

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra genetiky a šlechtění



**Zhodnocení inbrední deprese u morfologických
znaků u starokladrubskeho koně**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Luboš Vostrý Ph.D.

Autor práce: Bc. Jana Slavíková

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Zhodnocení inbrední deprese u morfologických znaků u starokladrubského koně** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne:

.....

Bc. Jana Slavíková

Poděkování

Především bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Luboši Vostrému Ph.D. za jeho odborné vedení a cenné rady. Dále pak Ing. Jiřímu Bauerovi za poskytnuté rady k zpracování dat.

Souhrn

Původní české plemeno starokladrubský kůň je pro svou jedinečnost, kulturní a historickou hodnotu zařazeno do národních genetických zdrojů a od roku 1995 prohlášeno za národní kulturní památku.

U plemene starokladrubského koně byla provedena analýza vlivu inbrední deprese a odhad genetických parametrů. Odhad genetických parametrů a inbrední deprese na základě 36 znaků lineárního popisu byl vyhodnocen u 1321 jedinců s opakovaným měřením u 34 % jedinců. Genetické parametry a inbrední deprese byly odhadnuty smíšeným animal modelem pomocí metody REML. Na základě koeficientu determinace a reziduální variance byl vybrán model s fixními efekty: barevná varianta, chov, pohlaví, věk při popisu, rok popisu a náhodnými efekty: jedinec a trvalé prostředí jedince. U tří znaků lineárního popisu (výška, mohutnost, objem hrudníku) nebylo prováděno opakované měření a odhad genetických parametrů a inbrední deprese byl proveden na základě modelu bez náhodného efektu trvalého prostředí. Koeficienty dědivosti se pohybovaly pro jednotlivé znaky v rozmezí od 0,03 do 0,70. Koeficient opakovatelnosti se pohyboval u jednotlivých znaků v rozmezí od 0,08 do 0,75. Koeficient poměru trvalého prostředí se pohyboval u jednotlivých znaků v rozmezí od 0,00 do 0,41. Inbrední deprese vyjádřená jako regresní koeficient na jedno procento inbrídingu se u jednotlivých znaků pohybovala v rozmezí od -0,0266 do 0,0234. Zahrnutím inbrední deprese do modelu došlo k nepatrné změně u 31 % znaků koeficientu dědivosti, u 9 % znaků koeficientu opakovatelnosti a u 18 % znaků poměru trvalého prostředí.

Odhadnuté hodnoty regresního koeficientu byly zanedbatelné. Zahrnutím inbrední deprese do modelu nebyly zaznamenány významné změny genetických parametrů. Z těchto důvodů není nutné zahrnout vliv inbrední deprese do hodnocení jedinců starokladrubského koně. Byla potvrzena hypotéza, že inbrední deprese neovlivňuje morfologické utváření stavby těla starokladrubských koní.

Klíčová slova: Koně, Genetické parametry, Inbrední deprese, Morfologické znaky, Lineární popis.

Summary

Original Czech breed Old Kladruber horse is for its uniqueness, cultural and historical value one of the National Genetic Resources and since 1995 it has National Cultural Heritage status.

The Old Kladruber breed was analysed for inbreeding depression and the genetic parameters were estimated. Estimation of genetic parameters and inbreeding depression evaluation was done on the basis of the 36 traits of linear description of 1,321 individuals with 34 % of horses described repeatedly. The genetic parameters and inbreeding depression was calculated by REML method with mixed linear animal model. The appropriate model was chosen according to the coefficient of determination and residual variance and the model had following fixed effects: color type, breed, sex, age of horse and year of description. The random effects were permanent environment and additive genetic effect. Three linear description traits (height, robustness and chest volume) had no repeated records and genetic parameters estimation and inbreeding depression evaluation was carried out without the permanent environmental effect. Heritability was estimated to range between 0.08 and 0.70; coefficient of repeatability between 0.08 and 0.75. Coefficient of permanent environmental ratio was between 0.00 and 0.41 by individual trait. Inbreeding depression formulated as regression coefficient on 1% of inbreeding was in range of -0.0266 and 0.0234 by individual trait. Inclusion of the inbreeding depression in model caused small change in heritability of 31% of traits, repeatability of 9% of traits and 18% of trait's permanent environmental ratio.

Values of regression coefficients were very small. Inclusion of inbreeding depression in the model did not significantly change the genetic parameters. For these reasons, it is not necessary to include the inbreeding depression effect in Old Kladruber horse evaluation. The inbreeding depression does not influence the morphology traits of Old Kladruber horse.

Keywords: Horse; Genetic Parameters; Inbreeding Depression; Morphological Traits; Linear Description

Obsah

1. Úvod.....	7
1.2 Cíl Práce.....	8
2. Literární rešerše	9
2.1 Historie chovu starokladrubského koně.....	9
2.2 Současný stav populace starokladrubského koně	11
2.3 Lineární popis koní	13
2.4 Příbuzenská plemenitba (inbríding).....	16
2.5 Inbrední deprese.....	18
2.5 Příbuzenská plemenitba a inbrední deprese u starokladrubských koní	20
2.6 BLUP a lineární modely	23
3. Materiál a metody	26
4. Výsledky	30
4.1 Charakteristiky zpracovaných dat.....	30
4.2 Výběr modelu	34
4.3 Odhad genetických parametrů	36
4.4 Inbrední deprese jako regresní koeficient	40
5. Diskuze	42
5.1 Charakter vstupních dat	42
5.2 Výběr vhodného modelu.....	42
5.3 Odhady genetických parametrů	43
5.4 Inbrední deprese.....	45
6. Závěr	46
7. Přehled použité literatury	47
8. Přehled použitých zkratk.....	52
9. Seznam příloh	54

1. Úvod

Starokladrubský kůň je na území České republiky chován už více jak 400 let. Toto významné původní plemeno je pro své jedinečné vlastnosti, kulturní a historickou hodnotu zařazeno do genetických zdrojů. Patří mezi ohrožená plemena. Aktivní populaci tvoří 57 hřebců a 493 klisen chovaných v Národním hřebčínu Kladruby nad Labem, Slatiňanech a u soukromých chovatelů. Chovným cílem je zachování tohoto teplokrevného plemene koní v typu galakarosiera, s možností využití k ceremoniální a reprezentativní službě, soutěžím spřežení, drezuře, baroknímu a rekreačnímu ježdění.

K hodnocení zevnějšku se dříve u koní využíval pouze bodový systém. Tento systém byl později nahrazen systémem lineárního popisu, který je hojně využíván u skotu. Předností lineárního popisu je jasná definice určité partie pomocí číselného vyjádření stupně vývinu. Lineární systém popisu je podkladem k odhadu genetických parametrů a plemenných hodnot jednotlivých znaků.

Inbrední deprese nastává jako negativní projev příliš úzké příbuzenské plemenitby. Inbrední deprese se nejčastěji vyskytuje u vlastností, které jsou spojeny s reprodukcí a užitkovostí. Sledování vlivu inbrední deprese je důležité i genetických zdrojů a tedy i u starokladrubských koní, jejichž populace je díky své velikosti a uzavřenosti ohrožena.

1.2 Cíl Práce

V populaci starokladrubského koně docházelo v minulosti k časté příbuzenské plemenitbě a od roku 1996 je plemenná kniha starokladrubského koně uzavřena. Tyto faktory předurčují možnost projevu nežádoucí inbrední deprese. Cílem předkládané práce je na základě dat lineárního popisu, získaných z ústřední evidence ve Slatiňanech, odhadnout vliv inbrední deprese na morfologické znaky starokladrubského koně. Inbrední deprese bude analyzována pomocí vhodného modelu a dále bude vyhodnocen vliv inbrední deprese na genetické parametry.

Byla stanovena následující hypotéza: inbrední deprese nemá vliv na morfologické utváření starokladrubských koní.

2. Literární rešerše

2.1 Historie chovu starokladrubského koně

Plemeno starokladrubského koně bylo založeno koňmi staroitalskými a starošpanělskými. Tito zakladatelé byli přivezeni ze Španělska císařem Maxmiliánem II. v 16. století. Vlivem módnosti španělských koní se v hřebčinech zásadně nepoužívali koně z domácího chovu, dvůr nakupoval koně po Evropě a odtud se dostávali do Vídně a následně do Kladrub (Lerche, 1956). Oficiálně byl hřebčín v Kladrubech nad Labem založen dekretem Rudolfa II. v roce 1579. Úkolem hřebčína bylo produkovat koně pro císařský dvůr v podobě mohutného karosiéra v různých barvách (Dušek a Richter, 1974). Na konci 18. století došlo vlivem upřednostňování jiných plemen k zániku staroitalských a starošpanělských koní. Starokladrubský kůň se tedy stal jediným z mála plemen, v němž se zachovaly rysy středověkých koní (Lerche, 1956).

Původ starokladrubského koně lze vysledovat až k zakladatelům linií a zakladatelkám rodin. Jednotlivé linie a rodiny je možné rozdělit na klasické a neklasické, podle původu jejich zakladatelů (Řád plemenné knihy, 2012).

Tabulka 1. Přehled zakladatelů čistokrevných kmenů starokladrubských koní.

Název	Barva	Rok nar.	Plemeno	Původ
Klasické kmeny				
Generale	bělouš	1787	starokladrubské	Kopčany
Generalissimus	bělouš	1797	starokladrubské	Kopčany
Sacramoso	vraník	1800	starokladrubské	Kroměříž
Napoleone	vraník	1845	italskošpanělské	Řím
Solo	vraník	1927	starokladrubské	Kladruby n. L.
Favory	plavák	1779	starokladrubské	Kladruby n. L.
Neklasické kmeny				
Siglavi Pakra	vraník	1946	lipické	Chorvatsko
Romke	vraník	1966	fríské	Nizozemsko
Rudolfo	bělouš	1968	lusitano	Portugalsko

Zdroj: (Řád plemenné knihy, 2012)

Tabulka 2. Přehled zakladatelek čistokrevných rodin starokladrubských koní.

Název	Barva	Rok nar.	Plemeno	Původ
Klasické				
Afrika	bělka	1740	starokladrubské	Kladruby n. L.
Rava	bělka	1755	starokladrubské	Kladruby n. L.
Deflorata	bělka	1767	dánskošpanělské	Dánsko
Almerina	vranka	1769	starokladrubské	Kladruby n. L.
Sardinia	bělka	1770	lipické	Slovinsko
Ragusa	vranka	1880	starokladrubské	Kladruby n. L.
Cariera	hnědka	1894	teplokrevné	Kladruby n. L.
Madar VI	bělka	1782	lipické	Maďarsko
Neklasické				
15 Narcis (I)	vranka	1939	starokladrubské	Chrást u Chrudimi
67 Xandra	bělka	1938	teplokrevné	neznámý původ
154 Bárta	vranka	1953	orlovský klusák	Rusko
Favora Č3912	bělka	1963	starokladrubské	zemský chov
Dana (G) Č3934	bělka	1969	starokladrubské	zemský chov
292 Ritorna	vranka	1974	teplokrevné	Slatiňany
Gita (G) Č399	bělka	1974	teplokrevné	zemský chov

Zdroj: (Řád plemenné knihy, 2012)

Populace starokladrubských koní byla v minulosti barevně pestřejší, ale poslední dvě století zůstaly už pouze dvě barevné varianty. Bělouše v chovu reprezentovali koně kmene Generale a Generalissimus a vraníky kmeny Sacramoso a Napoleone. Kmen Napoleone zanikl v roce 1922 (Dušek et al., 1999).

V roce 1925 začala restrikce proti starokladrubským vraníkům a pokračovala až do roku 1931. Části stáda byly předány arcibiskupským statkům a řadě soukromníků. Toto rozptýlení chovu zahájilo zrušení stáda starokladrubských koní. Profesor Bílek pak v roce 1938 zahájil jeho regeneraci, která probíhala dalších čtyřicet let. Při zahájení regeneračního procesu měl profesor Bílek k dispozici tři vrané hřebce polobratry, kteří byli produktem příbuzenské plemenitby, zejména ze strany otcovských předků. Z toho vyplývá značná genotypová homozygotnost a tím i projev plemenného fenotypu předávaný potomstvu vraníků (Dušek a Richter, 1974). K úspěšné regeneraci starokladrubského vraníka přispěl plemenný hřebec Sacramoso XXXI, narozený 1927, který založil linii Solo. Z důvodů malé populace se také používala genová imigrace, kdy vraný hřebec Sacramoso XXXIII

založil bílou linii Sacramoso. Významné rozšíření krevní základny přišlo až s hřebcem Favory, který ve stádě starokladrubského koně založil stejnojmennou linii běloušů. Ve stádě vraníků při jeho regeneraci působil fríský hřebec Romke a lipický hřebec Siglavi Pakra. Oba tito hřebci založili nové genealogické linie. Nejmladší genealogickou linii založil lusitánský plemeník Rudolfo (Dušek et al., 1999).

Bílek (1925) popisuje starokladrubského koně z hlediska exteriéru jako ušlechtilého kočárového koně s dlouhou, těžší a výrazně klabonosou hlavou. Důležitým znakem je velké a výrazné oko s viditelným cípem bělma, což mu přidává na výraznosti. Kolem očí, nozder a huby je kůže lysá, pigmentovaná a jemná. Krk je vysoko nasazený, kohoutek krátký, hřbet a bedra dostatečně široká. Zád' charakterizuje jako krátkou, lehce skloněnou. Hrudník dostatečně klenutý, lopatky dopředu posunuté a strmě postavené. Kolena dostatečně široká a oblá, holeně a spěnky dlouhé se suchými šlachami. Na zadních končetinách je stehno poměrně krátké, bérce silně osvalené (Bílek, 1925).

2.2 Současný stav populace starokladrubského koně

Řád plemenné knihy (2012) popisuje chovný cíl starokladrubského koně takto:

Kůň středně velkého až velkého obdélníkového rámce s korektní stavbou těla, harmonickými proporcemi a typickou klabonosou hlavou, s výrazným velkým tmavým okem. Vyznačuje se pravidelnými kadencovanými chody s typickou vysokou akcí hrudních končetin v klusu. Cílem je zachování jediného původního českého plemene koní v typu galakarosiera, s využitím k ceremoniální a reprezentativní službě, soutěžím spřežení, drezuře, baroknímu a rekreačnímu ježdění.

V současné době jsou žádoucí dvě barevné varianty – bělouši a vraníci. Z plemenitby se nevylučují jiné barevné varianty klisen, jiné barevné varianty u hřebců jsou z plemenitby vyloučeny.

