přepsány hodnoty a údaje o všech koních zapsaných v Generální plemenné knize koně Převalského (2008) do programu Excel. Jedná se celkem o 12 údajů ke každému jedinci (jeho číslo v plemenné knize, pohlaví; plemenné jméno; případně domácí jméno; datum narození; datum smrti; údaje o matce a otci – číslo jedince a plemenné jméno; lokace, kde se jedinec nachází a od kdy a hodnota koeficientu inbreedingu F_X). Generální plemenná kniha koně Převalského vyšla v roce 2008, proto byla tyto data doplněna o aktuální údaje, které jsou k dispozici na internetových stránkách <https://przwhorse.zoopraha.cz/>. Celkem se jedná o více než 6 000 jedinců koně Převalského zapsaných v Generální plemenné knize a v internetové databázi. Přepsáním všech jedinců vznikl soubor v programu Excel, který byl následně využíván pro tvorbu některých grafů, tabulek a tvorbu rodokmenů.

Pro tvorbu složitějších grafů, výpočtů a statistické analýzy byl použit program STATISTICA (verze 12, 2013).

Pro výpočty koeficientu inbreedingu F_X byly sestaveny rodokmeny sledovaného jedince pomocí informací v programu Excel a následně byl použit vzorec pro výpočet koeficientu inbreedingu F_X podle Wright (1922):

$$F_X = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_A) \right]$$

V poslední části diplomové práce byla zpracována didaktická část. Byla provedena didaktická analýza učiva a její návrh na zařazení do výuky a tématu na základní nebo střední škole. Zařazení do výuky bylo provedeno podle tematických celků nacházející se v RVP. Poté byla zpracována ukázková příprava na vyučovací hodinu na předem vybraném stupni školy a ukázkový pracovní list pro žáky.

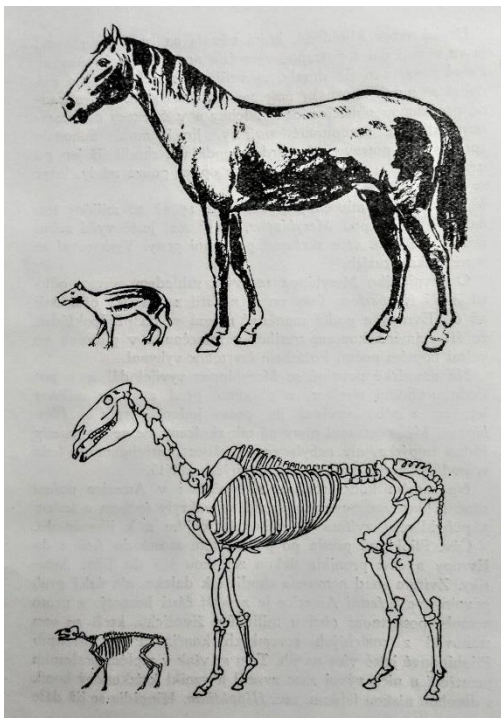
4 Pohled na historii koně Převalského

Kůň Převalského je jedním z posledních žijících druhů divokého koně a je to předek dnešních domácích koní. Tato zvířata provází člověka již více jak šest tisíc let a mají tak důležité místo v dějinách (Volf, 2002). V minulosti byl téměř vyhuben a díky snaze jedinců i organizací se jej podařilo zachránit a také navrátit do volné přírody. Historií tohoto druhu se zabývá celá řada autorů. První zmínky o existenci divokých koní pochází z doby před 20 000 tisíci roky. Malby a rytiny byly objeveny v jeskyních na jihu Evropy v dnešní Itálii, Francii a ve Španělsku (Bouman, 1994).

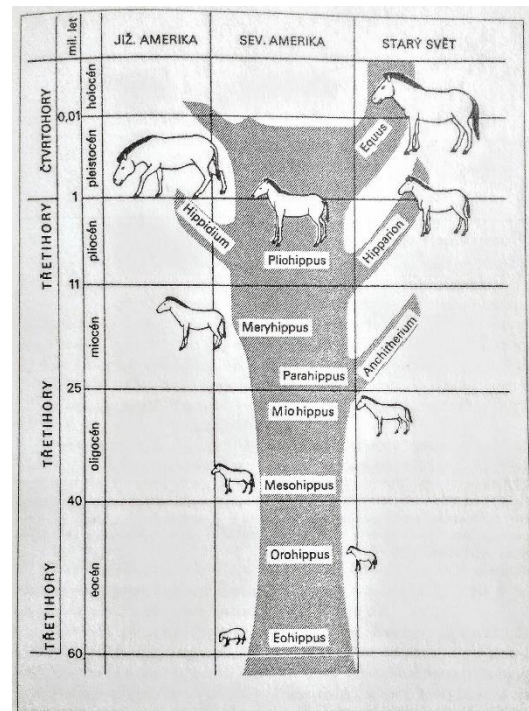
4.1 Fylogeneze koňovitých savců

Fylogeneze koňovitých savců začíná u druhu *Eohippus*. Tento druh žil před 55 miliony let na území dnešní Severní Ameriky, kde se rozprostíral tropický prales. *Eohippus* bylo zhruba půl metru vysoké zvíře, které určitými znaky připomínalo šelmu, a to hlavně krátkým krkem a malou hlavou s ostrými zuby. Tělo bylo protáhlé a končetiny měly prsty opatřené kopýtky. Díky změně klimatu a krajiny se před 50 miliony let vyvinul z *Eohippuse* nový druh *Orohippus*. Tento druh měl štíhlejší končetiny. Změnil se také počet prstů, přední i zadní končetiny měly vždy o jeden prst méně, tedy čtyři prsty na předních a tři na zadních končetinách. V tomto období, kdy tropický prales vystřídala step a změnila se skladba potravy, se u *Orohippuse* změnila také stavba chrupu a délka zubů, a to především díky tvrdší potravě. Z *Orohippuse* se před 45 miliony let vyvinul *Mesohippus*, který patřil k nejrozšířenějším kopytníkům i savcům v té době. Další fází fylogeneze byl *Miohippus*, který žil před 25 miliony let. V oblasti dnešní Severní Ameriky se před 22-23 miliony let opět částečně rozšířil prales. U části *Miohippů* nastal zpětný vývoj, tento pozměněný druh byl pojmenován jako *Anchitherium*, ten se jako první dostal přes pevninskou šíji do Evropy, kde před 13 miliony let vyhynul. Z nepozměněných *Miohippů*, kteří zůstali v oblasti stepí, se vyvinul nový rod *Parahippus*. Zástupci tohoto rodu se již některými znaky podobali dnešním koním. Dosahovali výšky malého ponyho a měli protaženou obličejovou část lebky. V období před 15-20 miliony let vystřídal *Parahippuse* *Meryhippus*. Dalším rodem byl *Hipparion*, který se rozšířil do Asie a Evropy a počátkem čtvrtohor vyhynul. V poslední dekádě třetihor se z *Meryhippus* vyvinul *Pliohippus*, který byl považován za pravého jednokopytníka. V závěru období třetihor se

v Americe výrazně změnilo klima. Sever kontinentu byl pokryt ledem a sněhem a zvířata se stěhovala k jihozápadu a k jihu. Část *Pliohippů* přešla do Jižní Ameriky, kde došlo vlivem klimatu opět ke zpětnému vývoji, až došlo ke vzniku nového rodu *Hippidion*, tedy ke krátkonohému koníkovi s dlouhou lebkou. Tento rod se již dále nevyvíjel a byl to tak poslední původní rod divokých koní na americkém kontinentě, který vyhynul ve starších čtvrtohorách (Volf, 2002). Další část *Pliohippů* přešla na euroasijskou pevninu, kde se stali přímými předky dnešních koňovitých savců (Volf, 1977).



Obr. 1: Vývoj koňovitých savců (Volf, 2002)



Obr. 2: Fylogeneze koňovitých savců (Volf, 2002)

4.2 Objevení koně Převalského

V Asii a Evropě existovala celá řada divokých koní, například *západní divoký kůň*, *tarpan*, *lesní tarpan* nebo *stepní tarpan* (Volf, 1972). V rámci své diplomové práce se budu zabývat asijským divokým koněm, později známým jako kůň Převalského.

Asijský divoký kůň se v období středověku nacházel v Asii a také ve východní části Evropy. Na začátku novověku se vyskytoval ještě v oblasti Kazachstánu a v oblasti Zabajkalska. To potvrzují hlavně kosterní nálezy, plastiky a písemné záznamy (Brentjes,

1967). Ve druhé polovině 19. století, se asijský divoký kůň vyskytoval pouze v oblasti jihozápadního Mongolska a při hranicích dnešní Číny (Volf, 2002).

Objev asijského divokého koně je spojován s osobou Nikolaje Michajloviče Prževalského, který sám nikdy žádného divokého koně neuložil. Sám Prževalský psal, že se setkal pouze se dvěma stády divokých koní, která více než na kilometr vycítila jeho přítomnost a dala se na útěk (Volf, 2002). Od velitele Zajsanské pohraniční vojenské stanice, A. K. Tichonova, dostal Prževalský v roce 1879 kůži a lebku divokého koně. Své sbírky následně věnoval Zoologickému muzeu Akademie věd v Sankt Peterburgu. Ve sbírce se nacházela také kůže a lebka divokého koně. Ivan Semjonovič Poljakov, který darované exponáty prohlížel, zjistil, že lebka a kůže divokého koně jsou dosud vědě neznámé. Liší se jak znaky na lebce, tak i zbarvením srsti od dosud známých tarpanů i asijských divokých oslů (Volf, 1972). Proto ho označil za nový druh z rodu *Equus*. Na počest N. M. Prževalského, který byl považován za největšího cestovatele a objevitele, nazval tento nový druh divokého koně za *Equus przewalskii*, tedy kůň Prževalského (Volf, 2002).



Obr. 3: Nikolaj Michajlovič Prževalský (Equus, 2009)

5 Transporty koně Převalského v počátku jeho chovu

Nejvíce se na lovu a odchytu koně Převalského podílel N. I. Assanov. Na lovu v roce 1898 ulovil čtyři dospělé jedince a osm živých hříbat, která zakrátko uhynula. V roce 1899 byla zorganizována další výprava pod vedením Assanova. Tentokrát bylo odchyceno šest klisniček a jeden hřebeček. Z toho se pět klisen dostalo až na Assanův statek do Bijska. Jedna z klisen uhynula a zbylé čtyři klisny byly převezeny roku 1890 do jihoruské aklimatizační stanice Askania Nova, která patřila baronu F. E. Falz-Feinovi. Tyto čtyři klisny byly tak první divocí koně Převalského, kteří se dostali do Evropy živí. V následujících letech proběhly dva transporty divokých koní do aklimatizační stanice Askania Nova. Přesuny byly zařizovány opět pomocí Assanova. V první transportu se nacházel jeden hřebeček a dvě klisny. Při druhém byl do aklimatizační stanice dopraven pár divokých koní (Volf, 1972). Roku 1901 poslal Assanov dva hřebečky a o rok později jednu klisnu do zoologické zahrady v Moskvě (Volf, 2002).

Další důležitou osobou, která se podílela na transportech koně Převalského, byl německý obchodník C. Hagenbeck. Byl to majitel hamburské firmy, která se orientovala na lov exotických zvířat a jejich transport do zoologických zahrad. Jeho expedice v roce 1901 dovezla do Hamburku 28 hříbat (15 hřebečků a 13 klisniček) koně Převalského. Tato hříbata byla odchycena v oblasti centrální Asie. Hagenbeck koupil roku 1902 dalších 5 hřebečků a 6 klisniček od Assanova (Volf, 1972). Část těchto koní byla prodána do jiných zoologických zahrad (Boyd a Houpt, 1994).

Během transportů, které se uskutečnily na přelomu 19. a 20. století, se do Evropy dostalo celkem 54 jedinců koně Převalského (Volf, 1972).

5.1 Největší transport koně Převalského

Největší transport se odehrál v říjnu roku 1901. Do Evropy bylo dovezeno 28 hříbat koně Převalského (Hagenbeck, 1926). Jednalo se o 15 hřebečků a 13 klisniček. Většina hříbat byla poslána do Anglie a Spojených států amerických. Několik hříbat bylo posláno do Německa a jeden hřebec do Francie (Volf, 1972).

6 Začátky chovu koně Převalského v lidské péči

Ve volné přírodě byli spatřeni poslední koně Převalského v roce 1968 (Volf, 2002). Jak je z předchozího textu patrné, do zajetí se dostalo 54 jedinců. Ne všechna se dožila vyššího věku nebo byla schopná plodit potomky (Volf, 1972). Proto je celá dnešní populace koně Převalského potomky pouze 12 jedinců (Volf, 2002). V tabulce č. Tab. 1, jsou vypsány chovatelské stanice a čísla jednotlivých párů, která po sobě zanechala hříbata. Z tabulky č. Tab. 1 je patrné, že vzniklo šest vzájemně oddělených skupin, které se staly základem chovných linií koně Převalského.

Tab. 1: Předci dnešních linií koně Převalského (Volf, 2002)

Číslo páru / jedince	Rok odchytu	Umístění
1 a 5	1899	Askania Nova
11 a 12	1901	Halle / Saale
15 a 16	1901	Gooilustu
17 a 18	1901	Cincinnati
35	1901	Paříž
39 a 40	1902	New York
52	1903	Askania Nova

6.1 Zakladatelské stanice chovu koně Převalského

V následujícím textu budou popsány jednotlivé zakladatelské stanice v Evropě a Spojených státech amerických a jejich úloha při dalším chovu a zakládání dalších chovných stanic na celém světě.

6.1.1 Askania Nova

Nejproduktivnější byl chov v ukrajinské aklimatizační stanici Askania Nova. Zde se v roce 1989 jako první pokusili o chov koně Převalského v zajetí (Bouman, 1986). V tabulce je vidět, že jako jediná stanice měla k dispozici 2 chovné klisny. Díky tomu se v letech 1905 až 1940 narodilo v Askanii Nova 40 čistokrevných hříbat, ze kterých dospělo 37 jedinců. Z této aklimatizační stanice byla nadbytečná zvířata poslána do zoologických zahrad v Moskvě a v Sankt Peterburgu. Do Berlína byl poslán jeden pár,

který se stal základem tamějšího chovu. Tento chov v Askanii Nova ukončila druhá světová válka (Volf, 2002).

6.1.2 Halle/Saale

Pár koně Převalského do Zemědělského institutu v Halle/Saale poskytl Hagenbeck ze svého prvního transportu. Ovšem po úhynu hřebce byl do plemenitby zařazen 50% kříženec. Jeho matka byla mongolská klisna, která byla přivezena jako kojná klisna pro hříbata divokých koní. V této chovné stanici se tak narodilo celkem 13 hříbat. Pouze 3 hříbata byla čistokrevná. Zbýlých deset hříbat mělo příměs domácí krve (Volf, 2002). Právě z těchto 10 hříbat koupil prof. dr. František Bílek, který byl přednostou Zootechnického ústavu Vysoké školy zemědělské v Praze, čtyřletého hřebce Aliho a o dva roky později, tedy v roce 1923 tříletou klisnu Minku (Volf, 1972). Zakoupena byla ještě jedna klisna, ale ta uhynula (Volf, 2002).

