

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie



Genetická determinace zbarvení srsti u plemene border kolie

Bakalářská práce

Autor práce: Michaela Hronová

Vedoucí práce: Ing. Barbora Hofmanová, Ph. D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Genetická determinace zbarvení srsti u plemene border kolie" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Barboře Hofmanové Ph. D. za odborné vedení práce a své rodině a blízkým za podporu a trpělivost.

Genetika determinace zbarvení srsti u plemene border kolie

Souhrn

Tato bakalářská práce by měla sloužit jako literární přehled nebo lépe řečeno odborný úvod ke genetické determinaci zbarvení u psů se zaměřením na plemeno border kolie. Samotná práce je rozdělena do několika kapitol. V první popisují typy pigmentů a jejich vliv na zbarvení srsti. Dalším bodem je přehled genů, které zbarvení srsti determinují. Poté se zabývám všestranným využitím plemene border kolie a základními informacemi o stavech tohoto plemene v České republice. Poslední část se soustřeďuje na genetická onemocnění, která jsou spojována s určitým typem zbarvení, jimiž je toto plemeno rovněž postiženo. S přihlédnutím ke skutečnosti, že na genetickém výzkumu determinace zbarvení a onemocnění psů se neustále pracuje a velká část této problematiky je ještě neprobádána, jsou v práci využity i zatím geneticky nepodložené údaje.

Klíčová slova: pes, border kolie, alela, lokus, zbarvení srsti, genetická choroba

Genetic determination of coat color in Border Collie

Summary

This bachelor thesis should serve as literature review or better say as scholarly introduction to genetic determination of fur in dog with focusing on Border Collie breed. The thesis itself is divided to several parts. First one is trying to introduce main pigment types synthesis, then an overview of genes affecting coat color in dogs is given. Next article is determined to versatile use of Border Collies and basic informations on the status of this breed in the Czech Republic. The last part is focused on fur color related genetic diseases. Thanks to the ongoing research of this field, I used some genetically unverified sources.

Keywords: dog, Border Collie, allele, locus, coat color, genetic disease

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod..... | 8 |
| 2 Cíl práce..... | 9 |
| 3 Literární rešerše..... | 9 |
| 3.1 Barva srsti..... | 9 |
| 3.2 Geny ovlivňující zbarvení psů..... | 10 |
| 3.2.1 Lokus C..... | 11 |
| 3.2.2 Lokus E – Extension..... | 13 |
| 3.2.3 Lokus K – Black..... | 14 |
| 3.2.4 Lokus A – Agouti..... | 16 |
| 3.2.5 Lokus B – Brown..... | 18 |
| 3.2.6 Lokus D – Dilution..... | 20 |
| 3.2.7 Lokus M – Merle..... | 21 |
| 3.2.8 Lokus S – Spotting..... | 23 |
| 3.2.9 Lokus G – Greying..... | 24 |
| 3.2.10 Lokus T – Ticking..... | 25 |
| 3.3 Plemeno border kolie..... | 26 |
| 3.3.1 Plemenný standard..... | 27 |
| 3.3.2 Zbarvení srsti border kolií..... | 29 |
| 3.3.3 Zbarvení očí u psů..... | 30 |
| 3.3.4 Stavby border kolií v České republice..... | 31 |
| 3.4 Nemoci border kolie spojené s určitým typem zbarvení..... | 33 |
| 4 Závěr..... | 35 |
| 5 Zdroje..... | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 6 Přílohy | 38 |
| 6.1 Plemenný standard..... | 38 |
| 6.2 Ukázky zbarvení border kolie..... | 39 |
| 6.3 Ukázky barevnosti oka border kolie | 43 |

1 Úvod

Vlk, který je prapředkem psa domácího (*Canis familiaris*), disponuje jen několika málo různými zbarveními srsti. Jedinci bývají obvykle divoce šedí, někdy tmavší, občas se vyskytují i albíni. V průběhu domestikace psů bylo vyšlechtěno velké množství plemen.

Pestré zbarvení srsti již neumožňuje dnešním plemenům psů přežít ve volné přírodě, jelikož by je velmi snadno mohl zahlédnout predátor a stali by se jeho kořistí. Také by pro svoji pestrost jen sotva byli schopni ulovit potravu, protože zvěř by je pro jejich nápadnost snadno spatřila.

Nicméně právě barva je jednou z prvních věcí, které si na psovi okamžitě všimneme. Velmi často bývá barva důležitým faktorem, který rozhodne o finálním výběru štěněte z daného vrhu.

U čistokrevných plemen psů se barvou srsti zabývají standardy. Zcela jasně se v nich píše, které zbarvení je žádané, jaké přijatelné a jaké naopak vylučující. Existují plemena, u nichž jsou možná téměř všechna zbarvení, a naopak také plemena, která mohou mít zbarvení dané velmi striktně.

Důvody, proč jsou některé typy zbarvení vylučující ze standardu, jsou různé. Jedním z nejčastějších jsou možné zdravotní komplikace, které se vážou na barvu srsti, a které by mohly být chovem upevňovány v populaci. Příkladem může být dědičná hluchota, která se často vyskytuje u kolí merle zbarvení. Záměrný chov zvířat, která trpí určitou poruchou, vadou nebo defektem je neetický a také v rozporu s chovatelským klubem, pod kterým je zvíře registrováno.

O žádném zbarvení samotném se nedá říct, že by mělo vliv na pracovní schopnosti psa. Nicméně u některých plemen jsou určité typy zbarvení preferovanější než jiné. Například u hlídacích psů je ideální černá či šedá barva, protože se ve tmě snadno ztratí. Lovečtí psi mívají barvy, které je dobře maskují v terénu. U honičů bývá preferováno světlejší a strakaté zbarvení, protože usnadňuje sledování smečky během honu. Pastervečtí psi mívají světlou barvu, díky které splývali s ovce. Naopak divoké zbarvení je u pasterveckého plemene vyloženě nežádoucí – mohlo by dojít k záměně s predátory – vlky.

Dědičností barvy srsti psa se zabývala celá řada badatelů. Za zakladatele studia dědičnosti barev srsti psa je považován Clarence C. Little, který v roce 1957 publikoval souhrnný přehled genů, které zbarvení srsti determinují. Teoreticky předpokládal existenci faktorů působících na zbarvení srsti a pozdější genetické výzkumy jeho domněnky potvrzují. Jeho označení jednotlivých alel je přehledné a logické, a proto se stále používá.

2 Cíl práce

Práce je koncipovaná jako literární rešerše. Jejím cílem je za použití odborné literatury zpracovat přehled dosud zjištěných informací týkajících se genetické determinace barevnosti psů se zaměřením na nyní populární plemeno border kolie, které má širokou paletu zbarvení srsti.

Dále jsou v práci zahrnuty informace o plemeni samotném, včetně jeho standardu, a jeho nemocech souvisejících s určitým typem zbarvení.

3 Literární rešerše

3.1 Barva srsti

Za zbarvení srsti u psů, a obecně u savců, jsou zodpovědné pigmentové buňky, které produkují barevné látky nazývané pigmenty. Základem zbarvení srsti je pigment melanin vznikající v cytoplazmě melanocytů, které jsou uloženy v hlubších vrstvách pokožky. Mimo to chrání melanin hlouběji uložené buňky tkání před škodlivým UV zářením (Jelínek, Zicháček, 2007).

Melanin nevzniká pouze v určitou, u všech psů stejnou, dobu v průběhu jejich embryonálního či postnatálního vývoje. U některých plemen psů začíná syntéza pigmentu dříve, u jiných později. Stejně tak se mění také produkované množství pigmentu. Některá plemena jsou známá tím, že se jejich štěňata narodí zbarvená právě tak, jak zůstávají po celý život, pokud pomineme stařecké šedivění. U jiných se naopak během života zbarvení mění (Dostál, 2007).

U psů, a u většiny jiných savců, známe dva typy pigmentů, které ovlivňují barvu srsti. Jsou jimi eumelanin (černý/hnědý pigment) a feomelanin (červený/žlutý pigment).