Celkový počet starokladrubských koní k 7. 11. 2011 je 1718 koní, 851 běloušů a 867 vraníků. Plemeno starokladrubského koně je na základě národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů zvířat významných pro výživu a zemědělství zařazeno do genetických zdrojů (Machek a Gaudníková, 2010). Do genetických zdrojů starokladrubských koní je, z celkového stavu 493 plemenných klisen, zařazeno 351 klisen (71.2%) - 161 bělek a 190 vranek. Plemenná kniha starokladrubských klisen je členěna na

hlavní (HPK a PK) a přípravný oddíl (1. PPK, 2. PPK). Klisny pro zapsání v hlavním oddíle plemenné knihy a v 1. pomocné plemenné knize a plemenní hřebci musejí absolvovat zkoušky výkonnosti. Zkoušky výkonnosti může absolvovat kůň od věku čtyř let. Plemenná kniha je od 1. 1. 1996 uzavřená (Řád plemenné knihy, 2012). Pro další vývoj starokladrubských koní je nutné zachovat co nejširší základnu a více využívat ohrožených linií hřebců Favory, Rudolfo, Romke a Siglavi Pakra, u kterých se počet plemenných hřebců pohybuje v rozsahu od 2 - 4 plemeníků (Dyková et al., 2011).

Tabulka 3. Složení populace starokladrubského koně k 7. 11. 2011.

Kategorie	Národní hřebčín			Privátní chovy			Starokladrubských koní		
	bílá varianta	černá varianta	celkem	bílá varianta	černá varianta	celkem	bílá varianta	černá varianta	celkem
plemenní hřebci	20	14	34	9	14	23	29	28	57
plemenné klisny	72	74	146	168	179	347	240	253	493
z nich v GZ	61	71	132	100	119	219	161	190	351
mladí koně rok narození 2008-2011	100	129	229	170	159	329	270	278	548
ostatní koně rok narození 2007-2002	50	40	90	171	167	338	221	207	428
starší koně	1	2	3	90	99	189	91	101	192
celkem	243	259	502	608	608	1216	851	867	1718

Zdroj: (Dyková et al., 2011)

Tabulka 4. Zatřídění plemenných klisen do plemenné knihy k 7. 11. 2011.

Plemenná kniha	Národní hřebčín	Privátní chov	Celkem
HPK	42	65	107
PK	94	148	242
1. PPK	6	48	54
2. PPK	4	86	90
celkem	146	347	493

Zdroj: (Dyková et al., 2011)

2.3 Lineární popis koní

Šlechtění zvířat probíhá již po staletí podle exteriéru. Zejména u koní je vztah mezi tělesnou stavbou a výkonností zřetelný (Jakubec et al., 1996a). Genetická analýza u koní je ve srovnání s dalšími hospodářskými zvířaty ztížena dlouhým generačním intervalem, malým počtem jedinců a také velkou proměnlivostí negenetických vlivů (Dušek et al., 1999). Pro vyhodnocení popisu zevnějšku a šlechtění v populaci koní nelze prakticky využít slovního nebo grafického popisu exteriéru. Lineární popis vychází jak z popisu jednotlivých znaků zevnějšku, tak i celkových charakteristik exteriéru, které na vlastní popis navazují. Pro naplnění šlechtitelských cílů je důležitá selekce. U koní se jako podklad pro selekci používají exteriérové znaky (Maršálek, 2008).

Systém lineárního popisu je běžně používán u skotu, kde byla na jeho základě provedena řada analýz (Brothstone 1994, Veselá et al. 2005). Jednotlivá plemena koní chovaná v České republice mají zpracovanou svou metodiku lineárního popisu, která obvykle vychází z metodiky lineárního popisu pro plemeno český teplokrevník a obsahuje 22 popisovaných znaků, jejichž plemennou knihu vede asociace svazu chovatelů koní (Maršálek, 2008). Počet popisovaných lineárních znaků se liší, Molina et al. (1999) pro výpočet genetických parametrů andaluských koní pracují s 18 morfologickými znaky, Samoré et al. (1997) ve své práci zaměřené na koně plemene hafling vyhodnocují 26 znaků, stejně jako Koenen et al. (1994) u koní Královské holanské plemenné knihy. Van Bergen a Van Arendonk (1993) u shetlandských poníků počítají s 28 znaky. Zechner et al. (2001) popisují 27 znaků u lipicánů. Lineární popis u starokladrubských koní je s ohledem k potřebě udržovacího šlechtění u tohoto plemene podrobnější a popisuje 36 znaků, tyto znaky mohou být rozděleny do čtyř hlavních skupin podle popisované části těla, tj. přední část, trup, zad, končetiny (tabulka 5).

Předností lineárního popisu koní spočívají ve vyjádření jednotlivých znaků tělesných partií pomocí číselné stupnice. Číselné vyjádření je vhodné pro další práci s těmito údaji, pro stanovení základních statistických parametrů a pro odhad plemenných hodnot. Každý znak je hodnocen od 1 do 9 bodů (Jakubec et al., 1996a). Stupnice pro popis lineárních znaků mohou být odlišné. Molina et al. (1999) hodnotí znaky pomocí stupnice od 1 až 10 bodů, Samoré et al. (1997) 0 až 10 bodů, Van Bergen a Van Arendonk (1993) 0 až 40 bodů a Koenen et al. (1994) 1 až 40 bodů. Důležitým prvkem lineárního popisu je, že neporovnává hodnocený znak s ideálem, ale popisuje znak v celém jeho

projevu, tzn. od extrému k extrému. Proto je nutno použít dostatečně širokou číselnou stupnici, která umožňuje rozlišení utváření posuzovaných znaků a zároveň normální rozdělení znaků v populaci (Jakubec et al., 1996a). Při popisu lineárních znaků musí být využíváno celé bodové škály (Jakubec et al., 1996b). Při analýze lineárního popisu u starokladrubských koní v roce 2007 bylo u 28 z 32 znaků využíváno bodové stupnice v rozsahu 7–9 bodů (Jakubec et al., 2007). Je podstatné hodnotit znaky ekonomicky významné, mezi kterými není výrazný korelační vztah, kde jeden znak je ovlivněn jiným popisovaným znakem (Maršálek, 2008).

Tabulka 5. Popis znaků lineárního systému u starokladrubského koně.

Číslo	Znak	Bodová stupnice		Optimum
		1	9	
Přední část				
HW	výška	velmi nízká	velmi vysoká	6
HF	mohutnost	velmi nízká	velmi vysoká	6
HP	hlava - profil	štíčí	v čele lomená	7
NL	krk - délka	velmi krátký	velmi dlouhý	6
NTe	krk - nasazení	velmi nízký	velmi vysoký	6
NTo	krk - profil	obrácený	klenutý	6
WL	kohoutek - délka	velmi krátký	velmi dlouhý	5
WH	kohoutek - výška	velmi nízký	velmi vysoký	5
Trup				
TL	hřbet - délka	velmi krátký	velmi dlouhý	6
TV	hřbet - klenutí	velmi měkký	velmi klenutý	6
LL	bedra - délka	velmi krátká	velmi dlouhá	6
LV	bedra - klenutí	velmi měkká	velmi klenutá	5
SL	plec - délka	velmi krátká	velmi dlouhá	5
SS	plec - lopatka	velmi strmá	velmi šikmá	5
ChG	hrudník – objem	velmi nízký	velmi vysoký	6
ChL	hrudník - délka	velmi krátký	velmi dlouhý	6
ChW	hrudník - šířka	velmi úzký	velmi široký	5
ChD	hrudník - hloubka	velmi mělký	velmi hluboký	6
BW	prsa - šířka	velmi úzká	velmi široká	5
Zád'				
CrL	zád' - délka	velmi krátká	velmi dlouhá	5
CrW	zád' - šířka	velmi úzká	velmi široká	5
CrS	zád' - sklon	velmi skloněná	rovná	5
CrP	zád' - profil	rohatá	štěpená	5
TT	ohon - nasazení	zapíchnutý	vysoko nasazený	5

Končetiny				
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	velmi úzký	velmi široký	5
FiSV	hrudní končetiny – postoj ze strany	prohnutý	velmi přikleklý	4
FtSV	spěnka přední – z boku	překlubní	medvědí	5
FtL	spěnka přední - délka	velmi krátká	velmi dlouhá	5
FhSV	kopyto – úhel s horizontálou	silně tupouhlé	silně ostroúhlé	5
FhW	kopyto - šířka	velmi úzké	velmi široké	5
FhS	kopyto - velikost	velmi malé	velmi velké	5
HLSV	pánevní končetiny – dle úhlu hlezna -postoj	silně šavlovitý	velmi otevřený	5
HLBV	pánevní končetiny – zezadu - postoj	velmi úzký	velmi široký	5
FIFS	spěnka zadní – z boku	velmi strmá	medvědí	5
LF	spěnka zadní - délka	velmi krátká	velmi dlouhá	5
AHW	úhlování zadních kopyt	silně tupouhlé	silně ostroúhlé	5

Zdroj: (Vostrý et al., 2011a)

Metodika lineárního popisu u starokladrubských koní podle Jakubce et al. (1996a) je složena ze čtyř částí:

1. Identifikace a popis barvy
2. Popis znaků tělesné stavby lineárního typu, včetně tělesných rozměrů a hmotnosti zvířete
3. Seznam a charakteristika vad tělesné stavby
4. Souhrnné hodnocení typu a pohlavního výrazu, rámce a mohutnosti, tělesné stavby, ušlechtilosti a harmonie a chodů.

V lineárním popisu starokladrubských koní jsou měření hodnoceny tři základní rozměry těla. Je to kohoutková výška hůlková, obvod holeně a objem hrudníku. Sobotková et al. (2006) se ve své práci zabývali měřením 26 tělesných rozměrů, 9 úhlů končetin a 12 hipometrických indexů u starokladrubských koní. Z výsledků vyplývá změna tělesné stavby starokladrubských koní během posledních dvaceti let. Tělesný rámec se zvětšuje a zkracuje. Pro lepší přehled o tělesné stavbě koní doporučuje doplnit měření šikmé délky těla a velikosti klabonosu. Jakubec et al. (1997) se na základě lineárního popisu 32 znaků

u 214 starokladrubských koní zabývali vlivem barevné varianty, pohlaví a věku na tyto popisované znaky. Došel k závěru, že u téměř dvou třetin znaků jsou velmi významné rozdíly mezi barevnými variantami, u pohlaví jsou velmi významné a významné rozdíly pouze v několika znacích a u věku jsou velmi významné a významné rozdíly u 12 z 32 popisovaných znaků. Po deseti letech provedli Jakubec et al. (2007) další analýzu lineárního systému popisu. Do hodnocení vlastností lineárního popisu byly přidány efekty chovu a interakce barevné varianty a chovu. Pro tuto práci použili záznamy 494 koní. Oproti své předchozí práci byly významné rozdíly mezi barevnými variantami u 13 z 32 znaků, což může být způsobeno zahrnutím vyššího počtu koní do práce a dále pak zařazením popisu koní z privátních chovů. Vliv pohlaví byl významný u 11 z 18 popisovaných znaků. Významné rozdíly mezi koňmi chovanými v Národním hřebčínu a privátních chovech se projevily u 12 z 32 znaků. Vostrý et al. (2011a) na základě lineárního popisu provedli u starokladrubského koně odhad plemenných hodnot a genetických parametrů.

2.4 Příbuzenská plemenitba (inbríding)

Jednou z metod plemenitby, která se v omezeném měřítku používá, je příbuzenská plemenitba. Její definice se v průběhu let vyvíjela. Šiler et al. (1965) definují příbuzenskou plemenitbu jako opakování se některých předků v předchozích generacích. Bezdíček et al. (2010) charakterizují pojem příbuzenská plemenitba jako páření dvou jedinců, kteří jsou navzájem více příbuzní, než je tomu při náhodném páření jedinců celé populace. Jakubec et al. (2010) popisují příbuzenskou plemenitbu jako pravděpodobnost, že dvě sledované alely genu určitého jedince jsou identické původem, jsou tedy autozygotní. V populacích hospodářských zvířat je příbuzenská plemenitba běžná, protože přispívá k udržení žádoucích vlastností a sjednocení fenotypu, dochází však ke snížení pravděpodobnosti páření nepříbuzných jedinců (Falconer, 1970).

Wright (1922) pro stanovení intenzity příbuzenské plemenitby navrhl koeficient inbrídingu (F_x) a koeficient příbuznosti (R_{xy}). Koeficient příbuznosti vyjadřuje vztah mezi dvěma jedinci a koeficient inbrídingu je hodnota jejich potomka (Bezdíček et al., 2010).

Vzorec pro výpočet koeficientu inbrídingu a koeficientu příbuznosti podle Wrighta (1922):

$$F_x = \sum (1/2)^{n+\acute{n}+1} (1 + F_A)$$

$$R_{xy} = \frac{\sum (1/2)^{n+\acute{n}} (1 + F_A)}{\sqrt{(1+F_X)(1+F_Y)}}$$

Kde:

\sum = součet úseků ke všem společným předkům,

n = počet úseků (generací) ke společnému předku ze strany otce,

\acute{n} = počet úseků (generací) ke společnému předku ze strany matky,

F_A = koeficient příbuzenské plemenitby společného předka,

F_X = koeficient inbrídingu pro jedince X,

F_Y = koeficient inbrídingu pro jedince Y.

Počítání F_X podle Wrighta (1922) vychází z analýzy rodokmenů, kdy se postupuje od informace nejmladších jedinců v rodokmenu směrem ke starším předkům a vychází z předpokladu, že u inbredních jedinců dochází k zvyšování homozygotnosti a snižování heterozygotnosti. Z toho plyne změna genotypových četností, počty genů se nemění. Snižování počtu heterozygotů a nárůst homozygotů může vést ke zvýšení letálních genotypů. Tyto genotypy jsou často recesivně homozygotní. Pokud je jedinec nositelem více letálních alel, je pravděpodobnost, že se některá z nich při inbrídingu projeví vyšší. Výskyt letálních alel je důležité sledovat zejména u skotu, kde díky velmi intenzivnímu využívání inseminace a výraznému uplatnění některých býků v plemenitbě může docházet k projevu geneticky podmíněných defektů (Jakubec et al., 2010).

Výpočet koeficientu inbrídingu podle Wrighta (1922) může být u složitých rodokmenů zdrojem chyb.

Malécot (1948) vytvořil původový koeficient (f), který vychází z předpokladu, že dva geny v populaci mohou být stejné svým stavem nebo stejné svým původem. Původový koeficient lze definovat jako pravděpodobnost, že náhodný gen od jedince X je identický původem s náhodným genem od jedince Y.

Vzorec pro výpočet původového koeficientu podle Malécota (1948):

$$f_{xy} = \frac{1}{4} [P(a=c) + P(a=d) + P(b=c) + P(b=d)]$$

Kde:

a, c = jednotlivé geny jedince X,

b, d = jednotlivé geny jedince Y,

P(a=c) = označení pravděpodobnosti, že geny a a c jsou původově identické.

Původový koeficient lze tedy stanovit pro jakoukoliv generaci na základě informací předchozí generace. Postup je tedy opačný než v případě koeficientu inbrídingu, od nejstarší generace po nejmladší. Původový koeficient se rovná koeficientu inbrídingu a polovině koeficientu příbuznosti (Jakubec et al., 2010). Koeficient inbrídingu v nejužším podání představuje hodnota $F_X = 0,25$, relativně 25% a to při páření otce s dcerou. Koeficient je možné navyšovat připařováním společného předka a to teoreticky až po dosažení úplné homozygotnosti, ovšem s nárůstem inbrídingu klesají reprodukční schopnosti (Bezdíček et al., 2010).