6.1.3 Gooilustu a Paříž

Páru koně Převalského, který byl zakoupen panem Blaauwem, se v nizozemské farmě v Gooilustu narodila tři hříbata. Jeden hřebeček byl následně poslán do anglického Woburnu (Volf, 2002).

V Paříži chovaný hřebec měl v letech 1909 až 1925 čtyři hříbata. Matkou byla woburnská klisna (Volf, 2002).

6.1.4 New York a Cincinnati

Do New Yorku byl přivezen první pár koně Převalského v roce 1902. Jednalo se o dvojici koní s číslem 17 a 18 (Volf, 2002). Tento pár byl později transportován do zoologické zahrady v Cincinnati (Boyd a Houpt, 1994). Důvodem byl exteriér koní, který neodpovídal představám chovatele. Klisna nesla známky křížence s domácím koněm (Volf, 2002).

Z druhého Hagenbeckova transportu se do New Yorku, přesněji do zoologické zahrady v Bronxu, dostal pár koní s čísly 39 a 40. Tomuto páru se do roku 1931 narodilo 13 hříbat. Tři hříbata byla předána do Sydney, kde se stala zakladateli tamějšího chovu. Jedna klisna byla poslána do Philadelphie, kde byl díky ní založen nový chov (Volf, 2002).

V Cincinnati se páru koní z New Yorku narodil jeden hřebeček, který měl následně s newyorskou klisnou šest hříbat. Ta se narodila ve Philadelphii (Volf, 2002).

6.2 Další významné chovné stanice

Mezi další významné chovné stanice, které se prosadily v chovu koně Převalského v meziválečném období, patří Zoologická zahrada v Praze a chovatelská stanice Tierpark Hellabrunn v Mnichově.

V mnichovském Tierparku Hellabrunn se mezi léty 1935 až 1939 narodilo pět hříbat. Hříbata se narodila berlínskému hřebci a pražské klisně (Volf, 2002).

7 Vývoj populace koně Převalského

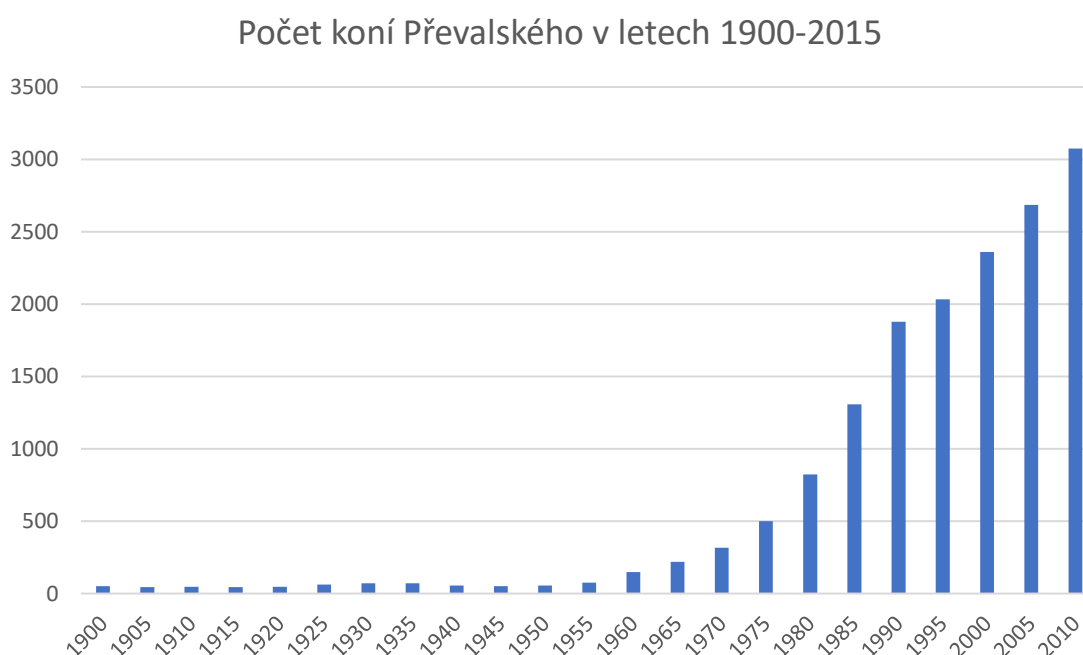
Kůň Převalského patří mezi nejvíce ohrožené savce na světě. Podle IUCN patří do skupiny Extinct in the Wild – EW (Moehlman, 2002). Počátky chovu koně Převalského v lidské péči neměly velký úspěch. Hlavním faktorem byly izolované linie v jednotlivých chovných stanicích, kdy nedocházelo k výměnám koní. Počet jedinců tedy zůstával bez velkých změn. Situace se začala zlepšovat po roce 1935, kdy se začalo s výměnami koní mezi jednotlivými chovnými stanicemi. Tyto výměny daly nový impuls pro chov koně Převalského (Boyd a Houpt, 1994).

Jak píše Kůs (2008), bylo v období mezi světovými válkami v zajetí asi 40 až 50 jedinců koně Převalského (Kůs, 2008). Největší dopad na populaci koně Převalského měla druhá světová válka. Zanikly některé chovné linie, největší ztrátou byla linie koně Převalského v Askanii Nova (Volf, 2002). Z této linie přežila pouze klisna Hellbrunn 13. Na konci druhé světové války bylo na světě pouze 31 jedinců koně Převalského (Boyd a Houpt, 1994). Druhou světovou válku tak přečkaly jen dva chovy. Jeden chov v mnichovském Tierparku Hellabrunn a druhý v Zoologické zahradě v Praze (Volf, 2002). Do Mnichova se dostala klisna z Askanii Nova, která se stala chovnou klisnou a díky ní byla zachráněna původní linie koně Převalského "Askania Nova blood". Velikost populace koně Převalského byla obnovena až 10 let po válce, kdy čísla jedinců dosáhla počtu jako před druhou světovou válkou (Boyd a Houpt, 1994).

V letech 1965-1957 poskytl chov v Mnichově 10 jedinců koní Převalského do nové chovné stanice v Catskillu. Askania Nova oživila čistokrevný chov až několik let po druhé světové válce, když v roce 1957 dostala stanice darem klisnu Orlici III. (č. 231) z Mongolska. V 80. letech se Askania Nova stala největším chovatelem divokých koní na světě (Volf, 2002).

Situace a stav populace koní Převalského přiměla v roce 1959 Zoologickou zahradu v Praze zorganizovat první mezinárodní symposium na záchranu koní Převalského (Volf, 2009). V té době měla pražská zoologická zahrada největší stádo koní Převalského (Boyd a Houpt, 1994). Na sympoziu bylo Zoologické zahradě v Praze svěřeno vedení mezinárodní plemenné knihy koně Převalského (Volf, 1972). Díky tomuto sympoziu počala úspěšná celosvětová spolupráce na záchraně tohoto ohroženého druhu (Volf, 2009).

Na záchranu a růst populace koně Převalského mělo tedy největší vliv první mezinárodní symposium a následné založení Mezinárodní plemenné knihy koně Převalského. To je možné vidět i v následujícím grafu, kdy počet narozených hříbat tedy i celá populace koně Převalského výrazně stoupá v období po první mezinárodním symposiu, tedy po roce 1959. Se zvětšujícím se počtem koní Převalského stoupá také počet chovatelů a chovatelských stanic. Chovná zařízení proto můžeme najít také na Kubě, Srí Lance, v Jižní Africe, ve Velké Británii či v Kanadě (Volf, 2002).



Obr. 4: Graf vývoje populace koně Převalského v letech 1900 až 2010 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

7.1 Mezinárodní plemenná kniha koně Převalského

Ve své diplomové práci pracuji hlavně s Generální plemennou knihou koně Převalského. Podle knihy byly v následující části diplomové práce sestaveny nejrůznější grafy, které popisují počátky chovu v pražské zoologické zahradě. V knize se nachází také hodnoty inbreedingu, se kterými jsem v diplomové práci pracovala.

Generální plemenná kniha koně Převalského vychází z Mezinárodní plemenné knihy koně Převalského, která byla založena kvůli rychle se snižujícím počtům divokých koní jak v zajetí, tak i ve volné přírodě (Mohr, 1959). Kniha byla založena po prvním mezinárodním symposiu na záchranu koně Převalského, tedy v roce 1959 (Kůs, 1991).

Nejdůležitějším úkolem bylo inventarizovat veškeré koně Převalského, kteří byli v lidské péči a následně sestavit genealogii. Dalším záměrem bylo zvýšení zájmu o koně Převalského, následně dát přehled chovatelům přes celosvětový chov a tím usnadnění kooperace při reprodukci (Volf, 2002). K 1. 1. 1959 bylo do Mezinárodní plemenné knihy zapsáno 56 jedinců koně Převalského, z toho 23 hřebců a 33 klisen (Volf, 2009).

Tab. 2: Koně Převalského ve světě k 1. 1. 1959 (Volf, 2009)

Stanoviště	Hřebci	Klisy	Stanoviště	Hřebci	Klisy
Praha	4	9	Chicago	1	1
Catskill	2	8	Kodaň	1	1
Mnichov	2	4	Washington	1	1
Whipsnade	3	3	Amsterdam	1	0
Antverpy	1	2	Jerevan	1	0
Rotterdam	1	2	Paříž	1	0
Akania Nova	1	1	Řím	1	0
Berlín – východ	1	1	Tilburg	1	0

Plemenná kniha je členěna do několika kapitol, které obsahují seznamy živě a mrtvě narozených koní, potraty a změny v celosvětových chovech. U každého jedince je uvedeno číslo karty, evidenční číslo, pohlaví, jméno, datum narození, případně datum úmrtí, základní údaje o rodičích a místo (Volf, 2002).

Plemenné karty z Mezinárodní plemenné knihy koně Převalského byly díky své přesnosti a jednoduchosti doporučeny Mezinárodní unií ředitelů zoologických zahrad (IUDZG) a Mezinárodní svazem ochrany přírody (IUCN) jako model pro zápis jiných ohrožených druhů (Boyd a Houpt, 1994).

7.1.1 Generální plemenná kniha

Pražská zoologická zahrada také vydává Generální plemennou knihu koně Převalského. První vyšla v roce 1970. Další byly publikovány například v letech 1980, 1991, 1995, 1997 a v roce 2008. Právě s poslední zmíněnou Generální plemennou knihu pracuji ve své diplomové práci. V této knize nalezneme všechny jedince koně Převalského chované v zajetí. Údaje začínají od jedinců dovezených v roce 1899. Mezi

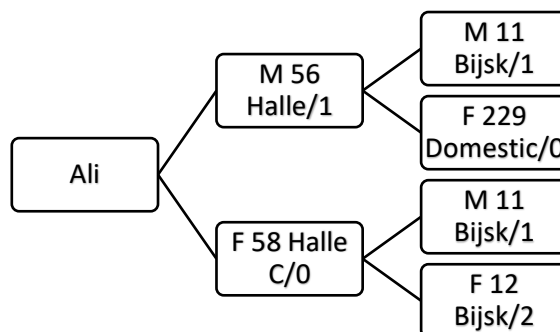
nejstarší koně Převalského uvedené v Generální plemenné knize jsou jedinci narození v roce 1899. Jedná se o koně Kobdo/1, Kobdo/3, Kobdo/4, Kobdo/5, Kobdo/6, Kobdo/7, Moskva/1, Moskva/2 a Domestic/0. Jak píše Volf (2002), Generální plemenná kniha, která vyšla v roce 1991, byla již počítačově zpracována. Díky tomu zde byly uvedeny informace o genetické a fenotypové charakteristice. Mezi tyto informace patří koeficient inbreedingu, defekty, domestikační znaky nebo geneticky podmíněné absence tvorby tmavého pigmentu. Díky této knize je možné sestavovat až sto let staré rodokmeny. Chovatelé tak mají možnost výběru koní, znají jejich rodokmeny a díky tomu mají možnost vyhnout se příbuzenské plemenitbě (Volf, 2002).

Na následujícím obrázku je fotografie části Generální plemenné knihy. Můžeme vidět, že na prvním místě je vždy číslo jedince podle zapsání do plemenné knihy, tzv. **St. Nr.** V Generální plemenné knize z roku 2008 se nachází jedinci s čísly od 1 do 5105. Pak vždy následuje sloupeček pro pohlaví daného jedince, značený jako **Sex**. Ve většině případů je pohlaví známo a značeno jako F (ženské) a M (mužské) pohlaví. U několika případů je pohlaví značeno písmenem U (unisex). Jako příklad si můžeme uvést jedince pod St. Nr. 5102 se jménem Paris/47. Dalším v pořadí jsou dva sloupce se jmény jedinců. Prvním je tzv. **Studbook name**, který je povinný pro veškeré jedince. Většina jmen je odvozena od lokace narození a jedinci jsou rozlišeni číslem za jménem. Na obrázku můžeme vidět jedince narozené v Praze, kteří dostali jméno Praha/7 a Praha/8. Následuje sloupeček značený jako **House name**. Toto jméno není povinné, tak se u něj setkáváme jen u některých jedinců. Tato jména se mohou opakovat i u více jedinců. Dále zde nalezneme údaje o datu narození a úmrtí jedince, narození označené **Date of Birth** a úmrtí **Date of Death**. Každý jedinec zapsaný v knize má informace o jeho rodičích. O otci – Sire: **Nr.** a **Name**, tedy jeho číslo a jméno a tytéž informace o matce – Dame: **Nr.** a **Name**. Dalším údajem je místo, kde se jedinec nachází a datum příchodu značené jako **Site: since/locations**. Důležitým sloupcem pro chovatele je sloupec **F**. Ten nám udává informace o koeficientu inbreedingu daného jedince. Ten je uváděn pouze u jedinců, u kterých je znám celý rodokmen. V posledním sloupci **Rem.** je místo pro poznámky. Zde je možné uvádět jedince, kteří jsou nositeli určitých genů, například zkratka ee značí ryzáka, tedy jedince s netypickým, světle rezavým zbarvením, které je způsobeno geneticky podmíněnou absencí tmavého pigmentu (fox). Může se zde nacházet také informace o kastraci jedince (značeno c) a jiné informace.