Fotoprotektivní pigment eumelanin zbarvuje srst a také kůži do černé, hnědé či šedé barvy. Jejich kombinacemi a působením dalších genů mohou vznikat nové odstíny. V případě, že hovoříme o základní pigmentaci psa, máme tím na mysli rozlišení jedná-li se o psa, u kterého se eumelanin tvoří ve své původní černé formě nebo je působením genu **b** změněn na hnědou.

Základní pigmentaci můžeme rozeznat i bez ohledu na barvu srsti psa. S ohledem na to, že kůže psa bývá obvykle kryta srstí, bylo by obtížné určovat její barvu přes ni. Snáze barvu kůže rozeznáme dle zbarvení tlapek, nosní houby nebo očních víček.

Feomelanin (Phaeomelanin), druhý typ pigmentu, se tvoří pouze v srsti. Neovlivňuje tedy barvu kůže ani očí. Sám o sobě je feomelanin rezavě červený/zlatý. Vlivem dalších modifikujících polygenů může srst získat odstíny od světle krémové přes oranžovou a žlutou až po tmavě kaštanovou. Právě tento pigment se může podílet také na zbarvení psa formou tzv. pálení. Ačkoli se může na první pohled zdát, že tomu tak není, u feomelaninu se jedná jen o jednu barvu v různé intenzitě.

3.2 Geny ovlivňující zbarvení psů

Bylo identifikováno sedm genů zodpovědných za specifickou barvu kůže a různé typy zbarvení srsti u psů: *MC1R* (*melanocortin 1 receptor*), *TYRP1* (*tyrosinase related protein 1*), *ASIP* (*agouti signal peptide*), *MLPH* (*melanophilin*), *SILV* (*Silver-locus*), *MITF* (*microphthalmia-associated transcription factor*) a *CBD 103* (*beta-defensin 103*).

V tabulce níže jsou přehledně uvedeny alely jednotlivých lokusů sestupně dle předpokládané dominance uvnitř lokusu.

| lokus | alela | fenotypový projev | chromozóm | genetické určení |
|-----------|-----------------|---|----------------|-----------------------|
| Color | C | normální úplná pigmentace | | |
| | c ^{ch} | „čičila“ – redukce pigmentace na světlejší barvy (šedá, žlutá, krémová) | | |
| | c ^d | „dondo“ – bílí jedinci s tmavýmnosem i okem | | |
| | c ^b | „cornaz“ – modrooký „albín“ | | |
| | c | úplný albín – netvoří se žádný pigment | | |
| Extension | E ^M | tmavá maska | MC1R - CFA5 | Schmutz et al. (2007) |
| | E ^G | „grizzle“ | | |
| | E | tmavá pigmentace | | |
| | e | tvoří se pouze pigment feomelanin | | |

| | | | | |
|---------------|-----------------|---|-------------------|---------------------------|
| K Black | K ^B | tmavá pigmentace | CBD103 - CFA16 | Kerns et al. (2003) |
| | k ^{br} | „brindle“ žihání (projev pouze na světlém pigmentu) | | |
| | k ^y | umožní expresi genů na A lokusu | | |
| A Agouti | A ^y | „yellow“ – žlutá | ASIP - CFA24 | Kerns et al. (2004) |
| | a ^w | „wild agouti“ – vlkošedé zbarvení | | |
| | a ^{sa} | „saddle“ – tvoří sedlo | | |
| | a ^t | „tan“ - pálení | | |
| | a | recesivní černá | | |
| B Brown | B | normální černé zbarvení | TYRP 1 - CFA11 | Schmutz et al. (2002) |
| | b | hnědé zbarvení | | |
| D Dilution | D | normální hustota granulí v chlupích | MLPH - CFA25 | Drögemüller et al. (2007) |
| | d | řidké rozvrstvení granulí v chlupích | | |
| M Merle | M | „merle“ – grošování | SILV - CFA10 | Clark et al. (2006) |
| | m | normální pigmentace | | |
| S Spotting | S | normální pigmentace | MITF - CFA20 | Rothschild et al. (2006) |
| | s ⁱ | „irská strakatost“ – bílá do 20 % povrchu těla | | |
| | s ^p | „piebald spotting“ – bílá 20-80 % povrchu těla | | |
| G Greying | G | postupující šedivění | | |
| | g | normální pigmentace | | |
| T Ticking | T | tečkování v bílých plochách | | |
| | t | normální pigmentace – bílé zbarvení | | |

3.2.1 Lokus C

Lokus C – alely zmíněného genu kontrolují produkci enzymu tyrosinázy, který je důležitý pro proces syntézy melaninu v melanocytech – melanogézu. Alela **C** kontroluje produkci normálního, plně funkčního enzymu. Výsledkem působení této alely, která je

dominantní nad všemi ostatními alelami na lokusu C, je tvorba takového pigmentu a zbarvení jedince, jaké je kódováno ostatními geny. Recesivní alely kontrolují tvorbu enzymu, jenž má redukovanou aktivitu, a nebo je u homozygotů **cc** úplně nefunkční. Melanocyty – buňky produkující pigment melanin, jsou sice přítomné, avšak v důsledku snížené aktivity tyrosinázy se barvivo tvoří jen v menší koncentraci, nebo se netvoří vůbec (Dostál, 2007).

Dle předpokladů je alela C dominantní nad ostatními alelami. Vzájemný vztah mezi alelami – od nejdominantnější po nejrecesivnější by se dal popsat následovně: **C > c^{ch} > c^d > c^b > c**.

C – tato alela umožňuje projev úplné pigmentace, tedy normálního zbarvení. Proto je většina psů genotypu **CC**. Ale i homozygot **CC** může mít světlejší odstín. Předpokládá se, že to může být způsobeno modifikujícími polygeny.

c^{ch} – alela způsobující zbarvení podobné činčilovitému, odtud název „činčila“. Dochází k redukcii pigmentace na světlejší barvy – šedou, žlutou, krémovou. U homozygotních jedinců **c^{ch}c^{ch}** dochází vlivem této alely k zesvětlení původního zbarvení, především se tak děje u jedinců s pálením (genotyp **a^la^l**), což vede k tomu, že působením těchto alel můžeme získat celou škálu světlejších odstínů zbarvení.

c^d – „dondo“, nositelé této alely jsou bílého zbarvení, ale s černým nosem a tmavým okem. Někteří autoři nejsou o existenci alely **c^d** zcela přesvědčeni. Dle jejich názoru se tento typ zbarvení objevuje u bílých jedinců **c^{ch}c^{ch}** a za spolupůsobení **ee** nebo **A^y** mají černý nos. Jiné publikace však tento názor vyvrací a uvádí působení alely **c^d** u bílého německého ovčáka, který je bílý a zároveň homozygot **A^y A^y** (Dostál, 2007).

c^b – „cornaz“, modrooký albín – bílý jedinec s modrýma očima. Tato alela se u psů vyskytuje velmi vzácně a pouze jen u některých plemen. Melaninové barvivo se u zmíněných jedinců tvoří – mají modře zbarvené oko – nemůžeme tedy hovořit o úplném albinismu.

c – úplný albín. Pravý albinismus je u psů velmi vzácný. Úplní albíni se vyznačují bílým zbarvením srsti, růžovými sliznicemi, bílými drápy a červenýma očima. Toto zbarvení není ani příliš vyžadováno, naopak u pracovních plemen je často spíše nevýhodné – vzhledem k využití. Popisováno je jen u společenského plemene pekinéz, kde zbarvení nevadí.

3.2.2 Lokus E – Extension

Alely tohoto genu kontrolují distribuci černého nebo hnědého pigmentu v srsti psů. Odtud pochází název „extension“, což v angličtině znamená rozsah nebo také rozšíření (Dostál, 2007).