2.5 Inbrední deprese

Na inbrední depresi lze hledět ze dvou pohledů a to z hlediska kvalitativních a kvantitativních znaků. U kvalitativních znaků spočívá v možnosti projevu recesivní alely u konkrétního alelického páru. Frekvence recesivních alel v populaci je obvykle nízká, proto je malá pravděpodobnost, že se setkají. V případě příbuzenské plemenitby se pravděpodobnost, že se alely setkají, zvýší, neboť se zvyšujícím procentem koeficientu F_X dochází k úměrnému zvyšování homozygotnosti. U kvantitativních znaků, které jsou podmíněny větším počtem genů, zařazujeme inbrední depresi do neaditivní složky genotypové proměnlivosti (Bezdíček et al., 2010).

Určitým protikladem inbrední deprese je heterózní efekt. Toho lze využít při křížení nepříbuzných inbredních populací mezi sebou, kdy se projeví zvýšený heterózní efekt, který lze definovat jako převahu užitkovosti kříženců první filiální generace nad střední hodnotou užitkovosti rodičovských generací (Jakubec et al., 2010).

Inbrední deprese byla pozorována i u volně žijících populací. U ptáků a savců vede ke snižování porodní hmotnosti, schopnosti přežít, reprodukci a odolnosti ke stresu (Keller a Waller, 2002). V důsledku snížené genetické variability se omezuje schopnost populace přizpůsobovat se měnícím se podmínkám okolního prostředí (Frankham et al., 2002). Nejzásadnější projev inbrední deprese je obecně sledován u znaků produkčních a reprodukčních (Jakubec et al., 2010). Například Bezdíček et al. (2010) popisují ve své práci negativní vliv inbrední deprese na reprodukční znaky skotu. Smith et al. (1998) poukazují ve své publikaci na vliv inbrídingu na věk při prvním otelení krav, který dosáhl zvýšení o 0,55 dne na 1 % F_X . Bylo prokázáno záporné působení inbrední deprese na množství a složení mléka krav plemene Jersey (Maiwashe et al., 2008). Při analýze působení inbrední deprese na mléčnou produkci holštýnských krav v České republice byl výpočet založen na srovnání produkce mléka při první laktaci u inbredních a neinbredních krav. Vybrané dvojice inbredních a neinbredních krav byly sestaveny na základě podobného původu, podmínek prostředí a období otelení. Z výsledků je patrné, že navyšování koeficientu F_X dochází ke zvyšování rozdílu mezi mléčnou produkcí inbredních a neinbredních zvířat (Bezdíček et al., 2008). U ovcí plemene merino byla prokázána inbrední deprese u váhy jehňat, kde s přibývajícím věkem dochází k jejímu prohlubování (Analla et al., 1999). Autoři zkoumající inbrední depresi u mléčné užitkovosti se shodují na jejím nelineárním charakteru (Miglior et al., 1992; Thompson et al., 2000; Bezdíček et al., 2008). Na nelineární průběh inbrední deprese poukazují i Analla et al. (1999). Naopak Sierszchulski et al. (2005) potvrzují pouze lineární závislost u znaků tělesné stavby koní. V populaci koně plemene hafling bylo prokázáno snížení výšky v kohoutku v důsledku inbrední deprese (Gandini et al., 1992). Vliv inbrední deprese na osm měřitelných znaků těla u andaluských koní stanovili ve své práci Gómez et al. (2009). Sierszchulski et al. (2005) u arabských klisen s relativně nízkým koeficientem inbrídingu určili zanedbatelné působení inbrední deprese na tři měřitelné znaky těla. Curik et al. (2003) nenašli žádný významný vztah mezi příbuzenskou plemenitbou a morfologickými znaky u lipicánů. U chladnokrevných koní chovaných v České republice nebylo nalezeno působení inbrední deprese na znaky morfologického popisu (Vostrý et al., 2011b).

2.5 Příbuzenská plemenitba a inbrední deprese u starokladrubských koní

V chovu starokladrubských koní bylo intenzivně používáno příbuzenské plemenitby. To vedlo už v dřívější době ke snaze vytvořit opatření, která by zabránila negativním důsledkům příbuzenské plemenitby.

Prvním opatřením byla vysoká příbuznost koní pouze přes jejich otce (plemeníky) a mnohem nižší příbuznost přes jednotlivé klisny. Matky tedy udržovaly určitý stupeň rozdílnosti. Dalším opatřením byl způsob odchovu hříbat po odstavu. Hříbata se přemísťovala do jiných, náročnějších podmínek prostředí (Lerche, 1956). Novým opatřením v šlechtitelském programu starokladrubského koně je připouštění barevných variant mezi sebou, což umožňuje získání obou barevných variant u jednotlivých otcovských linií. Příkladem je linie Sacramoso, která byla pouze vraná, nebo získání vraného plemeníka bílé linie Generalissimus (Jakubec et al, 2004).

V rodokmenech starokladrubských koní se vyskytují téměř všechny stupně příbuzenské plemenitby. Příbuzenská plemenitba má však i pozitivní vliv. Zmenšuje se nejen tvarová rozmanitost, ale zároveň i rozmanitost fyziologických vlastností. Negativní následek je ovšem menší přizpůsobivost vnějšímu prostředí. Důležité je, že se stejnou intenzitou dědí žádoucí i nežádoucí vlastnosti. Je však nutno upevňovat pouze žádoucí vlastnosti (Lerche, 1956).

Vliv příbuzenské plemenitby u starokladrubského koně byl tématem mnohých prací. Dušek (1991) se zabýval hodnocením stupně inbrídingu ve vraném stáde starokladrubského koně v letech 1945 až 1988. V roce 1974 byl do stáda vraných starokladrubských koní přivezen fríský hřebec Romke. Zařazením jeho potomstva v roce 1980 došlo ke snížení průměrného koeficientu inbrídingu. Před zařazením Romkeho dcer byl v roce 1976 koeficient 6,25 % a vyšší u 43,6 % vraných klisen, po zařazení klisen do chovu došlo v roce 1980 ke snížení počtu klisen v této skupině na 30 %. Nulový koeficient inbrídingu byl v roce 1976 pouze u 7,7 % klisen, v roce 1980 byl díky dcerám Romkeho u 15% klisen. Volenec et al. (1995) vyhodnocovali stupeň inbrídingu u 210 starokladrubských klisen a 33 hřebců. Koeficienty inbrídingu stanovili z osmi generací předků podle Wrighta (1922). Vyšší hodnoty F_X se obvykle nacházejí v liniích, které vznikly koncem 18. století a na počátku 19. století. U hřebců se koeficient inbrídingu

pohyboval v rozmezí 0 až 14,5 %, u klisen v průměru 7,75 %. V roce 2003 proběhla analýza koeficientů inbrídingu stejným způsobem jako v roce 1993, to umožnilo porovnání vývoje koeficientu inbrídingu v průběhu 10 let, což je přibližně jeden generační interval. V roce 1993 byl průměrný F_x u hřebců 5,65 %, v roce 2003 došlo ke snížení na 5,52 %. U plemenů tedy zůstal koeficient inbrídingu prakticky nezměněn, a to i při snaze pářit hřebce s nepříbuznými klisami a při realizaci rotačního skupinového hřebců. Průměrný koeficient inbrídingu u klisen v roce 1993 byl 7,75 %, v roce 2003 došlo k výraznému snížení na 4,88 %. Za důvod tohoto snížení lze považovat navýšení počtu klisen, kdy se zvýšil počet plemenných klisen z 209 na 350 (o 67,1%) a rotačně skupinový systém připouštění (Jakubec et al. 2004).

Tabulka 6. Průměrný koeficient inbrídingu u starokladrubských hřebců v roce 1993 a 2003.

Rok	1993		2003		Rozdíl
Varianta	Počet hřebců	$F_x(\%)$	Počet hřebců	$F_x(\%)$	$F_x(\%)$
Bělouši	16	6,06	22	5,20	- 1,06
Vraníci	17	5,26	17	5,95	0,68
Průměr	33	5,65	39	5,52	- 0,13

Zdroj: (Jakubec et al., 2004)

Tabulka 7. Průměrný koeficient inbrídingu u starokladrubských klisen v roce 1993 a 2003.

Rok	1993		2003		Rozdíl
Varianta	Počet klisen	$F_x(\%)$	Počet klisen	$F_x(\%)$	$F_x(\%)$
Bělouši	95	7,29	169	3,99	- 3,30
Vraníci	114	8,40	181	5,86	- 2,54
Průměr	209	7,75	350	4,88	- 2,87

Zdroj: (Jakubec et al., 2004)

Adametz a Ferulík (1923) se zabývali vlivem inbrídingu na reprodukční vlastnosti starokladrubských koní. Došel k závěru, vliv inbrídingu nepřispívá ke zhoršení plodnosti. Jakubec et al. (2004) analyzovali vliv inbrední deprese na plodnost starokladrubských koní podle procenta oplození v průběhu let 1995 až 2003. Procento oplození je vypočteno jako procento narozených hříbat z počtu zapařovaných klisen. Z tabulky 8 je patrné, že průměrné procento oplození se pohybovalo v rozpětí od 60,23 % až 71,84 %. Z těchto výsledků lze odvodit, že procento oplození není negativně ovlivněno inbrední depresí (Jakubec et al., 2004).

Tabulka 8. % oplození klisen.

Rok	% oplození		
	Národní hřebčín Kladruby	Soukromé chovy	Celkem
1995	66,67	63,89	65,39
1996	65,06	55,91	60,23
1997	73,33	70,30	71,84
1998	67,33	56,52	61,57
1999	69,23	64,71	66,99
2000	65,06	64,86	64,95
2001	65,71	70,00	67,80
2002	67,52	68,33	67,93
2003	61,45	59,66	60,40
Průměr	67,05	63,78	65,34

Zdroj: (Jakubec et al., 2004)

Každý rok je v národním hřebčínu Kladruby nad Labem zpracován alternativní přípařovací plán. Jeho účelem je poskytnutí informací k vytvoření ideální rodičovské kombinace z hlediska rodokmenu a koeficientu F_x (Jakubec et al., 2010).

2.6 BLUP a lineární modely

Metodu BLUP, která je používána pro genetické hodnocení domácích zvířat, vyvinul Henderson (1949). BLUP, neboli nejlepší lineární nevychýlená předpověď, je statistická metoda, která dokáže v jednom kroku pomocí smíšených lineárních modelů očistit naměřené údaje od pevných a náhodných systematických efektů. V této metodě lze použít i generační vztahy mezi jedinci a v současné době je velmi často používána pro odhad plemenných hodnot. Základní vlastnosti BLUP jsou obsaženy v jejím názvu **Best Linear Unbiased Prediction**. „Nejlepší“ vyjadřuje maximální korelaci mezi odhadem plemenné hodnoty a skutečnou plemennou hodnotou a zároveň se snaží minimalizovat rozptyl vůči ostatním možným odhadům. „Lineární“ označuje, že ukazatele odhadu jsou lineární pozorování, tudíž jsou do modelové rovnice dosazovány v lineární pozici. „Nevychýlený“ určuje, že odhadce pevných i náhodných parametrů odpovídá skutečné hodnotě parametrů. „Předpověď“ určuje odhadování plemenné hodnoty jako náhodného efektu, tím je BLUP odlišen od svého předchůdce BLUE – Best Linear Unbiased Evaluation, který pomocí lineárních modelů odhadoval fixní efekty.

Pro výběr odhadců se používají různé metody. Pokud populace vykazuje normální rozdělení, lze použít metodu maximální věrohodnosti (Maximum Likelihood – ML) nebo metodu nejmenších čtverců (LS; Jakubec et al., 1999). V současné době je však nejvíce používaná metoda REML - restringovaná maximální věrohodnost, která při odhadu parametrů vytváří předpoklad o druhu distribuce náhodných chyb (Hartley a Rao, 1967).

Metoda BLUP byla od svého vzniku dále rozpracována a v sedmdesátých letech byl vytvořen otcovský model BLUP neboli sire model, který odhadoval plemenné hodnoty býků na základě užitkovosti dcer. Na tento model navázal otcovsko-mateřský model BLUP, který na základě vlastní užitkovosti a užitkovosti dcer odhadoval plemenné hodnoty krav. Konečným stupněm bylo vytvoření individuálního modelu BLUP, neboli animal model, kde je možno provést odhad plemenné hodnoty každého zvířete samostatně v závislosti na užitkovosti příbuzných jedinců (Jakubec et al., 1999).

Základem těchto výpočtů je sestavení lineárního modelu. Obecný lineární model je charakterizován lineární funkcí parametrů a proměnných vyjádřených v modelové rovnici. Naměřená data představují celkovou varianci, která je pomocí lineárních modelů rozkládána na jednotlivé komponenty variance (Jakubec et al., 1999). Principy analýzy variance byly formulovány již v roce 1918 R. A. Fisherem. Celkovou varianci

kvantitativních vlastností, která je totožná s fenotypovou variancí (V_P), lze rozdělit na varianci způsobenou prostředím (V_E) a genotypovou varianci (V_G). Varianci genotypovou je dále možné členit na aditivní genetickou varianci, varianci dominance a interakce. V_A je možné odhadnout z fenotypové podobnosti příbuzných jedinců pomocí kovariancí. Důležitým populačně genetickým parametrem je koeficient heritability (h^2), neboli koeficient dědivosti, který určuje, z jak velké části je projev znaků závislý na genotypu jedince a z jaké části je ovlivněn vnějším prostředím. Koeficient dědivosti lze stanovit na základě vzorce (Jakubec et al., 2010):

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{V_A}{V_A + V_E}$$

Stanovená hodnota koeficientu dědivosti je platná jen pro populaci, ve které byla odhadována. V průběhu generací se hodnota koeficientu dědivosti může měnit v závislosti na měnících se poměrech variancí v dané populaci (Jakubec et al., 2010). Celkovou proměnlivost je možné rozdělit podle jednotlivých zdrojů, které ji způsobily, na jednotlivé efekty. Podle těchto efektů můžeme základní lineární modely rozdělit na modely regresní, s fixními efekty, s náhodnými efekty a modely se smíšenými efekty.

Regresní modely slouží pro definování závislostí mezi proměnnými. Tento vztah lze popsat jednoduchou lineární rovnicí:

$$y = a + bx$$

Kde y jako závislá vlastnost odpovídá naměřené hodnotě, která je složena z konstantní hodnoty a a hodnoty vlastnosti x vynásobené regresním koeficientem b . Parametry a a b můžeme odhadovat metodou nejmenších čtverců nebo pomocí maximální věrohodnosti. Modely s fixními efekty jsou zvláštním případem regresních modelů. Pevné efekty těchto modelů jsou členěny do tříd. Modely s náhodnými efekty obsahují místo pevných efektů náhodné efekty. Náhodné efekty předpokládají, že každý náhodný výběr vzorků z určité populace může při opakovaných výběrech určovat zcela jiné parametry. Hlavní funkcí náhodných modelů je odhad variancí (Jakubec et al., 1999).