1 - 500											
St. Nr.	Sex	Studbook name	House name 1/2	Date of Birth	Date of Death	Sire Nr. Name	Dam Nr. Name	Site since / locations	F	Rem.	
74	F	PRAHA/7	LUCKA	01.07.1941	06.11.1964	120 WASHINGTON/1	72 PRAHA/5	01.07.1941 / PRAHA		ee	
75	F	PRAHA/8	VLASTA	28.12.1942	08.02.1967	120 WASHINGTON/1	65 HALLE/8	28.12.1942 / PRAHA			
76	M	PRAHA/9	URAN	27.05.1944	11.07.1974	120 WASHINGTON/1	65 HALLE/8	27.05.1944 / PRAHA			
77	F	PRAHA/10	MYSKA	22.06.1950	21.01.1972	76 PRAHA/9	75 PRAHA/8	22.06.1950 / PRAHA 29.05.1970 / BEKESBOURNE L.	0,297		
78	M	PRAHA/11	OSKAR	04.07.1950	05.06.1967	76 PRAHA/9	72 PRAHA/5	04.07.1950 / PRAHA	0,219		
79	M	PRAHA/12	TORNADO	25.09.1950	04.05.1971	76 PRAHA/9	74 PRAHA/7	25.09.1950 / PRAHA 01.04.1953 / EREVAN 04.01.1961 / ASKANIA NOVA 15.04.1964 / MOSKVA	0,266		
80	M	PRAHA/13	BLESK=VAS.	05.04.1952	09.01.1966	76 PRAHA/9	75 PRAHA/8	05.04.1952 / PRAHA 19.06.1954 / TILBURG	0,297		
81	M	PRAHA/14	DIVOCH	15.04.1952	13.04.1960	76 PRAHA/9	74 PRAHA/7	15.04.1952 / PRAHA 15.04.1952 / PRAHA	0,266	Ee	
82	F	PRAHA/15	PUSINA	25.04.1952	14.05.1985	76 PRAHA/9	72 PRAHA/5	25.04.1952 / PRAHA 08.05.1954 / WHIPSNADE 13.04.1973 / COLWYNN BAY	0,219	Ee	
83	M	PRAHA/16	AJAK	18.05.1953	15.09.1957	76 PRAHA/9	72 PRAHA/5	18.05.1953 / PRAHA	0,219		
84	F	PRAHA/17	ARNA	20.05.1953	22.07.1969	76 PRAHA/9	75 PRAHA/8	20.05.1953 / PRAHA 19.06.1954 / FA BEHREND 20.09.1954 / ROTTERDAM 08.12.1960 / AMSTERDAM	0,297		
85	M	PRAHA/18	IVAN	18.06.1953	15.01.1979	76 PRAHA/9	74 PRAHA/7	18.06.1953 / PRAHA 19.06.1954 / FA BEHREND 20.09.1954 / ROTTERDAM	0,266	Ee	
86	F	PRAHA/19	VESNA	17.05.1954	25.01.1973	76 PRAHA/9	75 PRAHA/8	17.05.1954 / PRAHA	0,297		
87	M	PRAHA/20	LUDVIK KOEDIE	27.05.1954	13.06.1972	76 PRAHA/9	74 PRAHA/7	27.05.1954 / PRAHA 31.07.1954 / ANVERS	0,266	Ee	
88	F	PRAHA/21	HEDVA=KEL.	06.07.1954	09.10.1973	76 PRAHA/9	72 PRAHA/5	06.07.1954 / PRAHA 31.07.1957 / ANVERS	0,219		
89	F	PRAHA/22	VANDA	04.02.1956	30.09.1978	76 PRAHA/9	75 PRAHA/8	04.02.1956 / PRAHA 30.05.1958 / BERLIN-OST	0,297		
90	M	PRAHA/23	LYR	05.04.1956	11.04.1968	76 PRAHA/9	74 PRAHA/7	05.04.1956 / PRAHA 30.05.1958 / BERLIN-OST 28.07.1965 / STENDAL	0,266	Ee	
91	F	PRAHA/24	HANA	15.04.1956	14.11.1977	76 PRAHA/9	72 PRAHA/5	15.04.1956 / PRAHA 29.01.1976 / BERLIN-OST 08.12.1976 / BERNBURG	0,219		

Obr. 5: Ukázka části strany z Generální plemenné knihy (Generální plemenná kniha, 2008)

Na obrázku č. Obr. 6 je zpracován rodokmen hřebce Aliho. Jeho rodokmen má podle Generální plemenné knihy dvě generace. V rodokmenu si můžeme povšimnout, že u rodičů Aliho proběhla tzv. příbuzenská plemenitba neboli inbreeding.



Obr. 6: Rodokmen plemenného hřebce Aliho (zdroj: Generální plemenná kniha 2008, vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

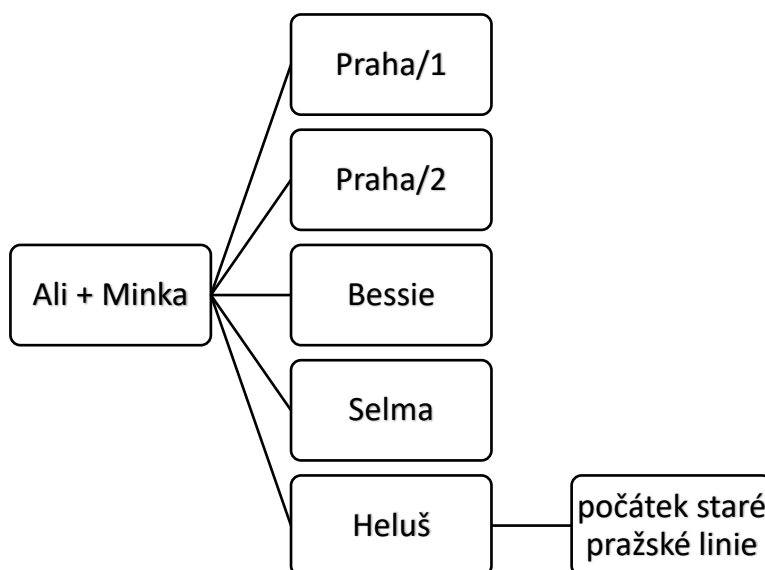
8 Počátky chovu koně Převalského v Zoo Praha

Zoologická zahrada v Praze má nejdelší a nepřerušenu tradici chovu koně Převalského. Významně se podílela na záchraně tohoto druhu a jeho pozdějším navrácením do volné přírody.

Začátky chovu koně Převalského v Československu začínají mezi lety 1921-1923, kdy prof. František Bílek zakoupil tři koně Převalského od Zemědělského institutu v Halle. Jednalo se o jednoho hřebce a dvě klisny. Mladší klisna uhynula. Pár tak tvořil hřebec Ali-Halle/5 (č. 62) a klisna Minka-Halle/8 (č. 65). Tento pár žil v letech 1928-1931 na školním statku v Netlukách u Uhříněvsi, kde odchoval čtyři hříbata. Tři byla poslána do Mnichova. V roce 1932 byl pár Ali a Minka přestěhován do nově otevřené Zoologické zahrady v Praze. Zde se následující rok narodila klisnička Heluš-Praha/5 (č. 72) (Volf, 2002).

Tab. 3: Plemenný hřebec Ali (Halle/5) a klisna Minka (Halle/8) (vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

Otec		Matka	Potomci		
St. number	St. name		Hřebci	Klisny	Celkem
62	Halle/5	Halle/8	0	5	5



Obr. 7: Rodokmen počátků pražského chovu (vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

Po smrti Aliho jej nahradil hřebec Horymír-Washington/1 (č. 120). Ten pocházel ze zoologické zahrady ve Washingtonu. Novému páru, Horymírovi a Mince-Halle/8, se v Praze narodila tři hříbata (Volf, 2002).

Jak je patrné z následující tabulky č. Tab. 4, hřebci Horymírovi se narodila celkem 4 hříbata. Jednu klisničku měl s klisnou Heluš a 2 hříbata s klisnou Minkou. Všechna čtyři hříbata se narodila v Praze.

Tab. 4: Plemenný hřebec Horymír (Washington/1) (vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

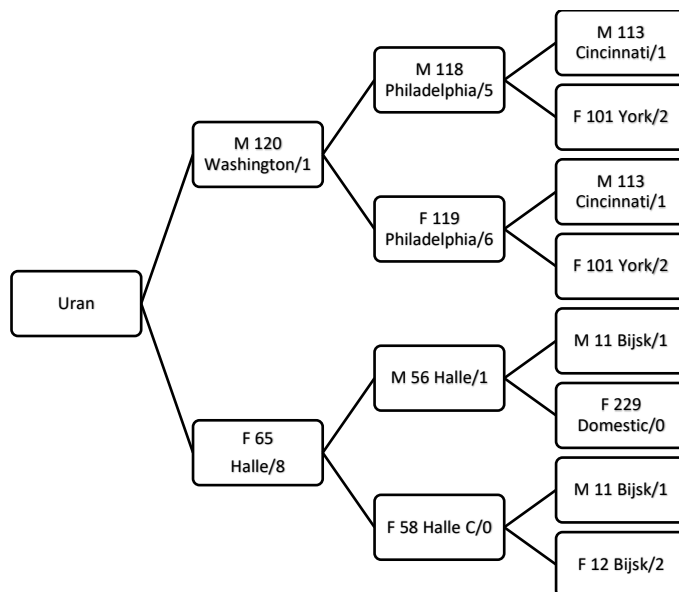
Otec		Matka	Potomci		
St. number	St. name		Hřebci	Klisny	Celkem
120	Washington/1	Praha/5	0	1	1
120	Washington/1	Halle/8	2	1	3

Mezi potomky Horymíra a Minky byl i hřebeček Uran-Praha/9 (č. 76), který se následně stal hlavním hřebcem pražského chovu (Volf, 2002).

V tabulce č. Tab. 5 můžeme vidět, že se hřebci Uranovi narodilo celkem 35 hříbat. Nejvíce hříbat měl s klisnou Praha/8 a to celkem 13 hříbat. V Praze je všech jeho 35 potomků.

Tab. 5: Plemenný hřebec Praha/9 (Uran) (vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

Otec		Matka	Potomci		
St. number	St. name		Hřebci	Klisny	Celkem
76	Praha/9	Praha/5	2	3	5
76	Praha/9	Praha/7	8	4	12
76	Praha/9	Praha/8	3	10	13
76	Praha/9	Praha/28	2	1	3
76	Praha/9	Praha/29	2	0	2



Obr. 8: Rodokmen plemenného hřebce Urana (vlastní zpracování – Trefilová, 2017)

Tab. 6: Velmi významní plemenní hřebci v Zoo Praha (Kůs, 2008)

St. number	Hřebec	Potomci			Narození v Praze
		Hřebci	Klisny	Celkem	
78	Praha/11-Oskar	16	19	35	35
285	Askania/3-Bars	18	38	56	44
728	Praha/127-Hubert	9	7	16	2
411	Hellabrunn/64-Simon	39	32	71	41
1135	Praha/135-Nick	9	15	24	21
1495	Denver/8-Gino	23	25	49 ²	15
3790	Askania/280-Len	2	6	8	8

² Jedno hříbě pohlaví U

8.1 Profesor František Bílek

Profesor Bílek a kůň Převalského jsou spolu spojování od začátku 20. let 20. století. Díky svým kontaktům se obrátil na zemědělskou fakultu university v Halle a pořídil si tři jedince koně Převalského pro výzkumné a záchranné účely. Jednalo se hřebce Aliho a dvě klisny, z nichž jednou byla klisna Minka. Chov koní Převalského v České republice tak začal díky profesoru Františku Bílkovi. Dnes jsou k vidění exponáty těchto prvních koní Převalského ve slatiňanském muzeu (Gotthardová a kol., 2012).

Profesor František Bílek je považován za největšího hipologa v České republice. Podnítil záchranné akce u koně Převalského a regeneroval starokladrubského vraníka. Organizace UNESCO ho označila za čtvrtého nejúspěšnějšího genetika té doby na světě. Je také zakladatelem Hipologického muzea ve Slatiňanech (Gotthardová a kol., 2012).

Profesor František Bílek se narodil 16. prosince 1885 ve Slaném. Zemřel v 86 letech, přesněji 29. 3. 1972, v Kunvaldu. Během života získal doktorát na Filozofické fakultě Karlovy univerzity v oboru filozofie. Působil na vídeňské univerzitě a také na Českém vysokém učení technickém v Praze, v oboru chov zvířat. Při dalších studiích praktikoval v císařských hřebčíněch Rakousko-uherské monarchie v Kladrubech a v Lipnici. Pracoval v zootechnickém ústavu a roku 1917 byl jmenován docentem na katedře obecné speciální zootechniky Českého vysokého učení technického. V roce 1923 se na ČVUT stal profesorem a vedoucím katedry obecné a speciální zootechniky. Roku 1924 ukončil studium na Lékařské fakultě Karlovy univerzity, kde byl promován doktorem všeobecného lékařství (Gotthardová a kol., 2012).

Během života profesor František Bílek napsal mnoho děl. Ve svých publikacích se zabýval hlavně skotem a koňmi. Mezi nejvýznamnější díla patří:

- Moderní názory o původu a třídění plemen skotu (1910)
- O chovu koní v královském dvorním hřebčíně v Kladrubech (1911)
- O významu pokrevní plemenitby u koní kladrubské rasy (1911)
- O chovu mulů (1913)
- O vlivu křížení a krevní dědičnosti u koní (1914)
- O vlivu rasy a pohlaví při růstu koně (1914)
- Směry chovu koní v Čechách (1924)

- Kůň Kladrubský (1925)
- O původu dnešních ras domácího koně a jejich zdomácnění (1927)
- Učebnice obecné zootechniky I. a II. díl (1933)
- O aklimatizaci zvířat (1933)
- Exteriér koně, Plemena koní včetně oslů, Speciální zootechnika II. – chov koní (1955)



Obr. 9: Kůň Převalského v Zoo Praha (foto: Trefilová)

9 Příbuzenská plemenitba

Příbuzenská plemenitba neboli inbreeding je specifický druh nenáhodného oplození. Dochází při něm k páření mezi příbuznými druhy, které je častější, než by se dalo předpokládat na základě náhodnosti (Relichová, 2009). Příbuznými jedinci označujeme jedince, kteří mají v rodokmenu společné předky (Jakubec a kol., 2012). Inbreedingem se zvyšuje homozygotnost v populaci. Příbuzní jedinci jsou geneticky podobnější než nepříbuzní jedinci. Inbreeding oproti výběrovému páření ovlivňuje veškeré geny, výběrové oplození ovlivňuje jen geny předem vybrané. S inbreedingem se setkáváme jak u živočichů, tak také u rostlin. Příkladem příbuzenské plemenitby v rostlinné říši je samooplození. Inbreeding můžeme nalézt také u lidí, kdy je v některých kulturách za legální stupeň inbreedingu považován sňatek sestřence x bratranec (Relichová, 2009).

9.1 Definice příbuzenské plemenitby

S příbuzenskou plemenitbou se v rámci reprodukce pracuje mnoho let. Během času se také vyvíjela definice inbreedingu. Zde je několik příkladů, jak byl inbreeding definován.

Obecná definice příbuzenské plemenitby zní: „Páření dvou jedinců, kteří jsou navzájem více příbuzní než je tomu při náhodném páření jedinců celé populace.“ (Jakubec a kol., 2010)

„Opakování se některých předků v předchozích generacích a tím i opakování se pravděpodobné koncentrace vlohového založení v genotypu příbuzensky vyšlechtěných jedinců.“ (Šiler a kol., 1965)

„Příbuzenská plemenitba je souhrnný název pro systém páření, ve kterých dochází k páření vzájemně příbuzných jedinců, tj. jedinců, kteří mají v rodokmenu společné předky.“ (Jakubec a kol., 2012)

9.2 Koeficient inbreedingu

Vliv inbreedingu můžeme vyjádřit kvantitativně v termínech redukce heterozygotnosti. Tedy měřit velikost inbreedingu aktuálního podílu heterozygotních genotypů v populaci srovnáním s podílem heterozygotů, kteří by se nacházeli v populaci

při oplození náhodném. Koeficientem inbreedingu tedy měříme postupnou redukci heterozygotnosti v populaci, relativně k populaci s oplozením náhodným a se stejnou četností alel (Relichová, 2009).