Jedná se o důležitý lokus jehož alely jsou zodpovědné za distribuci pigmentu eumelaninu v srsti psa a tím rozhodují o tom, kterým pigmentem bude srst psa zbarvena – zda eumelaninem nebo feomelaninem, a jaké bude na těle rozložení pigmentu. Gen *MC1R* (*Melanocortin 1 receptor*) byl zmapován na 5. psím chromozomu (Schmutz et al. 2001). *MC1R* gen můžeme na **E** – lokusu najít u mnoha savců. Na tomto lokusu jsou známy 4 alely: **E**, **e**, **E^M**, **E^G**. Nejvýznamnějšími jsou alely **E** a **e**, které se vyskytují u většiny psích plemen.

E – umožňuje normální rozložení tmavého pigmentu po těle psa.

Za přítomnosti alely **E** je umožněna distribuce pigmentu v srsti psa v závislosti na genotypu **A** lokusu. Alely genu **A** se mohou projevit jen a pouze, když je jedinec současně genotypu **E**- (Dostál 2007).

e – alela recesivní – polymorfismus (914 C>T) – jejíž přítomností dochází ke ztrátě funkčnosti genu a zapřičiňuje tvorbu feomelaninu namísto eumelaninu v srsti psa. Výzkumem Newtona et al. (2000) bylo objeveno šest variant sekvencí a zjistilo se, že dvě z nich – S 90G a R 306ter (914 C>T) částečně korelují s černoohnědou a černožlutou srstí. Aby se účinky genu projeví, musí být jedinec recesivní homozygot **ee**. Tato alela ovlivňuje pouze zbarvení srsti, v kůži tedy zůstává původní pigment hnědý nebo černý.

Recesivní homozygot s genotypem **ee** je schopen tvořit v srsti pouze feomelanin. Při recesivní epistázi tohoto lokusu se tedy nemohou projevit geny na **K** a **A** lokusu. Často se s tímto recesivním typem zbarvení můžeme setkat u irského setra, světle zbarvených labradorů či u pudlů. U border kolí se vyskytuje také pod označením ee-red. Jelikož alela kontroluje pouze pigmentaci srsti, zbarvení nosu, kůže, sliznic, pysků ani víček není nijak ovlivněna. Zmíněné části zůstávají tmavé. Právě podle toho můžeme rozeznat žluté jedince genotypu **ee** s tmavou pigmentací nosu, kůže, sliznic, pysků a víček od žlutě zbarvených jedinců genotypu **A^YA^Y**, u kterých jsou tyto části zbarveny žlutě nebo masově.

Vlivem modifikačního účinku celé řady polygenů má toto žluté zbarvení různé tmavší či světlejší odstíny. Takto zbarvení jedinci bývají popisováni jako zlatí, krémoví, mahagonoví, červení a tak podobně (Dostál, 2007).

E^G – tato alela působí v genotypu zbarvení srsti nazývané „grizzle“. Je dominantní k alelám E a e , ale recesivní k E^M . Toto zbarvení bylo popsáno u afgánských chrtů a saluk. U jiných plemen se můžeme s označením „grizzle“ setkat také, ale jedná se obvykle o jiné genetické zbarvení, které tuto barvu pouze připomíná. Podle Dreger and Schmutz (2010) má pes tohoto zbarvení světlou barvu způsobenou feomelaninem a horní část těla je překryta tmavou barvou eumelaninové pigmentace. S tímto zbarvením se už rodí a zůstává jim po celý život.

E^M – je nejdominantnější alelou z tohoto lokusu. Vytváří tzv. melanistickou masku – tmavé zbarvení obličejové části hlavy, občas i uší. Dědí se dominantně autozomálně cestou a k projevu dochází jak u dominantních homozygotů, tak také u heterozygotů. Není tedy žádný rozdíl ve fenotypu mezi homozygoty a heterozygoty. Podle výzkumu Schmutz et al. (2003) měli všichni zkoumaní psi s melanistickou maskou alespoň jednu záměnu metioninu za valin na aminokyselině 264, vzniklé jednonukleotidovou substitucí (799 A>G), a žádný nebyl homozygotem pro stop kodon R306ter. Dochází zde k interakci mezi genem *MC1R* s *ASIP* a hormonem stimulujícím melanocyty. Přítomnost alely E^M tedy zapříčiní změnu účinku *ASIP* genu a tím dojde k jeho nahrazení melanocyty stimulujícím hormonem v obličejové části hlavy psa. To je důvod, proč je možné pozorovat melanistickou masku pouze u psů, kteří mají genotyp tvořen agouti alelami A^Y , a^w , a^t a nebo aa – zde však nebude maska vidět, protože pes je celočerně zbarvený. Aby se mohla melanistická maska projevit, nesmí být lokus A blokován lokusem K . Zbarvení masky tvoří pigment eumelanin a může tedy podléhat účinkům dalších genů. Masku samotnou může být černá, hnědá, šedá, lila, ale dokonce i třeba merle.

3.2.3 Lokus K – Black

Kerns et al. (2004, 2007) při studiu DNA zjistili, že alela působící dominantní černé zbarvení se nachází na lokusu K , který byl zmapován na 16. chromozomu. Gen získal

označení *CBD103*. Bylo prokázáno, že kóduje tzv. ligand-receptor systém, který umožňuje střídání syntézy eumelaninu a feomelaninu.

Na lokusu **K** jsou identifikovány celkem tři alely s těmito dominantními vztahy: **K^B>k^{br}>k^y**.

K^B – rozhodující alela pro tvorbu černého zbarvení u velkého množství plemen. Její název pochází z anglického „black“ – černý. Candille et al. (2007) svým výzkumem zjistili, že u mnohých plemen, například loveckých, je alela **K^B** fixována. Znamená to, že v populaci se gen vyskytuje pouze v této alele a všichni čistokrevní jedinci mohou být pouze dominantní homozygoti **K^BK^B**. I tito jedinci však mohou být ovlivněni modifikacemi možnými u eumelaninu. Ve výsledku tak nemusí být barva vždy jen černá. Psi mohou být zbarveni čokoládově, modře apod. V případě, že by byl jejich genotyp **ee**, mohou být zbarveni i červeně. Z typů zbarvení je však vyloučeno pálení, stejně tak plavé zbarvení, sable – sobolí a také nemohou mít masku. Je ale zřejmé, že na projev bílých znaků nemá tento gen žádný vliv.

k^y – recesivní alela, která umožňuje alelám lokusu **A** tvořit feomelanin – tedy světlé zbarvení. Označení pochází z anglického „yellow“ – žlutá. Alela **k^y** je v hierarchii na posledním místě skupiny **K**. Aby tedy vůbec mohlo dojít k projevům tohoto genotypu na fenotyp, musí být jedinec recesivní homozygot – **k^yk^y**. Z toho vyplývá, že jedinci s pálením, plaví, sobolí a psi s divokým vlkošedým zbarvením mají na lokusu **K** obě alely recesivní – **k^yk^y**.

k^{br} – alela dominantní k **k^y**, ale recesivní **K^B** dává dvě možnosti genotypu, kdy se fenotypově projeví. Zkratka „br“ vznikla z anglického „brindle“ – žíhání. Pro projev brindle zbarvení může být jedinec jak homozygot **k^{br}k^{br}**, tak také heterozygot **k^{br}k^y**. Fenotypovým projevem zbarvení je pak pruhovaný vzor srsti, což je způsobeno střídáním feomelaninu s eumelaninem. I tato alela umožňuje alelám lokusu **A** tvořit feomelanin. Nicméně místa, která by působením alel skupiny **A** měla být zlatě zbarvena, jsou vlivem tohoto genu žíhaná. Takže plaví psi budou žíhaní na celém těle. V případě, že se u nich objevuje melanistická maska, hlava žíhaná není. U mnoha psích plemen je žíhání plavého podkladu velmi časté. U jedinců s pálením se vyskytuje žíhání v místech pálení. U psů sobolího zbarvení je už rozpoznání obtížné, jelikož se žíhání vyskytuje i v částech zlatých chlupů. Oproti žíhání plavých jedinců je žíhání v pálení a v sobolí vzácné. Hrají zde svou roli totiž další modifikátory pigmentu

eumelaninu, které ovlivňují eumelaninovou část žhání. Právě díky tomu může být plavý – zlatý – pes s černými, hnědými, modrými nebo lila pruhy. Bude-li se vyskytovat žhání v pálení, bude také eumelanin základního zbarvení ovlivněn modifikátory.