Kombinací výše uvedených modelů vzniká model smíšený, který se využívá v metodě BLUP. Ve smíšeném modelu jsou zahrnuty zároveň regrese, pevné i náhodné efekty. Přítomnost pevných efektů může komplikovat odhad variačních komponent a naopak přítomnost náhodných efektů může komplikovat odhad pevných efektů. Výpočet modelů se smíšenými efekty zahrnuje velký počet rovnic, proto je jeho popis vyjadřován maticovým zápisem. Tvar rovnice se smíšenými efekty je následující:

$$Y = Xb + Zu + e$$

Kde Y vyjadřuje vektor naměřených hodnot, X a Z jsou matice plánu pokusu pevných a náhodných efektů, b je odhadovaný vektor fixních efektů, u vyjadřuje odhadovaný vektor náhodných efektů a e neznámý vektor reziduální chyby naměřených hodnot (Mrode, 1996).

Odhad plemenných hodnot může být kromě výše zmíněného sire modelu a animal modelu odhadován dalšími specifickými modely. Jedním z nich je víceznakový animal model (multitrait animal models), který umožňuje odhadování plemenné hodnoty pro více vlastností v jednom modelu. Tento model také zvyšuje přesnost odhadu plemenné hodnoty. Do lineárního modelu je také možné zahrnout vlivy trvalého prostředí jedince – model s opakovatelností. Při dostatečném množství potomků na jednotlivé matky je možné vytvořit animal model se zohledněním mateřských vlastností (Jakubec et al., 1999).

Vhodnost vytvořeného modelu je možno otestovat jako celek, zejména F-testem u modelů pouze s pevnými efekty. Pokud jsou do modelu zahrnuty i efekty náhodné, je ověření pomocí F-testu pouze přibližné. Další možností je ověření pomocí redukce součtu čtverců. Tuto metodu je vhodné použít dvou modelů, kdy jeden model je částí druhého. Další možností posouzení vhodnosti modelu a jednotlivých efektů je determinační koeficient R^2 , který vyjadřuje podíl modelem vysvětlené variance. Determinační koeficient je vhodný pro modely s pevnými efekty. Pro posouzení modelu s pevnými i náhodnými efekty je vhodná věrohodnostní funkce. Jako nejlepší je v tomto způsobu vyhodnocení považován model, při kterém hodnota funkce věrohodnosti v závislosti na odhadovaných parametrech a komponentách rozptylu dosahuje nejvyšších hodnot (Vostrý a Příbyl, 2004).

3. Materiál a metody

Na každém jedinci je dle metodiky Jakubec et al. (1996a) popisováno 36 znaků lineárního popisu, jejichž vývin je vyjádřen stupnicí v rozsahu od 1 do 9 stupňů vývinu. Data pro odhad vlivu inbrední deprese poskytla Rada plemenné knihy starokladrubského koně (www.nhkladruby.cz).

Soubor zahrnoval 1764 údajů lineárního popisu a hodnot F_X u 1321 zvířat v průběhu 16 let (1995 - 2010). Z toho plyne opakované měření u 34 % zvířat. Průměrný věk koní při popisu byl 6 let. Počet potomků u 97 hřebců se pohyboval od 1 do 50 a v průměru na každého hřebce připadalo 14 potomků. Rodokmenový soubor obsahoval 5 generací předků – 1618 jedinců, neznámí rodiče byli zahrnuti do jedné skupiny neznámých předků.

Pro vyhodnocení vlivu inbrední deprese na morfologické znaky starokladrubských koní bylo zvoleno porovnání genetických parametrů vypočtených jednoznakovými smíšenými animal modely bez zahrnutí koeficientu inbrídingu pro každou vlastnost lineárního popisu s genetickými parametry vyhodnocenými modelem se zahrnutím inbrídingu. Vliv inbrední deprese byl vyjádřen jako hodnota regresního koeficientu vlivu koeficientu inbrídingu na znaky lineárního popisu u starokladrubských koní.

Návrh vhodného modelu pro vyhodnocení vlivu inbrední deprese vycházel z předchozích prací, které se zabývaly vyhodnocením znaků lineárního popisu u starokladrubských koní (Jakubec et al., 1997; Jakubec et al., 2007; Čapková 2008; Jakubec et al., 2009; Vostrý et al., 2011a) a stanovením inbrední deprese u koní (Curik et al., 2003; Sierzsulski et al., 2005; Goméz et al., 2009; Vostrý et al., 2011b). Maternální efekt do vytvořeného modelu nebyl zahrnut, protože počet jedinců na jednotlivé matky je příliš nízký. Efekt klasifikátora se do modelu pro vyhodnocení lineárního popisu starokladrubského koně nezařazuje z důvodu, že lineární popis je prováděn pouze jedním hodnotitelem. Interakce chov x barevná varianta vychází z historie chovu starokladrubských koní. V letech 1945 – 2005 byly barevné varianty (bělouši a vraníci) chovány odděleně a páření mezi bělouši a vraníky bylo ojedinelé. V letech 1990 až 2000 bylo omezené páření mezi koňmi v privátních chovech a v Národním hřebčínu v Kladruzech nad Labem. Inbrední deprese v modelech vystupuje jako regrese (Sierzsulski et al. 2005, Vostrý et al., 2011b).

Na základě poskytnutých dat a předchozích vyhodnocení inbrední deprese byly navrženy dva modely.

Model 1:

$$y = \mu + \text{Poh}_i + \text{Var}_j + \text{Chov}_k + \text{Věk}_l + \text{Rok}_m + \text{C} \times \text{V}_n + b.F_X + a + \text{tp} + e$$

Model 2:

$$y = \mu + \text{Poh}_i + \text{Var}_j + \text{Chov}_k + \text{Rok}_{n_1} + \text{Rok}_m + \text{C} \times \text{V}_n + b.F_X + a + \text{tp} + e$$

Kde:

μ = celkový průměr

Poh_i = pevný efekt i-tého pohlaví

Var_j = pevný efekt j-té barevné varianty (bělouš, vraník)

Chov_k = pevný efekt k-tého chovu (Národní hřebčín, privátní chov)

Věk_l = pevný efekt l-tého věku při popisu

Rok_{n_1} = pevný efekt l-tého roku narození

Rok_m = pevný efekt m-tého roku popisu

$\text{C} \times \text{V}_n$ = pevný efekt n-té interakce chov \times barevná varianta

$b.F_X$ = regrese F_X

a = náhodný efekt jedince

tp = náhodný efekt trvalého prostředí

e = reziduální chyba

Model 1 vycházel z práce Vostrého et al. (2011a). V modelu 2 byl pevný efekt věku při popisu nahrazen efektem narození podle práce Jakubce et al., (2007). Náhodný vliv trvalého prostředí byl zařazen do všech modelů z důvodu odhadu genetických parametrů opakovatelnosti a poměru trvalého prostředí. Z důvodu, že u vlastností výška, mohutnost a objem hrudníku nebylo prováděno opakované měření, byly tyto znaky vyhodnoceny modelem bez zahrnutí trvalého prostředí a u těchto vlastností nebyl prováděn odhad koeficientu opakovatelnosti a poměru prostředí.

Jednotlivé pevné efekty obou modelů byly testovány procedurou GLM v programu SAS, která rozkládá celkovou proměnlivost na komponenty pomocí pevných efektů

a regresí a stanovuje hodnotu determinačního koeficientu. Dále byla vhodnost modelu testována na základě hodnot reziduální variance (σ_e^2).

Na základě nejvhodnějšího modelu byl odhadnut vliv inbrední deprese na znaky lineárního popisu. Vliv inbrední deprese byl posuzován srovnáním modelu bez zahrnutí koeficientu inbrídingu (model bez F_X) a modelu se zahrnutím koeficientu inbrídingu jako regresního koeficientu (model s F_X).

Pro zpracování vstupních dat, vyhodnocení F_X , pevných efektů a přípravu pro výpočet metodou REML byl použit program vytvořený autorem práce a určený pro statistický software SAS verze 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC). Genetické parametry byly odhadnuty pomocí metody REML programem REML90 (Mizstal et al., 2002). Pro program REML bylo nutné v základním souboru nahradit nulové koeficienty F_X hodnotou blízkou nule 0,0001 z toho důvodu, že tento program nulu vyhodnocuje jako chybný údaj a daný řádek údajů vyloučí z vyhodnocení. U všech odhadů pomocí metody REML byla nastavena podmínka konvergence na 1×10^{-17} a počet povolených iterací byl maximálně 10 tisíc.

Na základě odhadnutých variančních komponent byly odvozeny další genetické parametry a to přímá dědivost (h^2), poměr trvalého prostředí (c^2), opakovatelnost (r_m) podle vzorců:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{tp}^2 + \sigma_e^2}$$

$$c^2 = \frac{\sigma_{tp}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{tp}^2 + \sigma_e^2}$$

$$r_m = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{tp}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{tp}^2 + \sigma_e^2}$$

Kde

σ_a^2 = rozptyl náhodného aditivního genetického efektu jedince

σ_{tp}^2 = rozptyl náhodného efektu trvalého prostředí jedince

σ_e^2 = rozptyl reziduální

4. Výsledky

4.1 Charakteristiky zpracovaných dat

Charakter vstupních dat upravených pro výpočet pomocí procedury GLM a metodu REML ukazují tabulky 9, 10 a 11.

Tabulka 9. Složení vstupních dat podle pohlaví, barevné varianty a chovu.

Pohlaví	Národní hřebčín		Privátní chov		Celkem
	bělouši	vraníci	bělouši	vraníci	
Hřebci	60	64	92	85	301
Klisny	216	173	310	321	1020
Celkem	276	237	402	406	1321

Tabulka 10. Složení vstupních dat podle věku při prvním lineárním popisu.

Věk při popisu	Celkem	v %
3 roky	109	8,25
4 roky	809	61,24
5 let	129	9,77
6 let	55	4,16
7 let	58	4,39
8 let	25	1,89
9 let	23	1,74
10 let	25	1,89
11 let	18	1,36
12 let	13	0,98
13 let	9	0,68
14 let	9	0,68
15 let a více	37	2,80
celkem	1321	100

Tabulka 10 ukazuje, že věk koní při popisu byl u 91,25 % čtyři roky a více. Tím byla splněna podmínka metodiky lineárního popisu starokladrubských koní, která doporučuje popis u koní nejméně čtyřletých. U 8,25 % koní, kteří byli popsáni jako tříletí, byl zpravidla proveden opakovaný popis ve vyšším věku.

Tabulka 11: Struktura vstupních dat lineárního popisu.

Znak	Vlastnost	Počet pozorování	Min	Max	Průměr	SD
Přední část						
HW	výška	1335	1	9	5,75	2,03
HF	mohutnost	1335	1	9	5,75	1,56
HP	hlava - profil	1764	3	9	5,26	1,59
NL	krk - délka	1763	1	7	5,16	1,16
NTe	krk - nasazení	1763	3	9	6,00	1,07
NTo	krk - profil	1764	1	9	6,08	1,92
WL	kohoutek - délka	1764	1	9	4,86	1,59
WH	kohoutek - výška	1763	1	9	4,17	1,31
Trup						
TL	hřbet - délka	1764	1	9	5,71	1,23
TV	hřbet - klenutí	1764	1	9	4,51	0,86
LL	bedra - délka	1763	3	9	5,97	1,12
LV	bedra - klenutí	1763	1	9	4,34	1,13
SL	plec - délka	1764	1	7	4,54	0,90
SS	plec - lopatka	1764	1	7	3,93	1,08
ChG	hrudník – objem	1335	1	9	6,09	2,47
ChL	hrudník - délka	1764	2	9	5,96	1,08
ChW	hrudník - šířka	1763	1	9	5,08	1,33
ChD	hrudník - hloubka	1764	1	9	5,89	1,41
BW	prsa - šířka	1764	1	9	5,05	1,37
Zád'						
CrL	zád' - délka	1764	1	7	4,24	1,08
CrW	zád' - šířka	1764	3	9	5,61	1,36
CrS	zád' - sklon	1764	1	9	4,65	1,18
CrP	zád' - profil	1764	1	9	4,68	1,26
TT	ohon - nasazení	1763	1	9	5,08	1,39
Končetiny						
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	1762	1	9	5,05	0,92
FiSV	hrudní končetiny – postoj ze strany	1763	1	7	3,76	1,78
FtSV	spěnka přední – z boku	1764	1	7	4,67	0,97
FtL	spěnka přední - délka	1656	1	8	4,67	1,04
FhSV	kopyto – úhel s horizontálou	1762	1	9	5,14	1,11
FhW	kopyto - šířka	1762	1	9	4,90	0,99
FhS	kopyto - velikost	1762	3	7	4,98	0,58
HLSV	pánevní končetiny – dle úhlu hlezna – postoj	1763	1	7	4,38	1,00
HLBV	pánevní končetiny – zezadu – postoj	1760	3	9	4,78	0,90
FIFS	spěnka zadní – z boku	1656	1	9	4,89	0,78
LF	spěnka zadní - délka	1656	1	7	4,29	1,00
AHW	úhlování zadních kopyt	1656	2	8	5,18	0,96

Z tabulky 11 vyplývá, že tři znaky lineárního popisu a to HW, HF a ChG nebyly při opakovaném měření hodnoceny. Z tohoto důvodu byl pro tyto znaky k odhadu genetických parametrů použit model bez náhodného efektu trvalého prostředí.

Metodikou lineárního popisu je z důvodu zajištění normálního rozdělení stupně vývinu znaků v populaci doporučeno využívat celou škálu lineární stupnice. Tento požadavek byl splněn u 18 z 36 znaků, u 2 znaků je využito 8 bodů stupnice, u 14 znaků 7 bodů stupnice a u jednoho znaku pouze 5 bodů stupnice.

Odhady průměrů se pohybovaly od 3,76 bodu u hrudních končetin – FiSV do 6,09 bodu u objemu hrudníku ChG. Optimální hodnota každé vlastnosti nemusí odpovídat střední hodnotě bodové stupnice, ale může být odchýlena k jiné hodnotě dle šlechtitelského cíle. Nejnižší směrodatnou odchylku obsahoval 0,78 bodu u FIFS a nejvyšší 2,47 ChG. Relativní míru proměnlivosti popisovaných znaků lze vyhodnotit jako střední u 9 znaků a to v rozmezí variačního koeficientu od 11 do 20 % a vysokou u 29 znaků s variačním koeficientem od 21 % a vyšším. Nejnižší míru proměnlivosti vykazoval FhS a to 11,68 %, naopak nejvyšší míra variability byla nalezena u ChG a to 40,50 % a u FiSV 47,32 %.