Intenzitu příbuzenské plemenitby měříme tedy pomocí koeficientu inbreedingu F_X (1), který navrhl Wright v roce 1922 a následně stal se základním vzorcem pro výpočty koeficientu inbreedingu:

$$F_X = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_A) \right] \quad (1)$$

kde:

Σ ... součet úseků ke všem společným předkům

n_1 ... počet generací (úseků) ke společnému předku ze strany otce

n_2 ... počet generací (úseků) ke společnému předku ze strany matky

F_A ... koeficient inbreedingu sledovaného předka

Tento Wrightův vzorec je založen na analýze rodokmenů a jednotlivých úseků, tzv. path coefficients. Vychází z předpokladu, že u inbreedních jedinců dojde k nárůstu homozygotnosti a z toho důvodu ke snížení heterozygotnosti (Jakubec a kol., 2010).

V případě výpočtů složitějších rodokmenů, kdy se v rodokmenech nachází více společných předků, kteří jsou také výsledkem příbuzenské plemenitby, se používají práce jiných autorů. Mezi tyto významné autory patří Cruden (1949) a také Malécot (1948), který ve své práci *Les Mathématiques de l'Hérédité* zavádí pojem původový koeficient (Bezdíček a kol., 2010).

Velikost koeficientu inbreedingu se nejčastěji uvádí v relativním vyjádření od 0 do 100 % nebo v rozmezí 0 až 1.

9.3 Koeficient příbuznosti

Kromě pojmu koeficient inbreedingu zavádí Wright (1922) také pojem koeficient příbuznosti. Tento koeficient má důležitou roli ve šlechtění zvířat. Používá se při výběru linií páření nebo k výpočtu plemenných hodnot. Koeficient příbuznosti je definován takto: „Koeficient, který vyjadřuje míru genetické podobnosti dvou jedinců.“ (Bezdíček a kol., 2010).

Rozdíl mezi koeficientem příbuznosti a koeficientem inbreedingu je, že koeficient příbuznosti nepojednává o tom, zda byli dva jedinci spáření nebo nikoli. Jde tedy pouze o zhodnocení rodokmenů jedinců a monitorování jejich společných předků a následné vyhodnocení stupně inbreedingu (Bezdíček a kol., 2010).

Koeficient příbuznosti R_{XY} (2) se vypočítává podle vzorce vytvořeného Wrightem (1922):

$$R_{XY} = \frac{\sum[(1/2)^{n_1+n_2}(1+F_A)]}{\sqrt{(1+F_X)(1+F_Y)}} \quad (2)$$

kde:

Σ ... sumace příbuznosti pro více úseků jedinců X a Y ke společným předkům

n_1 ... počet generací mezi rodičem X jedince Z a společným předkem A

n_2 ... počet generací mezi rodičem Y jedince Z a společným předkem A

F_X ... koeficient inbreedingu jedince X

F_Y ... koeficient inbreedingu jedince Y

F_A ... koeficient inbreedingu společného předka

Koeficient příbuznosti R_{XY} je tedy vyjádření příbuzenského vztahu jedinců X a Y a koeficient inbreedingu F_X je hodnota jejich potomka (Bezdíček a kol., 2010). V tabulce č. Tab. 7 můžeme vidět vzájemný vztah mezi R_{XY} a F_X .

Tab. 7: Koeficient příbuznosti R_{XY} a koeficient inbreedingu F_X a jejich vzájemný vztah (Wright, 1922; upraveno – Trefilová, 2017)

Druh páření	R_{XY} (rodiče)	F_X (potomci) v %
Sourozenci		
první pokolení	0,5	25
druhé pokolení	0,6	37,5
třetí pokolení	0,73	50
Rodiče a děti		
první pokolení	0,5	25
druhé pokolení	0,67	37,5
Polosourozenci		
prarodiče s vnoučaty bratrance a sestřenice (4 společní dědi) strýc nebo teta s neteří a synovcem	0,25	12,5
Polostrýc a poloteta s neteří a synovcem	0,125	6,25
Polobratranec s polosestřenicí (1 společný děd)	0,0625	3,13

9.4 Výpočty koeficienty inbreedingu F_X a koeficientu příbuznosti R_{XY} podle Malécot a Crudenová

Předchozí výpočty koeficientu inbreedingu a koeficientu příbuznosti byly založeny na zjišťování informací z rodokmenů od nejmladších jedinců po nejstarší společné předky. Pomocí výpočtů podle Malécota a Crudenové je možnost koeficienty F_X a R_{XY} vypočítat pro jakoukoliv generaci na základě informací předchozí generace. Postup výpočtu je tedy směrem od nejstarší generace po nejmladší generaci. Díky znalosti inbreedingu u předchozí generace jednoduše vypočítáme koeficienty u následujících generací. Koeficient inbreedingu určitého jedince tak závisí na rozsahu společného původu jeho rodičů (Jakubec a kol., 2010).

Je tedy možné odvodit koeficienty inbreedingu a koeficient příbuznosti pomocí Malécotova původového koeficientu. Ten můžeme definovat následně: „Koeficient, který vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou jsou dvě alely určitého genu identické původem, jsou tedy autozygotní“. Koeficient inbreedingu zde měří relativně míru autozygotnosti vzhledem k dané původní populaci. Původový koeficient značíme písmenem f (Jakubec a kol., 2010).

Původový koeficient podle Malécota vychází z domněnky, že dvě alely AA jsou v populaci buď stejné – identita stavem, nebo identické – identita původem. Alely stejné jsou kopiemi jednoho genu, který se vyskytoval u jednoho minulého předka. Alely identické jsou kopiemi alel určitého společného předka (Jakubec a kol., 2010).

Koeficient příbuznosti podle Malécota (3) se počítá následovně:

$$R_{XY} = 2f_{XY} \quad (3)$$

kde:

R_{XY} ... koeficient příbuznosti dle Wrighta

$2f_{XY}$... původový koeficient

Původový koeficient $2f_{XY}$ rodičů X a Y je identický s koeficientem příbuznosti potomka Z (Jakubec a kol., 2010).

$$f_{XY} = F_Z$$

9.5 Vliv inbreedingu na zvířata

Vlivem příbuzenské plemenitby dochází tedy ke zvyšování homozygotnosti, které má za následek fenotypovou expresi recesivně letálních genů (Keller a kol., 2004). Jedním z důležitých vlivů inbreedingu je vliv na délku života jedinců, o kterém informují Mousseau a Roff (1987). Zároveň upozorňují na to, že přírodní výběr dává přednost heterozygotům před homozygoty (Mousseau a Roff, 1987). Wolc a kol. (2007) vidí nebezpečí inbreedingu hlavně u genetických zdrojů, kde zvyšuje úmrtnost u mladých jedinců a snižuje fitness u nedomestikovaných druhů. Příbuzenská plemenitba má vliv také na vlastnosti, které jsou typické pro volně žijící zvířata, kdy je potlačuje (Wolc a kol., 2008). Příbuzenské plemenitbě není možné se vždy vyhnout. Příkladem může být právě kůň Převalského, kdy celá jeho dnešní populace vznikla jen z 12 zakladatelů. O problému inbreedingu v malých populacích píše také Spevak a kol. (1993).

Negativní vlivy příbuzenské plemenitby můžeme označit jako inbreední depresi, která se projevuje u celé řady kvantitativních vlastností, jako je reprodukce, produkce, zevnějšek atd.

9.5.1 Inbreední deprese

Inbreední deprese vzniká na základě připařování příbuzných jedinců. Spadá do neaditivní složky genotypových variací. Je protikladem heterozního efektu (Jakubec a kol., 2010). U potomků, kteří vznikli příbuzenskou plemenitbou jsou defekty 2,5krát častější než u ostatních potomků v populaci, kde je četnost defektů zhruba 3 % (Relichová, 2009). Účinky inbreední deprese sledujeme ve dvou rovinách (Jakubec a kol., 2010).

První rovinou je zvýšení podílu homozygotních genotypů. Při výskytu letálních alel vyvolává jejich zvýšený projev. Letální alely se mohou vyskytovat u každého jedince. V náhodně se pářící populaci se tyto alely projevují jen v závislosti na jejich četnosti výskytu. U příbuzenské plemenitby je projev letálních alel závislý na velikosti koeficientu inbreedingu F_x (Jakubec a kol., 2010).

Druhá rovina inbreední deprese se projevuje zhoršením fenotypového projevu v řadě kvantitativních znaků. Tyto znaky jsou typické nízkými nebo středními hodnotami koeficientu dědivosti a jsou podmíněny větším počtem genů (Jakubec a kol., 2010).

Inbreední deprese se zabývá celá řada autorů, například projevem na znaky reprodukce, například k reprodukčním znakům prokázal Hermas a kol., 1987, Smith a kol., 1998 nebo Bezdíček a kol., 2007. Výzkumy vlivu inbreedingu probíhají u různých druhů zvířat. Významné jsou výzkumy inbreedingu zaměřené na chov skotu nebo u Starokladrubskeho koně.

9.6 Inbreeding v praxi

Inbreeding je významným prvkem ve šlechtitelství jak rostlin, tak živočichů. V zásadě se jedná o podchycení významných vlastností, které se vlivem příbuzenské plemenitby upevní a dávají vznik novým plemenům, odrudám. Proto byl inbreeding významnou součástí ve šlechtění hospodářských zvířat. Inbreeding tedy pomáhá získávat plemena živočichů a odrůdy rostlin, které mají maximální hodnoty a upevňují žádané znaky. K tomu dopomáhá systematický inbreeding. Velkým rizikem těchto procesů byla ale inbreední deprese, se kterou se chovatelé potýkali, a ne vždy se jí podařilo zabránit. Inbreední deprese se projevovala převážně u znaků spojených s nízkým koeficientem heritability (h^2) jako je například plodnost zvířat nebo jejich zevnějšek. Vlivem

inbreedingu také dochází k negativním vlivům. Mezi nejčastější patří snížená plodnost, zkrácení délky života a také větší náchylnost k chorobám (Relichová, 2009). Tato tematika byla zpracována řadou autorů, například Maximini a kol. (2011), Alvarez a kol. (2005) nebo González a kol. (2007).

9.6.1 Vliv inbreedingu na kvalitu a výnos embryí

V posledních letech byl vliv inbreedingu sledován až na úroveň gamet (vajíček a spermií) a následně na množství a kvalitu embryí. K pochopení těchto závislostí pomohly především nové moderní postupy v oblasti reprodukce, jako jsou oplodnění *in vitro* (Firman a Simmons, 2015) a přenosy embryí. Významné byly také objevy v oblasti endokrinologie a její výzkumy. Ty probíhaly především u chovu skotu, kde se staly zvládnutými technikami a umožnily následný výzkum u dalších druhů hospodářských zvířat nebo ohrožených zvířat.

Bezdíček a kol (2014) prováděli výzkum u holštýnských krav. Bylo sledováno 125 holštýnských krav na 3 farmách v České republice. Bylo získáno celkem 761 embryí. Mezi sledovanými krávkami bylo 36 krav inbreedních a 89 krav neibreedních. Od inbreedních krav bylo získáno 199 embryí a od neibreedních 562 embryí. Inbreední krávy byly rozděleny do 2 skupiny podle velikosti koeficientu inbreedingu. V první skupině byly zástupci s velikostí koeficientu inbreedngu F_X v rozmezí 1,26 – 1,56 %, zde bylo zařazeno 23 krav s 147 embryi. Ve druhé skupině bylo 13 krav a 52 embryí s koeficientem inbreedingu F_X v rozmezí 3,1 – 25 % (Bezdíček a kol., 2014).

Výsledky výzkumu potvrzují negativní vliv inbreedingu na kvalitu a zisk embryí u holštýnských krav. Nejhorších výsledků dosáhly inbreední krávy s vyšším koeficientem inbreedingu, tedy skupina krav s F_X v rozmezí 3,1 – 25 %. Významné rozdíly mezi inbreedními a neibreedními zvířaty ($P \leq 0,05$), byly nalezeny v poměru vhodných embryí a neoplozených oocytů při vyšších koeficientech inbreedingu F_X (Bezdíček a kol., 2014).

Tab. 8: PROC GLM analýza embryí podle koeficientu F_X (Bezdiček a kol., 2014; upraveno – Trefilová, 2017)

	$F_X = 0$ ($n = 562$)		$F_X = 1,26 \% - 1,56 \%$ ($n = 147$)		$F_X = 3,1 \% - 25 \%$ ($n = 52$)	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
Vhodná embrya (%)	71,77	3,64	68,27	6,57	55,13	8,88
Degenerovaná embrya (%)	12,46	2,92	14,89	5,26	16,06	7,10
Neoplodněná vajíčka (%)	15,77	3,06	16,84	5,51	28,81	7,45

Tab. 9: Korelační a regresivní statistiky koeficientu F_X a výnosem a kvalitou embryí (Bezdiček a kol., 2014; upraveno – Trefilová, 2017)

	Počet	R	Multiple R ²	Adjusted R ²	R _{xy}	P-level
F_X vs.	Embryí celkem	0,2818	0,0794	0,0523	-0,2085	0,0959
	Vhodných embryí	0,2673	0,0715	0,0442	-0,1773	0,1149
	Vhodných embryí (%)	0,2753	0,0758	0,0469	-1,6857	0,1151
	Degenerovaných embryí (%)	0,4339	0,1883	0,1629	2,2347	0,0104
	Neoplodněných vajíček (%)	0,1055	0,0111	-0,0198	-0,5489	0,5528

Vliv inbreedingu byl sledován až na úroveň gamet. V řadě vědeckých prací se prokázalo, že inbreeding ovlivňuje jak kvalitu, tak také množství produkovaných oocytů nebo spermií. Např. Maximini a kol. (2011) analyzovali v letech 2000–2006 30 000 ejakulátů od 715 býků plemene Simentál, žijících na inseminačních stanicích v Rakousku. Nejvyšší zjištěný koeficient inbreedingu byl 7,55 %, průměr byl v rozmezí 1,16 až 1,47 %. Autoři uvádějí, že inbreeding ovlivnil všechny sledované ukazatele. Například u býka s koeficientem inbreedingu 10 % byl zjištěn menší objem ejakulátu (-1,5 ml), nižší celkový počet spermií (-2.4×10^9) a o 3 % méně životaschopných spermií než u neinbreedních býků (Maximini a kol, 2011). Podobné závěry byly zjištěny také v rámci oogeneze Alvarez a kol. (2005)

V práci Bezdíček a kol. (2015) bylo také prokázáno, že vliv inbreedingu lze sledovat až do činnosti vaječníků, a to z pohledu jejich superovulační odezvy. Studie prokázala, že nulový koeficient inbreedingu je spojen s lepší superovulační odpovědí a s mírně vyšším počtem žlutých tělísek (8,06 ks) na vaječnicích, než je tomu i inbreedních krav (6,5 ks) s koeficientem inbreedingu 1,56 až 3 %. Vyšetření žlutých tělísek bylo provedeno sonografickým vyšetřením vaječníků (Bezdíček a kol., 2015).