U border kolí se alely K^B a k^y vyskytují běžně. Alela k^{br} působící brindle zbarvení se objevuje vzácněji, buď jako zbarvení celého těla, nebo jako žhání v pálení.

3.2.4 Lokus A – Agouti

U psů je to snad gen s nejvyšší úrovní polymorfismu, který má popsáno celkem 5 různých alel. Tyto alely kontrolují u psů celou řadu různých zbarvení. Název „agouti“ dostal tento gen od jihoamerického hlodavce, který je znám tím, že škodí na třtinových plantážích. Tento malý hlodavec má podobné zbarvení, jako známe u psů pod pojmem vlkošedé nebo divoké. U zmíněného hlodavce byl agouti gen podrobně prostudován a výsledky těchto studií byly aplikovány u psů, kde bylo zjištěno, že mají obdobnou platnost, podobně jako u jiných druhů zvířat (Dostál, 2007).

Na A lokusu najdeme také geny kódující zbarvení sable, pálení a recesivně založenou černou. Alely na tomto lokusu kontrolují, kdy, a které buňky budou tvořit pigment eumelanin.

Berryere et al. (2005) provedli na třiceti sedmi psech výzkum genu *ASIP* (Agouti signal peptide). U vybraných plemen byla testována DNA za účelem určení genotypu různých nositelů alel agouti genu. U psů jejichž zbarvení bylo fawn – světle hnědá, srnčí nebo plavá, a sable – sobolí, byly identifikovány alely A^y s aminokyselinovými změnami na 182S a R83H. U psů s pálením a^t nebyly tyto změny nalezeny. U recesivní alely a *ASIP* genu, která determinuje recesivní černou, proběhla změna na R96C. U žádného plemene se zatím nevyskytují úplně všechny alely, takže se nedá přesně určit pořadí dominance jednotlivých alel. Nejčastěji je však dominantní posloupnost uváděna takto: $A^y > a^w > a^t > a$ (Schmutz et al. 2007).

A^y – jedná se zřejmě o nejdominantnější alelu v této sérii. Její označení je opět odvozeno od anglického „yellow“ – žluté. Kontroluje totiž velké omezení tmavé pigmentace. Přítomnost jedné alely A^y stačí k tomu, aby se projevila na fonotypu. A^y je neúplně dominantní vůči a^t , takže Bowling (2000) uvádí, že hezerozygoti $A^y a^t$ budou svým zbarvením tmavší než homozygoti $A^y A^y$.

Alela **A^y** způsobuje sobolí zbarvení vyznačující se červenou barvou srsti, která je způsobena feomelaninem. Jednotlivé chlupy se s eumelaninovou pigmentací překrývají. Tmavá barva může být jak na celém chlupu, tak i jen na jeho části. Ale vždy je tmavá barva od konce směrem ke kořínku. Tmavé chlupy nebo jejich části jsou zbarveny pigmentem eumelaninem, takže podléhají působení celé řady dalších genů. Jejich vlivem mohou být nejen černé, ale také hnědé, šedé nebo i lila. Poměr světlých a tmavých částí bývá různý. Čím je však světlejší barva tmavého pigmentu, tím obtížnější je rozpoznat ji od základní červené pigmentace.

Existují dva typy sobolí. Obvykle se u jednoho plemene vyskytuje jen jeden z typů, což nám naznačuje, že geneticky jsou si oba typy sobolí barvy velmi podobné, ale liší se vlivem prošlechtění ve skupinách modifikujících genů.

První typ se nazývá clear sable – čistá sable – a u některých plemen bývá označována jako fawn (srnčí, plavá). Pro toto zbarvení je typická žlutá až červená barva s minimem tmavých chlupů. V případě plemen, která jsou na tuto barvu hodně prošlechtěna se tmavé chlupy v srsti nevyskytují vůbec. Skoro vždy však bývá přítomna melanistická maska (Berryere et al., 2005). Kdyby pes masku neměl, bylo by velmi obtížné odlišit barvu clear sable od recesivní červené způsobené genotypem **ee**. Clear sable jedinci však většinou mívají alespoň nějaký tmavý chlup, který naopak nikdy nenajdeme na psovi zbarveném recesivní červenou.

Druhým typem je shaded sable – stínová sable. Psi s tímto zbarvením mají stejnou červenou barvu srsti, ale více tmavých chlupů než fawn (Berryere et al., 2005). Tmavé zbarvení bývá nejčastěji na hlavě, hřbetu, bocích, ocasu a také na zadních stranách končetin. Maska se u tohoto typu zbarvení může, ale také nemusí objevovat.

U border kolie se nejčastěji vyskytuje shaded sable bez masky, ale může se vyskytnout i jiná zmiňovaná varianta sobolího zbarvení.

a^w – alela způsobující střídání tvorby eumelaninu a feomelaninu. Na chlupu se vlivem toho objevují charakteristické žluto-černé pruhy. Označení této alely je z anglického „wild“ – divoký – podle původního zbarvení vlků. Dodnes nese divoké zbarvení celá řada vyšlechtěných plemen, například československý vlčák, sibiřský husky, norský elkhound, sibiřský husky, německý ovčák či hrubosrstý jezevčík. Podle Schmutz et al. (2007) je modifikace tohoto zbarvení rozšířená prostřednictvím „chinchilla“ genu lokalizovaného na lokusu **C**. Tento gen způsobuje změnu zbarvení feomelaninu na bílou, či velmi světle

krémovou barvu. Psi jsou proto zbarvení černo-stříbrně, což je zapříčiněno střídáním bílo-černých proužků na chlupu.

U border kolie se vlkošedé/divoké zbarvení nevyskytuje.

a^{sa} – označovaný jako „saddle“, opět podle anglického výrazu pro sedlo. Zbarvení tvořící sedlo známe například u erdelteriéra, velšteriéra nebo bigla. Variabilita zbarvení a velikosti sedla je však různá a někdy dělá potíže správné určení genotypu jedince (Dostál, 2007).

Na molekulární úrovni však nebyla alela dosud prokázána, proto někteří autoři její výskyt zpochybňují.

a^t – „tan“ – česky pálení – je rozšířený a také velmi variabilní vzor zbarvení jak v intenzitě pálení, tak také v úplném vývinu všech jeho znaků (Dostál, 2007). Barva pálení se vyskytuje v rozsahu škály odstínů pigmentu feomelaninu. Zbarvení tan může zasáhnout různé části těla psa. Typické pálení se projeví na černých nebo tmavých jedincích hnědě zbarvenými skvrnami nad očima, tvářemi a částech končetin.

V případě, že by měl jedinec gen pro brindle a zároveň pro pálení, gen **a^t** bude omezovat brindle zbarvení na psím těle a žíhání se tak projeví pouze v oblastech s pálením.

a – u některých plemen se vyskytují psi černého zbarvení mající genotyp **aa**. To je způsobeno tvorbou tmavého eumelaninu v pigmentovaných buňkách těchto recesivních homozygotů (např. německý ovčák, šeltie a psů ze skupiny špice – akita inu). Většina plemen má však černou barvu kódovanou dominantní alelou **K**.

U plemene border kolie se pravděpodobně vyskytují obě alely, takže jsou možné oba způsoby vzniku černého zbarvení. Dominantní forma je však mnohem častější.

3.2.5 Lokus B – Brown

Lokus B má dvě základní alely **B** a **b**. Výzkumem Schmutz et al. (2002) bylo zjištěno, že na lokusu **B** se nachází gen označovaný jako *TYRPI* (Tyrosinase related Protein 1), který byl zmapován u psů na 11. chromozómu. Jeho název je „brown“ – hnědý.

