

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Zemědělská fakulta**

---

**Studijní program:** B4103 Zootechnika

**Studijní obor:** Zootechnika

**Katedra:** Katedra genetiky, šlechtění a výživy zvířat

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

### **Genetické založení zbarvení u koní**

Autor bakalářské práce:  
**Anna Balcarová**

Vedoucí bakalářské práce:  
**Ing. Lenka Hanusová, Ph.D.**

---

2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra genetiky, šlechtění a výživy  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Anna BALCAROVÁ**

Studijní program: **B4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Zootechnika**

Název tématu: **Genetické založení zbarvení u koní**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úkolem bakalářské práce je zpracovat kompletní literární studii genetického založení zbarvení u koní. Ke zpracování použije autorka veškerou dostupnou domácí i zahraniční literaturu. Genetické založení zbarvení u koní bude popsáno s ohledem na specifický výskyt u jednotlivých plemen.

Práce bude členěna do kapitol:

- 1) úvod
- 2) literární přehled genetického založení zbarvení u koní
- 3) závěr - shrnutí zjištěných výsledků.

Při zpracování bakalářské práce budou dodržena obvyklá formální pravidla.


Rozsah grafických prací: 3 - 5 tabulek, 3 - 5 fotografií  
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- Bowling A.T., Ruvinsky A. (eds.) (2000): The Genetics of the Horse. CABI Publishing, 512 pp.  
Bowling A.T. (1996): Horse genetics. CABI Publishing, 224 pp.  
Sponnenberg D.P. (2003): Equine color genetic. Iowa State University Press, 216 pp.  
Hennig W. (2002): Genetik. Springer, 853 pp.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Hanusová**  
Katedra genetiky, šlechtění a výživy  
Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Jindřich Čítek, CSc.**  
Katedra genetiky, šlechtění a výživy

Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2009  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2010

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ①  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Václav Řehout, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2009

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 10. 4. 2011

.....  
Anna Balcarová

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Lence Hanusové, Ph.D. za cenné rady, připomínky, poskytnuté materiály, odborné vedení, všestrannou pomoc a bezmeznou trpělivost při zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Úkolem mé bakalářské práce bylo zpracovat literární studii genetického založení zbarvení u koní. Nastínila jsem princip dědičnosti dle Mendlových zákonů. Popsala jsem charakteristiku jednotlivých barev a geny, které je ovlivňují. Genů, které ovlivňují barevnost koní, je stále více a neustále se objevují nové. Proto jsem se věnovala genům, které již byly charakterizovány a popsány. Zmínila jsem však i několik z těch, které doposud nebyly objasněny.

Klíčová slova: genetika, zbarvení, koně, pigmentace

## **Abstract**

The aim of my bachelor work was to develop a literary study of the genetic foundation of color in horses. I outlined the principles of heredity by Mendel laws. I described the characteristics of individual colors and genes that influence them. Genes that affect the color of horses are becoming more and are constantly new. So I devoted to genes that have been characterized and described. I have mentioned but a few of those that have not been clarified.

Keywords: genetics, colouring, horses, pigmentation

# Obsah

1. Úvod.....	10
2. Mendelistická genetika .....	11
3. Pigmentace a charakteristika barev koní .....	13
3.1. Pigmentace .....	13
3.2. Další faktory ovlivňující pigmentaci .....	13
3.3. Charakteristika barev koní.....	14
3.3.1. Základní barvy .....	14
3.3.2. Barvy modifikované ředícími geny.....	17
3.3.3. Barvy nemodifikované .....	19
3.3.4. Bílá barva a zbarvení modifikované bílými geny .....	20
4. Geny ovlivňující zbarvení koní.....	23
4.1. Základní geny .....	23
4.1.1. Gen E.....	23
4.1.1.1. Black .....	24
4.1.1.2. Sorrel a chestnut.....	25
4.1.2. Gen A .....	25
4.1.2.1. Bay .....	26
4.1.2.2. Brown.....	27
4.2. Geny podílející se na ředění barvy .....	27
4.2.1. Gen C .....	27
4.2.1.1. Palomino .....	28
4.2.1.2. Buckskin .....	29
4.2.1.3. Cremello.....	30
4.2.1.4. Perlino.....	30
4.2.2. Gen D .....	31
4.2.2.1. Dun.....	31
4.2.2.2. Grullo .....	31
4.2.3. Gen Ch .....	32
4.2.3.1. Champagne .....	32
4.2.3.1.1. Amber champagne .....	33
4.2.3.1.2. Gold champagne .....	33
4.2.3.1.3. Classic champagne.....	33
4.2.4. Gen Z.....	33
4.3. Geny podmiňující bílou barvu, skvrny či vzory .....	34
4.3.1. Gen W .....	35
4.3.2. Gen G .....	36
4.3.3. Gen Rn .....	37
4.3.4. Gen To.....	38
4.3.5. Gen Overo .....	39
4.3.5.1. Gen Fr .....	39
4.3.5.2. Gen Sb.....	40
4.3.5.3. Gen Spl .....	41
4.3.6. Gen Lp.....	41
4.4. Modifikátory lokálního odstínu .....	43
4.4.1. Shade .....	43
4.4.2. Sooty .....	43
4.4.3. Mealy.....	43
4.5. Bílé znaky na hlavě a končetinách .....	44



4.5.1.	Rozdělení odznaků na hlavě.....	44
4.5.2.	Rozdělení odznaků na končetinách.....	45
4.6.	Geny s nedostatečně prokázaným vlivem na zbarvení srsti.....	45
4.6.1.	Bend or spots.....	45
4.6.2.	Birdcatcher spots.....	45
4.6.3.	Brindle.....	46
4.6.4.	Lacing.....	46
4.6.5.	Blood marks (krvavé znaky).....	46
4.6.6.	Rabicano.....	46
5.	Závěr.....	47
6.	Seznam literatury.....	48
7.	Přílohy.....	55

## 1. Úvod

Každý živočich, včetně člověka, má nějaké zbarvení srsti, vlasů nebo kůže. Někteří tvorové mají charakteristické zbarvení, jiní se vyznačují rozmanitou škálou barevnosti.

V době, kdy byl kůň ještě divoké zvíře a nebyl zcela domestikován, bylo pro něj hlavní přežít v přírodě. Tomu také bylo většinou přizpůsobeno jeho zbarvení, které bylo plavé, myší šedé (dnes grullo) apod.

Vyskytovaly se i jiné barvy, které tehdy byly považovány za mutace a pro koně nebyly výhodou. Když měl jedinec plavé nebo myší zbarvení, dokázal lépe splynout s okolní přírodou, zatímco s jinými barvami byl více vidět a tudíž jej predátor snadněji spatřil.

Po domestikaci koně bylo jeho hlavním využitím práce. Člověk se zabýval využitelností koní k ní, než aby se zabýval znaky estetického rázu, včetně základních i ostatních barev, vyskytujících se u koní.

Avšak s postupující dobou a módními trendy se lidé začali zajímat o koně, kteří budou dobří v práci a budou se jim také líbit. Díky tomu vznikají nová plemena a nové asociace chovatelů plemen, u kterých může být jedním z požadavků na registraci koně právě jeho barva. Jako příklad můžeme uvést Paint Horse, Quarter Horse nebo Hafling.

Všichni chovatelé se snaží připouštět své klisny a doufají, že se dočkají u hříběte své vysněné barvy. Dlouze vybírají pro své kobyly hřebce, a většinou se dostaví ten výsledek, že dostanou hříbě jiné barvy, než čekali.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala pro to, že mě zajímá barevnost koní a chtěla bych pomoci chovatelům umět popsat genetický základ jejich koní, aby docílili barev, které si přejí.

## 2. Mendelistická genetika

Základem dědičnosti jsou stejně jako u lidí geny. Ty jsou spojovány do chromozomů, koně mají 64 chromozomů. Každý chromozom má své duplicitní dvojče. Také každý gen na chromozomu má své duplicitní dvojče, nazývané alela, a to je umístěno na obou chromozomech na přesně stejném místě. Jakmile dojde k oplodnění, začíná buněčné dělení a do každé nově vzniklé buňky se dostávají chromozomy v párech, a to vždy po jednom od každého z rodičů. Potomek tedy dostane kopii každého genu jak od otce, tak od matky.

Způsob spojení genů pracuje na principu dominance. Dominantní forma genu vždy převyšuje recesivní formu. Tedy, pokud bude přítomen dominantní alela, pak se recesivní forma neprojeví. Projeví se pouze v případě, že jedinec zdědí recesivní formu genu od obou rodičů. Dominantní formy genů značíme velkými písmeny, např. A. Recesivní alely značíme písmeny malými, např. a.

Způsoby spojení genů:

- a) Homozygotní dominantní: obě alely jsou v dominantní formě, značíme je velkými písmeny, např. AA
- b) Homozygotní recesivní: obě alely jsou ve formě recesivní, znamená to, že v mnoha případech se tyto alely neprojeví (nepřebijí dominantní formu genu). Hříbě po homozygotně recesivním rodiči musí dostat vždy jeden recesivní gen. Značíme malými písmeny, např. aa.
- c) Heterozygotní: jedna alela je dominantní a jedna recesivní, např. Aa. Hříbě má šanci 50/50, že zdědí buď recesivní nebo dominantní alelu.

Pro ilustraci křížení se používá Mendelistický čtverec. V něm se do záhlaví čtverce rozepíší jednotlivé gamety rodičů. Ty potom sepisujeme k sobě a dostáváme 4 verze genotypů potomstva. Každý jednotlivý čtverec představuje 25% šanci na daný genotyp (LEČÍKOVÁ, 2005).

Jako příklad uvádím křížení heterozygota s recesivním homozygotem. Rodiče tedy označíme jako Aa a aa.

	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

Tab. 1: Křížení heterozygota s recesivním homozygotem

Potomek tedy bude mít 50% šanci, že bude heterozygot a 50% šanci, že bude recesivní homozygot.

Tento příklad řadíme do monohybridního křížení. To se vyznačuje tím, že sledujeme při křížení pouze jeden znak, ve kterém se jedinci liší.

Dále můžeme křížit rodiče, kteří se liší ve dvou znacích. To je označeno jako dihybridní křížení. Potomka, který tímto spojením vznikne, pak označujeme za dihybrida (ŘEHOUT a kol., 2000).

Pro příklad uvádím křížení dvou heterozygotů s genotypy AaEe, AaEe.

	Ae	ae
AE	AAEe	AaEe
aE	AaEe	aaEe

Tab. 2: Křížení dvou heterozygotů s genotypy AaEe, AaEe

Potomek tedy má 50% šanci, že bude genotypu AaEe, 25% šanci na AAEe a 25%, že bude aaEe.

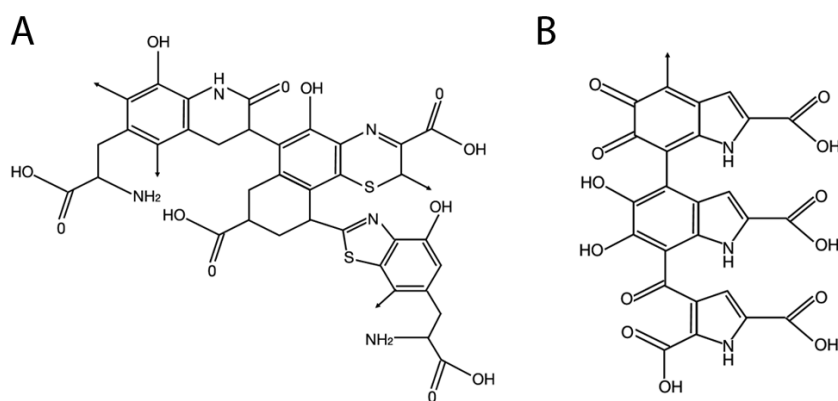
### 3. Pigmentace a charakteristika barev koní

#### 3.1. Pigmentace

Barva srsti koně je podmíněna celou řadou faktorů, tím nezákladnějším je pigmentace.