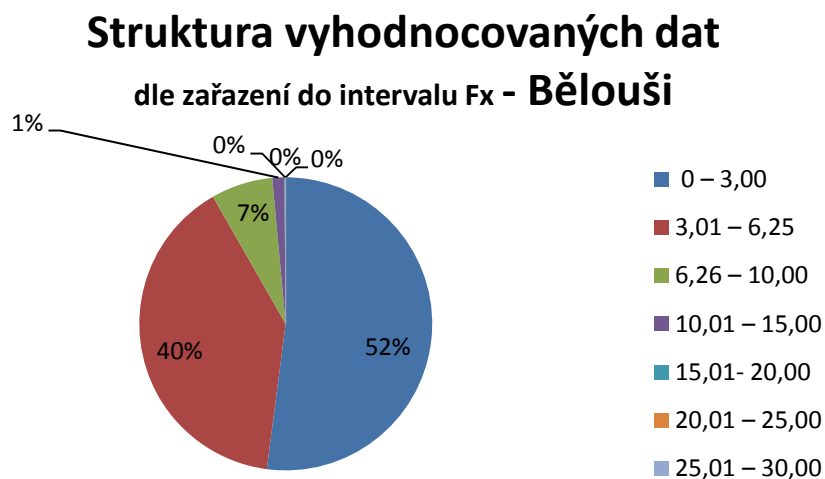
Tabulka 12. Hodnoty F_X u jedinců zahrnutých do analýzy inbrední deprese.

interval F_X v %	bělouši		vraníci	
	hřebci	klisny	hřebci	klisny
0 – 3,00	68	285	39	130
3,01 – 6,25	69	200	83	271
6,26 – 10,00	11	35	24	72
10,01 – 15,00	4	5	2	14
15,01- 20,00	0	1	1	6
20,01 – 25,00	0	0	0	0
25,01 – 30,00	0	0	0	1
celkem	152	526	149	494

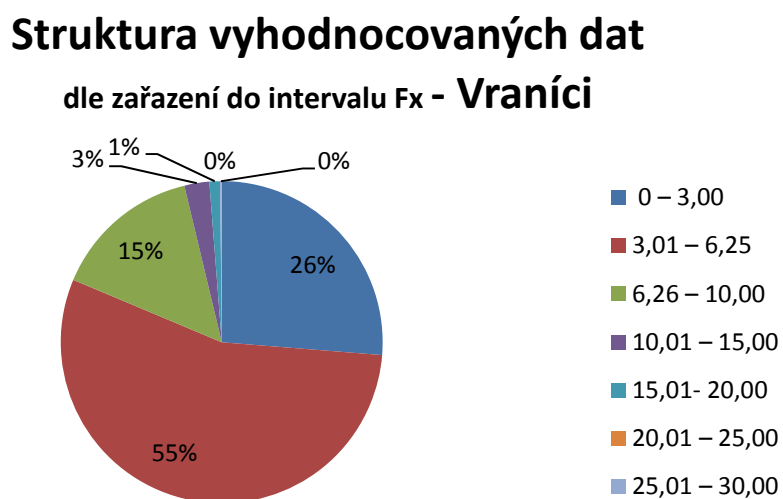
Tabulka 12 a grafy 1 a 2 ukazují rozdělení popisovaných koní podle jejich stupně F_X . Průměrný F_X pro pozorovanou populaci starokladrubských koní vyšel 3,71 % se směrodatnou odchylkou 2,87 %. U běloušů byla stanovena průměrná hodnota F_X na 3,35 %, u hřebců a na 2,76 % u klisen. U vraníků byl průměrný F_X u hřebců 4,35 % a 4,52 %

u klisen. Rozsah F_X se pohyboval v rozmezí od 0 do 27,3 %. Nejpočetněji je zastoupen interval v rozmezí od 3,01 do 6,25 %. U 13 % pozorovaných jedinců je F_X vyšší než hodnota 6,25 %, která je považována za mezní a po jejímž překročení může docházet k negativním vlivům inbrední deprese.

Graf 1. Zařazení do intervalů podle hodnoty F_X – hřebci bělouši.



Graf 2. Zařazení do intervalů podle hodnoty F_X – hřebci vraníci.



4.2 Výběr modelu

Tabulka 13. Hodnoty koeficientu determinace a reziduální variance u jednotlivých modelů.

Znak	Vlastnost	Model 1		Model 2	
		R ²	σ_e^2	R ²	σ_e^2
Přední část					
HW	výška	0,118	1,09	0,129	1,46
HF	mohutnost	0,105	1,00	0,111	1,08
HP	hlava - profil	0,067	0,71	0,072	0,74
NL	krk - délka	0,062	1,14	0,073	1,16
NTe	krk - nasazení	0,093	0,76	0,101	0,77
NTo	krk - profil	0,128	1,88	0,139	1,95
WL	kohoutek - délka	0,098	1,09	0,110	1,08
WH	kohoutek - výška	0,093	0,99	0,112	1,01
Trup					
TL	hřbet - délka	0,074	0,84	0,072	0,90
TV	hřbet - klenutí	0,077	0,38	0,116	0,39
LL	bedra - délka	0,094	1,01	0,084	1,00
LV	bedra - klenutí	0,086	0,89	0,065	1,04
SL	plec - délka	0,150	0,66	0,126	0,68
SS	plec - lopatka	0,116	0,96	0,100	1,08
ChG	hrudník - objem	0,077	1,47	0,084	1,42
ChL	hrudník - délka	0,145	0,74	0,148	0,75
ChW	hrudník - šířka	0,091	0,87	0,104	0,96
ChD	hrudník - hloubka	0,198	1,10	0,208	1,11
BW	prsa - šířka	0,088	0,95	0,105	0,96
Zád'					
CrL	zád' - délka	0,094	0,93	0,105	0,94
CrW	zád' - šířka	0,224	0,71	0,193	1,08
CrS	zád' - sklon	0,097	0,67	0,108	0,70
CrP	zád' - profil	0,123	0,94	0,105	1,01
TT	ohon - nasazení	0,192	0,90	0,217	0,91
Končetiny					
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	0,095	0,55	0,124	0,55
FiSV	hrudní končetiny - postoj ze strany	0,078	2,39	0,086	2,38
FtSV	spěnka přední - z boku	0,141	0,59	0,119	0,63
FtL	spěnka přední - délka	0,208	0,72	0,174	0,78
FhSV	kopyto - úhel s horizontálou	0,160	0,63	0,086	0,91
FhW	kopyto - šířka	0,076	0,55	0,084	0,55
FhS	kopyto - velikost	0,101	0,27	0,087	0,28
HLS	pánevní končetiny - dle úhlu hlezna				
V	- postoj	0,140	0,50	0,138	0,54
HLB	pánevní končetiny - zezadu - postoj				
V		0,073	0,58	0,068	0,61
FIFS	spěnka zadní - z boku	0,148	0,44	0,112	0,50
LF	spěnka zadní - délka	0,125	0,62	0,078	0,75
AHW	úhlování zadních kopyt	0,141	0,57	0,074	0,72

Výsledky testování modelu 1 a 2 pro jednotlivé znaky lineárního popisu procedurou GLM v programu SAS znázorňuje tabulka 13. Fixní efekty modelu 1 vysvětlovaly od 6,2 do 22,4 % celkové variability u jednotlivých znaků lineárního popisu. Fixní efekty modelu 2 vysvětlovaly od 6,5 do 21,7 % celkové variability. Průměrná hodnota determinačního koeficientu u modelu 1 byla 12 % a u modelu 2 činila 11 %. Nejnižší hodnota koeficientu determinace byla u modelu 1 pro znak NL (6,2 %), nejvyšší pro znak CrW (22,4 %). Nejnižší hodnota koeficientu determinace byla u modelu 2 pro znak LV (6,5 %), nejvyšší pro znak TT (21,7 %).

Odhady σ_e^2 pro jednotlivé modely jsou uvedeny v tabulce 13. Zahrnutím fixního efektu věku při popisu (model 1) místo fixního efektu roku narození (model 2) došlo ke snížení hodnoty reziduální variance u 83 % znaků. Naopak u 11 % znaků byly odhadnuty vyšší hodnoty reziduální variance u modelu 2 než u modelu 1.

4.3 Odhad genetických parametrů

Tabulka 14. Odhady komponent rozptylu modelem bez F_X a se zahrnutím F_X .

Znak	Vlastnost	Model bez F_X			Model s F_X		
		σ_a^2	σ_{tp}^2	σ_e^2	σ_a^2	σ_{tp}^2	σ_e^2
Přední část							
HW	výška	1,44	-	1,09	1,44	-	1,09
HF	mohutnost	1,33	-	1,00	1,32	-	0,99
HP	hlava - profil	2,01	0,14	0,71	1,99	0,14	0,71
NL	krk - délka	0,15	0,03	1,14	0,14	0,04	1,14
NTe	krk - nasazení	0,17	0,20	0,76	0,16	0,21	0,76
NTo	krk - profil	1,16	0,58	1,88	1,16	0,58	1,88
WL	kohoutek - délka	0,43	1,05	1,09	0,43	1,06	1,09
WH	kohoutek - výška	0,48	0,26	0,99	0,48	0,26	0,99
Trup							
TL	hřbet - délka	0,52	0,24	0,84	0,51	0,25	0,84
TV	hřbet - klenutí	0,20	0,16	0,38	0,20	0,16	0,38
LL	bedra - délka	0,15	0,07	1,01	0,15	0,07	1,01
LV	bedra - klenutí	0,10	0,23	0,89	0,11	0,22	0,89
SL	plec - délka	0,06	0,00	0,66	0,06	0,00	0,66
SS	plec - lopatka	0,12	0,02	0,96	0,13	0,01	0,96
ChG	hrudník - objem	1,06	-	1,06	2,69	-	1,47
ChL	hrudník - délka	0,28	0,07	0,74	0,28	0,07	0,75
ChW	hrudník - šířka	0,53	0,42	0,87	0,52	0,42	0,87
ChD	hrudník - hloubka	0,53	0,14	1,10	0,52	0,14	1,10
BW	prsa - šířka	0,57	0,38	0,95	0,56	0,39	0,95
Zád'							
CrL	zád' - délka	0,10	0,08	0,93	0,09	0,08	0,93
CrW	zád' - šířka	0,53	0,42	0,71	0,53	0,43	0,71
CrS	zád' - sklon	0,49	0,24	0,67	0,48	0,24	0,67
CrP	zád' - profil	0,25	0,25	0,94	0,24	0,25	0,94
TT	ohon - nasazení	0,22	0,51	0,90	0,20	0,52	0,90
Končetiny							
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	0,05	0,17	0,55	0,05	0,17	0,55
FiSV	hrudní končetiny - postoj ze strany	0,23	0,43	2,39	0,22	0,44	2,39
FtSV	spěnka přední - z boku	0,12	0,12	0,59	0,12	0,12	0,59
FtL	spěnka přední - délka	0,18	0,02	0,72	0,18	0,02	0,72
FhSV	kopyto - úhel s horizontálou	0,21	0,27	0,63	0,21	0,27	0,63
FhW	kopyto - šířka	0,36	0,09	0,55	0,36	0,09	0,55
FhS	kopyto - velikost	0,03	0,02	0,27	0,03	0,02	0,27
HLSV	pánevní končetiny - dle úhlu hlezna - postoj	0,09	0,29	0,50	0,09	0,29	0,50
HLBV	pánevní končetiny - zezadu - postoj	0,05	0,16	0,58	0,05	0,16	0,58
FIFS	spěnka zadní - z boku	0,02	0,07	0,44	0,02	0,07	0,44
LF	spěnka zadní - délka	0,24	0,11	0,62	0,24	0,11	0,62
AHW	úhlování zadních kopyt	0,17	0,09	0,57	0,17	0,09	0,57

V tabulce 14 jsou uvedeny hodnoty genetických parametrů získané vybraným modelem bez zahrnutí inbrední deprese a modelem se zahrnutím inbrední deprese. U 14 znaků došlo při zahrnutí inbrední deprese k zanedbatelné změně σ_a^2 . U 12 znaků (HF, HP, NL, NTe, TL, ChW, ChD, CrL, CrS, CrP, TT, FiSV) došlo ke snížení o 0,01 až 0,03. Pouze u dvou znaků (LV a SS) se projevilo zvýšení o 0,01. U zbylých σ_a^2 znaků nemělo zahrnutí F_X žádný vliv na hodnotu σ_a^2 . Podobně jako u σ_a^2 došlo u σ_{tp}^2 k nepatrné změně hodnot u 11 znaků. Ke snížení σ_{tp}^2 o 0,01 došlo u 3 znaků (TL, LV, SS), ke zvýšení o 0,01 u 8 znaků (NL, BW, NTe, CrW, WL, TT, TL, FiSV), u zbývajících 19 znaků nebyly zaznamenány žádné změny. K změně σ_e^2 došlo pouze u dvou znaků, snížení u HF a zvýšení u ChL. Z výše uvedeného vyplývá, že zahrnutí inbrední deprese do modelu pro odhad genetických parametrů má nepatrný vliv a není nutné.

Tabulka 15. Koeficienty dědivosti, poměr trvalého prostředí a opakovatelnost.

Znak	Vlastnost	Model bez F_X			Model s F_X		
		h^2	c^2	r_m	h^2	c^2	r_m
Přední část							
HW	výška	0,57	-	-	0,57	-	-
HF	mohutnost	0,50	-	-	0,50	-	-
HP	hlava - profil	0,70	0,05	0,75	0,70	0,05	0,75
NL	krk - délka	0,11	0,03	0,14	0,09	0,03	0,14
NTe	krk - nasazení	0,15	0,18	0,33	0,14	0,18	0,32
NTo	krk - profil	0,32	0,16	0,48	0,32	0,16	0,48
WL	kohoutek - délka	0,17	0,41	0,58	0,17	0,41	0,58
WH	kohoutek - výška	0,28	0,15	0,43	0,28	0,15	0,43
Trup							
TL	hřbet - délka	0,32	0,15	0,48	0,32	0,15	0,48
TV	hřbet - klenutí	0,27	0,22	0,48	0,27	0,21	0,48
LL	bedra - délka	0,13	0,06	0,18	0,12	0,06	0,18
LV	bedra - klenutí	0,08	0,19	0,27	0,09	0,18	0,27
SL	plec - délka	0,08	0,00	0,08	0,08	0,00	0,08
SS	plec - lopatka	0,11	0,02	0,13	0,12	0,01	0,13
ChG	hrudník - objem	0,42	-	-	0,42	-	-
ChL	hrudník - délka	0,26	0,06	0,32	0,26	0,06	0,32
ChW	hrudník - šířka	0,29	0,23	0,52	0,29	0,23	0,52
ChD	hrudník - hloubka	0,30	0,08	0,38	0,30	0,08	0,38
BW	prsa - šířka	0,30	0,20	0,50	0,30	0,20	0,50
Zád'							
CrL	zád' - délka	0,09	0,07	0,16	0,08	0,07	0,15
CrW	zád' - šířka	0,32	0,25	0,58	0,32	0,26	0,57
CrS	zád' - sklon	0,35	0,17	0,52	0,35	0,17	0,52
CrP	zád' - profil	0,18	0,17	0,35	0,17	0,18	0,35
TT	ohon - nasazení	0,14	0,31	0,45	0,12	0,32	0,45
Končetiny							
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	0,07	0,22	0,28	0,06	0,22	0,28
FiSV	hrudní končetiny - postoj ze strany	0,08	0,14	0,22	0,07	0,14	0,22
FtSV	spěnka přední - z boku	0,14	0,15	0,29	0,14	0,15	0,29
FtL	spěnka přední - délka	0,20	0,03	0,22	0,19	0,03	0,22
FhSV	kopyto - úhel s horizontálou	0,19	0,24	0,43	0,19	0,24	0,43
FhW	kopyto - šířka	0,36	0,09	0,45	0,36	0,09	0,45
FhS	kopyto - velikost	0,09	0,06	0,15	0,09	0,06	0,15
HLSV	pánevní končetiny - dle úhlu hlezna -postoj	0,10	0,33	0,43	0,10	0,33	0,43
HLBV	pánevní končetiny - zezadu - postoj	0,06	0,20	0,26	0,06	0,20	0,26
FIFS	spěnka zadní - z boku	0,03	0,13	0,16	0,03	0,13	0,16
LF	spěnka zadní - délka	0,25	0,12	0,36	0,25	0,12	0,36
AHW	úhlování zadních kopyt	0,21	0,11	0,31	0,21	0,11	0,31

V tabulce 15 jsou vypočítané genetické parametry na základě odhadnutých komponent rozptylu z tabulky 14. Koeficient dědivosti, opakovatelnost a poměr trvalého prostředí jsou vypočítány na základě komponent rozptylu. Nepatrná změna komponent rozptylu v důsledku zahrnutí inbrední deprese tedy vede opět k nepatrné změně těchto parametrů.