Tab. 10: Vliv inbreedingu na množství a kvalitu embryí (Bezdíček a kol., 2014; Bezdíček a kol., 2015)

Faktor	Skupina	Celkový počet embryí (ks.)	Vhodných embryí (ks.)	Degenerovaných embryí (%)
		LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE
F _x (%)	0,00 CL* = 8,06 St.	6,28 ± 0,518	4,29 ± 0,397 ^a	21,48 ± 3,537
	1,56 - 3,0 CL* = 6,47 St.	4,85 ± 1,144	2,72 ± 0,876 ^a	17,54 ± 8,095

CL = žluté tělísko; a – průkaznost rozdílů, P < 0,05

Z tabulky č. 10 je tedy patrné, že u skupin s prokázanou hodnotou inbreedingu byl celkový počet embryí nižší a zároveň klesl i počet vhodných embryí. Ovšem u této skupiny inbreedních jedinců byl procentuálně nižší výskyt degenerovaných embryí než u skupiny s neinbreedních jedinců.

9.6.2 Vliv inbreedingu na další reprodukční vlastnosti

V předchozí kapitole bylo zjištěno, že negativní vliv inbreedingu lze prokázat již na úrovni gamet (vajíček a spermií) a u embryí. Tato skutečnost se odráží v dalších reprodukčních vlastnostech, které jsou chovateli sledovány – počet inseminací potřebných k zabřeznutí, délka servis periody, schopnost zabřeznout aj. Vztah inbreedingu k těmto chovatelsky významným vlastnostem byl sledován mnoha autory, například Mc Parland (2007) zpracoval reprodukční znaky u holštýnských krav v Irsku, studie obsahovala 616 653 jedinců. Zvířata s koeficientem inbreedingu 12,5 % hůře zabředávala, měla o 2 % častější výskyt dystocia a o jedno 1 % častější výskyt mrtvě narozených zvířat. K podobným závěrům došel i Adamec a kol. (2006), který zjistil u inbreedních jedinců holštýnských krav v USA zvýšený podíl mrtvě narozených 0,20 – 0,25

% v závislosti na pohlaví narozených zvířat. Na španělské populaci k podobným závěrům došel také González a kol. (2007), který uvádí, že zvířata s inbreedingem 25 % a více, měla zhoršenou březost o 6,4 % a podíl dystocie se zvýšil o 1,7 %.

Dalším významným reprodukčním ukazatelem pro chovatele je délka mezidobí, které vyjadřuje období (počet dnů) mezi dvěma porody. Podrobné výzkumy byly prováděny například u skotu, kde má inbreeding vliv na délku mezidobí. Jedná se o jeden ze základních reprodukčních ukazatelů při posuzování celého stáda nebo plemence. Tento ukazatel má významnou roli na ekonomiku zemědělských podniků. Při sledování mezidobí se sledují dva ukazatele, které mohou být také ovlivněny inbreedingem, a to délka servis periody a délka březosti (Bezdíček a kol., 2010).

Délka servis periody udává počet dnů od porodu po další zabřeznutí plemence. Délka servis periody byla zkoumána u inbreedních a neibreedních krav. Z výsledků řady autorů je patrné, že se délka této periody prodlužuje u inbreedních krav, což je spojeno především s jejich zhoršenou schopností zabřeznout. Nejnižší nárůst byl o 2,81 dne, jednalo se o krávy s nejnižším koeficientem inbreedingu. Největší nárůst byl zaznamenán u krav, kde koeficient inbreedingu F_x dosahoval hodnot až 25 %. Nárůst délky servis periody byl delší o 8,23 dne. Z dalších výpočtů je možné zjistit, že při nárůstu koeficientu F_x o 1 % se zvýší perioda o 0,22 dne (Bezdíček a kol., 2010).

9.6.3 Inbreeding a chov koně Převalského

Jelikož dnešní populace koně Převalského pochází pouze z 12 předků, nebylo možné se příbuzenské plemenitbě vyhnout. Tímto tématem se zabývá například Wolc a kol. (2008) nebo Tatin a kol (2008).

Cílem práce Wolc a kol. (2008), bylo zjištění koeficientu inbreedingu a jeho vývoj v čase. Do studie bylo zahrnuto 2935 koní z určitých zemí. Z toho 1263 hřebců, 1386 klisen a 33 jedinců neznámého pohlaví. Průměrná hodnota koeficientu inbreedingu ve sledované populaci byla 0,094 (Wolc a kol, 2008). Koeficient inbreedingu byl zjišťován pomocí aditivního vztahu matrice (Quaas, 1976).

Z jeho výsledků vyplývá, že hodnota koeficientu inbreedingu u koně Převalského rostla do roku 1940, kdy průměr koeficientu inbreedingu dosáhl hodnoty 0,37. Jako hlavní důvod byl malý počet jedinců a s tím spojená příbuzenská plemenitba. Od roku 1950 tato hodnota klesá, a to díky zvyšujícímu se počtu jedinců. Z výsledků studie tedy vyplývá, že se zvyšujícím se počtem jedinců klesá hodnota inbreedingu (Wolc a kol., 2008).

Tatin a kol. (2008) sledovali devět let populaci koně Převalského ve Francii. Výzkum proběhl v letech 1994 až 2003, kdy byly pozorovány faktory ovlivňující porodnost a úmrtnost hříbat v uzavřené populaci, bez přítomnosti predátorů a bez lidské pomoci. Během výzkumu se narodilo 65 hříbat a 11 z nich uhynulo. U narozených hříbat byl zjišťován koeficient inbreedingu. Z výzkumu bylo zjištěné, že hříbata, která uhynula do 1 roku od narození měla průměrný koeficient inbreedingu 0,183. Hříbata, která se dožila více než 1 roku měla průměrný koeficient inbreedingu 0,181 (Tatin a kol. 2008).

9.6.4 Inbreeding u starokladrubského koně

Inbreeding byl sledován také u populace starokladrubských koní. Starokladrubský kůň je tzv. galakariosier, tedy mohutný kočárový kůň. Jde o významné české plemeno koně, který má velkou kulturní a historickou hodnotu. Starokladrubský kůň patří mezi genetické zdroje. Od založení plemene, tj. od 18. století jsou vedeny rodokmeny. Díky nim je možné vypočítat koeficienty inbreedingu. První analýzy koeficientu inbreedingu proběhly v roce 1993 a následně o deset let později v roce 2003. To umožnilo porovnání stavu příbuzenské plemenitby u starokladrubského koně během jednoho generačního intervalu. Koeficient inbreedingu F_X byl počítán pro každou klisnu i hřebce z informací pěti generací předků. Použita byla data z databáze plemenné knihy starokladrubských koní (Jakubec a kol., 2012).

Tab. 11: Zprůměrovaný koeficient inbreedingu F_X u hřebců a klisen starokladrubských koní v letech 1993 a 2003 (Jakubec a kol., 2012, upraveno)

Varianta		Počet jedinců n	1993 F_X (%)	Počet jedinců n	2003 F_X (%)
Hřebci	Bělouši	16	6,06	22	5,20
	Vraníci	17	5,26	17	5,94
	Celkem n/Průměr F_X (%)	33	5,65	39	4,27
Klisy	Bělouši	95	7,29	169	3,99
	Vraníci	114	8,40	181	5,86
	Celkem n/Průměr F_X (%)	209	7,83	350	4,88

Z předchozí tabulky je patrné, že u hřebců se snížil koeficient inbreedingu F_X z 5,65 % na 4,27 %, tedy o 1,38 %. U klisen se koeficient inbreedingu F_X snížil z hodnoty 7,83 % na 4,88 %, tedy o 2,95 %. Snížení hodnot inbreedingu bylo díky zvýšení počtu jedinců (hřebců i klisen) a pomocí aplikovaného systému páření (Jakubec a kol., 2012). Uvedené práce ukázaly, že inbreeding je významným problémem nejen v populacích s menším počtem aktivních zvířat, ale je nutné ho sledovat také u velkých populací např. v chovu skotu, kde může vést ke zhoršené reprodukci, produkci nebo zevnějšku. Výše uvedené závěry také ukázaly, že se negativní vliv inbreedingu projevuje již na úrovni gamet nebo embryí. Následně je sledován u dalších reprodukčních ukazatelích, jako je např. schopnost zvířete zabřeznout.

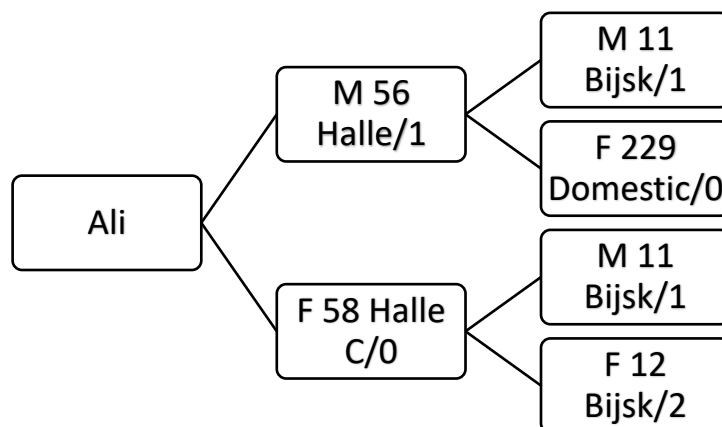
10 Praktická část s výsledky

Tato část diplomové práce obsahuje odpovědi na předem stanové otázky a výsledky výpočtů koeficientu inbreedingu F_X , dále vytvořené rodokmeny vybraných jedinců koně Převalského a výsledné grafy s vývojem populace, s hodnotami inbreedingu a s dalšími výsledky.

10.1 Výpočet koeficientu inbreedingu F_X

Koeficient inbreedingu můžeme získat z chovatelských evidencí nebo jej sami vypočítat pomocí rodokmenů.

Pro první výpočet jsem si zvolila nejstaršího jedince koně Převalského, který byl jedním ze zakladatelů dnešního chovu v České republice. Rodokmen je vytvořen na základě informací z Generální plemenné knihy koně Převalského. Koeficient inbreedingu F_X je vypočítán pomocí Wrightova vzorce.



Obr. 10: Rodokmen plemenného hřebce Aliho (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

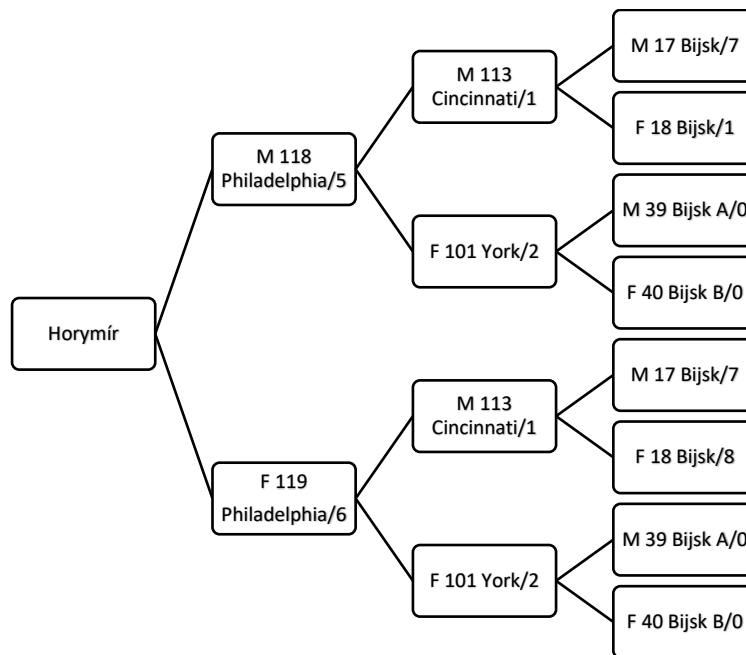
Výpočet koeficientu F_X u hřebce Aliho:

$$F_X = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_A) \right]$$

$$F_X = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{1+1+1} (1 + 0) \right]$$

$$F_X = 0,125 = 12,5 \%$$

U předků Aliho vidíme v rodokmenu, že matka i otec Aliho měli společného otce. Koeficient inbreedingu nám proto vyšel 12,5 % neboli 0,125. Správnost výsledku můžeme ověřit z informací z Generální plemenné knihy, kde koeficient inbreedingu F_X vyšel shodně 0,125.



Obr. 11: Rodokmen plemenného hřebce Horymíra (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

Další výpočet koeficientu inbreedingu F_X byl proveden u hřebce Horymíra (120 Washington/1) pomocí rodokmenu:

$$F_X = 0,25 = 25 \%$$

V rodokmenu můžeme vidět, že rodiče Horymíra jsou sourozenci. Matka Philadelphia/6 a otec Philadelphia/5 mají oba za rodiče klisnu York/2 a hřebce Cincinnati/1. Koeficient inbreedingu F_X u hřebce Horymíra podle výpočtů vyšel 25 %. Správnost výsledku můžeme ověřit z informací z Generální plemenné knihy, kde koeficient inbreedingu F_X vyšel také 0,25.

Další ověření jsem provedla u několika dalších koní:

65 Halle/8 (Minka) ... $F_X = 0,125$

60 Halle/3 ... $F_X = 0,125$

72 Praha/5 ... $F_X = 0,312$

102 York/3 ... $F_X = 0,25$

225 Sydney/4 ... $F_X = 0,25$

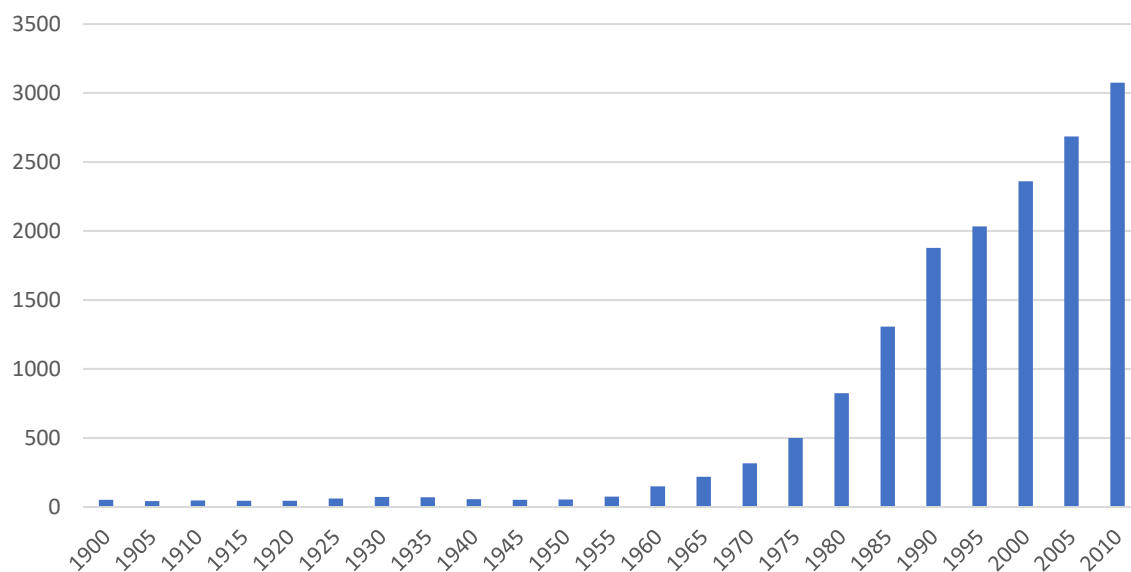
Výsledky mých výpočtů koeficientu inbreedingu u vybraných jedinců koně Převalského se shodují s výsledky v Generální plemenné knize koně Převalského (2008).