Při všech barvách koní, které se navíc vyskytují v desítkách odstínů, je téměř neuvěřitelné, že všechno to mají na starost pouhé dva typy pigmentů. První z nich je eumelanin (černohnědý) a druhý je feomelanin (červenohnědý). Na tyto pigmenty následně působí řada genů, které modifikují základní zbarvení srsti, ředí základní barvu nebo vytvářejí skvrny a flíčky (LEČÍKOVÁ, 2005).

Melanin je označení pro hnědý až černý pigment, který se vyskytuje v tělech živočichů, rostlin i prvoků. Z chemického hlediska je odvozen z aminokyselin tyrosinu či tryptofanu, jež jsou oxidovány a zpolymerizovány. Nejběžnější formou je hnědočerný polymer eumelanin. Další běžná forma je červenohnědý polymer feomelanin, který je zodpovědný za zrzavé vlasy a pihy. Oba mají mírně odlišnou chemickou strukturu (KING, STANSFIELD, MULLIGAN, 2006).



Obr.1: Molekulární struktura feomelaninu (A) a eumelaninu (B) <sup>(1.)</sup>

#### 3.2. Další faktory ovlivňující pigmentaci

Na vnímání barvy působí též dopad a odraz světla, šířka dřevového sloupce krycích chlupů a množství v nich obsaženého vzduchu, od kterého se odrážejí světelné paprsky. Při větším množství vzduchu v dřevové vrstvě i

při pigmentované korové vrstvě působí srst světleji. Pokud by v korové vrstvě pigment nebyl, bude se jevit taková srst jako bílá. Koně s bílou srstí na tmavošedě pigmentované kůži jsou leucističtí bělouši. Pokud kůže není pigmentovaná, jsou to albíni. Koně, jejichž srst je zbarvena jen normálním pigmentem, mají srst buď po celém těle červenou v různých odstínech – ryzáci, nebo mají srst žlutou v různých odstínech – isabely. Koně, kteří kromě žlutého nebo červeného pigmentu mají srst zbarvenou též melaninem (buď po celém těle, nebo na spodní části končetin, hřívě a hlavě), jsou plaváci, hnědáci a vraníci (DUŠEK A KOL., 2007).

### 3.3.Charakteristika barev koní

#### 3.3.1. Základní barvy

**Black:** chlupy jsou vždy černé, bez příměsí jiné barvy. Ocas a hříva jsou černé, nebo kombinované s bílou. Kůže a oči jsou tmavé. Často se rodí s modrošedým nádechem, ale přelínají na čistě černou. Nemají světlejší odstín barvy ve slabínách nebo na hlavě.



Obr. 2: Zbarvení black<sup>(2.)</sup>

**Sorrel:** tělo je červené, rezavé či s měděným nádechem. Ohon a hříva jsou ve stejné barvě nebo bývají světlejší. Oči a kůže jsou tmavé.



Obr. 3: Zbarvení sorrel<sup>(3.)</sup>

**Chestnut:** barva chlupů je tmavě rezavá až rezavohnědá (játrová barva), někteří jedinci mohou připomínat zbarvení black, ale chestnut poznáme podle světlejších míst ve slabinách. Hříva o ohon jsou stejné barvy jako tělo, nebo mohou být světlejší. Kůže i oči jsou tmavé.



Obr. 4: Zbarvení chestnut<sup>(4.)</sup>

**Bay:** srst má hnědou barvu, je v různých odstínech od světle až po tmavě rezavou. Hříva a ohon jsou černé, stejně tak jako nohy. Oči a kůže jsou tmavé.



Obr. 5: Zbarvení bay<sup>(5.)</sup>



Obr. 6: Zbarvení bay<sup>(6.)</sup>

**Brown:** barva srsti je tmavě hnědá až černá bez nádechu do rezava. Od vraníka jej rozeznáme podle světlejších míst kolem očí, nozder a ve slabinách. Ocas i hříva jsou černé. Kůže i oči jsou tmavé.



Obr. 7: Zbarvení brown<sup>(5.)</sup>



### 3.3.2. Barvy modifikované ředícími geny

**Palomino:** barva je světle žlutá až zlatavá. Hříva a ohon jsou bílé, žluté nebo zlaté. Kůže a oči jsou tmavé. Nikdy se neobjevují primitivní znaky, jako je úhoří pruh, zebrování apod.



Obr. 8: Zbarvení palomino<sup>(5.)</sup>

**Buckskin:** tělo je žluté, zlatavé, nebo v barvě jelenice. Ohon a hříva jsou černé, stejně tak jako nohy. Oči a kůže jsou tmavé. Neobjevují se primitivní znaky.



Obr. 9: Zbarvení buckskin<sup>(7.)</sup>

**Cremello:** tělo je smetanové, žlutavé, slonovinové či téměř bílé. Hřívá a ohon jsou stejné barvy. Oči jsou modré nebo bezbarvé. Kůže je růžová.



Obr. 10: Zbarvení cremello<sup>(8.)</sup>



Obr. 11: Zbarvení cremello<sup>(5.)</sup>

**Perlino:** barva je smetanová až téměř bílá. Hřívá a ohon jsou tmavší než tělo, většinou světle rezavé nebo světle hnědé. Oči jsou modré nebo bezbarvé. Kůže je růžová.



Obr. 12: Zbarvení perlino<sup>(9.)</sup>

### 3.3.3. Barvy nemodifikované

**Dun:** srst je žlutá až plavá. Ocas a hřívá jsou černé nebo tmavě hnědé. Kůže a oči jsou tmavé. Objevují se primitivní znaky.



Obr. 13: Zbarvení dun<sup>(3.)</sup>

**Red dun:** obdoba barvy dun s červeným nádechem. Hřívá a ohon jsou rezavé. Kůže a oči tmavé.

**Grullo:** tělo je kouřového nebo myšího zbarvení. Nejde o směs bílých a černých chlupů, každý jednotlivý chlup musí být šedý. Hřívá a ohon jsou černé. Oči a kůže tmavé. Běžný je výskyt úhořího pruhu.



Obr. 14: Zbarvení grullo<sup>(10.)</sup>



Obr. 15: Zbarvení grullo<sup>(11.)</sup>



### 3.3.4. Bílá barva a zbarvení modifikované bílými geny

**White:** barva těla je bílá od narození, stejně tak jako hřívá a ohon. Kůže je růžová. Oči jsou tmavé.



Obr. 16: Zbarvení white<sup>(5.)</sup>

**Gray:** vybělující bělouši. Tělo je pokryto směsicí chlupů bílé barvy a ostatních barev. Tito koně se rodí úplně nebo částečně tmaví a s věkem světlají. S věkem vyběluje i hřívá a ohon. Kůže i oči jsou tmavé.



Obr. 17: Zbarvení gray<sup>(12.)</sup>

**Roan:** objevují se tři varianty zbarvení roan, a to red roan, bay roan a blue roan. Red roan má tělo pokryto směsicí bílých a rezavých chlupů. Ohon a hřívá jsou ve stejné barvě. Srst bay roan je směsicí bílých a hnědých chlupů. Hřívá a ohon jsou černé. Blue roan má směr bílých a černých chlupů. Hřívá a ohon jsou ve stejné barvě. Kůže a oči jsou tmavé. Se vzrůstajícím věkem toto zbarvení nevyběluje.



Obr. 18: Red roan<sup>(3.)</sup>

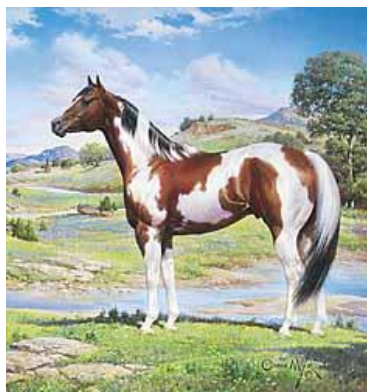


Obr. 19: Bay roan<sup>(13.)</sup>



Obr. 20: Blue roan<sup>(14.)</sup>

**Tobiano:** bílá barva přechází přes hřbet. Končetiny jsou bílé a hlava pigmentovaná. Barevná srst se také nachází ve slabinách. Oči jsou pigmentované.



Obr. 21: Zbarvení tobiano<sup>(15.)</sup>

**Frame overo:** bílé skvrny nepřecházejí přes hřbet. Nohy jsou pokryté barevnými chlupy. Bílé odznaky na hlavě jsou různých velikostí a oči bývají často modré.



Obr. 22: Zbarvení overo<sup>(15.)</sup>

Obr. 23: Zbarvení overo<sup>(16.)</sup>

**Sabino:** bílé odznaky jsou na hlavě a končetinách různého rozsahu . vždy je alespoň jedna končetina bílá. Bílé skvrny mohou pokračovat přes břicho směrem vzhůru. Okraje skvrny bývají prokvetlé. Oči jsou tmavé.



Obr. 24: Zbarvení sabino<sup>(17.)</sup>

**Splash white:** břicho je bílé. Zád' je částečně bílá. Bílé odznaky jsou na hlavě a končetinách. Barva je často zaměňována s frame overo. Oči jsou modré.



Obr. 25: Zbarvení splash white<sup>(18.)</sup>

## 4. Geny ovlivňující zbarvení koní

Dědičnost barev je jako kvalitativní vlastnost podmíněna malým počtem genů, na které vnější podmínky prostředí nepůsobí. Zbarvení koní spočívá v pěti párech vloh. Hlavním podmiňujícím zbarvením plaváků je alela A. V tomto lokusu mohou být ještě další alely (A, A<sup>t</sup>, A<sup>D</sup>). Zbarvení vraníků je podmíněno genem B, jehož recesivní alela podmiňuje v homozygotním stavu (bb) fenotyp ryzáka. Gen B v interakci s alelou A vyvolá zbarvení hnědáků, s alelou A<sup>t</sup> zbarvení tmavých hnědáků. Gen E – e odpovídá za rozšíření tmavého pigmentu. V genotypu zbarvení je ještě neúplně dominantní gen D, který podmiňuje zeslabení pigmentace (isabely, atd.) (DUŠEK a kol., 2007). Základní geny A, E budou podrobněji popsány dále.

K dnešnímu dni je známo 11 různých genů, které byly charakterizovány a popsány.

### 4.1. Základní geny

Máme dva základní geny, které jsou základní, a to E (extension) a A (agouti). Existuje další řada genů, které ředí základní barvu srsti.

Barevné geny hrály významnou roli během domestikace a počátečního výběru domácích druhů zvířat. Domestikace je proces, který vedl k mnohým morfologickým a fyziologickým změnám, ale i ke změnám chování. Zatímco mnoho volně žijících zvířat je barevně uniformních, zdomácnělí jedinci vykazují širokou škálu barev a vzorů srsti. Avšak máme čtyři základní barvy, a to black, brown, chestnut/sorrel a bay (RIEDER, 2009).

#### 4.1.1. Gen E

Označení genu je vzato z anglického slova extension, česky rozšíření. Tento gen rozšiřuje eumelanin, tedy černý pigment. Dominantní alela E umožňuje tvorbu melaninu, zatímco recesivní alela e zabraňuje tvorbě melaninu a genotyp ee je zodpovědný za červené zbarvení a umožňuje tvorbu feomelaninu. Pokud jedinec bude nositelem alespoň 1 dominantní alely v tomto genu, bude mít zbarvení black. Jestliže však bude recesivní homozygot, pak bude eumelanin překryt feomelaninem, tím dojde

k potlačení černé barvy a výsledkem bude kůň s jiným zbarvením (JAKUBEC, 1998).

#### 4.1.1.1. Black

Černá barva srsti je kontrolována genem E. Vyskytuje-li se dominantní alela E, je kůň vraný. Dominantně homozygotní černý kůň (EE) je velmi ceněný a vyznačuje se sytým odstínem, uhlově černou srstí (LEČÍKOVÁ, 2005).

Nejspolehlivější způsob, jak produkovat černé koně, je křížení dvou dominantně homozygotních koní. Pokud takové koně seženeme, pak budeme mít 100% jistotu, že se narodí černé hříbě.