Koeficient dědivosti byl u 11 % znaků vyšší než 0,40, u 39 % znaků vyšší než 0,20 a u 22 % nižší než 0,10. Nejvyšší hodnoty koeficientu dědivosti byly zjištěny u HP (0,70) HW (0,57) a HF (0,50) naopak nejnižší u FIFS (0,03) a HLBV (0,06).

U 11 znaků došlo při zahrnutí inbrední deprese k zanedbatelné změně h^2 . U 9 znaků (NL, NTe, LL, TT, CrP, FIFV, FiSV, FtL) došlo ke snížení o 0,01 až 0,02. Pouze u dvou znaků (LV a SS) se projevilo zvýšení o 0,01. U zbylých 25 znaků nemělo zahrnutí F_X žádný vliv na hodnotu h^2 .

Opakovatelnost odráží rozdíly v měření jednotlivých znaků. Bohužel u jasně měřitelných znaků jako je HW, HF a ChG nebylo takřka provedeno opakované měření a pro tyto znaky nelze opakovatelnost vyhodnotit. Nejvyšší koeficient opakovatelnosti byl stanoven u HP (0,75). Nejnižší koeficient opakovatelnosti byl nalezen u SL (0,08). Vliv inbrední deprese na koeficient opakovatelnosti je zanedbatelný. U tří znaků (NTe, CrL, CrW) došlo ke snížení opakovatelnosti o 0,01.

Poměr trvalého prostředí vyjadřuje poměr variance trvalého prostředí k fenotypové varianci. Nejvyšší byl nalezen u WL (0,41), nejnižší u SL (0,00). Vliv zahrnutím F_X do výpočtu je zanedbatelný, u tří znaků došlo ke snížení (CrW, TT, CrP) a u tří naopak ke zvýšení o 0,01.

4.4 Inbrední deprese jako regresní koeficient

Tabulka 16. Vliv inbrední deprese při nárůstu o 1% F_x .

Znak	Vlastnost	Bodová změna při nárůstu o 1% F_x
Přední část		
HW	výška	- 0,0113
HF	mohutnost	- 0,0266
HP	hlava - profil	0,0134
NL	krk - délka	0,0135
NTe	krk – nasazení	- 0,0126
NTo	krk - profil	- 0,0015
WL	kohoutek - délka	0,0018
WH	kohoutek - výška	- 0,0009
Trup		
TL	hřbet - délka	0,0035
TV	hřbet - klenutí	0,0141
LL	bedra - délka	0,0054
LV	bedra - klenutí	0,0116
SL	plec - délka	0,0043
SS	plec - lopatka	0,0072
ChG	hrudník – objem	- 0,0036
ChL	hrudník - délka	0,0064
ChW	hrudník – šířka	- 0,0157
ChD	hrudník – hloubka	- 0,0073
BW	prsa – šířka	- 0,0055
Zád'		
CrL	zád' – délka	- 0,0148
CrW	zád' - šířka	- 0,0185
CrS	zád' - sklon	0,0174
CrP	zád' - profil	- 0,0146
TT	ohon - nasazení	0,0234
Končetiny		
FIFV	hrudní končetiny - zepředu	- 0,0185
FiSV	hrudní končetiny – postoj ze strany	0,0148
FtSV	spěnka přední – z boku	- 0,0090
FtL	spěnka přední - délka	0,0075
FhSV	kopyto – úhel s horizontálou	- 0,0037
FhW	kopyto - šířka	- 0,0131
FhS	kopyto - velikost	0,0013
HLSV	pánevní končetiny – dle úhlu hlezna -postoj	- 0,0055
HLBV	pánevní končetiny – zezadu – postoj	- 0,0097
FIFS	spěnka zadní – z boku	- 0,0015
LF	spěnka zadní - délka	0,0028
AHW	úhlování zadních kopyt	- 0,0046

Hodnoty regresního koeficientu vlivu koeficientu inbrídingu na znaky lineárního popisu, odhadnuté pomocí metody REML, jsou uvedeny v tabulce 16. U všech znaků byly odhadnuty zanedbatelné hodnoty inbrední deprese. U 20 znaků dochází k nevýznamnému poklesu hodnoty sledovaného znaku a u 16 naopak k nárůstu sledované hodnoty. Nejvyšší nárůst hodnoty byl nalezen u TT (0,0234 bodů), nejnižší naopak u HW (-0,0266). U skupiny znaků charakterizující končetiny bylo zaznamenáno nejvíce znaků ovlivněných k projevu s nižší bodovou stupnicí. U skupiny znaků popisující trup bylo naopak nalezeno nejvíce znaků ovlivněných k projevu s vyšší bodovou stupnicí. Pokles bodové hodnoty byl také zaznamenán u tří znaků HW, HF a ChG, jejichž vývin je zjišťován měřením a poté transformován do bodové stupnice a tyto znaky charakterizují základní tělesnou morfologii koně.

5. Diskuze

5.1 Charakter vstupních dat

Struktura dat z pohledu lineárního popisu je uvedena v tabulce 11 a z pohledu koeficientu F_X v tabulce 12. Průměrné hodnoty znaků lineárního popisu se pohybovaly v rozmezí od 3,76 do 6,09 a podobají se hodnotám, které ve své práci stanovili Jakubec et al. (2007) a Vostrý et al. (2011a). Optimální hodnota znaku se zde nestanovuje jako průměrný stav bodové stupnice, ale může být vychýlena k požadovanému šlechtitelskému cíli. Průměrná hodnota koeficientu inbrídingu byla pro hodnocenou část populace starokladrubskeho koně stanovena na 3,71 % se směrodatnou odchylkou 2,87 %. Nejpočetněji byl zastoupen interval od 3,01 do 6,25 %. U běloušů byl stanoven průměrný F_X u hřebců 3,35 % a u klisen 2,76 %. U vraníků byl stanoven průměrný F_X u hřebců 4,52 % a u klisen 4,35 %. Jakubec et al. (2004) stanovili v roce 2003 u běloušů průměrný F_X u hřebců 5,20 % a u klisen 3,92 %. U vraníků byl stanoven průměrný F_X u hřebců 5,94 % a u klisen 5,86 %. Vostrý et al. (2011c) ve své práci stanovili průměrný koeficient inbrídingu z rodokmenových informací na 7,6 %. Zjištěné hodnoty F_X jsou oproti práci Jakubce et al. (2004) nižší, to může být způsobeno zahrnutím vyššího počtu zvířat, ale také časovým odstupem, kdy od roku 2004 je zpracováván alternativní přípařovací plán a pokračováno v rotačním skupinovém připouštění zvířat.

5.2 Výběr vhodného modelu

Z porovnání determinačního koeficientu pro jednotlivé znaky lineárního popisu byl jako vhodnější pro vyhodnocení vybrán model 1, který vysvětloval v průměru o 1 % více celkové variability. Hodnoty reziduální variance byly pro 83 % znaků nižší v modelu 1. Na základě hodnoty determinačního koeficientu a reziduální variance byl pro odhad vlivu inbrední deprese vybrán model 1. Stejný model použili ve své práci zaměřené na odhad genetických parametrů a plemenných hodnot starokladrubskeho koní Vostrý et al. (2011a). Model 2 vycházel z práce Jakubce et al. (2007), která ale nezahrnovala náhodné efekty. Do obou testovaných modelů bylo zahrnuto opakované měření, které ve svém odhadu genetických parametrů využili Zechner et al. (2001). Torzynski et al. (2005) poukazují na to, že by do modelu pro vyhodnocení tělesné stavby měl být zahrnut matematický

efekt matky. Do testovaných modelů nebyl zahrnut z důvodu malého počtu potomků na jednotlivé matky.

5.3 Odhady genetických parametrů

Jednotlivé složky celkové proměnlivosti byly odhadnuty dvěma modely, bez zahrnutí koeficientu inbrídingu a se zahrnutím koeficientu inbrídingu a jako regresního koeficientu, pomocí metody REML. U σ_a^2 došlo přidáním koeficientu inbrídingu do modelu k zanedbatelné změně v rozmezí od 0,01 do 0,03 u 39 % znaků. Vostrý et al. (2011b) u chladnokrevných koní uvádějí velmi podobnou změnu u σ_a^2 u 38 % znaků a to v rozmezí od 0,01 do 0,10. U σ_{tp}^2 došlo ke změně u 33 % znaků o 0,01. U σ_e^2 došlo ke změně pouze u 5 % znaků o 0,01, oproti práci Vostrého et al. (2011b), která popsala změnu σ_e^2 u 34 % znaků. Tyto rozdíly mohou být způsobeny rozdílným modelem pro odhad variačních komponent.

Na základě komponent rozptylu odhadnutých pomocí metody REML, byly vypočteny koeficienty dědivosti (h^2), opakovatelnost (r_m) a poměr trvalého prostředí (c^2) uvedený v tabulce 15.

U čtyř znaků (HW, HF, HP a GhC) překročil koeficient dědivosti hodnotu 0,40. U těchto středních až vysokých hodnot koeficientu dědivosti je důležité upozornit na skutečnost, že korekční šlechtění u těchto znaků může být velmi účinné. Nejvyšší hodnota h^2 byla stanovena u HP (0,70). Pro tento znak zjistili Vostrý et al. (2011a) u starokladrubských koní nižší hodnotu (0,65). Pro HW (0,57) odhadli u starokladrubských koní Vostrý et al., (2011a) shodnou hodnotu h^2 a u chladnokrevných koní velmi podobnou hodnotu 0,59 (Vostrý et al., 2011b). Molina et al. (1999) u andaluských koní stanovili přibližně stejnou hodnotu h^2 pro znak HW (0,58), u tohoto plemene stanovili h^2 pro znak HW (0,60) taktéž Goméz et al. (2009). U lipicánů odhadli podobnou hodnotu h^2 pro znak HW (0,52) ve své práci Zechner et al. (2001), naopak výrazně nižší hodnotu h^2 pro znak HW (0,26) u lipicánů stanovili Baban et al. (1998). Přibližně stejně nízký h^2 pro HW (0,20) popisují u holandských teplokrevníků Koenen et al. (1994). Vyšší hodnotu pro HW (0,67) odhadli Druml et al. (2008) u koní plemene norik. Výrazně vyšší hodnotu h^2 pro HW (0,89) u shetlandských poníků uvádějí Van Bergen a Van Arendonk (1993). Další znak s vyšším h^2 byl HF (0,50), opět takřka shodnou hodnotu h^2 pro HF (0,49) stanovili Vostrý et al.

(2011a). Nízké koeficienty h^2 byly odhadnuty u 8 znaků (LV (0,08), SL (0,08), CrL (0,09), FIFV (0,07), FiSV (0,08), FhS (0,09), HLBV (0,06), FIFS (0,03)). Nejvíce znaků s nízkým koeficientem h^2 bylo odhadnuto v části popisující končetiny. Vostrý et al. (2011) odhadli u těchto znaků u starokladrubských koní přibližně stejné hodnoty h^2 , kromě znaku LV (0,15). Zechner et al. (2001) dokonce odhadli pro SL nulovou hodnotu h^2 , Samoré et al. (1997) a Druml et al. (2008) stanovili naopak vyšší h^2 pro SL (0,15), téměř shodný koeficient dědivosti pro SL (0,16) s ním stanovili Koenen et al. (1994). Goméz et al. (2009) ve své práci dále stanovili koeficient dědivosti pro ChW (0,42) a pro ChL (0,47), které jsou mírně vyšší než odhadnuté h^2 pro ChW (0,29) a pro ChL (0,30). Stejný h^2 pro NL (0,11), stanovili u starokladrubských koní Vostrý et al. (2011a), velmi podobný u chladnokrevných koní NL (0,12). Vyšší h^2 pro NL (0,29) odhadli Druml et al., (2008) a také Koenen et al. (1994) h^2 pro NL (0,21). Nižší h^2 pro NL (0,05) stanovili Zechner et al. (2001). U znaků zařazených do skupiny charakterizujících zád' byly odhadnuty koeficienty dědivosti pro CrL (0,09), CrW (0,32), CrS (0,35), CrP (0,18) a TT (0,14). Vostrý et al. (2011a) uvádějí přibližně stejné koeficienty, až na mírně vyšší h^2 pro CrP (0,25). Van Bergen a Van Arendonk (1993) odhadují vyšší koeficient pro CrL (0,21) a naopak nižší koeficienty pro CrW (0,18) a CrS (0,10). Samoré et al. (1997) pro tyto znaky odhadují také vyšší h^2 pro CrL (0,23) a nižší pro CrW (0,11) a CrS (0,09). Také Fioretti et al. (2004) u bardigianských koní uvádějí nižší hodnoty h^2 pro CrW (0,03) a CrS (0,22). Tyto rozdíly v odhadech koeficientu dědivosti pro jednotlivé znaky lineárního popisu mohou být způsobeny tím, že vlastnosti jsou hodnoceny na různých plemenech a také v různých zemích. Na tento důvod poukazuje i skutečnost, že odhadnuté h^2 se nejvíce shodovali s h^2 popisovaných v práci Vostrého et al. (2011a), která je zaměřená na analýzu lineárního popisu u starokladrubských koní.

Nevýznamný vliv mělo na h^2 zahrnutí koeficientu inbrídingu do modelu. Zanedbatelný vliv byl odhadnut u 31 % znaků. Došlo ke změně v rozmezí od 0,01 do 0,02. Vostrý et al. (2011b) popisují změnu h^2 v důsledku zahrnutí koeficientu inbrídingu také u 31 % znaků v rozmezí od 0,01 do 0,02.