Z těchto výsledků je zřejmé, že se dá koeficient inbreedingu vypočítat na základě rodokmenu a za použití Wrightova vzorce pro výpočet F_X . V případě složitějších rodokmenů s vyšším počtem společných předků je ovšem pro přesnost výpočtu nutné využít softwaru, které jsou dnes běžně k dispozici, například ABTK (Animal Breeder's Tool Kit). Výpočet koeficientu inbreedingu pomocí softwarových programů umožní zohlednit větší množství společných předků a také provést analýzu do vzdálenějších generací.

10.2 Podrobný vývoj populace koně Převalského

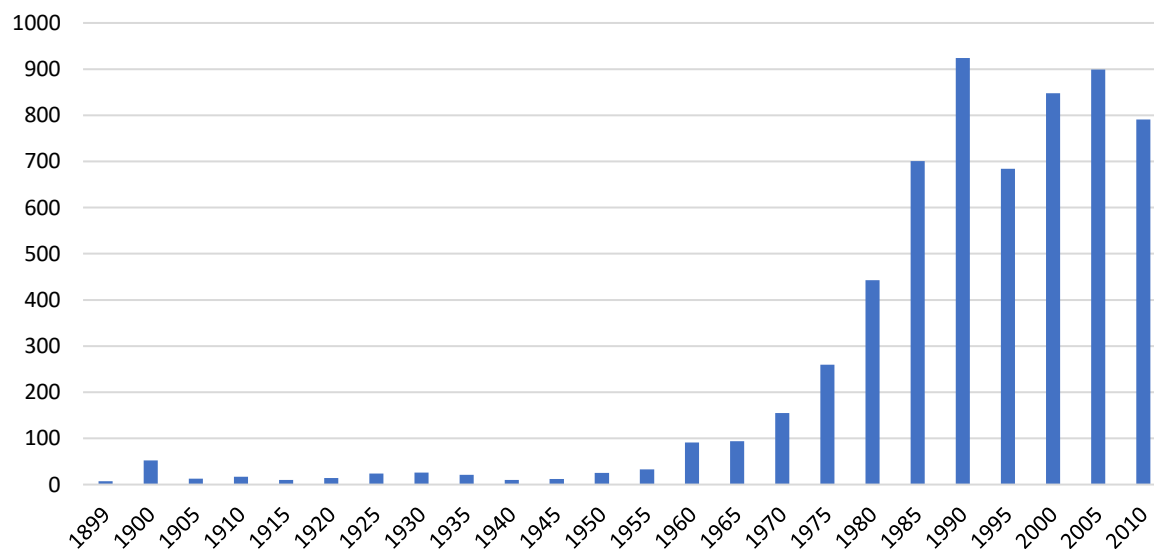
Jak je patrné z následujícího grafu na obrázku č. 12, lze pozorovat nárůst populace koně Převalského v letech 1900 až 2010. S růstem populace narůstá také počet narozených hříbat. To můžeme vidět na grafu na obrázku č. 13, kde je zpracován graf s počtem narozených hříbat v jednotlivých obdobích. Pro lepší orientaci jsou v následujícím textu tyto grafy, tedy graf s vývojem populace koně Převalského a graf s počty narozených hříbat, rozděleny na další dva podrobnější grafy.

Vývoj počtu koně Převalského v letech 1900-2015



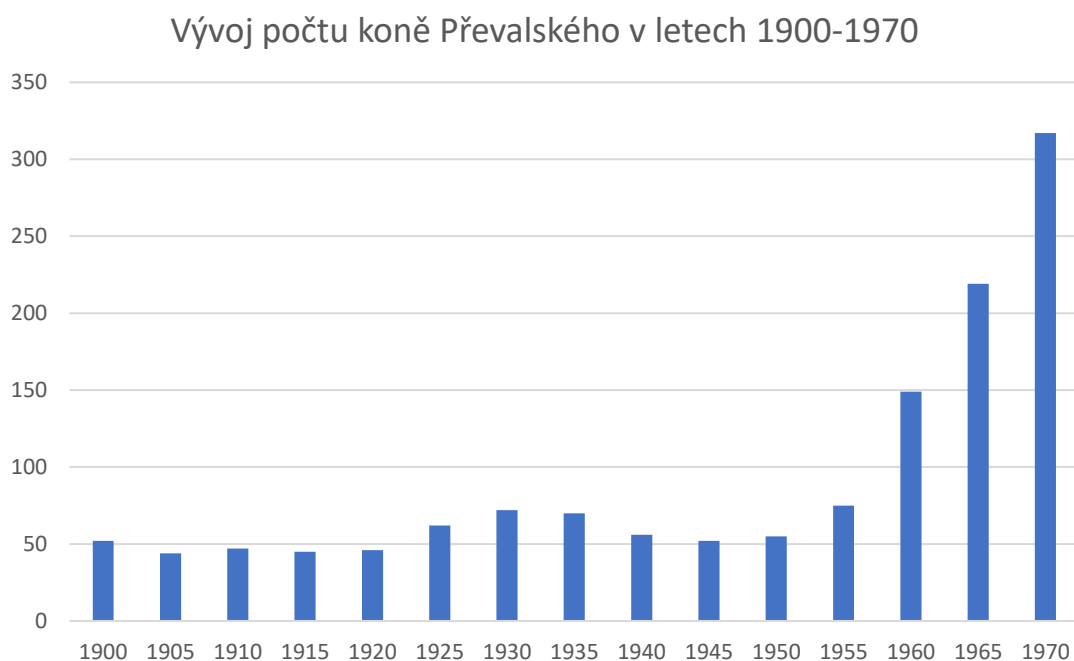
Obr. 12: Graf vývoje populace koně Převalského v letech 1900 až 2010 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

Počet narozených hříbat koně Převalského 1899-2010



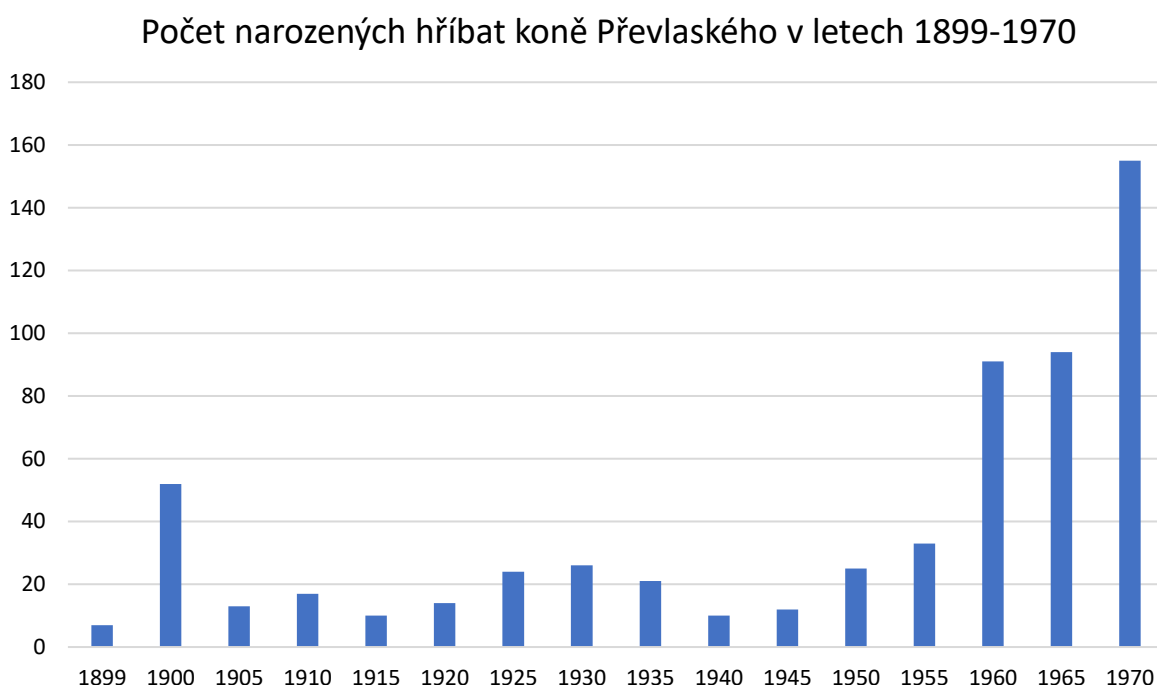
Obr. 13: Graf narozených hříbat koně Převalského v letech 1899 až 2010 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

Následující graf na obr. 14 nám znázorňuje vývoj počtu koně Převalského v letech 1900 až 1970. Jednotlivé úseky grafu zahrnují vždy období 5 let. Tedy období 1900 začíná 1. 1. 1900 a končí 31. 12. 1994. V prvním časovém úseku, tedy v období 1900, bylo na světě 52 evidovaných jedinců. V následujících 4 obdobích počet koní Převalského nepřesáhl počet 50 kusů. Od roku 1930 začal opět stoupat počet jedinců. Nejvíce jedinců bylo v období 1930. Přesněji podle Generální plemenné knihy to bylo 72 koní Převalského. V periodě od druhé světové války zhruba do konce období 1955 byl počet koní Převalského na světě v rozmezí 50 až 70 jedinců. V následujících letech můžeme vidět strmý nárůst populace koně Převalského. Tento nárůst je spojen s konáním prvního mezinárodního symposia na jeho záchranu, které proběhlo v roce 1959. V období 1960 narostl počet jedinců ze 75 na 149 jedinců. Největší nárůst vidíme v období 1970, kdy se počet jedinců oproti období 1965 zvýšil o 98 jedinců.



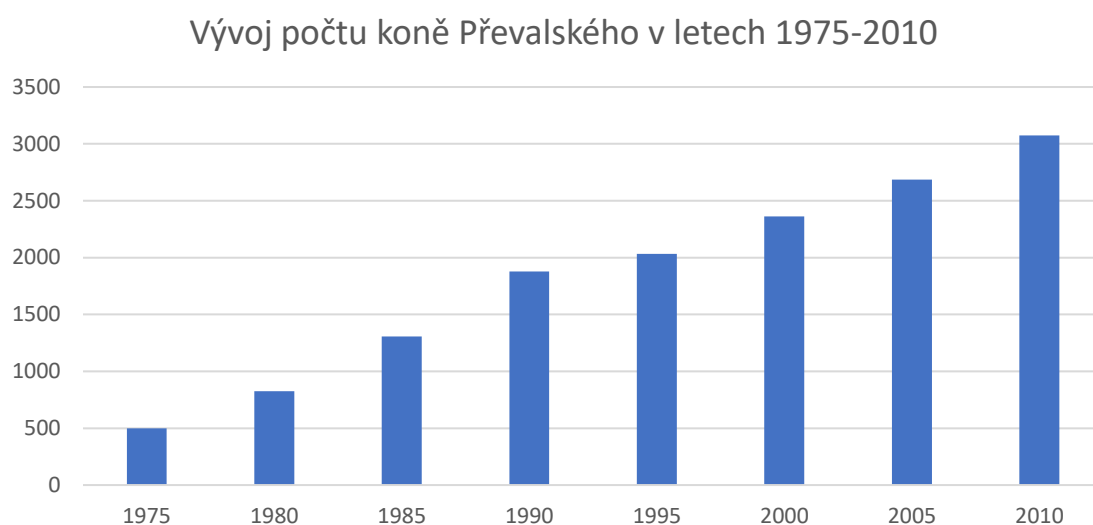
Obr. 14: Graf vývoje populace koně Převalského v letech 1900 až 1970 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

Na obrázku č. 15 je graf počtu narozených hříbat koně Převalského v letech 1899 až 1970. Před rokem 1990 bylo do plemenné knihy zapsáno 7 narozených hříbat. Nejméně hříbat se narodilo v období druhé světové války a v období po ní, tedy v letech 1940 až 1949. V prvním zmíněném období to bylo 10 narozených hříbat a v etapě 1945 se narodilo 12 hříbat koně Převalského. Tato malá porodnost byla způsobena druhou světovou válkou a následným zánikem několika chovů. Nárůst začal po prvním mezinárodním symposiu, kdy se v období 1960 narodilo 91 hříbat. Hranice sta narozených hříbat byla dosažena v období 1970 (od 1.1. 1970 do 31.12. 1974), kdy se narodilo 155 hříbat.



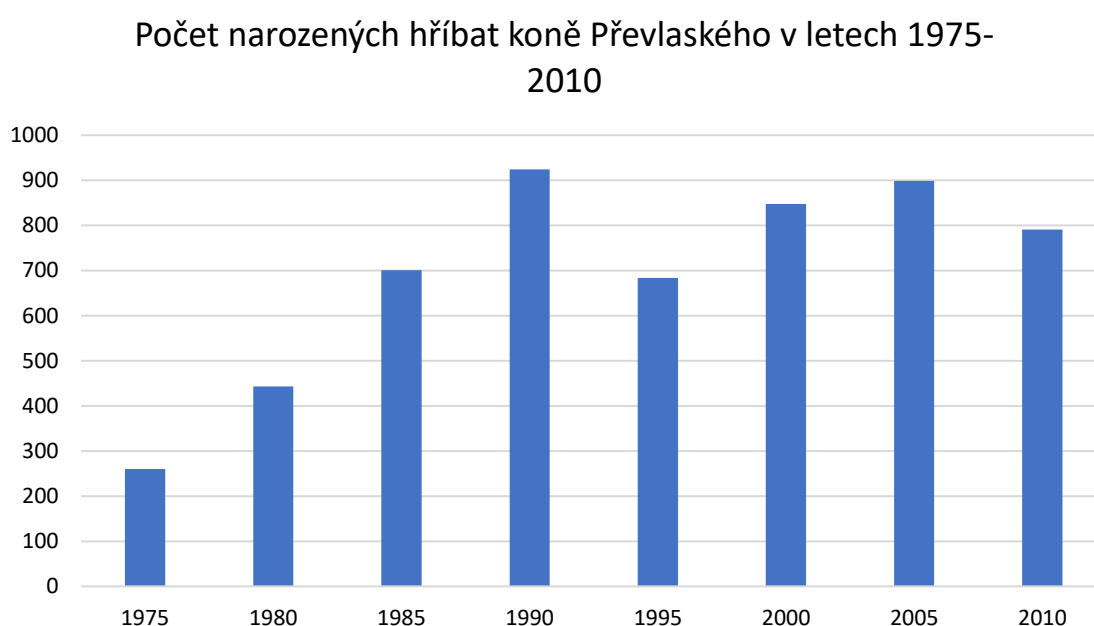
Obr. 15: Graf narozených hříbat v letech 1899 až 1970 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

Na obrázku č. 16 vidíme graf vývoje populace koně Převalského v letech 1975 až 2010. Ve sledovaném období 1975 byla poprvé v novodobé historii dosažena hranice 500 žijících jedinců koně Převalského ve světě. Od tohoto období populace koně Převalského stoupá. Další hranice byla překročena v etapě 1985, kdy byla překročena hranice tisíce jedinců. O deset let později bylo na světě již 2000 jedinců koně Převalského. Přesněji v období 1995 žilo 2034 divokých koní. Hranice 3000 jedinců bylo dosaženo v posledním měřeném období, tedy v etapě 2010, kdy na světě žilo 3075 koní Převalského.