Druhou možností je křížení dvou heterozygotů. Z tohoto křížení máme 25% šanci na dominantně homozygotního black, 50% šanci na heterozygotní black a 25% šanci na sorrel nebo chestnut. Křížení znázorňuje tabulka.

	E	e
E	EE	Ee
e	Ee	ee

Tab. 3: Křížení dvou heterozygotů black

Třetí možností je křížení dominantně homozygotního koně s jiným, který má přítomný černý gen. Důvodem je, že dominantní forma genu E potlačuje recesivní formu e, ale také ředící gen  $C^{cr}$ , který mají palomino koně.

Dnes existuje test, jímž mohou chovatelé určit, zda má jejich vraník či tmavý hnědák recesivní černý gen (e) a zda je tedy dominantně homozygotní black (EE) nebo heterozygotní black (Ee) (LEČÍKOVÁ, 2005).

Problém nastává, pokud jeden z rodičů bude nositelem genu A, který změní černou barvu na bay. Podle statistik by heterozygotní koně se zbarvením black a chestnut měli produkovat černá hříbata z 50 %. Nicméně to platí jen v případě, že chestnut (ee) nenesou gen A. Pokud je jeden z rodičů chestnut heterozygotní pro gen A, bude 50 % černých a bay hříbat. Pokud je dominantně homozygotní pro gen A, pak bude 100 % hříbat bay.



#### 4.1.1.2. Sorrel a chestnut

Tyto dvě barvy se u koní vyskytují velmi často. Škála odstínů je velmi široká od barvy lnu až po temně rezavou. Koně zbarvení chestnut jsou tmavší, než sorrel, který má jasně rezavý odstín.

Z genetického hlediska jsou téměř shodné, protože jsou tvořeny recesivním homozygotním spojením genu e.

Bez ohledu na odstín, budou dva chestnut/ sorrel koně dávat vždy chestnut/ sorrel hříbě. Důvodem je, že oba rodiče s těmito barvami mají recesivně homozygotní genotyp, tedy ee. Proto máme 100% jistotu na stejně barevné hříbě.

	e	e
e	ee	ee
e	ee	ee

Tab. 4: Křížení dvou koní sorrel/chestnut

Při křížení dvou heterozygotních black koní (Ee) je 25% šance na hříbě sorrel nebo chestnut (viz. Tabulka 3).

Další možností je křížení heterozygotního vraníka (Ee) s barvou sorrel/chestnut (ee). Výsledkem je 50% šance na zbarvení black (Ee) a 50% šance na zbarvení sorrel nebo chestnut.

	e	e
E	Ee	Ee
e	ee	ee

Tab. 5: Křížení heterozygotní black (Ee) a sorrel/chestnut (ee)

#### 4.1.2. Gen A

Tento gen byl nazván agouti. Byl pojmenován po jihoamerickém hlodavci s černě pruhovanou srstí.

Pokud má kůň dominantní alelu tohoto genu, bude mít černou barvu rozloženou na okrajové části těla, jako je okolí huby, uši, nohy, hřívu a ohon.

Díky této alele nám potom mohou vzniknout zbarvení bay nebo brown. Když je alela recesivní (aa), pak neomezuje rozšíření černé barvy po těle.

Pravděpodobně existuje několik dalších alel (tři až čtyři) na tomto lokusu. V pořadí snižování dominance jsou to:  $A^+$ , A,  $A^t$ , a. Alela  $A^+$  je zodpovědná za divoké zbarvení koní, které se podobá ochrannému zbarvení většiny divokých zvířat tak, jak je tomu u koně Převalského. V tomto případě jde o světle hnědou barvu. Ostatní tři alely modifikují černou barvu takto: Alela A omezuje výskyt černé barvy na hřívu, ocas a spodní část končetin. Alela  $A^t$ , v genotypch  $A^tA^t$  a  $A^ta$  neomezuje černou barvu tak, jako alela A. Dochází však k zesvětlení černé barvy na tmavě hnědou, která je mnohdy zaměňována s černou. Světlejší odstíny vykazují tmavě hnědou barvu zejména za lopatkou ve slabínách. Alela a v homozygotní konstelaci je zodpovědná za černou barvu na celém těle jedinců. Jedinci jsou úplně černí (JAKUBEC, 1998).

#### **4.1.2.1. Bay**

Bay je nejčastěji se vyskytující barva u koní. Mají červenohnědé tělo s černými okrajovými částmi, jako jsou uši, nohy, hřívá a ohon.

Dva geny A, E ovládají barvu bay, brown, black, sorrel a chestnut. Agouti řídí projev červené barvy a černých ploch na koních, kteří tvoří černý pigment (black, bay). Dominantní gen A omezuje černou barvu a vytváří tak zbarvení bay.

Recesivní gen (a) neomezuje černou, což vidíme u vraníků. Proto budou hříbata s genotypem AA nebo Aa bay, a recesivní homozygoti (aa) budou černí, za předpokladu, že mají dominantní gen E.

Geny E a A spolupracují na povolení nebo omezení černé (BOWLING, 1996)

Sponenberg (1996) ve své knize Equine Color Genetics popisuje tyto dva geny jako přepínače. Dle autora je jejich účinek následující. Gen E určuje, zda kůň bude sorrel/chestnut nebo nebude. Pokud kůň není sorrel/chestnut, pak přichází působení genu A, který stanovuje, zda-li kůň bude bay nebo black.

#### 4.1.2.2. Brown

Koně se zbarvením brown jsou u nás označováni jako tmaví hnědáci. Tmavé odstíny jsou snadno zaměnitelné se zbarvením black. Od tohoto zbarvení jsou rozdílní světlejšími oblastmi ve slabinách, kolem huby a očí.

Tuto barvu kontrolují geny E a A. Zatím není přesně zjištěno, která alela A ovlivňuje zbarvení brown, ale předpokládá se, že je to forma A<sup>t</sup>.

### 4.2. Geny podílející se na ředění barvy

Do této skupiny patří čtyři potvrzené geny u koní, které jsou odpovědné za ředění základních barev srsti. Mezi tyto geny patří C (cream), D (dun), Ch (champagne), Z (Silver dapple) (RIEDER, 2009).

#### 4.2.1. Gen C

Tento gen mají téměř všichni savci. V homozygotně recesivním stavu (cc) způsobuje nepřítomnost pigmentu v kůži, srsti a očích. Tito jedinci vykazují červené zbarvení očí, růžové zbarvení kůže a bílé (albinotické) zbarvení srsti. Různé geny jsou zodpovědné za bílé anebo téměř bílé zbarvení u koní, avšak ani jeden z těchto genů nezpůsobuje pravé albinotické zbarvení (JAKUBEC, 1998b).

Kůň označovaný jako albín (nepravý albín) má žlutou srst na nepigmentované kůži. Žíně jsou téměř bílé. Oči bývají často nepigmentované, modré nebo červené. Koně s takovými očima byli nazýváni kakerláci. Pro nedostatek pigmentu v sítnici a duhovce jsou světlopláší (DUŠEK a kol., 2007).

Gen C je zodpovědný za zbarvení palomino, buckskin, cremello a perlino (LOCKE et al., 2001).

Gen C vykazuje neúplnou dominanci, což znamená, že heterozygotní jedinec se fenotypově liší od obou homozygotů. Dvě různé alely způsobují smíšený efekt.

U koní jsou známy dvě alely tohoto genu, C a C<sup>cr</sup> (cream). Plně pigmentovaný kůň má genotyp CC. Heterozygot CC<sup>cr</sup> má červený pigment ředěný na žlutou. Na koně se zbarvením black tento gen nepůsobí, protože nemají žádné červené barvivo, které by mohlo být zředěno (LOCKE et al.,

2001). V dominantně homozygotním stavu ( $C^{cr}C^{cr}$ ) je kompletně ředěna jakákoli barva na velmi světle krémovou. Kůže je růžová, oči modré.

Ve studii o dědičnosti barvy palomino u islandských koní Adalsteinsson (1974) prokázal, že jedna kopie této alely je odpovědná za ředění feomelaninu (červeného barviva) do žluté a produkuje tak barvy palomino a buckskin. Tuto skutečnost potvrzuje Locke et al (2001).

Cream alela se vyskytuje u mnoha plemen, např. paso fino, morgan, tenneseský mimochodník, quarter horse. Výjimečně se objeví v populaci anglického plnokrevníka. V České republice je známé plemeno Kinských koní, pro něž je typická barva palomino. Je třeba si uvědomit, že nelze mít chov, v němž by byli všichni jedinci palomino. Proto i u koní Kinských najdeme kromě jedinců s ředěnou barvou srsti (palomino a buckskin) také jedince chestnut a bay a to přibližně v poměru 1:1. (CHALUPOVÁ, 2006).

#### **4.2.1.1. Palomino**

Americký svaz chovatelů koní palomino a registr plemen s barvou palomino, charakterizuje barvu jako odstín čtrnácti karátového zlata s variacemi od světlé po tmavou. Odstín se může pohybovat od kouřově šedé až po krémově žlutou. Koně se zbarvením palomino mají ohon a hřívu světlejší než chlupy na těle, bílé, stříbrné nebo smíšené se sorrel zbarvením. Jejich kůže je šedá, černá, hnědá, bez růžové. Oči jsou tmavé. Pokud má chovatel problém určit toto zbarvení, může se vždy spolehnout na jejich charakteristický znak, kterým jsou světle zlaté řasy (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Barva palomino je původní sorrel zředěný jednou alelou  $C^{cr}$ .

Způsobů, jak dosáhnout palomina, je několik. Pokud máme k dispozici koně cremello nebo perlino, je nejlepší jej křížit s koněm sorrel. Protože koně cremello a perlino mají dvě alely  $C^{cr}$ , vždy předají svým potomkům jednu z těchto alel.

Druhou možností je křížení dvou palomino koní, pak máme 50% pravděpodobnost na zisk palomino, 25% na chestnut a zbylých 25% na cremello (CHALUPOVÁ, 2006).

Při spojení palomina s vraníkem může vzniknout jak palomino, tak černé hříbě podle kombinace genů, které získá. Černý gen E maskuje projev

genu  $C^{cr}$ . Proto je tato kombinace třetím nejlepším způsobem na odchov vraného hříběte. Palomino může dát i kombinace heterozygotní black (Ee) a palomino, pokud hříběti předá kombinaci genů  $C^{cr}$  a recesivní gen e. Má-li i druhý z rodičů recesivní gen e, pak výsledné hříbě je palomino s genetickým základem  $eeC^{cr}C$ . Velmi pestrou paletu mohou dát rodiče palomino a heterozygotní bay – stejnou šanci 25% mají barvy buckskin, palomino, bay nebo sorrel (LEČÍKOVÁ, 2005).

	$eaC^{cr}$	$eaC$
EAC	$EeAaCC^{cr}$ (buckskin)	$EeAaCC$ (bay)
$eaC$	$eeaaCC^{cr}$ (palomino)	$eeaaCC$ (sorrel)

Tab. 6: Křížení palomino ( $eeaaCC^{cr}$ ) a heterozygotní bay ( $EeAaCC$ )

Palomino se vyskytuje u nejrůznějších plemen. Tento gen však chybí u arabských koní (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

#### 4.2.1.2. Buckskin

Barva těla se pohybuje od pískové až po krémovou. Má černé znaky okolo uší a na nohou, stejně jako bay. Hříbata buckskin jsou poměrně dobře identifikovatelná již při narození. Rodí se se světlým tělem, černou barvou na uších, jejich nohy bývají při narození světlé a postupně tmavnou. Obtížnější je určit barvu buckskin u plemene Paint horse, protože se rodí s bílými znaky na nohou, ale poznáme je podle tmavých kopyt (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Buckskin je výsledkem působení dominantního genu cream genu na původní barvu bay.