Opakovatelnost, která byla získána jako součet koeficientu dědivosti a poměru trvalého prostředí, vyjadřuje rozdíly v přesnosti měřených znaků. Tento koeficient byl vyhodnocen u 33 znaků lineárního popisu. Vysoké koeficienty opakovatelnosti byly odhadnuty u HP (0,75), WL (0,57). Nejnížší r_m byly zjištěny u SL (0,08) a SS (0,13) NL

(0,14). Hodnocení těchto znaků může být ovlivněno postojem koně při popisu. Zjištěné nízké koeficienty opakovatelnosti jsou ve většině případů zjištěny u vlastností s nízkou hodnotou koeficientu dědivosti. Zechner et al. (2001) popisují výrazně vyšší odhady u SL (0,74) a NL (0,58).

Zahrnutí koeficientu inbrídingu do modelu mělo nevýznamný vliv na r_m . Došlo ke změně pouze u 9 % znaků o 0,01.

Poměr trvalého prostředí (c^2), který vyjadřuje poměr proměnlivosti prostředí k proměnlivosti fenotypové, byl nalezen nejvyšší u WL (0,41), nejnižší u SL (0,00). Podobné výsledky ve své práci publikovali Vostrý et al. (2011a). Vliv zahrnutí F_X do modelu je zanedbatelný, u 18 % znaků došlo ke změně o 0,01.

5.4 Inbrední deprese

Vliv inbrední deprese je vyjádřen jako hodnota regresního koeficientu vlivu inbrídingu na znaky lineárního popisu pomocí metody REML uvedené v tabulce 16. U všech znaků lineárního popisu byly odhadnuty zanedbatelné hodnoty inbrední deprese. U 56 % znaků došlo vlivem inbrední deprese k nevýznamnému poklesu hodnoty popisované bodovou stupnicí, u 45 % znaků naopak k nevýznamnému nárůstu. Podobné hodnoty vlivu inbrední deprese popisují u chladnokrevných koní Vostrý et al. (2011b), kde došlo ke zvýšení bodové hodnoty vlivem inbrední deprese u 50 % znaků a ke snížení u 50 % znaků. Odhadnuté hodnoty inbrední deprese zohledňují skutečnost, že znaky lineárního popisu mohou být ovlivněny inbrední depresí, která však v této podobě představuje zanedbatelný vliv.

Studie zaměřené na analýzu vlivu inbrední deprese na morfologické znaky koní jsou ve svých závěrech nejednotné. Tato nejednotnost může být ovlivněna počtem jedinců zahrnutých do analýzy a dále pak také hodnotou koeficientu inbrídingu ve sledované populaci. Vostrý et al., (2011b) neprokázali vliv inbrední deprese na znaky lineárního popisu u chladnokrevných koní. Wolc a Balińská (2010) u polských koní taktéž nezjistili vliv inbrední deprese na morfologické znaky koní. Curik et al.(2003) u plemene lipicán také nepotvrdili inbrední depresi u morfologických znaků. Naopak významný vliv inbrední deprese na morfologické znaky u haflingů zjistili Gandini et al. (1992) a u andaluských koní Goméz et al. (2009).

6. Závěr

Z výsledků vyplynulo, že nejvhodnější model pro odhad genetických parametrů a stanovení vlivu inbrední deprese je model obsahující pevné efekty: barevná varianta, chov, pohlaví, věk při popisu, rok popisu a náhodnými efekty: jedinec a trvalé prostředí jedince. U tří znaků lineárního popisu HW, HF a ChG nebylo prováděno opakované měření a odhad genetických parametrů a inbrední deprese byl proveden na základě modelu bez náhodného efektu trvalého prostředí. Znaky lineárního popisu vykazovaly střední až nízké hodnoty koeficientu dědivosti. Výjimku tvořil pouze HP ($h^2 = 0,70$). Zahrnutím koeficientu inbrídingu jedince jako regresního koeficientu do modelu nebyly zaznamenány významné změny genetických parametrů. Odhadnuté hodnoty inbrední deprese jako regresního koeficientu byly zanedbatelné. Z těchto důvodů není nutné zahrnout vliv inbrední deprese do hodnocení genetických parametrů u starokladrubských koní.

Byla potvrzena hypotéza, že inbrední deprese neovlivňuje morfologické utváření stavby těla starokladrubských koní.

7. Přehled použité literatury

- Adametz, L., Ferulík, J. 1923. Příbuzenská plemenitba ve světě nového biologického bádání. Ministerstvo zemědělství republiky Československé. Praha. 77 s. bez ISBN.
- Analla, M., Montilla, J. M., Serradilla, J. M. 1999. Study of the variability of the response to inbreeding for meat production in Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 116 (6). 481–488.
- Baban, M., Rastija, T., Caput, P., Knezvc, I., Stipic, N. 1998. Estimation of heritability of Lipizzaner horses for morphological traits by means of various methods. *Czech Journal of Animal Science*. 43 (7). 299-303.
- Bezdíček, J., Šubrt, J., Filipčík, R. 2008. The effect of inbreeding on milk traits in Holstein cattle in the Czech Republic. *Archiv Tierzucht*. 51. 415-425.
- Bezdíček, J., Šubrt, J., Louda, F. 2010. Projev inbrední deprese u znaků mléčné užitkovosti. *Agrovýzkum Rapotín. Rapotín*. 46 s. ISBN: 9788087144084.
- Bílek, F. 1925. Kůň starokladrubský. Ministerstvo zemědělství republiky Československé. Praha. 30 s. bez ISBN.
- Brotherstone, S. 1994. Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and production traits in Holstein – Friesian dairy cattle. *Animal Production*. 59 (2). 183-187.
- Curik, I., Zechner, P., Sölkner, J., Achmann, R., Bodo, I., Dovc, P., Kavar, T., Marti, E., Brem, G. 2003. Inbreeding, microsatellite heterozygosity, and morphological traits in Lipizzan horses. *Journal of Heredity*. 94 (2). 125–132.
- Čapková, Z. 2008. Analysis of body measurements in sire lines and dame families of Old Kladrub Horses. *Journal of Agrobiology*. 25. 13-16.
- Druml, T., Baumung, R., Sölkner, J. 2009. Pedigree analysis in the Austrian Noriker draught horse: genetic diversity and the impact of breeding for coat colour on population structure. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 126 (5). 348–356.
- Dušek, J., Richter, L. 1974. Závěrečná zpráva "Udržovací šlechtění starokladrubského vraníka", Slatiňany 31.10.1974. In: 50 let hřebčína Slatiňany 1945 – 1995, Národní hřebčín Kladruby nad Labem, 1995, s. 13-15.
- Dušek, J. 1991. Evaluation of the degree of inbreeding in the stock of Kladruby black horse. *Výzkumné centrum chovu koní Slatiňany. Slatiňany*. p. 44.

- Dušek, J., Misař, D., Müller, Z., Navrátil, J., Rajman, J., Tluchoř, V., Žlumov, P. 1999. Chov koní. Brázda. Praha. 400 s. ISBN: 8020903526.
- Dyková, Z., Šancová, Z., Teplý, V. 2011. Ročenka chovu starokladrubských koní 2011. Národní hřebčín Kladruby nad Labem. 20 s. Dostupné z: http://www.nhkladruby.cz/prilohy/rocenka_2011.pdf
- Falconer, D. S. 1970. Introduction to Quantitative genetics. Ciencia Técnica. La Habana. p. 365. bez ISBN.
- Fioretti, M., Catalano, A.L., Rosati, A., Martuzzi, F. 2005. Bardigiano horse selection: a genetic global index for linear type traits, Conservation genetic of endangered horse breeds. EAAP publication. 116. 147-154.
- Fisher, R. A. 1918. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. Philosophical Transactions of Royal Society of Edinburgh. 54. 399-433.
- Frankham, R., Ballou, J.D., Briscoe, D. A. 2002. Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press. Cambridge. p. 567. ISBN: 0521639859.
- Gandini, G. C., Bagnato, A., Miglior, F., Pagnacco G. 1992. Inbreeding in the italian haflinger horse. Journal of Animal Breeding and Genetics. 109. 434-444.
- Gómez, M. D., Valera, M., Molina, A., Gutiérrez, J. R., Goyache, F. 2009. Assessment of inbreeding depression for body measurements in Spanish Purebred (Andalusian) horses. Livestock Science. 122 (2-3). 149-155.
- Hartley, H.O., Rao, J. N. K. 1967. Maximum-likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. Biometrics. 54 (1-2). 93-108.
- Henderson, C. R. 1949. Estimation of changes in herd environment. Journal of Dairy Science. 32. 706-715.
- Jakubec, V., Jelínek, J., Volenec, J., Záliš, N. 1996a. Lineární systém popisu a hodnocení tělesné stavby koní, modelová aplikace – starokladrubský kůň. Hipologický věstník. Výzkumné centrum chovu koní Slatiňany. 1. 5–32.
- Jakubec, V., Záliš, N., Jelínek, J., Volenec, J., Přibáňová, M. 1996b. Lineární systém popisu a hodnocení tělesné stavby starokladrubských koní. In: Sborník abstraktů z mezinárodní konference „XVII. Genetické dny“. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 113-114.
- Jakubec, V., Schlotte, W., Jelínek, J., Scholz, A., Záliš, N. 1997. Linear type trait analysis in the genetic resource of the Old Kladruby horse. In: Van Arendonk J.A.M. (ed.) Book

- of Abstracts of the 48th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Vienna, Austria, 25-28 August 1997. p. 514. ISBN: 9789074134446
- Jakubec, V., Říha, J., Golda, J., Majzlík, I. 1999. Odhad plemenné hodnoty hospodářských zvířat. Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín. 177 s. bez ISBN.
- Jakubec, V., Volenec, J., Majzlík, I. 2004. Structure and development of the genetic resource of the „Old Kladrub horse“ within the period from 1993 to 2003. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 35 (4). 147-153.
- Jakubec, V., Rejfková, M., Volenec, J., Majzlík, I., Vostrý, L. 2007. Linear type trait analysis in the varieties and studs of the Old Kladrub horse. *Czech Journal of Animal Science*. 52. 299-307.
- Jakubec, V., Vostrý, L., Schlote, W., Majzlík, I., Mach, K. 2009. Selection in the genetic resource: genetic variation of the linear described type traits in the Old Kladrub horse. *Archiv Tierzucht*. 52 (4). 343–355.
- Jakubec, V., Bezdíček J., Louda F. 2010. Selekce - inbríding – hybridizace. *Agrovýzkum Rapotín*. Rapotín. 382 s. ISBN: 9788087144220.
- Keller, L. F., Waller, D. M. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology and Evolution*. 17 (5). 230-241.
- Koenen, E.P.C., Van Veldhuizen, A.E., Brascamp, E.W. 1994. Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation with dressage and show-jumping in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science*. 43 (1). 85-94.
- Lerche, F. 1956. *Starokladrubský kůň*, SZN, Praha, 293 s. bez ISBN.
- Maiwashe, A., Nephawe, K. A., Theron, H. E. 2008. Estimates of genetic parameters and effect of inbreeding on milk yield and composition in South African Jersey cows. *South African Journal of Animal Science*. 38 (2). 119–125.
- Machek, J., Gaudníková, J. 2010. Situační a výhledová zpráva koně prosinec 2010. Ministerstvo zemědělství. Praha. 36 s. ISBN: 8070849149.
- Malécot, G., 1948. *Les mathématiques de l'hérédité*. Masson et Cie. Paris. p. 63. bez ISBN.
- Maršálek, M. 2008. Chov koní. Popis, posuzování, šlechtění. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. České Budějovice. 109 s. ISBN: 9788073941017.

- Miglior, F., Szkotnicki, B., Burnside, E. B. 1992. Analysis of levels of inbreeding and inbreeding depression in Jersey cattle. *Journal of Dairy Science*. 75. 1112-1118.
- Misztal, I., Tsuruta, S., Strabel, T., Auvray, B., Druet, T., Lee, D. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier. CD-ROM Communication 28:07.
- Molina, A., Valera, M., Dos Santos, R., Rodero, A. 1999. Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livestock Production Science*. 60 (2-3). 295–303.
- Mrode, R. A. 1996. *Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values*. CAB International. Wallingford. p. 187. ISBN: 0851989969.
- Národní hřebčín Kladruby nad Labem. Řád plemenné knihy starokladrubskeho koně [online]. 1. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z <<http://www.nhkladruby.cz/prilohy/radpk.pdf>>
- Samoré, A. B., Pagnacco, G., Miglior, F. 1997. Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Hafliger horse, *Livestock Production Science*. 52 (2). 105–111.
- Sierszchulski, J., Helak, M., Wolc, A., Szwaczkowski, T., Schlote, W. 2005. Inbreeding rate and its effect on three body conformation traits in Arab mares. *Animal Science Papers and Reports*. 23(1). 51–59.
- Smith, L. A., Cassel, B. G., Pearson, R.E. 1998. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 81. 2729-2737.
- Sobotková, E., Jiskrová, I., Somerlíková, K. 2006. Analysis of the population of the Old Kladruby horse in point of the body conformation. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendeliana Brunensis*. 54 (5). 117-128.
- Šiler, R., Váchal, J., Vinš, J. 1965. *Dědičnost v chovatelské praxi*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 197 s. bez ISBN.
- Thompson, J. R., Everett, R. W., Wolc, C. W. 2000. Effects of inbreeding on production and survival in Jersey. *Journal of Dairy Science*. 83. 2771-2778.
- Torzyński, G., Wolc, A., Szwaczkowski, T. 2005. Maternal effects on the conformation traits in half-breed horses. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 14 (4). 595–605.
- Van Bergen, H.M.M., Van Arendonk, J.A.M. 1993. Genetic parameters for linear type traits in Shetland ponies. *Livestock Production Science*. 36 (3). 273-284.

- Veselá, Z., Příbyl, J., Šafus, P., Vostrý, L., Šeba, K., Štolc, L. 2005. Breeding value for type traits in beef cattle in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*. 50 (9). 385-393.
- Volenec, J., Jakubec, V., Jelínek, J., Příbyl, J., Záliš, N. 1995. Analysis of inbreeding of Old Kladrub horses. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 26 (4). 279-296.
- Vostrý, L., Příbyl, J. 2004. Selection of suitable models for the estimation of genetic parameters in beef cattle, Selection of suitable models for the estimation of genetic parameters in beef cattle, beef cattle, heritability, animal model, growth, REML, breeding value. *Animal Science Papers and Reports*. 22 (2). 159-164.
- Vostrý, L., Příbyl, J., Mach, K., Majzlík, I. 2011a. Genetic parameters estimation and breeding values prediction for linear described traits in the Old Kladruber horse. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 20. 338–349.
- Vostrý, L., Čapková, Z., Příbyl, J., Mach, K. 2011b. Analysis of Czech cold-blooded horses: genetic parameters, breeding value and the influence of inbreeding depression on linear description of conformation and type characters. *Czech Journal of Animal Science*. 56 (5). 217-230.
- Vostrý, L., Kracíková, O., Hofmanová, B., Czerneková, V., Kott, T., Příbyl J. 2011c. Intra-line and inter-line genetic diversity in sire lines of the Old Kladruber horse based on microsatellite analysis of DNA. *Czech Journal of Animal Science*. 56 (4). 163-175.
- Wolc, A., Balińska, K. 2010. Inbreeding effects on exterior traits in Polish konik horses. *Archiv Tierzucht*. 53. 1–8.
- Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist*. 56. 330-338.
- Zechner, P., Zohman, F., Sölkner, J., Bodi, I., Habe, F., Marti, E., Brem, G. 2001. Morphologic description of the Lipizzan horse population. *Livestock Production Science*. 69 (2). 163-177.