B – alela kontrolující černé zbarvení. Je dominantní k alele **b**, která zapříčiňuje hnědé zbarvení. U jedinců **A^v** kontroluje alela **B** intenzitu žlutého zbarvení, čímž vzniká tmavší žluté zbarvení, než můžeme sledovat u jedinců **bb**. Tyto jedince lze od sebe odlišit podle toho, že jedinci **B-** mají černý nos, černé pysky a černou pigmentaci sliznic, zatímco jedinci **bb** mají tyto části těla spíše jätrově hnědé (Dostál, 2007).

b – recesivní alela způsobující hnědé zbarvení, a to nejen u psů, ale i u mnoha jiných druhů zvířat. Podle Schmutz et al. (2002) tento gen působí na pigment eumelanin, jenž se z černé barvy mění na hnědou. Nemění se pouze barva srsti, ale rovněž barva kůže. Čímž také dochází ke změně zbarvení nosu, očních víček, sliznic a polštářků na tlapkách na hnědou barvu. Působením dalších genů lze poznat přítomnost recesivních alel **bb** i na jedincích majících například bílou nebo žlutou barvu srsti. I zde je totiž vidět změna zbarvení nosní houby, očních víček, sliznic a polštářků tlapek.

Zatím byly objeveny tři recesivní mutace genu **b**. Jsou jimi **b^S**, **b^d**, **b^c**. Tyto tři polymorfismy v DNA hnědých psů zkoumali Schmutz et al. (2002). Ukázalo se, že dva z nich jsou na exonu 5. První z nich – **b^S** – obsahuje stop kodon exonu 5 (Q331ter) (c.991 C>T) a druhý – **b^d** – obsahuje delecí prolinu v exonu 5 (345de1P). Třetí polymorfismus – **b^c** – je substitucí v exonu 2 a způsobuje záměnu tyminu za cystein (S41C) (c.121 T>C). Není vyloučeno, že se vzácně vyskytují i jiné mutace genu **B** které dosud nebyly prozkoumány.

Zatím nebylo zjištěno, jaký vliv mají mutace genu **b** na výsledné zbarvení srsti nebo zda vůbec mají nějaký vliv. Hnědě zbarvený jedinec může mít obě alely stejného typu – **b^Sb^S**, nebo může být každá jiná – **b^cb^d**. Nebylo totiž ani prokázáno, že by konkrétní mutace genu **b** měla vliv na sytost, odstín barvy. U štěňat z jednoho vrhu se můžou odstíny hnědé lišit, ačkoli mají v genomu všechna stejnou mutaci.

Výsledný odstín a sytost hnědé barvy kódované alelou **b** bývají u jednotlivých plemen výrazně odlišné, což je pravděpodobně způsobeno součinností dalších genů. Přesný systém fungování těchto genů však dosud není znám. Zbarvení pak mívá také různá označení od nejrozšířenějšího názvu hnědá, přes čokoládovou, jätrovou až po červenou – i když ve skutečnosti se o pravou červenou barvu nejedná, protože není způsobena pigmentem feomelaninem.

U border kolií nalezneme všechny tři běžné mutace.

3.2.6 Lokus D – Dilution

Tento gen kontroluje hustotu granulí pigmentu v chlupech – normální nebo jejich řídké rozvrstvení. Podle toho také získal svůj název – „dilution“ znamená rozředění, zeslabení, zesvětlení. Jeho působení se týká jak granulí černých (eumelaninu), tak také granulí světlých (feomelaninu).

Gen má dvě alely: **D** – kontroluje normální hustotu granulí v chlupech a je dominantní nad alelou **d**, která kontroluje řídké rozvrstvení granulí v chlupech (dilution) a je recesivní k alele **D** (Dostál, 2007).

Tento lokus byl identifikován Drögemüllerem et al. (2007) na 25. chromozómu psa a gen byl označen *MLPH* (melanophilin gene). Recesivní mutace s označením **d** má silný ředící vliv na eumelanin a slabší ředící vliv na feomenlanin. *MLPH* působí na pigmentové granule, které vytvářejí shluky. Schmutz a Berryere (2007) tvrdí, že alela **d** zesvětluje i feomelanin. Nicméně účinek na pigment je menší, než jaký je na eumelanin. Výsledný odstín feomelaninu budou tedy nejspíš ovlivňovat i další modifikátory, které nebyly dosud identifikovány, a působení mutace **d** na zesvětlení srsti psa nebude mít příliš velký vliv.

Vlivem alely **d** se černá barva mění na stříbřitě šedou. Tato barva se v kynologii označuje jako „blue“ (česky modrá). Hnědá barva je zředěna na světlejší hnědou až béžovou. Tyto barvy pak nazýváme „lila“ nebo „izabela“ – záleží o jaké se jedná plemeno. Mutace má vliv také na barvu jedinců s pálením. U plemene border kolie černobílé s pálením (black & white tan) se pak pálení projeví mnohem světleji než u border kolie modrobílé s pálením (blue-white tan). Alela nemá vliv jen na zbarvení srsti, ale rovněž i na barvu kůže. Recesivní homozygoti modří a lila mají zpravidla světlejší nos, oční víčka a také oči samotné, než je pro neředěnou černou a hnědou barvu typické. Tento gen ovlivňuje jakýkoli vzor a zbarvení jedince.

Hnědé zbarvení známé u některých plemen slídičů, například anglického kokršpaněla, amerického kokršpaněla, irského vodního španěla nebo susex španěla, je velmi elegantní a líbivé. Tato plemena jsou jak **BB** a **Bb** černě pigmentovaná, tak také čokoládově hnědá **bb**. Velmi neobvyklí jsou u těchto plemen jedinci genotypu **bbdd** – stříbrošedé barvy. Pro plemena výmarského ohaře, jak krátkosrstého, tak dlouhosrstého a u slovenského hrubosrstého stavače je však toto zbarvení standardní. Stříbrošedé zbarvení je tedy známé u všech druhů a kvality srsti. Homozygoti **dd** jsou modří u plemen jako čau-čau, kolie, pudl nebo dobrman (Dostál, 2007).

Podle Philipp et al. (2005) jsou u některých plemen mutace *MLPH* spojovány s vrozenými onemocněními. Týká se to například dobrmana, kde se rozšiřuje tzv. syndrom modrých dobrmanů CPA (color dilution alopecia). U postižených jedinců způsobuje lokální alopecii, především v oblasti hlavy. U plemene velkého müsterlandského ohaře známe zase tzv. BHFD (black hair follicular dysplasia), která způsobuje podobné problémy. U obou zmíněných plemen byla identifikována sada SNP kolem 2. exonu.

3.2.7 Lokus M – Merle

Zbarvení merle se nazývá též grošování.

Clark et al. (2006) objevili, že původcem tohoto zbarvení je gen nesoucí označení *SILV*, někdy také *PMEL 17*, a nachází se na lokusu **M**. Zmapován byl na 10. chromozomu. Výzkumem tohoto genu se také zabývali Schmutz et al. (2003), který publikoval několik svých prací zabývajících se touto problematikou.

Jedna domněnka uváděla, že za původce merle by mohl být považován gen *KILTG* zmapovaný na CFA15. Dále zkoumali gen *MITF* a jeho sekvenci *MITF-M*, kódující utváření melanocytů. Nicméně v průběhu výzkumu bylo zjištěno, že tato sekvence se nijak neliší u psů s merle zbarvením od psů bez něj. Bylo však zjištěno, že gen *MITF* je zodpovědný za bílou skvrnitost u psů a také ovlivňuje kromě zbarvení i vývoj oka.

M – se považuje za dominantní alelu. Heterozygoti **Mm** a dominantní homozygoti **MM** mají odlišný fenotyp, proto je přesnější označit tento vztah za neúplnou dominanci.

m – alela je recesivní. Recesivní homozygoti **mm** mají zbarvení jednotné.