Pokud nemá chovatel k dispozici koně se zbarvením cremello nebo perlino, je nejjistější kombinací pro odchov malého buckskina spojení barvy buckskin s barvou bay, z něhož jsou šance 50/50 mezi těmito barvami. Stejně šance má spojení palomino a bay, kde ale bay rodič musí být dominantně homozygotní pro geny E a A (LEČÍKOVÁ, 2005).

	eaC <sup>cr</sup>	eaC
EAC	EeAaCC <sup>cr</sup> (buckskin)	EeAaCC (bay)
EAC	EeAaCC <sup>cr</sup> (buckskin)	EeAaCC (bay)

Tab. 7: Křížení palomino (eaaCC<sup>cr</sup>) a dominantně homozygotní bay (EEAACC)

#### 4.2.1.3. Cremello

Cremello má smetanovou barvu, stejně tak i hřívu a ohon. Kůži má vždy růžovou a oči modré.

Kůň, který má dvě kopie cream genu (C<sup>cr</sup>) a původní barvu sorrel nebo chestnut, pak je výsledná zředěná barva nazvána cremello.

Z obav před narozením cremello hříběte se chovatelé zdráhají křížit dvě palomina. Při tomto křížení je však šance 25% na takové hříbě (LEČÍKOVÁ, 2005).

#### 4.2.1.4. Perlino

Perlino má smetanovou až téměř bílou barvu. Hřívka a ohon jsou tmavší, než tělo, často s rezavým nebo hnědým nádechem. Kůže je růžová a oči modré nebo bezbarvé.

Jedinec, který je původní barvy bay a působí na něj dvě kopie cream genu, je ve výsledku zbarvení perlino.

Princip dosažení této barvy je stejný, jako u koní cremello, akorát že místo palomino koní budeme křížit koně buckskin. Pokud tedy budeme křížit dva buckskin koně, pak máme 25% šanci na hříbě barvy perlino.

Chov koní barvy cremello a perlino je prospěšný, protože chovatelé mohou produkovat palomino a bucskin hříbata se 100% jistotou. Cremello křížený s barvou sorrel bude vždy produkovat palomino hříbě a perlino křížený s bay koněm, bude vždy produkovat buckskin hříbata (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

#### 4.2.2. Gen D

Gen D vykazuje úplnou dominanci. Ředí jak eumelanin, tak feomelanin. Genotypy homozygotně dominantní (DD) a heterozygotní (Dd) produkují koně se zbarvením dun, ve stavu recesivně homozygotním (dd) se vyskytují non-dun koně. Červená barva těla je ředěna na světle červenou nebo žlutočervenou a černá barva je ředěna na myší šedou. Zbarvení bay je ředěno na žlutočervenou barvu označovanou jako dun. Z chestnut koní vznikají narůžovělí ryzáci nazýváni jako red dun. A z černých koní se stává grullo, který má šedou myší barvu (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Všichni koně s tímto genem mají společný rys – odznaky plemen divokých koní. Patří k nim zebrování nohou, úhoří pruh, oslí kříž. Neznamená to, že každý jedinec má všechny tyto odznaky. Někteří ano, jiní mají jen některé (LEČÍKOVÁ, 2005).

##### 4.2.2.1. Dun

Toto zbarvení má jednu z nejširších palet odstínů a odznaků na těle. Pro účely American Paint Horse Association (APHA) jsou koně tříděni jako dun a red dun. Dun má srst žlutou, plavou s černou hřívou a ohonem. Red dun má červený nádech srsti a rezavou hřívu a ohon.

Dun je výsledkem působení dominantního genu D na základní barvu bay. Red dun vznikne, když gen D působí na barvu sorrel nebo chestnut (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Recesivní gen d se chová podle pravidel jednoduché dominance a neovlivňuje výslednou barvu koně. Vědci zatím nejsou schopni určit, zda D geny pracují samostatně nebo v součinnosti s jinými geny, které určují zvláštní charakteristiky této barvy (LEČÍKOVÁ, 2005).

##### 4.2.2.2. Grullo

Opravdový grullo může být béžový, šedohnědý nebo šedomodrý, obvykle s černou hlavou, nohama, hřívou a ocasem (LEČÍKOVÁ, 2005).

Grullo je jedním z nejvzácnějších projevů D genu, protože vyplývá z působení D genu na původní zbarvení black. Dříve se věřilo, že tito koně

vznikají křížením palomina a vraníků, ale genetické výzkumy prokázaly, že tato teorie není správná (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Grullo vzniká z jednoho genu D. Je-li dun dominantně homozygotní (DD), a takoví koně skutečně existují, pak předávají dominantní D gen na každého potomka. Výsledkem je 100% výskyt barev dun a grullo. Jiný zajímavý výsledek přinese přítomnost dun genu u koně, který má dominantní i cream gen. Černý kůň, který získá gen D a je současně heterozygotní pro cream gen, se změní na světlé grullo. Znaky primitivních plemen zůstanou zachovány, ale trup bude podobný barvou buckskinovi (v případě základní barvy bay), nebo se primitivní znaky úplně ztratí a barva bude připomínat palomino (v případě základní barvy sorrel). To byl i důvod, proč byli někteří koně nesprávně registrováni jako palomino, zatímco to byl dun bez úhořího pruhu a se žlutou srstí (LEČÍKOVÁ, 2005).

#### **4.2.3. Gen Ch**

Gen Ch vykazuje úplně dominantní dědičnost. Dominantní alela Ch ředí barvu těla, kůže i očí. Působí na feomelanin i eumelanin. Červený pigment je ředěn na zlatou, černý na světle čokoládovou (CHALUPOVÁ, 2006).

Champagne gen není tak lehký rozpoznatelný, jako jiné geny pro zbarvení srsti. Dominantní forma dává srsti duhový nádech. Oči mají jantarovou barvu a kůže dýňový nebo narůžovělý nádech. Vědci identifikovali tento gen u Tennessee Walking Horse, Rocky Mountain Horse, Quarter Horse a Paint Horse (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

##### **4.2.3.1. Champagne**

Typickým představitelem působení tohoto genu je zbarvení champagne. Toto zbarvení dobře poznáme podle kovového odlesku srsti.

Hříbata se rodí obvykle (ale ne vždy) tmavá, barvy black, bay nebo chestnut s růžovou kůží a přelínají na světlejší. Mají modré oči, které se zpravidla mění od světle jantarové, případně zelenavé na oříškově hnědý odstín (ne vždy). Kolem jednoho roku věku koně s Ch alelou mají kůži pihovatou nebo s malými tmavými skvrnami. Mnoho koní má kovový odlesk. Platí však, že ne všichni koně s genem Ch budou tento odlesk mít,



stejně tak je možné, že se odlesk objeví u recesivního homozygota (chch) (CHALUPOVÁ, 2006).

#### **4.2.3.1.1. Amber champagne**

Toto zbarvení vychází ze zbarvení bay a je nositelem alespoň jedné alely Ch. Vzhledem je podobný buckskinovi – zlatým trupem a tmavými okraji (hřívá, ocas, distální části končetin), avšak na rozdíl od buckskina jsou okraje hnědavé, ne černé. Později mohou vypadat téměř jako palomino.

#### **4.2.3.1.2. Gold champagne**

Gold champagne vychází ze zbarvení chestnut a je nositelem alespoň jedné alely Ch. Vypadá obdobně jako palomino – se zlatým trupem, bílou hřívou a ocasem. Rozlišíme je podle růžové kůže, kterou palomino nemá.

#### **4.2.3.1.3. Classic champagne**

Classic champagne vychází ze zbarvení black a je nositelem alespoň jedné alely Ch. Obvykle vypadá obdobně jako grullo – ovšem bez primitivních znaků. Většinou má světlejší odstín a postrádá kontrast mezi tmavou hlavou a černými okraji těla. Obvykle je více hnědavý, než grullo. Kůže je opět růžová (CHALUPOVÁ, 2006).

Díky tomu, že se hříbata rodí tmavá a jsou ředěna s věkem, je velmi pravděpodobné, že mnoho champagne koní bylo zaregistrováno jako palomino, buckskin nebo sorrel (SPONENBERG, 1996).

#### **4.2.4. Gen Z**

Gen Silver dapple ředí eumelanin ke světle sépiové barvě těla. Působení je nejvíce znatelné na hřívě, ohonu a spodní části nohou. Výsledkem ředění black koně je silver dapple v klasické podobě, kdy má sépiově zbarvené tělo s velmi světlou hřívou, ohonem a nohami. Bay je měněn na silver, udržuje se červená barva těla, ale hřívá, ohon a nohy jsou světlé. Chestnut se mění jen minimálně, protože má v základu feomelanin, na který tento gen nepůsobí (SPONENBERG, 1996).

Tento gen poprvé popsali Castle a Smith v roce 1953. Je dán genem Z s dominantní dědičností, který ovlivňuje pouze černý pigment a červený

zanechává beze změny. V důsledku přítomnosti tohoto genu je černá barva srsti ředěna na čokoládovou nebo černě čokoládovou a hřívá s ohonem jsou ředěny na stříbrošedé nebo lněné. Bay je měněn na silver bay, který si udržuje červenou barvu těla, ale hřívá a ohon jsou světlé. Chestnut se ředí minimálně. Zesvětlena je pouze hřívá a ohon a je nazýván jako silver chestnut (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Castle a Smith (1953) uvádí, že gen silver dapple ve spojení s genem grey urychluje bělicí efekt grey genu, takže hříbě s genotypem Z-G se může narodit bílé nebo se jím stane ve věku 1 až 2 roků.

U některých plemen bylo nedávno zjištěno, že gen silver dapple má za následek vrozené oční anomálie (RIEDER, 2009). Objevují se cysty, abnormality rohovky, duhovky a čočky. Dominantně homozygotní jedinci jsou považováni za více postižené, protože se u nich objevuje větší výskyt abnormalit, zatímco u heterozygotních jedinců se objevují pouze cysty. Ale nemusí to být vždy pravidlem (BELLONE, 2010).

Zbarvení způsobené genem silver dapple se nejvíce vyskytuje u shetlandských poníků, islandských koní, miniaturních plemen a velmi vzácně u arabských koní (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

### **4.3. Geny podmiňující bílou barvu, skvrny či vzory**

Tři nejsnáze a nejvíce zaměnitelné barvy jsou white, gray a roan. Všechny vycházejí z přidání bílé barvy, která je smíšená se základní barvou. Působení white genu pokrývá kompletně celé tělo ještě před tím, než se hříbě narodí. Gray gen zpočátku vytváří světlejší skvrny po celém těle a každý rok přibývá více bílých chlupů, dokud kůň není úplně šedý nebo bílý. Roan gen pokrývá specifické části těla bílými chlupy, které jsou smíchány se základní barvou (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

### 4.3.1. Gen W

Bílí koně byli vždy vysoce ceněni jejich vlastníky. Hráli důležitou roli v dějinách a byli používáni jako heraldická zvířata (např. na vlajkách německých zemí Dolní Sasko a Severní Porýní-Vestfálsko) (HAASE, 2007).

Sturevant v roce 1912 uznal výskyt dominantních bílých koní a přiřadil jim označení genu W. Salisbury roku 1914 uvádí, že bílou srst způsobuje jeden dominantní gen, který je epistatický pro všechny ostatní barvy. Později v roce 1948 Castel navrhl, že dominantní kombinace WW je smrtelná. To potvrdili roku 1969 vědci Pulos a Hutt a dospěli k závěru, že gen W v dominantním stavu je letální a proto všichni koně nesoucí bílé zbarvení, jsou heterozygotní (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Pulos a Hutt zkoumali potomstvo několika hřebců, kteří přesvědčivě prokázali přítomnost dominantních bílých alel a dali důkaz pro letální účinek dominantních homozygotů (MAU et al., 2004).

Hříbata barvy white se rodí bílá, s tmavýma očima a růžovou pokožkou. Jsou-li např. plemene Paint Horse, barevné skvrny ani odznaky nejsou vůbec viditelné (oproti zbarvení cremello nebo perlino, kde viditelné jsou). Tato barva je velice vzácná navzdory tomu, že gen W je vůči všem ostatním barvám dominantní (LEČÍKOVÁ, 2005).