8. Přehled použitých zkratk

- AHW - Angle of hoof wall - úhlování zadních kopyt, znak lineárního popisu
- BLUE – Best Linear Unbiased Estimator, metoda výpočtu
- BLUP – Best Linear Unbiased Predictor, metoda výpočtu
- BW - Breast width - prsa šířka, znak lineárního popisu
- CrL - Croup length - zád' délka, znak lineárního popisu
- CrP - Croup profile - zád' profil, znak lineárního popisu
- CrS - Croup shape - zád' sklon, znak lineárního popisu
- CrW - Croup width - zád' šířka, znak lineárního popisu
- FhS - Forehoof size - kopyto velikost, znak lineárního popisu
- FhSV – Forehoof - side view - kopyto úhel s horizontálou, znak lineárního popisu
- FhW - Forehoof width - kopyto šířka, znak lineárního popisu
- FiSV - Forelimbs side view - hrudní končetiny postoj ze strany, znak lineárního popisu
- FIFS - Fetlock from the side - spěnka zadní z boku, znak lineárního popisu
- FIFV - Forelimbs front view - hrudní končetiny zepředu, znak lineárního popisu
- FtL - Foretoes length - spěnka přední délka, znak lineárního popisu
- FtSV - Foretoes side view - spěnka přední z boku, znak lineárního popisu
- GLM - obecný lineární model, procedura SAS pro odhad pevných efektů pomocí metody nejmenších čtverců
- HF – Heftiness – mohutnost, znak lineárního popisu
- HLBV - Hind limbs - back view - pánevní končetiny zezadu, znak lineárního popisu
- HLSV - Hind limbs - side view - pánevní končetiny dle úhlu hlezna, znak lineárního popisu
- HP - Head profile - hlava profil, znak lineárního popisu
- HPK – hlavní plemenná kniha, oddíl plemenné knihy
- HW - Height at withers – výška, znak lineárního popisu
- ChD - Chest depth - hrudník hloubka, znak lineárního popisu
- ChG - Chest girth - hrudník objem, znak lineárního popisu
- ChL - Chest length - hrudník délka, znak lineárního popisu
- ChW - Chest width - hrudník šířka, znak lineárního popisu
- LL - Loin length - bedra délka, znak lineárního popisu

LF - Length of the fetlock - spěnka zadní délka, znak lineárního popisu
LS - nejmenší čtverce, statistický ukazatel/metoda výpočtu
LV - Loin vault - bedra klenutí, znak lineárního popisu
ML - Maximum Likelihood, metoda výpočtu pomocí maximální věrohodnosti
NL - Neck length - krk délka, znak lineárního popisu
NTe - Neck tethering - krk nasazení, znak lineárního popisu
NTo - Neck topside - krk profil, znak lineárního popisu
PK – plemenná kniha – oddíl plemenné knihy
REML - Restricted Maximum Likelihood, metoda výpočtu komponent rozptylu
SAS - Statistical Analysis System, software pro statistickou analýzu dat
SL - Shoulder length - plec délka, znak lineárního popisu
SS - Shoulder slope - plec lopatka, znak lineárního popisu
TL - Topline length - hřbet délka, znak lineárního popisu
TT - Tail tethering - ohon nasazení, znak lineárního popisu
TV - Topline vault - hřbet klenutí, znak lineárního popisu
WH - Withers height - kohoutek výška, znak lineárního popisu
WL - Withers length - kohoutek délka, znak lineárního popisu
1. PPK – první pomocná plemenná kniha, oddíl plemenné knihy
2. PPK – druhá pomocná plemenná kniha, oddíl plemenné knihy

9. Seznam příloh

Příloha 1. Formulář pro lineární popis tělesné stavby koní 1 strana.

Příloha 2. Formulář pro lineární popis tělesné stavby koní 2 strana.

Příloha 3. Starokladrubský kůň na vozatajských závodech – dvojspřeží, maraton.

Příloha 4. Starokladrubský kůň na vozatajských závodech – dvojspřeží, drezúra.

Příloha 5. Šestispřeží starokladrubských koní účinkující v historickém filmu Ludvík II.

Příloha 1. Formulář pro lineární popis tělesné stavby koní 1 strana.

FORMULÁŘ K PRAKTICKÉMU LINEÁRNÍMU POPISU TĚLESNÉ STAVBY KONĚ

ORDNO A ČÍSLO KONĚ:

POHLAVÍ:

MAKROZEM:

DATA POSUZOVÁNÍ/POSUZOVATEL:

MAZTELI:

1. VĚŠKA

Bodové	KMH v cm	
	Hřebec	Klitsny
1	do 158,0	do 156,0
2	158,5 - 160,0	156,5 - 158,0
3	160,5 - 162,0	158,5 - 160,0
4	162,5 - 164,0	160,5 - 162,0
5	164,5 - 166,0	162,5 - 164,0
6	166,5 - 168,0	164,5 - 166,0
7	168,5 - 170,0	166,5 - 168,0
8	170,5 - 172,0	168,5 - 170,0
9	172,5 a více	170,5 a více

2. HODURNOST (sila kostry)

Bodové	Obvod holaně v cm	
	Hřebec	Klitsny
1	do 20,0	do 19,0
2	20,1 - 20,5	19,1 - 19,5
3	20,6 - 21,0	19,6 - 20,0
4	21,1 - 21,5	20,1 - 20,5
5	21,6 - 22,0	20,6 - 21,0
6	22,1 - 22,5	21,1 - 21,5
7	22,6 - 23,0	21,6 - 22,0
8	23,1 - 23,5	22,1 - 22,5
9	23,6 a více	22,6 a více

9.1. HRUDNÍK

Bodové	Objem hrudníku v cm	
	Hřebec	Klitsny
1	do 186,0	do 183,0
2	186,5 - 188,0	187,5 - 189,0
3	188,5 - 190,0	189,5 - 191,0
4	190,5 - 192,0	191,5 - 193,0
5	192,5 - 194,0	193,5 - 195,0
6	194,5 - 196,0	195,5 - 197,0
7	196,5 - 198,0	197,5 - 199,0
8	198,5 - 200,0	199,5 - 201,0
9	200,5 a více	201,5 a více

3. HLAVA - profil

- 1. Šířka
- 2. Rovně
- 3. Poloklabonost
- 7. Klabonost
- 9. V čáře lomání

4.1. KOK - délka

- 1. Velmi krátký
- 3. Krátký
- 5. Středně dlouhý
- 7. Dlouhý
- 9. Velmi dlouhý

4.2. KOK - nasazení

- 1. Velmi nízko nasazený
- 3. Nízko nasazený
- 5. Středně vysoko nasazený
- 7. Vysoko nasazený
- 9. Velmi vysoko nasazený

4.3. KOK - profil

- 1. Oblíbený
- 3. Hrně oblíbený
- 5. Rovný
- 7. Hrně klusový
- 9. Klusový

5.1. KONOURK - délka

- 1. Velmi krátký
- 3. Krátký
- 5. Středně dlouhý
- 7. Dlouhý
- 9. Velmi dlouhý

5.2. KONOURK - výška

- 1. Velmi nízký
- 3. Nízký
- 5. Středně vysoký
- 7. Vysoký
- 9. Velmi vysoký

6.1. HÁBET - délka

- 1. Velmi krátký
- 3. Krátký
- 5. Středně dlouhý
- 7. Dlouhý
- 9. Velmi dlouhý

6.2. HÁBET - klusoví

- 1. Velmi měkký
- 3. Hrávký
- 5. Rovný
- 7. Klusový
- 9. Velmi klusový

7.1. DOPRA - délka

- 1. Velmi krátká
- 3. Krátká
- 5. Středně dlouhá
- 7. Dlouhá
- 9. Velmi dlouhá

7.2. DOPRA - klusoví

- 1. Velmi měkká
- 3. Hrávká
- 5. Rovná
- 7. Klusová
- 9. Velmi klusová

8.1. ZD - délka

- 1. Velmi krátká
- 3. Krátká
- 5. Středně dlouhá
- 7. Dlouhá
- 9. Velmi dlouhá

8.3. ZD - sklon

- 1. Velmi skloněná
- 3. Skloněná
- 5. Hrně skloněná
- 7. Téměř rovná
- 9. Rovná

8.5. OHOL - nasazení

- 1. Zaplchnutý
- 3. Nízko nasazený
- 5. Středně nasazený
- 7. Vysoko nasazený
- 9. Vysoko nasazený

9.2. HRUDNÍK - délka

- 1. Velmi krátký
- 3. Krátký
- 5. Středně dlouhý
- 7. Dlouhý
- 9. Velmi dlouhý

9.4. HRUDNÍK - hloubka

- 1. Velmi mělký
- 3. Mělký
- 5. Středně hluboký
- 7. Hluboký
- 9. Velmi hluboký

11.1. PLUC - délka

- 1. Velmi krátká
- 3. Krátká
- 5. Středně dlouhá
- 7. Dlouhá
- 9. Velmi dlouhá

11.2. PLUC - lopatka

- 1. Velmi strmá
- 3. Strmá
- 5. Ohel 150
- 7. Ohel 180
- 9. Velmi příkřejší

12.2. HRUDNÍK KONSTRUKCE - postoj se strany

- 1. Přohnutý
- 3. Plochý
- 5. Rovný
- 7. Příkřejší
- 9. Velmi příkřejší

12.3. SPĚRKA PŘEDNÍ - s boku

- 1. Překloněná
- 3. Strmá
- 5. Ohel 150
- 7. Hrávká
- 9. Hrdvádlá

12.4. SPĚRKA PŘEDNÍ - délka

- 1. Velmi krátká
- 3. Krátká
- 5. Středně dlouhá
- 7. Dlouhá
- 9. Velmi dlouhá

14.4. SPĚRKA ZADNÍ - délka

- 1. Velmi krátká
- 3. Krátká
- 5. Středně dlouhá
- 7. Dlouhá
- 9. Velmi dlouhá

Příloha 2. Formulář pro lineární popis tělesné stavby koní 2 strana.

- 14.1.1. PŘÍTVRŤ KONČETIN
 dle úhlu hlava - postoj
- 1. Slití šavlíky
 - 2. Šavlíky
 - 3. Úhel 130°
 - 4. Otvřený
 - 5. Velmi otevřený
- 13.1. KOPRYTO - Úhel a horizontální vzdálenost kopyt 1.3. KAPUČKA - HLAVA
- 1. Slití tupohlá (spalíkovitá)
 - 2. Tupohlá
 - 3. Úhel 130°
 - 4. Ostrohlá
 - 5. Slití ostrohlá
 - 6. Slití ostrohlá
 - 7. Ostrohlá
 - 8. Slití ostrohlá
 - 9. Velmi ostrohlá
10. PŘÍLA - HLAVA
- 1. Velmi úzká
 - 2. Úzká
 - 3. Středně široká
 - 4. Široká
 - 5. Velmi široká
- 12.1. KAPUČKA KONČETIN - vprádu
- 1. Velmi úzký
 - 2. Úzký
 - 3. Příměrně široký (vzdálenost mezi kopyty je šířka jednoho kopyta)
 - 4. Široký
 - 5. Velmi široký

- 13.2. KOPRYTO - šířka - poměr nozihy
- 13.3. KOPRYTO - valkovitost
- okružně ke kopyce
- 1. Velmi úzká
 - 2. Úzká
 - 3. Středně široká
 - 4. Široká
 - 5. Velmi široká
 - 6. Velmi široká
 - 7. Velmi široká
 - 8. Velmi široká
 - 9. Velmi široká
- 13.4. KOPRYTO - valkovitost
- 1. Velmi málo
 - 2. Málo
 - 3. Příměrně
 - 4. Velmi
 - 5. Velmi velice
- 13.5. KOPRYTO - valkovitost
- 1. Velmi málo
 - 2. Málo
 - 3. Středně široká
 - 4. Široká
 - 5. Velmi široká
 - 6. Velmi široká
 - 7. Velmi široká
 - 8. Velmi široká
 - 9. Velmi široká
- 13.6. KOPRYTO - profil
- 1. Konečný
 - 2. Střechovitá
 - 3. Ovládnutá
 - 4. Malounovitá
 - 5. Střední
 - 6. Střední
 - 7. Střední
 - 8. Střední
 - 9. Střední
- 13.7. PŘÍTVRŤ KONČETIN
- zavřeno - postoj
- 1. Velmi úzký
 - 2. Úzký
 - 3. Příměrně široký
 - 4. Široký
 - 5. Velmi široký
 - 6. Velmi široký
 - 7. Velmi široký
 - 8. Velmi široký
 - 9. Velmi široký

- 13.1. CHODY - šlaka v živu
- 1. Velmi plochá
 - 2. Plochá
 - 3. Střední
 - 4. Vyšoká
 - 5. Velmi vyšoká
- 13.2. CHODY - šlaka v kopyce
- 1. Velmi plochá
 - 2. Plochá
 - 3. Střední
 - 4. Vyšoká
 - 5. Velmi vyšoká
- 13.3. CHODY - šlaka v kopyce
- 1. Velmi plochá
 - 2. Plochá
 - 3. Střední
 - 4. Vyšoká
 - 5. Velmi vyšoká
- 13.4. CHODY - předstřemí kopyc
- 1. Velmi krátká
 - 2. Krátká
 - 3. Střední
 - 4. Dlouhá
 - 5. Velmi dlouhá
- 13.5. CHODY - předstřemí kopyc
- 1. Velmi krátká
 - 2. Krátká
 - 3. Střední
 - 4. Dlouhá
 - 5. Velmi dlouhá
- 13.6. CHODY - elastičnost
- 1. Velmi tuhá
 - 2. Tuhá
 - 3. Střední
 - 4. Pružná
 - 5. Velmi pružná

Charakteristika	Hodnocení (1-10 body)	Max. počet bodů
1. Typ a pohyblivost výstřelů	1 - 10	10
2. Rámec a mohutnost	1 - 10	10
3. Tělesná stavba (celkem)	1 - 10	10
4. Tělo		
a) hlava a krk	1 - 4	4
b) trup	1 - 3	3
c) končetiny	1 - 3	3
4. Ujistitelnost a harmonie	1 - 10	10
5. Chod	1 - 10	10
Celkem		50

Podst. bodů	Šestnácti bodů
15 - 30	E - vynikající
31 - 41	VG - velmi dobrý
42 - 48	G - dobrý
49 - 51	F - vyhovující
52 - 58	P - nevyhovující
59 - 65	

- Vady
- Návaz
 - LP
 - PP
 - LS
 - PZ
 - S110

Příloha 3. Starokladrubský kůň na vozatajských závodech – dvojspřeží, maraton.



Foto: autorka práce

Příloha 4. Starokladrubský kůň na vozatajských závodech – dvojspřeží, drezúra.



Foto: autorka práce

Příloha 5. Šestispřeží starokladrubských koní účinkující v historickém filmu Ludvík II.



Foto: autorka práce