Zbarvení merle u některých plemen znamená charakteristickou strakatost. Právě tato barva se často vyskytuje u plemen ovčáckých psů typu kolie – border kolie, dlouhosrstá a krátkosrstá kolie, australský ovčák a šeltie. Merle zbarvení mají i další plemena jako je například jezevčík nebo německá doga. V poslední době se objevilo toto zbarvení i u plemen, kde se dříve vůbec nevyskytovalo. Příkladem je čivava, americký kokršpaněl nebo třeba stafordširský bulterier, kde však někteří autoři pochybují o čistokrevnosti jedinců zbarvených tímto způsobem.

Dostál (2007) uvádí, že merle – grošování – je v podstatě dvojí pigmentace. Grošování je výsledkem působení heterozygotní sestavy genu **M** u jedinců s genotypem **Mm**. Plášťově

jednotné zbarvení mají homozygoti **mm**. Alela **M** je dominantní nad alelou **m**. Dominantní homozygoti **MM** mají jednotné bílé nebo téměř bílé zbarvení, modrou duhovku oka, samotné oko je menší, jsou částečně nebo úplně hluchí a sterilní. V důsledku snahy zabránit štěpení jedinců genotypu **MM** je FCI zakázáno páření dvou jedinců merle – **Mm**. V případě, že k tomu i přes zákaz dojde, potomstvo z tohoto vrhu nemůže být zapsáno do plemenné knihy.

Tzv. merle syndrom – souhrn všech výše uvedených negativních jevů, které se mohou u homozygotních merle jedinců vyskytnout – se však nemusí vždy u jedince **MM** projevit. Pes může mít fenotyp heterozygotního merle, ale genotyp homozygotního merle a být bez příznaků onemocnění. Výjimečně se může objevit i heterozygot **Mm** se syndromem merle. Problémy u něj však nebývají obvykle tak výrazné, tvrdí Strain et al. (2009).

Grošování se může projevit u černých, hnědých, modrých i lila jedinců. Jeho projev může být na celém těle, ale i jen v některých oblastech zbarvení. Merle se může objevit dále ve stínování u sable jedinců, u žíhaných jedinců v pruzích zbarvených eumelaninem nebo také v melanistické masce. Projevit se může grošování na kterékoli části zbarvení determinované eumelaninem, a nehraje tu roli, zda je pigment eumelanin ovlivněn některými dalšími modifikátory. Právě díky tomu se může merle projevit u jedinců různých barev. Feomelanin tento gen nijak neovlivňuje – jeho projevy tedy zůstanou beze změny i za přítomnosti alely **M**.

Jedním z typů zbarvení merle je tzv. merle harlequin – harlekýn. Dosud není známa genetická podstata tohoto vzoru, ale je pravděpodobné, že se jedná o modifikaci alely **M**, která je občas v literatuře označována jako **M^h**. Vzor harlekýn se u jedinců označovaných genotypem **M^hm** projevuje formou různě zbarvených skvrn v srsti. U běžných merle jedinců se vyskytují tmavé skvrny stejné barvy na světlém podkladu. U harlekýnů mohou mít skvrny různou intenzitu odstínů.

Další fenotypovou variantu grošování kontroluje dominantní alela „tweed“ označována symbolem **M^T** nebo občas i **Tw^T**. Tento typ byl popsán zatím u australských ovčáků. Vyznačuje se prodlouženými tmavými skvrnami, které mají různou intenzitu pigmentace. Vedle sytě pigmentovaných skvrn jsou skvrny se střední intenzitou (Dostál, 2007).

3.2.8 Lokus S – Spotting

Tento gen kontroluje pravou strakatost, skvrnitost – výskyt pigmentovaných ploch vedle čistě bílých nebo prokvetlých částí psa. Velikost a výskyt skvrn jsou kontrolovány geneticky a rozlišujeme několik typů skvrnitosti podle velikosti a rozsahu skvrn na těle psa.

U mnoha plemen se toto zbarvení vyskytuje jako standardní. Ale jsou i plemena, u kterých se vyskytují bílé skvrny jen na některé části těla – obvykle se jedná o náprsenku, lysinku a punčošky, a také jde o standardní zbarvení. A u některých plemen je povolena jen malá bílá skvrna, většinou na předhrudí, která nesmí přesáhnout určitou, standardem danou, velikost. Naopak u jiných je i tato drobná skvrna na předhrudí naprosto nežádoucí (Dostál, 2007).

Ve svém výzkumu identifikoval Rothschild et al. (2006) pro strakatost psů gen *MITF* (microphthalmia-associated factor) na 20. chromozómu psa. Další vědci tento objev později potvrdili. Například u bílého zbarvení boxerů identifikoval svým výzkumem tento gen Leegwater et al. (2007).

Rothschild et al. (2006) popsali na lokusu **S** tyto čtyři alely: **S**, **sⁱ**, **s^p** a **s^w**.

Vysvětlit dominantní vztahy mezi jednotlivými alelami lokusu **S** není úplně jednoduché. Alela **S** je uváděna jako dominantní nad alelou **sⁱ**, ale nad alelami **s^p** a **s^w** je alela **S** neúplně dominantní, jelikož se vyskytují heterozygoti **Ss^p** a **Ss^w**, jejichž zbarvení je s podílem bílé do 20 %. Alela **sⁱ** je dominantní nad alelou **s^p**, ale nad alelou **s^w** dominantní není, protože heterozygoti **sⁱs^w** mají bílou přibližně polovinu povrchu těla.

S – jedinci nesoucí tuto alelu mají po celém těle jednotné zbarvení, takže se u nich strakatost nevyskytuje.

sⁱ – „irská strakatost“ – výskyt bílé barvy na těle psů nesoucích tuto alelu je do 20 % na celém povrchu těla. Irská strakatost se objevuje například u plemen kolíí nebo basenži. Bílá barva se nejčastěji vyskytuje na krku, hrudníku, bříše, končetinách a na ocase.

s^p – „piebald spotting“ – označení strakatosti, kde se vyskytuje bílá barva od 20 % do 80 % povrchu těla psa. S takovým typem strakatosti se můžeme potkat například u plemen foxteriér nebo pointr.

s^w – „extreme – white“ – extrémně bíle strakatý. Takový jedinci mají více než 80 % celkového povrchu těla zbarveno bíle. I zde však zůstává pigmentace očí, nosu a sliznic černá nebo hnědá. Toto zbarvení můžeme vidět u plemene bulterier nebo dalmatin, který má specifickou strakatost zapříčiněnou pravděpodobně extrémní expresí s^w alely. Štěňata dalmatinů se totiž rodí úplně bílá a teprve postupně se u nich začnou objevovat malé skvrny kulatého tvaru černé nebo hnědé barvy, a až v průběhu dospívání se tyto pigmentované skvrny zvětšují. V tomto případě se zřejmě jedná o důsledek dlouhodobé a cílené selekce na tento konkrétní typ strakatosti. Zároveň tu hraje roli i působení alely **T** – tečkování.

Různorodost strakatého vzoru je značná díky vlivu působení velkého množství polygenů zasahujících do výskytu bílých skvrn. V případě, že se bílé skvrny vyskytují u plemen, kde jsou nežádoucí, je potřeba tyto jedince z chovu vyřadit a zároveň také zvolit vhodné selekční postupy, aby bylo dosaženo požadovaného cíle. Například selekce rodičů dávajících potomstvo nežádoucího zbarvení.

Zmíněný problém s nežádoucí strakatostí se vyskytuje i u border kolií. Dle standardu FCI je dovoleno množství barevných variací, nikdy však nesmí převládat bílá, což znamená, že bílá barva nesmí přesahovat 50 % povrchu těla psa. V případě, že k takovému jevu dojde, je daný jedinec označen za nositele „white factor“ a nesmí být zařazen do chovu. Občas v průběhu bonitace může vzniknout spor mezi posuzovateli a majitelem či chovatelem border kolie, která vykazuje o něco větší poměr bílé barvy na těle, než je obvyklé.

3.2.9 Lokus G – Greying

Lokus G – anglicky „greying“, česky postupující šedivění. Konkrétní gen způsobující postupující šedivění dosud nebyl popsán.