Alela W vykazuje úplnou dominanci nad w a způsobuje bílou barvu srsti. Stačí, aby hříbě mělo jenom jednu dominantní alelu genu a bude bílé. Alela W podmiňuje bílou barvu u heterozygotních jedinců (Ww). U dominantních homozygotů WW dochází ke 100% embryonální mortalitě (JAKUBEC, 1998c).

I když je bílý gen dominantní, je pro genetiky stále záhada narození bílého hříběte ze dvou barevných rodičů. Vědci došli k závěru, že barevný rodič je nositelem recesivní alely bílého genu, kterou předává potomkům. Nenarozené hříbě může změnit recesivní alelu na dominantní formu, která vytváří bílé zbarvení. Tato hříbata působí na další generace, jako kdyby nesli dominantní gen W. To naznačuje, že mají schopnost mutace z recesivní formy na dominantní (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Teorie říká, že spojení barevného koně s tímto typem bělouše dá v polovině případů opět barvu white. Riskantní je kombinace dvou koní

barvy white: poloviční šanci tu má barva white, 25% pravděpodobnost ostatních barev a posledních 25% je ohrožena smrtelnou genetickou vadou. Tato hříbata jsou dominantní homozygotní (WW) white a klisna plod většinou vstřebá. Nejde však o syndrom smrtící bílé, která se vyskytuje u overo koní (LEČÍKOVÁ, 2005).

Některé plemenné registry mají omezení na tento gen (např. pro registraci plemenných hřebců) nebo neumožňují vůbec registraci koní s dominantní alelou genu W (HAASE, 2007).

Čistě bílá barva se vyskytuje např. u Tennessee Walking horse, miniaturních koní, ale zřídka se vyskytuje např. u plnokrevníků a arabských koní (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

#### **4.3.2. Gen G**

Koně této barvy se rodí s barevnou srstí a hříbata tak ukazují, jaká je jejich základní barva, kterou bílá později překryje. Občas mívají bílé kruhové skvrny na trupu a kolem očí, což bývá začátek šedivějícího procesu. Od pravého bělouše je rozeznáme podle kůže a očí – oboje je tmavé (LEČÍKOVÁ, 2005).

Míra šedivějícího procesu a vzhled se může výrazně lišit kůň od koně, což naznačuje účast genetických modifikátorů (SUTTON & COLEMAN, 1997; SWINBURNE et al., 2002). Rychlost šedivějícího procesu se liší i mezi jednotlivými plemeny. Arabští koně a velšští poníci šediví obvykle velmi rychle, zatímco Percheron má tento proces pomalejší (THIRUVENKADAN, 2008). Někteří koně mají nejprve šedou hřívu a ohon, ostatní ztratí pigment žíní až nakonec (BELLONE, 2010).

Alela G, způsobující bílé zbarvení, je vůči alele g úplně dominantní a navíc epistatická ke všem základním barvám. Zbělení srsti probíhá tak, že se původní barva mění v šedivou a poté v bílou. Jde o nejrozšířenější formu dědění pro bílou barvu. Kůže je pigmentovaná, jedná se o tzv. leucismus (JAKUBEC, 1998). Leucismus je bílé zbarvení zvířat, při němž je pigment v kůži, nikoli však v srsti (KRAUS et al., 2005).

Gen G tvoří mnoho odstínů a vzorů na koni – např. úhoří pruh nebo zebrování, grošování či tečkování. Zatím nebylo zjištěno, co kontroluje tyto procesy, ani to, co řídí rychlost vybělování. Obecně se zatím předpokládá, že

dominantně homozygotní gray (GG) vyběluje rychleji než heterozygotní (Gg) (LEČÍKOVÁ, 2005).

Je známé pouze to, že dominantně homozygotní gray koně existují a při společném křížení dávají gray potomstvo ve 100 % případů. Na gray hřibata z heterozygotních rodičů je šance 50%.

Bohužel, dominantně homozygotní i heterozygotní jedinci těchto koní jsou náchylní ke kožním melanomům. Tyto nádory se vyskytují pod kořenem ocasu a kolem uší. (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Melanomy, které se objevují na koních se obvykle jeví jako černě pigmentované znaménka na holé kůži, většinou pod ocasem, anální a genitální oblasti, stejně jako kolem huby a očních víček, ale mohou se objevit i v jiných oblastech. Jsou také hlášeny dva případy nádorů páteře (BELLONE, 2010).

Tyto melanomy jsou přirovnávány k neškodným mateřským znaménkům u člověka. Vyskytují se přibližně u 80 % koní se zbarvením grey. Přibližně 95 % z celkového počtu melanomů je nezhoubných a 5 % zhoubných (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

#### **4.3.3. Gen Rn**

Zbarvení modifikované tímto genem se často plete právě s barvou gray, protože oběma je společná směs bílých a barevných chlupů v srsti. Rozdíl je ale v genech, které tyto barvy tvoří. U koní se zbarvením roan může být prokvetlá srst nerovnoměrně rozložená, se světlejšími místy na zádi, pod břichem, na něm a na kořeni ocasu. Na rozdíl od gray koní mají obvykle tmavou hlavu, hřívu, ocas a nohy oproti zbytku těla. (LEČÍKOVÁ, 2005).

Klasická definice praví, že koně se zbarvením roan mají 50% směs bílých a barevných chlupů, ale hlava, hříva, ohon a končetiny jsou jednobarevné bez příměsi bílé barvy (GREMMEL, 1939).

Roan je druh vrozeného neprogresivního bělení, tzn. že koně nevybělují více s přirůstajícím věkem. Patrný je rozdíl mezi zimní a letní srstí (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Gen Rn je dominantní. Roan gen je úzce spojen s genem E, který určuje černou nebo červenou základní barvu srsti, a s tobiano (To) genem. To

komplikuje určení dědičnosti tohoto genu, protože všechny tyto geny jsou předávány jako jeden balíček. Je prokázáno vyšší procento potomků, kteří jsou stejného zbarvení jako rodiče, tedy roan. Příkladem je křížení red roan a sorrel koně, kdy hříbata budou z 50 % sorrel a z 50 % red roan. Pokud je roan gen spojen s recesivní formou genu e u heterozygotního jedince, pak by se měla rodit pouze red roan hříbata, pokud je jeden z rodičů sorrel. Blue roan, který má dominantní alelu E, dává velké procento black a bay roan hříbat.

Dominantně homozygotní koně zbarvení roan jsou extrémně vzácní. Dříve si vědci mysleli, že tato kombinace je smrtelná, ale existence několika těchto jedinců jejich teorii vyvrátila (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Je znám jeden typ red roan koní, označovaný jako strawberry (jahodový) roan s bílými nohama a širokou lysinou. Přes svůj atraktivní vzhled má tendenci dávat hříbata s bílými odznaky, jejichž rozsah překračuje např. hranice povolené u quarterů. Cestou, jak se takovému výsledku vyhnout, je pečlivý výběr druhého partnera. Je-li to chestnut nebo sorrel s velkou lysinou a vysokými podkolenkami, bílé odznaky budou pravděpodobně rozsáhlé. Koně zcela bez odznaků toto riziko snižují (LEČÍKOVÁ, 2005).

Přítomnost genu Rn byla prokázána u plemen: Quarter horse, velšských poníků, miniaturních koní, ale nebyla nalezena u plnokrevníků a arabů (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

#### **4.3.4. Gen To**

Název tohoto genu má historii v Argentině, kde je zvykem pojmenovávat barvy po významné události nebo člověku. Tobiano je pojmenováno po události z roku 1800, kdy generál Tobias zachránil Bueno Aires během vojenské akce. Mnoho členů Tobiasova vojska jelo na koních z Brazílie, kteří měli právě vzor tobiano (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Obecnou charakteristikou tobiano vzoru jsou všechny čtyři nohy bílé, přinejmenším pod kolena nebo hlezna. Dále bílé skvrny na těle procházející přes horní linie, mezi ušima a ocasem. Hlava je zpravidla značena minimálně, stejně jako u jednobarevných koní a oči jsou tmavé (THIRUVENKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Skvrny tobiano jsou pravidelné, oválné nebo kulaté. Rozsah pigmentace se pohybuje mezi 20 – 80 % (HAASE, 2008).

Dalším znakem tohoto zbarvení je pigmentovaná kůže na přechodu barevné a bílé srsti, což vytváří dojem stínu či svatozáře. Poslední zvláštností jsou tzv. inkoustové skvrny, což jsou menší barevné skvrnky ve větší bílé ploše. Tyto skvrny jsou většinou malé a kulatého tvaru (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Vzor je přítomný již při narození hříběte a je stabilní po celý život, tedy nemění se s věkem koní (HAASE et al., 2008).

Zbarvení tobiano má na starosti dominantní gen TO. Nejčastěji se vyskytují heterozygotní tobiano s genotypem TOto. Plná polovina hříbat narozených po tomto rodiči by měla být znovu tobiano. Existují i dominantně homozygotní jedinci s genotypem TOTO, každé hříbě po takovém rodiči vždy zdědí dominantní gen, takže bude opět tobiano.

Tento vzor se nevyskytuje u Quarter horse, plnokrevníků a arabských koní. Naopak je častý u Paint horse, Islandských koní, Shetlandských poníků a miniaturních koní.

#### **4.3.5. Gen Overo**

Druhý typ uznávaného skvrnění je overo. Název pochází ze španělštiny a znamená strakatý. Dříve v jižní Americe byl tento termín používán pro všechny typy strakatosti, ať už tobiano, overo nebo blanket a leopard vzory, které jsou typické pro plemeno Appaloosa. V Argentině se název užívá stále pro všechny druhy skvrnitosti odlišných od tobiano. Ve Spojených státech jednotný název vedl ke směšování tří různých typů skvrnitosti a výsledkem byl zmatek při registracích a v chovných programech. Dnes název overo zahrnuje tři genetické odlišné formy: frame overo, sabino a splash white (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

##### **4.3.5.1. Gen Fr**

Anglický název frame overo, tedy orámovaný, poukazuje na vzhled, kdy bílá skvrna ve středu těla je orámovaná barevnými plochami. Hlava je poměrně obvykle hodně bílá, oči bývají modré. Nohy jsou většinou tmavé, i když bílé značky nejsou závadou. Bílé plochy jsou ostře a čistě ohraničené

od barevných ploch. Kůže na přechodu barev je pigmentovaná, takže vytváří dojem stínu či svatozáře. Vzor frame overo se vyskytuje v omezeném rozsahu plemen koní. Zatím vše naznačuje tomu, že se objevuje pouze v chovech, které mají španělské předky, jako např. Paint horse (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

V minulosti se vědci domnívali, že frame overo je způsobeno recesivním genem, protože nepředpokládaně vznikala hříbata frame overo od dvou jednobarevných koní. Podle Ann Bowling (1996), která přezkoumala záznamy v plemenných knihách a fotografický archiv APHA se zjistilo, že frame overo je děděno dominantně. Kdyby bylo frame overo děděno recesivně, chovatelé by získali z křížení dvou frame koní zase jenom frame. Při takovém křížení je však výsledkem 50% frame overo (Frfr), 25% jednobarevný kůň (frfr) a 25% letální bílá (FrFr), což naznačuje dominantní alelu. Bílým hříbatům selže, kvůli nedostatku nervových buněk v trávicím traktu, průchod potravy střevem. V případě dominantního modelu, vyvstává otázka, jak je možné, že dva jednobarevní koně mohou zplodit frame overo. Bowling (1996) zastává teorii, že gen u jednobarevných koní, potenciálně ovlivňující skvrnitost vzácně mutuje, avšak rychleji, než je obvyklé u většiny genů. Zmutovaný gen produkuje frame znaky a přechází na dominantní gen, který je v dominantně homozygotní formě letální (CHALUPOVÁ, 2006).