Obr. 16: Graf vývoje populace koně Převalského v letech 1975 až 2010 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

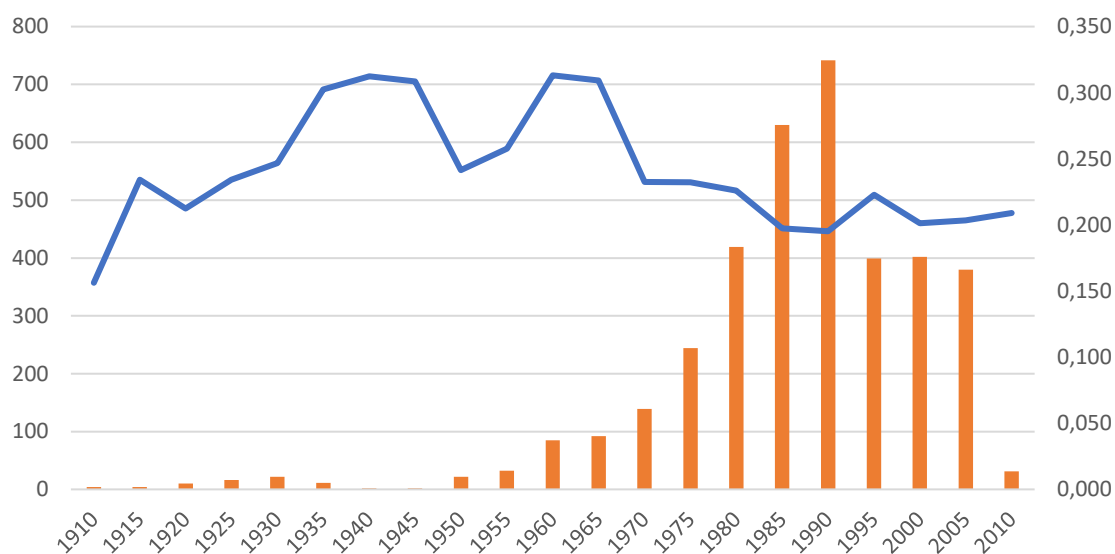
Na obrázku č. 17 můžeme vidět graf pro narozená hříbata v období 1975 až 2010. V prvních čtyřech obdobích, tedy od 1975 do 1990, můžeme sledovat postupné zvyšování porodnosti. Vrchol byl dosažen v roce 1990, kdy se narodilo nejvíce hříbat koně Převalského za celou dobu sledování. Narodilo se 924 jedinců koně Převalského. Po této etapě přišlo snížení počtu narozených jedinců, kdy se v období 1995 narodilo o 240 méně hříbat, tedy 684 jedinců. Od té doby vidíme opětovný nárůst počtu narozených hříbat, kdy čísla dosahují opět k hodnotám 900 jedinců. V posledním sledovaném období, tedy v období 2010 se narodilo o něco méně hříbat a to 791.



Obr. 17: Graf narozených hříbat v letech 1899 až 1970 (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha koně Převalského, 2008)

10.3 Vztah koeficientu inbreedingu F_x a velikost populace

Na následujícím obrázku je vytvořen graf znázorňující velikost populace koně Převalského v jednotlivých letech a hodnoty koeficientu inbreedingu F_x . Tento graf zahrnuje pouze jedince koně Převalského, u kterých byl zjištěn koeficient inbreedingu F_x . Z grafu je patrné, že velikost populace má vliv na hodnotu koeficientu inbreedingu F_x . Se zvyšujícím se počtem jedinců se snižuje i koeficient inbreedingu.



Obr. 18: Grafické vyjádření vzrůstajícího počtu zvířat koně Převalského a poklesu jeho koeficientu inbreedingu F_x (vlastní zpracování – Trefilová, 2017; zdroj: Generální plemenná kniha, 2008)

Snížený koeficient inbreedingu během druhé světové války byl způsoben díky nepříbuzným koním, kteří byli přivezeni do chovných stanic v Mnichově v letech 1934, 1937 a 1938 (Boyd a Hout, 1994).

Koeficient inbreedingu po roce 1960 rostl také kvůli linii chovu v Pražské zoologické zahradě. Hřebec Oskar (78 Praha/11) měl zde 35 potomků, které měl i s vlastními sestrami a dcerami (Boyd a Hout, 1994). Koeficienty inbreedingu podle Mezinárodní plemenné knihy dosahovaly u jeho potomků nejnižších hodnot 0,309 a nejvyšší hodnota byla u potomka Huberta (Praha 84) a to 0,504.

Se zvyšujícím se počtem jedinců v zoologických zahradách se začalo s prodáváním párů koní do jiných zoologických zahrad. To ovšem situaci s vysokým koeficientem inbreedingu nezlepšilo. Příbuzné páry v zoologických zahradách měly opět potomky

s vysokým koeficientem inbreedingu. Největší hodnota 0,597 byla dosažena u třech jedinců narozených v Kolíně nad Rýnem. Otcem byl hřebec 287 Praha 52, který byl potomkem hřebce Oskara. Tyto chovy byly úspěšné maximálně ve dvou generacích (Boyd a Houpt, 1994).

Je řada způsobů, jak můžeme vyjádřit vzájemný vztah koeficientu inbreedingu k velikosti populace. Toto vyhodnocení je závislé na řadě charakteristik příslušného druhu (např. počet mláďat, monogamie vs. polygamie atd.), podílu biotechnologických metod (inseminace, přenos embryí atd.) a dalších specifikách příslušného druhu. Ve své práci jsem provedla jednoduchou regresní a korelační analýzu mezi průměrným koeficientem inbreedingu a počtem porodů u koně Převalského. Cílem této analýzy bylo zjistit, zda dochází ke snížení koeficientu inbreedingu při zvýšení počtu aktivních zvířat (schopných mít potomky).

V situaci, kdy je nestejný počet samčích a samičích jedinců, je nutné použít pro vyjádření velikosti populace tzv. efektivní velikost populace (N_e) (Jakubec a kol, 2012).

$$N_e = \frac{4(N_m + N_f)}{N_m + N_f}$$

kde:

N_m ... počet samců

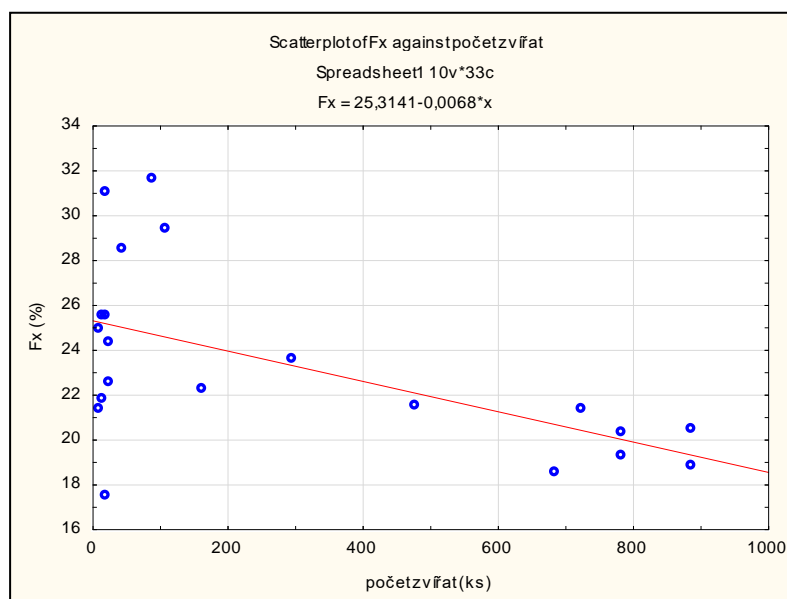
N_f ... počet samic

Tab. 12: Výpočet korelací a regresí počtu zvířat a jejich koeficientu inbreedingu F_x (program STATISTICA, 2013)

Summary Statistics; DV: Fx (Spreadsheet1)	
Statistic	Value
Multiple R	0,574553254
Multiple R2	0,330111441
Adjusted R2	0,294854149
F(1,19)	9,36292658
p	0,00644570403
Std.Err. of Estimate	3,41271685

Tab. 13: Velikost regresního koeficientu a jeho statistická průkaznost (p) (program STATISTICA, 2013)

Regression Summary for Dependent Variable: Fx (Spreadsheet1)						
R= ,57455325 R2= ,33011144 Adjusted R2= ,29485415						
F(1,19)=9,3629 p<,00645 Std.Error of estimate: 3,4127						
N=21	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(19)	p-value
Intercept			25,31413	0,982011	25,77786	0,000006
Počet	-0,574553	0,187769	-0,00676	0,002208	-3,05989	0,006446



Obr. 19: Grafické vyjádření regresního vztahu mezi počtem zvířat a koeficientem inbreedingu F_X (program STATISTICA, 2013)

Regresní koeficient ukázal (-0,00676), že s narůstajícím počtem zvířat dochází k vysoce průkaznému ($p = 0,0064$) snižování koeficientu F_X . Regresní koeficient ukazuje, že teoretické zvýšení počtu zvířat o jeden kus je spojeno se snížením F_X o hodnotu 0,00676 %. Korelace je velmi těsná ($R = 0,5745$). Uvedené závěry korelační analýzy ukazují, že mezi koeficient inbreedingu v jednotlivých letech a počtem aktivních zvířat (počet ohřeбенých klisen) je vysoce průkazná závislost. Prokázalo se, že s narůstajícím počtem aktivních zvířat dochází ke snižování koeficientu inbreedingu v populaci koně Převalského. Problematika vztahu velikosti populace a změny koeficientu inbreedingu je velmi významná. Bylo by vhodné v následujících výzkumech tuto problematiku podrobněji analyzovat.

10.3.1 Výpočet korelace prezentující těsnost vztahu počtu zvířat a F_x

Pearsonův lineární korelační koeficient je negativní (-0,574553) a vysoce průkazně odlišný od nuly ($P = 0,006$).

Tab. 14: Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu (program STATISTICA, 2013)

Regression Summary for Dependent Variable: Fx (Spreadsheet1)						
R= ,57455325 R2= ,33011144 Adjusted R2= ,29485415						
F(1,19)=9,3629 p<,00645 Std.Error of estimate: 3,4127						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(19)	p-value
N=21						
Intercept			25,31413	0,982011	25,77786	0,000000
Počet	-0,574553	0,187769	-0,00676	0,002208	-3,05989	0,006446

10.4 Vztah F_x na podíl mrtvě narozených hříbat koně Převalského

Na třetím mezinárodním sympoziu, konaném v roce 1976, byl kladen důraz na snížení koeficientu inbreedingu u koně Převalského kvůli jeho negativním účinkům (zvýšená juvenilní úmrtnost nebo kratší délka života). Pomoci měla především Plemenná kniha koně Převalského, kde je možné vyhledat a vytvořit rodokmen daného jedince (Boyd a Houpt, 1994).

Do těchto výpočtů byla zahrnuta mrtvě narozená hříbata, která mají v Generální plemenné knize koně Převalského datum narození a datum úmrtí s rozdílem maximálně 5 dnů. Další nutností byla známost koeficientu inbreedingu F_x , jeho hodnota musela být větší než 0. Analýza proběhla u všech hříbat, která splňovala předchozí podmínky a byla narozena v období let 1960 až 1990.

Tab. 15: Průměrný inbreedingu u mláďat uhynulých do 5 dnů a nad 5 dnů (program STATISTICA, 2013)

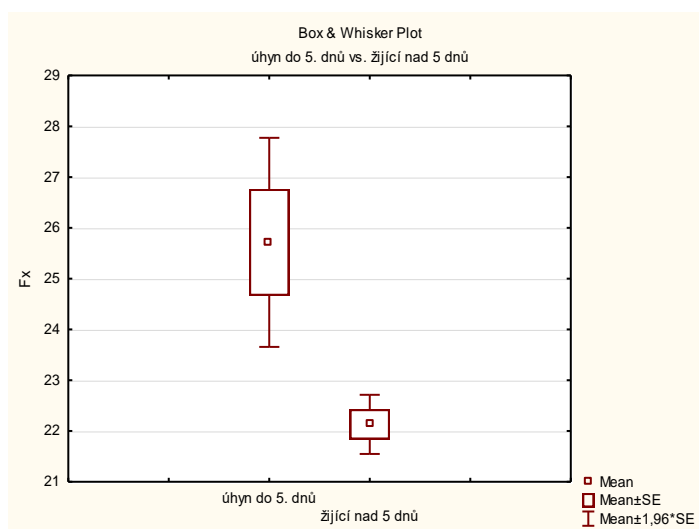
Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet1)						
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.
úhyn do 5. dnů	162	25,71420	2,300000	59,70000	178,5325	13,36161	51,96198
žijící nad 5 dnů	1592	22,13147	1,200000	59,70000	140,2561	11,84298	53,51194

Tab. 16: Statistická průkaznost koeficientu inbreedingu u mláďat přeživších (uhynulých) do 5. dnů (program STATISTICA, 2013)

		T-test for Independent Samples (Spreadsheet1)					
		Note: Variables were treated as independent samples					
Group 1 vs. Group 2		Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1
úhyn do 5. dnů vs. žijící nad 5 dnů		25,71420	22,13147	3,623169	1752	0,000299	162

Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
1592	13,36161	11,84298	1,272904	0,030552

Tab. 16 vyjadřuje průměrný koeficient inbreedingu u mláďat uhynulých do 5. dnů (Mean Group 1) a žijících nad 5 dnů (Mean Group 2). Z tabulky je zřejmé, že mláďata uhynulá do 5. dnů měla vyšší koeficient inbreedingu (25,7 %) než mláďata, která se dožila více jak 5. dnů (22,1 %). Tato rozdílnost je vysoce průkazná, jak je patrné i z následujícího obr. č. 20.



Obr. 20: Grafické vyjádření průměrného inbreedingu u mláďat uhynulých do 5. dnů nebo žijících nad 5 dnů (program STATISTICA, 2013)

11 Diskuze

V předložené diplomové práci bylo prokázáno, že velikost populace má vliv na hodnotu koeficientu inbreedingu. Při vyšším počtu jedinců koně Převalského v populaci se snižuje hodnota koeficientu inbreedingu. Tuto skutečnost prokázala také Wolc a kol. (2008). Inbreeding má také negativní vliv na životnost narozených mláďat a na zdraví zvířat. V diplomové práci bylo prokázáno, že vyšší koeficient inbreedingu znamená nárůst mrtvě narozených hříbat koně Převalského a také, že analýzy jednoduchých příbuzenských vztahů lze vypočítat pomocí Wrightova vzorce, ale rodokmeny s vyšším počtem společných předků vyžadují složitější analýzy pomocí softwarů.