Efekt tohoto genu je velmi složitý. Není také zcela jasné, zdali je alela **G** úplně či neúplně dominantní nad alelou **g**, která kontroluje normální pigmentaci osrstění až do stařeckého šedivění. Vzhledem k tomu, že postupující šedivění se zdaleka nevyskytuje u všech plemen, můžeme předpokládat, že u nich se vyskytují pouze recesivní homozygoti **gg**. Postupující šedivění se naopak vyskytuje například u plemene staroanglického ovčáka, pudla, kerry blue teriéra nebo bedlingtonteriéra.

Postupující šedivění se projevuje jako postupné zesvětlení osrstění, kdy se z černého štěněte postupně stává modrý či šedomodrý jedinec. Předpokládá se, že postupující šedivění je rychlejší u jedinců genotypu **GG** než u psů s genotypem **Gg** (Dostál, 2007).

Alela **G** kontroluje postupující šedivění jakéhokoliv zbarvení, mimo bílého, a je svým účinkem epistatická nad všemi ostatními geny kontrolujícími zbarvení srsti u psů.

3.2.10 Lokus **T** – Ticking

Lokus T, z anglického „ticking“ – tečkování, má dvě alely.

T – kontroluje tečkování a je dominantní nad alelou **t**

t – kontroluje normální, čistě bílé zbarvení a je k alele **T** recesivní

U některých plemen psů lze pozorovat, že bílé oblasti jejich osrstění nejsou čistě bílé, ale že se jedná o směs bílých a pigmentovaných chlupů. Toto zbarvení známe například u německého ohaře, slovenského hrubosrstého stavače, německého dlouhosrstého ohaře, anglického setra, pointra a dalších. Takové zbarvení se u nás stalo zvykem označovat jako zbarvení „bělouš“. Intenzitu pigmentace chlupů tento gen neovlivňuje, nicméně kontroluje jejich rozvrstvení po těle.

U všech zastoupených plemen loveckých psů u nás se štěňata rodí čistě bílá na všech plochách, kde je později zbarvení bělouše. Krátce po narození začnou postupně prokvétat pigmentovými chlupy, takže při odběru už jejich noví majitelé vědí, jakého jsou zbarvení. Účinek alely **T** se projeví jen v případech, kdy jedinci nemají v genotypu alelu **S** a jsou tedy $s^i s^i$, $s^{ps} s^{ps}$ či $s^{w} s^{w}$ homozygoti nebo $s^i s^p$, $s^i s^w$ či $s^{ps} s^w$ heterozygoti (Dostál, 2007).

Intenzita tečkování vykazuje značnou variabilitu. Díky tomu se můžeme setkat s různými označeními tohoto zbarvení. U některých plemen se označují jedinci s menším počtem pigmentovaných chlupů jako „světlí bělouši“. Označení „tmavý bělouš“ nese naopak jedinec mající počet pigmentovaných chlupů větší než chlupů bílých. U nás můžeme tento rozdíl vidět u některých ohařů – německý krátkosrstý ohař, český fousek nebo i grifon. Angličané používají „ticking“ pro zbarvení s menším počtem pigmentovaných chlupů – světlejší bělouše, a „roan“ pro zbarvení s větším počtem pigmentovaných chlupů – tmavé bělouše. Vzhledem k tomu, že lokus **T** nebyl dosud geneticky zmapován, můžeme v literatuře najít protichůdné názory na fungování a vazby jeho alel. Existují pozorovatelé domnívající se, že tečkování je ovlivňováno více než jednou alelou. Nicméně chybí pro to důkazy. Zdá se však, že stejně jako je intenzita pigmentace výsledkem působení dalších polygenů, může i tečkování být do jisté míry ovlivněno působením polygenů.

Z výše uvedených informací je zřejmé, že na celkové zbarvení jedince mají velký vliv polygeny. Literatura uvádí dva typy polygenů, které mají vliv na světlejší či tmavší odstín zbarvení psa.

Polygeny rufus kontrolují intenzitu pigmentace a zajišťují tmavší zbarvení jedince. Polygeny rufus ovlivňují expresi alely **A^y** i alely **e**. Kontrolují také intenzitu pláštěvého zbarvení a také intenzitu pigmentace sedla a pálení. Vliv polygenů rufus je pravděpodobně jednosměrný, zaměřený k větší intenzitě zbarvení, to je ke zbarvení tmavšímu (Dostál, 2007).

Polygeny umbrous rovněž ovlivňují intenzitu zbarvení u psů. Výsledkem jejich působení může být například změna **A^y** žlutých jedinců do zbarvení sobolího. Tito jedinci pak mají některé žluté chlupy zakončené černými konečky. Běžně lze u psů tento jev pozorovat na hlavě a na hřbetě. Alela **e** je svým působením nadřazená celé skupině polygenů umbrous (Dostál, 2007).

Existují i další geny ovlivňující intenzitu pigmentace osrstění. Například gen **Int** – „intense“, jenž ovlivňuje intenzitu žluté pigmentace. Od genu **D** se liší tím, že vůbec nepůsobí na černou pigmentaci. Dalším je gen označovaný jako **Sg** – „slate grey“, který se podle některých autorů vyskytuje například u kolií a dalších ovčáckých a pasteveckých psů. U genu **Sg** jsou popisovány dvě alely. Dominantní alela **Sg** kontroluje zesvětlení černého zbarvení na tmavošedé a zesvětluje i zbarvení duhovky na hnědozelenou. Recesivní alela **sg** pak kontroluje normální distribuci černého pigmentu. Gen **Pp** byl popsán rovněž u kolií. Nalezneme u něj opět dvě alely. Dominantní alela **Pp^P** kontroluje projev normálního zbarvení a je dominantní nad alelou **Pp^p**, která kontroluje šedé zbarvení štěnat. Ta do stáří 6-8 měsíců postupně tmavnou až do pláštěvě černého zbarvení se světlejší podsadou. U černých jedinců s pálením není intenzita pálení ovlivněna. Také zbarvení nosu je normální (Dostál, 2007).

3.3 Plemeno border kolie

Plemeno border kolie bylo vyšlechtěno na konci 19. století v hraniční oblasti mezi Anglií a Skotskem, která se nazývá Border country. Odtud také dostalo plemeno své jméno. Poprvé však byl název „Border Collie“ použit až v roce 1915 při zápise do ISDS

(International Sheep Dog Society) – Mezinárodní organizace ovčáckých psů. Jedná se o britskou organizaci, pod kterou se registrují ovčáckí psi. Původní pracovní zaměření border kolie bylo především pasení – shánění ovcí do stáda a vedení stáda krajinou dle povelů ovčáka. I dnes se k pasení border kolie často využívají.

Ačkoli se o existenci plemene border kolie ví už od konce 19. století, od 1915 jsou jeho příslušníci registrovaní pod ISDS, bylo britským Kennel clubem uznáno až v roce 1976, kdy byl konečně vypracován standard plemene, kde je přesně popsán zevnějšek i povaha border kolie. O dalších jedenáct let později – 24. 6. 1987 – byl standard plemene border kolie publikován FCI. Krátce na to se v České republice objevily první border kolie.

3.3.1 Plemenný standard

Doslovné znění plemenného standardu naleznete v příloze – 6.1.

Plemenný standard neuvádí doporučenou váhu plemene, nicméně obecně můžeme říct, že hmotnost border kolie by se měla pohybovat v rozmezí od 13 do 22 kg. Psi bývají zpravidla těžší – dosahují hmotnosti 14-22 kg. Feny mají hmotnost nižší, obvykle mezi 12-19 kg. Jedná se tedy o psa středního vzrůstu a neměl by být těžkopádný, ani naopak příliš lehký. Border kolie se vyznačují rychlým, plíživým, ale uvolněným pohybem. Co se týká hodnocení inteligence psů, zauímají border kolie ve většině případů první místa. Jedná-li se o pracovní, sportovní či asistenční využití tohoto plemene, začíná se i zde jevit jako velice vhodné ve většině aktivit, na které člověk využívá psa.