#### **4.3.5.2. Gen Sb**

Ze španělštiny se tento výraz překládá jako kropenatý. Koně se zbarvením sabino mají obvykle čtyři bílé končetiny. Bílá barva se rozšiřuje na tělo koně v jakoby rozedraných záplatách. Hlava je z větší části bílá a oči modré. Často se také vyskytuje jedno oko modré a druhé hnědé. Často dochází k zaměňování s koňmi zbarvení roan, ale na rozdíl od nich nemají typické tmavé hlavy. Také dochází k zaměňování s koňmi plemene Appaloosa, protože někteří jedinci jsou téměř bílí, pouze s barvou na uších, hrudi a kořeni ocasu. Někteří koně se zbarvením sabino jsou zcela bílí, což poukazuje na to, že geneticky jsou odlišní od frame overo, v souvislosti se syndromem smrtící bílé (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

Pro sabino jsou charakteristické bílé znaky na hlavě, od několika bílých chlupů po rozsáhlou lucernu. Není předepsáno, kolik nohou musí mít sabino



bílé, ale vždy to musí být alespoň jedna s bílou korunkou až po punčochu. Bílé skvrny začínají na bříše a rozpínají se ke hřbetu. Okraje skvrn jsou prokvetlé, neostré. Prokvétání nemusí být u hříbat patrné a může se věkem rozšiřovat. Kůže bývá na některých místech tečkovaná. Některá minimálně projevená sabina nemusejí mít odznaky na hlavě vůbec. Skvrnitost typu sabino se objevuje u mnoha plemen, např. u tennesseeského mimochodníka, quarter horse, anglického plnokrevníka. Shirský a clydesdaleský kůň jsou výhradně sabino zbarvení (CHALUPOVÁ, 2006).

Skvrnitost sabino je způsobena alelou Sb. Dominantní homozygoti (SbSb) jsou téměř nebo zcela bílí, heterozygoti vykazují skvrnitost sabino, recesivně homozygotní jedinci (sbsb) nejsou vzoru sabino (Color Information, 2003).

#### **4.3.5.3. Gen Spl**

Splash white je nejvzácnější skvrnitý vzor, i když dnes je stále častější díky chovatelům používajícím více skvrnitých koní ve šlechtitelských programech. Toto zbarvení vypadá, jakoby byl kůň namočený do bílé barvy. Nohy jsou bílé, stejně tak jako spodní partie břicha. Hlava bývá také bílá a oči modré. Okraje skvrn jsou ostré a čisté, bez prokvetlosti (BOWLING, SPONENBREG, 1996).

Hříbata splash white se rodí z kombinací, kdy jeden rodič má a druhý nemá toto zbarvení. Dosud nebyl zdokumentován žádný dominantně homozygotní jedinec typu splash overo, takže se předpokládá, že tento gen nemůže existovat v homozygotní formě (LEČÍKOVÁ, 2005).

Mnoho chovatelů těchto koní poznamenalo, že koně s tímto vzorem jsou neslyšící. To není překážkou, pokud lidé pracující s takovým koněm si uvědomují jeho omezení a přizpůsobí se mu (BOWLING, SPONENBERG, 1996).

#### **4.3.6. Gen Lp**

Skvrnitost typu appaloosa je charakterizována několika různými vzory, které jsou dohromady popisovány jako leopard komplex (Lp). Tito koně jsou charakterističtí různými vzory bílé, vertikálně pruhovanými kopyty, bílým

bělmem oka a skvrnitou kůží kolem huby, genitálií a konečníku. Jedinec nemusí mít všechny tyto znaky.

Dominantní alela Lp je neúplně dominantní k recesivní alele lp. Kůň, který zdědí alelu Lp, bude vykazovat některý ze vzorů appaloosa v rozsahu několika bílých skvrn na zádi až po téměř celé tělo bílé. Zdá se, že dominantní homozygoti (LpLp) mají méně pigmentu než heterozygotní jedinci (CHALUPOVÁ, 2006).

Jsou známy čtyři základní vzory skvrnitosti, a to leopard, varnish roan, blanket a snowflake. Leopard je bíle zbarvený kůň s kruhovými nebo oválnými tmavými skvrnami po celém těle. Varnish roan se rodí barevný a s přibývajícím věkem vyběluje. Tento gen nemá souvislost s genem gray. Jedinci se vzorem blanket jsou barevní a mají bílé symetrické znaky na zádi a bocích. Snowflake vzor má bílé skvrny kdekoli po těle pigmentovaného koně (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Tento gen se běžně vyskytuje u koní plemene Appaloosa, Falabella nebo Norického koně.

S tímto genem je spojena kongenitální stacionární noční slepota, také nazývaná vrozená neměnná noční slepota. Označuje se zkratkou CSNB z anglického congenital stationary night blindness. Poprvé byla slepota popsána u koní plemene Appaloosa v roce 1977. Postižení jsou pouze jedinci dominantně homozygotní (LpLp). Jedná se o zhoršené noční vidění v různých formách intenzity. Vyznačuje se sníženou funkcí tyčinek a nezhoršuje se v průběhu života koně. Příznakem noční slepoty je obava, zmatení, mohou se vyskytnout i problémy při tréninku postižených koní.

Zatím nikdo nezjistil, čím je postižení zapříčiněno. Řádným a mikroskopickým zkoumáním oka nebyly zjištěny žádné fyziologické abnormality, které by mohly nějak narušit vidění (WITZEL, 1978). Existuje domněnka, že fyziologická abnormalita se vyskytuje ve funkci sítnice, konkrétně v přenosu impulzů mezi buňkami sítnice.

## **4.4. Modifikátory lokálního odstínu**

### **4.4.1. Shade**

Jedná se o jev, který popisuje rozdíly v rámci základní skupiny barev v důsledku světlých až tmavých odstínů barvy těla. Je pod komplexní multifaktoriální genetickou kontrolou (SPONENBERG, 1996).

Tyto změny jsou nejvíce patrné na červené nebo hnědé barvě, jako je bay nebo chestnut. U koní zbarvení bay se může odstín barvy pohybovat od velmi tmavě červené (blood bay) až ke světle červené (light bay). Koně barvy chestnut se také liší v odstínu. Nejtmavší je nazýván jako játrový chestnut a světlejší odstíny se označují jako písečný chestnut. Vliv na odstín černých koní není zřejmý, nicméně, mnoho černých koní světlá v průběhu letních měsíců díky teplu a slunečnímu záření, pak jsou nazýváni jako letní vraníci (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

### **4.4.2. Sooty**

Tento druh modifikace základních barev je důsledkem přítomnosti nebo nepřítomnosti černých chlupů mezi ostatními. Nejvýraznější je tento efekt u koní zbarvení bay a těžko se poznává u vraníků.

Ovlivňuje červený a černý pigment tmavnutím v určitých oblastech. Sooty („černý od sazí“) se pohybuje od několika černých chlupů, přes tmavší odstín podél hřbetu až po rovnoměrné ztmavení. Sooty je nejkoncentrovanější v dorzální linii. Kůň vypadá jako posypaný popelem (CHALUPOVÁ, 2006).

Genetická kontrola sooty odstínu není dobře zdokumentována a je tedy předmětem dalších zkoumání (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

### **4.4.3. Mealy**

Tato modifikace produkuje světle červené nebo světle žluté plochy na břiše, bocích, loktech, nohou, čenichu a nad očima. Mealy efekt je kontrolován jediným genem, který je dominantní a je označen symbolem

Pa+. Recessivní alela je značena Pa(np) (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Mealy je obvyklý ve všech plemenech. Některá jsou téměř výlučně modifikována: hafling je dobrým příkladem rozdílného stupně mealy sorrel a exmorský pony mealy bay (CHALUPOVÁ, 2006).

#### **4.5. Bílé znaky na hlavě a končetinách**

Bílé znaky na hlavě a končetinách jsou význačnou charakteristikou koní. Obvykle tyto znaky mají základní podklad růžové kůže. Jsou cenným nástrojem k identifikaci koní. Výrazný výskyt je např. u arabských koní nebo shirských koní. Naopak chybí u fríských koní nebo clevelandského hnědáka (THIUVERKADAN, KANDASAMY, PANNEERSELVAM, 2008).

Rozličné znaky jsou způsobeny mnoha geny malého účinku. Značná rozmanitost je možná způsobena mnoha alelami, které ovlivňují přesun melanocytů a tudíž i vznik odznaku. Je patrný i vliv negenetických faktorů (BOWLING, 1996).

##### **4.5.1. Rozdělení odznaků na hlavě**

**Prokvetlé čelo, prokvetlý nos, kvítek:** malá bílá skvrna na čele

**Hvězda:** větší bílá skvrna na čele specifikovaná popisem podle polohy (např. pravostranná) a podle tvaru (protáhlá, křížová, srdčitá, půlměsíčitá, kruhovitá, čárkovitá, zahrocená atd.). Pokud má hvězda uvnitř barevný terčík, je to líbivá hvězda prstencovitá.

**Nosní proužek:** pruh bílých chlupů táhnoucí se po hřbetě nosu; podle umístění může být horní nebo spodní, pokud je širší, je to nosní pruh.

**Lysina:** je široký pruh táhnoucí se od čela po dolní část hlavy; je průběžná nebo může být přerušovaná, podle polohy a tvaru může být rovná, šikmá doprava atd. pokud je lysina širší než dlaň a zasahuje jedno nebo obě oči, je to již lucerna, která bývá často spojena s rybím okem.

**Šňupka:** je růžová skvrna na horním pysku, její popis se upřesňuje podle velikosti a polohy. Na spodním pysku je žabka (slinka). Celé růžové pysky se nazývají mléčná huba; vyskytuje se u běloušů. Lysá kůže v okolí očí a

huby bývá skvrnitá a nazývá se huba žabí (kropenatá, ropuší) (DUŠEK a kol., 2007).

#### **4.5.2. Rozdělení odznaků na končetinách**

Uvádějí se v pořadí levá přední, pravá přední, levá zadní, pravá zadní. Pokud je některá končetina bez odznaků, při popisu se v pořadí vynechá.

**Korunka bílá:** je bílá v celém obvodu, pokud je na korunce jen bílá skvrna, označí se včetně její lokalizace. Více skvrn charakterizuje korunku skvrnitou.

**Patka bílá:** pokud je nesymetrická, je jí nutné rovněž specifikovat.

**Spěnka bílá:** označuje celou spěnku bílou.

**Holeň bílá:** musí být upřesněna výše odznaku a jeho nepravidelnost. Pokud je barevná srst prokvetlá bílými chlupy, pak se tato část končetiny lokalizuje označením prokvetlosti (např. holeň nepravidelně do ½ prokvetlá) (DUŠEK a kol., 2007).

### **4.6. Geny s nedostatečně prokázaným vlivem na zbarvení srsti**

Existuje několik nevysvětlitelných značení a vzorů, které genetici zkoumají již řadu let.

#### **4.6.1. Bend or spots**

Také Ben d'Or Smuts, Greace Spots. Jsou skvrny, které jsou o několik odstínů tmavší, než chlupy na těle. Jsou dobře viditelné na koních zbarvení chestnut a palomino. Mohou být přítomny již při narození nebo se objevit během života. Jejich příčina je neznámá. Jsou pojmenovány po plnokrevníkovi, který byl zbarvení chestnut a měl tmavé skvrny na těle.

#### **4.6.2. Birdcatcher spots**

Jinak Tetrarch, Chubari spots. Malé bílé skvrny na těle o velikosti perel nebo dolarové mince. Jejich příčina je neznámá, ale vědci se domnívají, že jsou spojené se vzorem sabino. Název je taktéž po plnokrevníkovi, který nesl tyto skvrny. Objevují se u plnokrevníků a koní Achal-Teke.

### **4.6.3. Brindle**

Pruhy, které jsou o několik odstínů tmavší, nebo světlejší, než barva srsti. Toto pruhování se vyskytuje u skotu a psů, ale u koní pouze vzácně. Liší se kůň od koně. Pruhování se neobjevuje na hlavě a končetinách. Může dojít k záměně se žiháním u dun nebo gray, ale s těmi to nemá nic společného. Není důkaz o žádném genu, který by měl na starosti vzor Brindle. Objevuje se ve spojení s dun, rabicano a roan geny.