Negativní vztah inbreedingu na reprodukci zvířat prokázala celá řada autorů (González a kol., 2007; Bezdíček a kol., 2014; Maximini a kol., 2011; Alvarez a kol., 2005). Například Alvarez a kol. (2005) zjistil, že inbreední zvířata s koeficientem inbreedingu v rozmezí 9 % - 30 % měla horší kvalitu embryí a menší počet žlutých tělísek. Konkrétně u vysoce inbreedních zvířat byl průměrný počet získaných embryí 3,5 ks a u neibreedních 6,9 ks. Tyto rozdíly byly statisticky průkazné ($P < 0,05$) (Alvaréz a kol., 2005). K podobným závěrům došel také Bezdíček a kol., 2014 nebo Maximini, 2011.

Uvedené práce tedy dokazují, že negativní vliv inbreedingu se projevuje již na úrovni gamet. Jiné studie zase prokazují negativní účinky inbreedingu na další znaky, například na častější výskyt dystocií (González a kol., 2007) nebo na častější výskyt mrtvě narozených mláďat (Mc Parland, 2007). V Irsku Mc Parland (2007) zpracoval výzkum u holštýnských krav, kde sledoval procento mrtvě narozených mláďat a hodnoty koeficientu inbreedingu. Zjistil, že u jedinců s koeficientem inbreedingu 12,5 % se rodilo o 1 % více mrtvých mláďat (Mc Parland, 2007). U koně Převalského zkoumali zkrácenou životnost spojenou s inbreedingem Bouman (1982) a Templeton a Read (1984). Bouman (1982) došel k závěru, že vyšší hodnoty koeficientu inbreedingu u koně Převalského zkracují životnost jedinců (Bouman, 1982). Ke stejným výsledkům došli Templeton a Read (1984), kteří uvádějí, že každé zvýšení koeficientu inbreedingu o 10 % odpovídá poklesu životnosti o 2 % až 3 % (Templeton a Read, 1984).

Z předložené literatury je zřejmé, že se většina autorů shoduje na negativním vlivu inbreedingu na zvířata, který byl prokázán u řady kvantitativních vlastností. Například nižší počet žlutých tělísek, zhoršená kvalita embryí nebo častější výskyt mrtvě narozených mláďat u inbreedních zvířat. Tyto výsledky se shodují se závěry mé diplomové práce.

12 Didaktická analýza

Téma koně Převalského bych při výuce na Základní škole zařadila na základě RVP ZŠ do tematického celku BIOLOGIE ŽIVOČICHŮ. To bych zařadila do 8. třídy v rámci učiva Strunatci: Obratlovci: Savci. Výuka by proběhla formou připravené prezentace. Žáci by měli přichystané pracovní listy, do kterých by si během prezentace zapisovali. Tématu bych věnovala jednu vyučovací hodinu. Žáci by se dověděli stručně historii koně Převalského, jeho charakteristiku a jeho navrácení do volné přírody a také něco o inbreedingu, neboli příbuzenské plemenitbě. V následující tabulce je uvedena didaktická příprava na vyučovací hodinu a pracovní list, který by žáci dostali.

PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA		
Předmět: Přírodopis	Třída: 8.	Hodina: 1
Datum:		
Téma: SAVCI – lichokopytníci: kůň Převalského		
Výukové cíle: žák pozná koně Převalského, žák zařadí koně Převalského do systému, žák stručně charakterizuje koně Převalského, žák popíše historii koně Převalského, žák definuje pojem příbuzenská plemenitba (inbreeding)		
Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence komunikativní, kompetence k řešení problémů		
Analýza prekonceptů: myšlenková mapa: kůň – od něj budou žáci vytvářet myšlenkové schéma		
Základní termíny: savci, obratlovci, lichokopytníci, koňovití, Převalský, kůň Převalského, inbreeding		
Vyučovací metody: <u>informačně receptivní metoda</u> (výklad, popis, vysvětlování), <u>reproduktivní metoda</u> (kladení otázek zprostředkujících opakování učiva, rozhovor)		
Organizační formy výuky: <u>frontální výuka</u> – práce s celou třídou		
Materiální didaktické prostředky: dataprojektor, prezentace, pracovní listy		
Průřezová témata: <u>Enviromentální výchova:</u> Vztah člověka k prostředí + Lidské aktivity a problémy životního prostředí		
Mezipředmětové vztahy: Zeměpis: rozšíření zvířat na Zemi		

Motivační momenty výuky: video: Zpátky v divočině – koně Převalského v mongolském Khomiin Talu https://www.youtube.com/watch?v=dmUaWCOgV94
Forma zápisu: zápis do pracovního listu
Typ učebny: odborná učebna přírodopisu
Časový harmonogram: 45 min

Celkový scénář hodiny			
čas	činnost žáka	činnost učitele	poznámky
7	Žáci pomocí myšlenkové mapy píší pojmy, které mají spojené s koňmi	Zápis chybějících žáků do třídní knihy. Zjišťování prekonceptů.	
33	Žáci poslouchají prezentaci učitele na téma koně Převalského. V průběhu prezentace si vyplňují pracovní list. Pokládají učiteli dotazy.	Pomocí prezentace předává žákům informace o probíraném tématu. Odpovídá na dotazy žáků.	
5	Žáci odpovídají na kladené otázky. Upevňují si získané informace.	Učitel klade otázky pro opakování probraného učiva, vede žáky k vlastnímu formulování odpovědí. Ověřuje si dosažení výukových cílů	

Pracovní list – KŮŇ PŘEVALSKÉHO

1) Kdo je muž na obrázku a jakou má spojitost s koněm Převalským?



.....

.....

.....

(zdroj: Equus, 2009)

2) Na obrázku vidíte koně Převalského. Popište rozdíl mezi tímto koněm a koněm domácím.



(foto: Trefilová)

.....

.....

.....

.....

3) Doplňte křížovku

1. Inbreeding je páření
2. Kůň Převalského patří do řádu
3. Dnes jsou koně Převalského vypouštěny do volné přírody především v
4. Kůň Převalského je dnešních domácích koní
5. Kůň Převalského nalezneme v také zoologické zahradě v
6. Kůň Převalského patří do třídy
7. Kůň Převalského mají na zádech tzv. pruh
8. Prvním hřebcem v ČR byl hřebec

1	P	Ř	Í	B	U	Z	E	N	S	K	É						
	2	L	I	CH	O	K	O	P	Y	T	N	Í	C	I			
			3	M	O	N	G	O	L	S	K	U					
				4	P	Ř	E	D	E	K							
			5	B	R	N	Ě										
			6	S	A	V	C	I									
			7	Ú	H	O	Ř	Í									
			8	A	L	I											

4) Jaká je spojitost mezi koněm Převalským a výsledkem tajenky z úkolu č. 3?

.....

.....

.....

5) Co je příbuzenské páření a jaké má důsledky pro jedince?

.....

.....

.....

.....

13 Závěr

V diplomové práci bylo zpracováno téma “Změna koeficientu inbreedingu u koně Převalského v průběhu jeho chovu“. Cílem práce bylo vytvořit teoretickou část daného tématu a odpovědět na předem stanovené otázky. Součástí diplomové práce bylo též zařazení tématu do RVP a vytvoření didaktické analýzy.

V teoretické části diplomové práce byla popsána historie koně Převalského a jeho fylogeneze. Důležitou součástí jeho historie jsou počátky chovu v lidské péči, díky které se podařilo tento druh zachránit a následně navrátit do volné přírody. Důležitou osobou byl pan profesor František Bílek, který stál na počátku chovu koní Převalského v tehdejší Československu a díky němuž patří Zoo Praha k největším a nejúspěšnějším chovatelům koně Převalského na světě.

Problémem malých populací, tedy i koně Převalského, je příbuzenská plemenitba neboli inbreeding. V diplomové práci byly popsány možnosti výpočtu koeficientu inbreedingu a jeho negativní vliv na zdraví zvířat. V diplomové práci bylo zjištěno, že vyšší koeficient inbreedingu souvisí s vyšším podílem mrtvě narozených hříbat koně Převalského.

V praktické části jsou odpovědi a na předem stanovené otázky. Součástí práce jsou také grafy s vývojem populace koně Převalského, kdy je zřejmé, že populace ve sledovaném období vzrostla z několika desítek kusů až ke třem tisícům jedinců. V diplomové práci bylo dokázáno, že se zvyšujícím se počtem jedinců klesá koeficient inbreedingu.

V poslední části diplomové práce byla zpracována didaktická analýza tématu koně Převalského a vytvořen pracovní list pro žáky základní školy.

14 Zdroje

ADAMEC, V.; CASSELL, B. G.; SMITH E. P.; PEARSON R. E. (2006): Effects of Inbreeding in the Dam on Dystocia and Stillbirths in US Holsteins. *J. Dairy Sci.* 89.

ALVAREZ, R. H.; GUALBERTO M. V.; CARVALHO J. B. P.; BINELLI, M. (2005): Effects of inbreeding on ovarian responses and embryo production from superovulated Mantiqueira breed cows. *Theriogenology* 64.

BRENTJES, B. (1967): Einige Darstellungen des Przewalskipferdes aus Vorderaisen und Kaukasien. *Equus* 1, 2.

BEZDÍČEK, J.; MAKAREVICH, A.; STÁDNÍK, L.; KUBOVIČOVÁ, E.; LOUDA, F.; HEGEDŮŠOVÁ, Z.; HOLÁSEK, R.; DUCHÁČEK, J.; STUPKA, R. (2015): Analysis of factors affecting the quantity and quality of embryo production in superovulated cows. *Züchtungskunde* 87.

BEZDÍČEK, J.; ŠUBRT, J.; FILIPČÍK, R.; BJELKA, M.; DUFEK, A. (2007): The effects of inbreeding on service period and pregnancy length in Holsteins and Czech Fleckvieh after the first calving. *Arch. Tierz.*, 50. ISSN 0003-9438

BEZDÍČEK, J.; LOUDA, F.; ŠUBRT, J. (2010): Vliv inbrední deprese na znaky reprodukce. *Agrovýzkum Rapotín s.r.o., Rapotín.* ISBN 978-80-87144-17-6

BOUMAN, J.; BOUMAN, I.; GROENEVELD, A. (1982): Breeding Przewalski Horses in Captivity for Release into the Wild. Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalski Horse, Rotterdam, The Netherlands.

BOUMAN, J. (1986): Particulars about the Przewalski horse. Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalski horse. [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.treemail.nl/takh/downloads/booklet.pdf>

BOYD, L.; HOUP, K. A. (1994): Przewalski's Horse: The History and Biology of an Endangered Species. State University of New York Press, New York. ISBN 978-0791418901

CRUDEN, D. (1949): The computation of inbreeding coefficients for closed populations. *The Journal of Heredity*, 40. ISSN 0022-1503

FIRMAN, R. C.; SIMMONS, L. W. (2015): Gametic interactions promote inbreeding avoidance in house mice. *Ecol. Lett.* 18.

KŮS, E. (2008): Generální plemenná kniha koně Převalského. Zoologická zahrada hl. města Prahy. Praha. ISBN 978-80-85126-03-7

GONZÁLEZ-RECIO, O.; LÓPEZ DE MATORANA, E.; GUTIÉRREZ, J. P. (2007): Inbreeding Depression on Female Fertility and Calving Ease in Spanish Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 90.

GOTTHARDOVÁ, L.; BÍLEK, J. a kol. (2012): František Bílek: otec české hipologie a zootechniky. Hostomice: Ing. Lenka Gotthardová, CSc. ISBN 978-80-903147-9-5

HAGENBECK, C. (1926): Auf Tierfang-Pfaden in der Mongolei. Carl Hagenbeck's illustrierte Tier und Menschenwelt. Jahrgang I, Heft 3:4954.

HERMAS, S. A.; YOUNG, C. W.; RUST, J. W. (1987): Effects of mild inbreeding on productive and reproductive performance of Guernsey Cattle. *J. Dairy sci.*, 70. ISSN: 0022-0302

JAKUBEC, V.; BEZDÍČEK, J.; LOUDA, F. (2010): Selekcce – inbríding – hybridizace. 1. vydání. Agrovýzkum Rapotín s.r.o., Šumperk. ISBN 978-80-87144-22-0

JAKUBEC, V.; LOUDA, F.; BEZDÍČEK, J. (2012): Šlechtění a management genetických zdrojů zvířat. 1. vydání. Agrovýzkum Rapotín s.r.o., Rapotín. ISBN 978-80-87592-10-6

KELLER, L.F.; ARCESE, P.; SMITH, J.N.; HOCHACHKA, W.M.; STEARNS, S.C. (1994): Selection against inbred song sparrows during a natural population bottleneck. *Nature* 372.

KŮS, E. (1991): VII. mezinárodní sympozium na záchranu koně Převalského. *Gazella* 18, Praha.

KŮS, E. (2008): Odborné články v časopise *Trojský koník*, kůň Převalského. Vydává Zoologická zahrada hlavního města Prahy, ročník 2008b.

MALÉCOT, G. (1948): *Les Mathématiques de l'Hérédité*. Paris. Masson et Cie.

MAXIMINI, L.; FUERST-WATTL, B.; GREGLER, B.; BAUMUNG, R. (2011): Inbreeding depression on semen quality in Austrian dual-purpose simmental bulls, *Reprod. Domest. Anim.*, 46.

MOEHLMAN, P. (2002): *Equids: zebras, asses and horses. Status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland: IUCN.

MOHR, E. (1959): Das Urwildpferd. Die Neue Brehm-Bücherei. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.

MOUSSEAU, T. A.; ROFF, D. A. (1987): Natural selection and heritability of fitness components. *Heredity* 59.

PARLAND, Mc.; KEARNEY, S. J. F.; RATH M.; BERRY D. P. (2007): Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility, and Conformation in Irish Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 90.

RELICHOVÁ, J. (2009): Genetika populací. 1. vydání. Masarykova univerzita. Brno. ISBN 978-80-210-4795-2

VOLF, J. (1972): Po stopách koní. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha.

VOLF, J. (1977): Koně, osli a zebry. Zvířata celého světa. SZN. Praha

VOLF, J. (2002): Odysea divokých koní. 1. vydání. Academia, Praha. ISBN 80-200-0965-5

VOLF, J. (2009): Půlstoletí mezinárodní spolupráce na záchraně koně Převalského – směr reintrodukce. In: *Equus*: Praha. Zoo Praha. ISBN 978-80-85126-07-5

QUAAS, R.L. (1976): Computing the diagonal elements and inverse of a large numerator relationship matrix. *Biometrics* 32.

SPEVAK, E.M.; BLUMER, E.; CORRELL, T.L. (1993): Species survival plan contributions to research and reintroduction of addax. *Int. Zoo Year* 32.

SMITH, L. A.; CASSELL, B. G.; PEARSON, R. E. (1998): The Effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 81. ISSN 0022-0302

StatSoft, Inc. (2013). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com

ŠILER, R. a kol. (1965): Chov prasat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

TEMPLETON, A.R.; READ, B. (1984) Factors eliminating inbreeding depression in a captive herd of Speke's gazelle (*Gazella spekei*). *Zoo Biology* 3

WOLC, A.; JOZWIAKOWSKA-NITKA, M.; SZABLEWSKI, P.; SZWACZKOWSKI, T. (2008): Inbreeding in captive bred Przewalski horses from local populations. *Folia Zool.*

WRIGHT, S. (1922): Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist* 56.