### **4.6.4. Lacing**

Šněrování, také nazývané jako žirafí značení, mramorování, pavučina nebo krajka. Může být z houbové infekce nazývané dešťová hniloba nebo krevní poruchy. Spojení s plemeny Appaloosa nebo Paint. Příčina je neznáma, ale vzor se vyvíjí s věkem.

### **4.6.5. Blood marks (krvavé znaky)**

Byly nalezeny pouze u koní zbarvení gray. Velká koncentrace barvy v jedné konkrétní oblasti. Objevuje se u arabů.

### **4.6.6. Rabicano**

Vzor, který bývá často zaměňován s pravými roany s tmavou hlavou. Rabicano je gen, který je oddělený od roan genu, i když tvoří bílé chlupy, které mohou být roan podobné. Má částečně bílý ohon, podobný ocasu skunků. Vědci se domnívají, že rabicano souvisí se sabino genem, protože je často vidět u koní se zbarvením sabino. Může působit na jakémkoliv barevném podkladu.

## 5. Závěr

Cílem práce bylo zpracovat literární studii genetického založení zbarvení u koní. Barvy koní ovlivňuje mnoho genů, které se dělí na základní, podílející se na ředění barvy a geny podmiňující bílou, skvrny a vzory. Existují také modifikátory, které působí na barvu a vytvářejí tak nezvyklé projevy. I přes neustále nové výzkumy v této oblasti se objevují geny, které stále nejsou objasněny.

Znalost této problematiky umožňuje chovatelům zlepšit identifikaci jednotlivých zbarvení. Stále se objevují koně, kteří jsou v plemenných registrech zaregistrovaní pod jinou barvou, než ve skutečnosti mají. Další výhodou pochopení genetiky zbarvení je, že lidé mohou být schopni předpovědět možnou barvu u očekávaného hříběte. Pokud chovatel touží po určitém zbarvení hříběte, pomůže mu znalost i při výběru hřebce pro svou klisnu. Nejdůležitější přínos vidím v tom, že lidé mohou předcházet letálním efektům, které se u koní vyskytují a jsou spojeny s některými geny, např. syndrom letální bílé u frame overo.

I když se někteří chovatelé specializují na chov určitého zbarvení, měli by mít stále na paměti, že barva je u koní doplňující faktor. Důležitější stále zůstává zdravotní stav nebo stavba těla.

V posledních letech došlo k významnému pokroku v oblasti genetiky barev u koní, ale stále zůstávají nezodpovězené otázky a neprokázané hypotézy. Proto je potřebné v těchto výzkumech pokračovat a odhalovat další geny, které nám mohou objasnit další otázky ať už v dědičnosti barev tak i v dalších neobjasněných syndromech.

## 6. Seznam literatury

BELLONE, R. R. (2010): Pleiotropic effects of pigmentation genes in horses. *Animal genetics*, 41. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2010.02116.x/full>>.

BOWLING, Ann T., et al. (2007): *American Paint Horse Association* [online]. . American Paint Horse Association's Guide to Coat Color Genetics. Dostupné z WWW: <<http://www.apha.com/forms/PDFFiles/guidebooks/07ColorGen.pdf>>.

BOWLING A.T., Rusinsky A. (eds.) (2000): *The Genetics of the Horse*. CABI Publishing, 512 pp.

BOWLING A.T. (1996): *Horse genetics*. CABI Publishing, 224 pp.

BROOKS, S. A., BAILEY, E. (2005): Exon skipping in the KIT gene causes a Sabino spotting pattern in horses. *Mammalian Genome.*, 16, s. 893-902. Dostupný také z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/f2jrk54465871156/>>. ISSN 0938-8990.

COOK D., BROOKS S., BELLONE R., BAILEY E. (2008): Missense Mutation in Exon 2 of SLC36A1 Responsible for Champagne Dilution in Horses. *PLoS Genet* 4(9): e1000195. doi:10.1371/journal.pgen.1000195.

DUŠEK J., et al. (2007): *Chov koní*. 2. přepracované. Praha : Brázda, 2007. 404 s. ISBN 80-209-0352-6.

HAASE B., BROOKS S. A., SCHLUMBAUM A., AZOR P.J., BAILEY E., et al. (2007) Allelic Heterogeneity at the Equine *KIT* Locus in Dominant White (W) Horses. *PLoS Genet* 3(11): e195. doi:10.1371/journal.pgen.0030195.



HAASE B. et al. (2009): Seven novel KIT mutations in horses with white coat color phenotypes. *Animal genetics*. 40. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2009.01893.x/abstract>>.

HAASE B., et al. (2008): An equine chromosome 3 inversion is associated with the tobiano spotting pattern in German horse breeds. *Animal genetics*. 39. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2008.01715.x/abstract>>.

HENNIG W. (2002): *Genetik*. Springer, 853 pp.

CHALUPOVÁ P. (2006): *Genetika pigmentace u koní*. Brno, 2006. 46 s. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

JAKUBEC V. (1998): Nový systém popisu barvy srsti koní. *Náš chov*. 1998a, roč. 58, č. 3, s. 54-55.

JAKUBEC V. (1998): Nové poznatky o dědičnosti barev koní. *Náš chov*. 1998b, roč. 58, 4. 9, s. 46-47.

JAKUBEC V. (1998): Nové poznatky o dědičnosti barev koní. *Náš chov*. 1998c, roč. 58, č. 10, s. 43-44.

JAKUBEC V. (1998): Nové poznatky o dědičnosti barev koní. *Náš chov*. 1998d, roč. 58, č. 11, s. 47.

JAKUBEC V. (1999): Nové poznatky o dědičnosti barev koní. *Náš chov*. 1999, roč. 59, č. 1, s. 46-47.

KING R. C., STANSFIELD W. D., MULLIGAN P.K. (2006): Melanin. *A Dictionary of Genetics*. 7. vyd. Oxford university Press, 2006.

KRAUS J. et al. (2005): *Nový akademický slovník cizích slov*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. 880s. ISBN 80-200-1351-2.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : 1. část: Geny a něco o nich. *Jezdectví*. 2005, 53, 3, s. 41.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : 2. část: Geny a barvy. *Jezdectví*. 2005, 53, 4, s. 42-43.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : 3. část: Výroba barvy I.. *Jezdectví*. 2005, 53, 5, s. 42-43.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Výroba barvy II.. *Jezdectví*. 2005, 53, 6, s. 42.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Výroba barvy pokračování. *Jezdectví*. 2005, 53, 7, s. 44-45.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Výroba barvy pokračování. *Jezdectví*. 2005, 53, 8, s. 44-45.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Genetika a painti. *Jezdectví*. 2005, 53, 9, s. 42.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Genetika a painti. *Jezdectví*. 2005, 53, 10, s. 54.

LEČÍKOVÁ S. (2005): Genetika barev a zbarvení : Výroba zbarvení – tobiano; Overo - velká neznámá. *Jezdectví*. 2005, 53, 11, s. 48-49.

LOCKE M. M., et al. (2001): The cream dilution gene, responsible for the palomino and buckskin coat colours, maps to horse chromosome 21. *Animal genetics*. 2001, 32. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2052.2001.00806.x/abstract>>.

MARIAT D., TAOURIT S., GUÉRIN G. (2003): A mutation in the MATP gene causes the cream coat colour in the horse. *Genet. Sel. Evol.*. 2003, 35. Dostupný z WWW: <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1297-9686-35-1-119.pdf>>.

MATOUŠEK V. (1999): Barvy koní. *Náš chov*. 1999a, roč. 59, č. 6, s. 32.

MATOUŠEK V. (1999): Popis barev koní v angličtině. *Náš chov*. 1999b, roč. 59, č. 7, s. 32.

MAU C., et al. (2004): Genetic mapping of dominant white (W), a homozygous lethal condition in the horse (*Equus caballus*). *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2004, 121. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2004.00481.x/abstract>>.

PIELBERG G., et al. (2005): Comparative linkage mapping of the Grey coat colour gene in horses. *Animal genetics*. 2005, 36. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2005.01334.x/abstract>>.

RIEDER S. (2009): Molecular tests for coat colours in horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2009, 126. Dostupný z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2009.00832.x/abstract>>.

RIEDER S., et al. (2000): Mutations in the agouti (ASIP), the extension (MC1R), and the brown (TYRP1) loci and their association to coat color phenotypes in horses (*Equus caballus*). *Mammalian Genome*. 2000, 12, 6, s. 450-455.

ŘEHOUT V., et al. (2000): *Genetika I. : Úvod do studia genetiky*. 2000. 256 s. ISBN 80-7040-405-1.

SPONENBERG D. P., WEISE M. C. (1997): Dominant black in horses. *Genet. Sel. Evol.*. 1997, 29. Dostupný z WWW: <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1297-9686-29-3-403.pdf>>.

SPONENBERG D. P., BOWLING, A. T. (1996): Champagne, a dominant color dilution of horses. *Genetics Selection Evolution*. 1996, 28, s. 457-462.

SPONENBERG D.P. (2003): Equine color genetic. Iowa State University Press, 216 pp.

THIRUVENKADAN, A. K.; KANDASAMY, N.; PANNEERSELVAM, S. (2008): Coat colour inheritance in horses. *Science Direct*. 2008, 117, s. 109-129.

TOTH, Z., et al. (2006): Quantitative genetic aspects of coat color in horses. *Journal of animal science*. 2006, 84, s. 2623-2628.

#### Internetové zdroje

1. *Palaeobiology and Biodiversity Research Group, Department of Earth Sciences, University of Bristol* [online]. [cit. 2011-04-11]. Melanin, melanocytes, and melanosomes. Dostupné z WWW: <<http://palaeo.gly.bris.ac.uk/melanosomes/melanin.html>>.
2. *Stallion American Quarter Horse* [online]. [cit. 2011-04-11]. Whizard Black Jac. Dostupné z WWW: <<http://www.whizard.cz/index.php?lang=cz>>.
3. *American Quarter Horses* [online]. 2005 [cit. 2011-04-11]. Zalešanský mlýn. Dostupné z WWW: <[http://american-quarter-horses.cz/foto.php?d=zm\\_hrebci&f=8-2.jpg](http://american-quarter-horses.cz/foto.php?d=zm_hrebci&f=8-2.jpg)>.
4. *Home of Smartest Magician* [online]. [cit. 2011-04-11]. BIT-Ranch. Dostupné z WWW: <<http://www.bit-ranch.de/index.php?Seite=galerie&Programm=J&Galerie=39>>.
5. *Westerninfo* [online]. 2001 [cit. 2011-04-13]. Westerninfo. Dostupné z WWW: <<http://www.westerninfo.de/>>.
6. *Ninjajac Hollywood* [online]. [cit. 2011-04-11]. Ninjajac Hollywood. Dostupné z WWW: <<http://www.ninjajac.at/picture.php?pic=01&w=768&h=560>>.
7. *Breeding for buckskin horses* [online]. [cit. 2011-04-11]. Genetics of Buckskin Horse. Dostupné z WWW: <<http://grulloquarterhorses.homestead.com/COLORBUCKSKIN.html>>.

8. *Latte Farms* [online]. [cit. 2011-04-11]. First Class Chippewa. Dostupné z WWW: <<http://www.lattefarms.com/firstclasschip.html>>.
9. *Morgan colors* [online]. 1995 [cit. 2011-04-11]. Cremello, Perlino and Smoky Cream Morgan Horses. Dostupné z WWW: <<http://www.morgancolors.com/doubledilute.htm>>.
10. *Koně a poníci* [online]. [cit. 2011-04-11]. Zabarvení koní. Dostupné z WWW: <<http://www.koneaponici.wz.cz/barvy.html>>.
11. *Foundation Bloodline Quarter horse Stallions Stud Service Breeding* [online]. 2001 [cit. 2011-04-11]. Lynn's Quarter Horses. Dostupné z WWW: <<http://www.lynnquarterhorses.com/stallion-service.html>>.
12. *What Color Is My Horse?* [online]. 2009 [cit. 2011-04-11]. Gray - Dominant Modifier Gene. Dostupné z WWW: <<http://horsecolors.blogspot.com/2009/07/gray-dominant-modifier-gene.html>>.
13. *Giles Ranch Co* [online]. [cit. 2011-04-11]. Giles Family Horses. Dostupné z WWW: <<http://www.gilesranch.com/horses/mares/whiphancockcalico.html>>.
14. *Chief Cliff Quarter Horses* [online]. [cit. 2011-04-11]. Stallions. Dostupné z WWW: <<http://www.chiefcliff.com/stallions.htm>>.
15. *Ranč Mustang Veselíčko* [online]. [cit. 2011-04-11]. American Paint Horse. Dostupné z WWW: <<http://www.rancmustangveselicko.cz/index.php?menu=WESTERNOV%C1%20PLEMENA%20KON%CD-17&rolled=WESTERNOV%C1%20PLEMENA%20KON%CD-17&submenu=Paint%20horse%20II.-46>>.
16. *Natynnka-all* [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Zbarvení. Dostupné z WWW: <<http://natynnka-all.blog.cz/1010/zbarveni>>.
17. *Pacific International Genetics* [online]. [cit. 2011-04-11]. Skipa Heathen. Dostupné z WWW: <[http://www.pacintgen.com/skipa\\_heathen.htm](http://www.pacintgen.com/skipa_heathen.htm)>.
18. *Américan horses* [online]. [cit. 2011-04-11]. Splash white. Dostupné z WWW: <<http://americanhorsephgh.board-poster.com/t892-splash-white>>.
19. *Můj svět koní* [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Exteriér. Dostupné z WWW: <<http://www.smart-web.cz/carrie/index.php?nid=5968&lid=CZ&oid=1027404>>.

20. *Máme rádi APH a AQH koníky* [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Zbarvení Quarter koní. Dostupné z WWW: <<http://mameradiaphaahkone.blog.cz/1101>>.
21. *Welcome* [online]. 2008 [cit. 2011-04-11]. Zrak koně. Dostupné z WWW: <<http://jaaakone.blog.cz/0801/zrak-kone>>.
22. *Terčín bloček* [online]. 2008 [cit. 2011-04-11]. Popis kopyta koně. Dostupné z WWW: <<http://terkakonicic.blog.cz/0802/popis-kopyta-kone>>.
23. *Equi hanuš* [online]. [cit. 2011-04-11]. Barvy koní. Dostupné z WWW: <[http://www.equi-hanus.cz/barvy-koni?par=0\\*18\\*0\\*0\\*](http://www.equi-hanus.cz/barvy-koni?par=0*18*0*0*)>.
24. *The Equinest* [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Rare Horse Color and Markings. Dostupné z WWW: <<http://www.theequinest.com/colors/rare/>>.
25. *White horse production* [online]. 2009 [cit. 2011-04-11]. The Sabino pattern. Dostupné z WWW: <<http://www.whitehorseproductions.com/tbcolor3.html>>.
26. *Horse forum* [online]. 2009 [cit. 2011-04-11]. Weird, interesting colored horses. Dostupné z WWW: <<http://www.horsegroomingsupplies.com/horse-forums/weird-interesting-colored-horses-279079-3.html>>.
27. *Equine Color Genetics* [online]. [cit. 2011-04-11]. Miscellaneous Modifiers. Dostupné z WWW: <[http://www.whitehorseproductions.com/ecg\\_basics4.html](http://www.whitehorseproductions.com/ecg_basics4.html)>.
28. *Appaloosa Horse Ranch - chov koní plemene Appaloosa* [online]. 2008 [cit. 2011-04-12]. Výskyt noční slepoty (CSNB) u Appaloos. Dostupné z WWW: <<http://www.appaloosas.cz/recenze.html>>.
29. KOSTELNIK, B. *The horse colors site* [online]. 2000 [cit. 2011-04-12]. The colors of horses. Dostupné z WWW: <<http://www.horsecolor.com/>>.
30. *Ultimate Horse Sites Inc.* [online]. 2000 [cit. 2011-04-12]. Horse color genes. Dostupné z WWW: <<http://www.ultimatehorsesite.com/colors/colorgenes.html>>.

## 7. Přílohy



Obr. 26: Úhoří pruh<sup>(19.)</sup>



Obr. 27: Zebrování nohou<sup>(20.)</sup>



Obr. 28: Viditelné bělmo oka<sup>(21.)</sup>



Obr. 29: Vertikálně pruhované kopyto<sup>(22.)</sup>



Obr. 30: Skvrnitá kůže koní Appaloosa<sup>(23.)</sup>





Obr. 31: Působení genu champagne na základní barvy (A-sorrel, B- gold champagne, C – bay, D- Amber champagne, E-black, F- Classic champagne) (Cook et al., 2008)



Obr. 32: Oči a kůže koní champagne. A,B a C oči a kůže hříbat. D a E oči a kůže dospělých koní (Cook et al., 2008)





Obr. 33: Sooty<sup>(24.)</sup>



Obr. 34: Mealy<sup>(24.)</sup>



Obr. 35: Bend or Spots<sup>(24.)</sup>



© 1995 Barbara D. Livingston

Obr. 36: Birdcatcher Spots<sup>(25.)</sup>



Obr. 37: Brindle<sup>(24.)</sup>





Obr. 38: Lacing<sup>(26.)</sup>



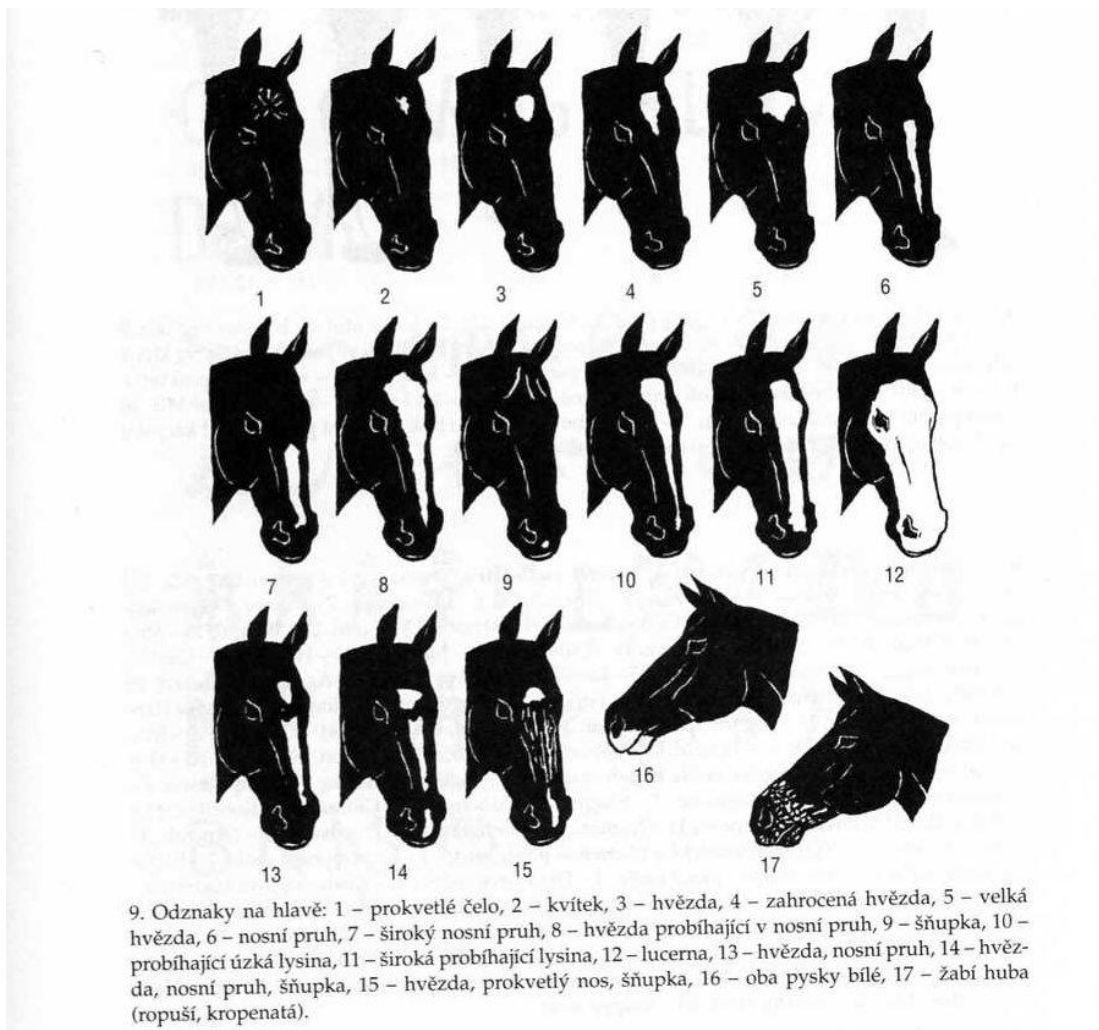
Obr. 39: Blood Marks<sup>(24.)</sup>



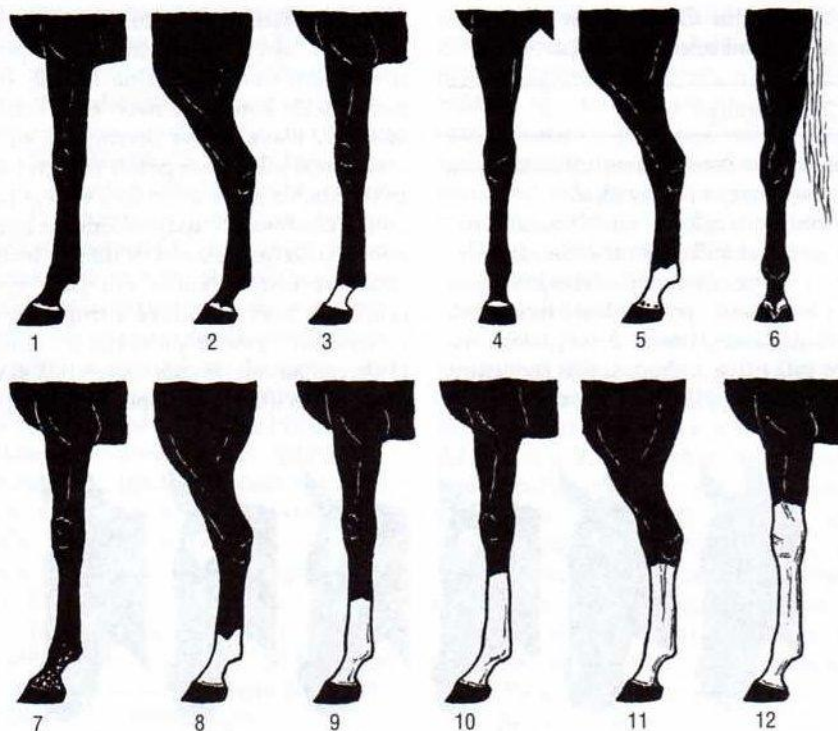
Obr. 40: Rabicano<sup>(27.)</sup>



Obr. 41: ohon Rabicano podobný skunkům<sup>(27.)</sup>



Obr. 42: Odznaky na hlavě (Dušek et al., 2007)



▲ 10. Odznaky na končetinách: 1 – levá přední – korunka bílá, 2 – levá zadní – v korunce vně bílá, 3 – levá přední – ve spěnce bílá, 4 – pravá přední korunka vpředu bílá, 5 – levá zadní – spěnkový kloub bílý, korunka skvrnitá, 6 – levá zadní – vnitřní patka bílá, 7 – levá přední – ve spěnce prokvetlá, 8 – levá zadní – nad spěnkový kloub nepravidelně bílá bílá, 9 – levá přední – do půl holeně bílá, 10 – levá přední – nad půl holeně bílá, 11 – levá zadní – po hlezno bílá, 12 – levá přední – nad karpální kloub (přední koleno) bílá (lze též označit termínem „vysoko“).

Obr. 43: Odznaky na končetinách (Dušek et al., 2007)