Pro pracující border kolie platí několik charakteristik, které bychom mohli označit za typický vzor pracovního psa. Takovýto pes by měl mít instinkty pro práci, ke které je využíván. V případě border kolie se jedná o sehnání hospodářských zvířat dohromady, zastavení jich a následnou kontrolu. K tomu slouží border kolii tzv. *oko* – pohled, který upírají na cíl, který se pohybuje, nebo který naopak chtějí k pohybu přimět. Velmi důležitá je pro pracovního psa také ochota poslouchat a spolupracovat se svým pánem s radostí. Ta obvykle border kolii nechybí, naopak se vyznačují neutuchající touhou pracovat a snahou plnit přání svého pána, což bývá často označováno jako smysl jejich života.

Plemeno border kolie svým vzhledem, barevností i povahovými vlastnosti přitahuje stále více chovatelů a milovníků psů. Především díky odborné i populární literatuře má plemeno zatím poměrně štěstí na své majitele a nekončí příliš často v útulcích nebo uvázaní někde v lese či u cesty. Literatura našťastí toto plemeno popisuje jako velmi temperamentní, vyžadující spoustu času majitele a velmi problematické, pokud se majitel psovi dostatečně

nevěnuje. Dále jsou ve spojitosti s tímto plemenem vždy zmiňovány pastevecké schopnosti a uvádí se, že proto border kolie potřebuje dosti velký venkovní prostor. Většinou nechybí ani poznámka, že se jedná o plemeno nevhodné pro chov v bytových podmínkách. Zdůrazněna bývá nevhodnost plemene pro začínající chovatele. Ačkoli by se s tímto tvrzením dalo nesohlasit, pravdou zůstává, že border kolie potřebuje opravdu dobré a důsledné vedení, pokud chceme, aby z ní byl inteligentní, živý, dobře, a především ochotně pracující pes. Právě vrozená inteligence a chytrost, pro kterou se plemeno stalo tak oblíbeným, může začínajícímu chovateli pěkně znepríjemnit společné soužití. Pes se naučí stejně rychle to žádoucí, ale i to nežádoucí chování, pokud je to pro něj výhodné a my jej v tom, byť nevědomky, podporujeme.

I dnešní border kolie, které se u nás už k pasení neuvžívají tolik, si ponechaly své pastevecké vlastnosti a velmi úspěšně je uplatňují při sportovních, pracovních či volnočasových aktivitách, které se svým majitelem provozují. Díky tomu můžeme toto plemeno vidět při agility, dogdancingu, flyballu, frisbee, obediencie, coursingu, dogtrekkingu nebo dokonce i při mushingu. Někteří jedinci tohoto plemene jsou vhodné také pro canisterapii nebo jako asistenční či vodící psi. Border kolie můžeme stále častěji vidět i u záchranářů.

V dnešní době je velmi důležité pro všechna plemena psů najít takový způsob šlechtění, aby byl zachován nejenom exteriér daný standardem, ale aby se udržela použitelnost plemene pro práci. Pracovní využití a úspěchy v soutěžích závisí vždy také na exteriéru psa. Jen harmonicky a dobře stavěný pes může podávat dobrý výkon, jenž umožní psovi pouze určité tělesné předpoklady. V případě, že je pes nemá, není přijatelný pro chov, například je příliš nízký, má velmi úzký hrudník, špatné nasazení uší, chybí mu barevnost. Proto je velmi důležité, aby se povahové i exteriérové vlastnosti pohybovaly v určitých hranicích. V chovu čistokrevných psů je kladen velký důraz na standard. Nicméně aby mohl být pes dlouhodobě využíván k práci, musí mít zdravou konstituci, musí být přizpůsobivý, bystrý, vytrvalý a dlouhověký. Tyto vlastnosti jsou spojeny s určitým zjevem jedince a umožňují pohodlné fungování celé tělesné soustavy psa. Na druhou stranu, nebude-li psovi umožněno využívat jeho nadání, dojde tím postupně ke zhoršení i celkové funkce jeho těla.

Standard plemene border kolie byl vypracován až mnohem později než u mnoha jiných plemen. Podílel se na jeho zpracování Kennel Club, tzn. lidé, kteří se intenzivně věnovali chovu psů se zaměřením na pracovní výkon. Právě proto je v exteriéru tohoto plemene tak velká variabilita. Pravděpodobně žádné další plemeno nemá ve standardu tak benevolentní stavbu těla, délku srsti a širokou paletu barevných možností.

3.3.2 Zbarvení srsti border kolií

Možnosti zbarvení border kolií jsou opravdu rozsáhlé, povoleny jsou všechny barevné kombinace, ale nikdy nesmí převládat bílá barva. Takový jedinec je obvykle již při bonitaci vyřazen z chovu, ačkoli převaha bílé barvy nemá žádný vliv na jeho pracovní, sportovní či služební výkon. Podle standardu plemene však nemůže být jedinec tohoto zbarvení uznán za chovného.

Velké množství barevných kombinací značí také mnoho označení pro jednotlivé typy zbarvení u tohoto plemene. Od těch nejnámějších například black & white, trikolor, seal white, brown and white, brown and white tan, blue merle, blue merle tan, red merle, red merle tan, ee-red, blue-white, sable, sable merle... Jelikož plemeno pochází z Velké Británie, používají se často i u nás anglické názvy pro označení barevných variací. Není proto chybou používat pro označení barvy český ani anglický název, přípustné jsou obě varianty. Nicméně díky dvoujazyčnosti může občas dojít k mylnému výkladu.

Jako barvy základní jsou u border kolií uváděny: černobílá (black & white), hnědobílá (brown and white), sable a australská červená (ee-red). U těchto čtyř základních barev pak může docházet k jejich ředění.

Základní černá barva se ředí na modrou a takto zbarvený jedinec je potom označován jako blue-white. Hnědá barva nese po zředění označení lila. U sable zbarvení se setkáváme s několika odstíny této barvy. Jedná se například o dark sable, sedlovou sable, zlatou sable a modrou sable. Je tedy zřejmé, že barva sable – neboli sobolí, může mít řadu různých odstínů, nicméně pes je většinou označen jako sable bez dalšího upřesňujícího přívlastku.

Dalším faktorem majícím vliv na konečné zbarvení border kolií je tzv. merle zbarvení. U border kolií se objevuje merle pro černou barvu, které je však označováno jako blue merle, navzdory tomu, že základní barva zde není ředěná. Černý pes s merle genem se nám jeví jako modrostříbrný, a proto se zřejmě vžilo toto označení. V případě, že se vyskytne merle na modré barvě, označuje se jako slate merle, česky také břidlicová.

Hnědá barva má už odstínů o něco více. Od tmavě hnědé přes čokoládovou až po hnědočervenou barvu označovanou jako red. Pakliže má jedinec hnědou barvu s merle faktorem, nejčastěji nese označení red merle. Tato barva vzniká z barvy hnědé. Neměla by se tedy zaměňovat s australskou červenou, která je původu jiného. Hnědý (red) jedinec má hnědě zbarvenou nosní houbu, oční víčka a polštářky na tlapkách. Naproti tomu jedinec s označením ee-red má nosní houbu, oční víčka a polštářky na tlapkách zbarvené černě,

protože tento genotyp má vliv pouze na barvu srsti psa. Můžeme se dále setkat i s barvou lila merle. Zde dochází z ředění hnědé barvy a projevu genu pro merle zbarvení.

Dalším velmi častým typem zbarvení u border kolií je pálení (tan), které se může vyskytnout u všech barevných kombinací. Nejběžnější projev pálení je u černobílých jedinců, čímž nám vzniká černobílá s pálením – trikolor. Také se můžeme setkat s hnědobílou s pálením – brown and white tan. V případě, že je tu přítomno ještě navíc merle, označuje se toto zbarvení red merle tan. Zajímavě vypadá modrobílý jedinec s pálením – blue-white tan.

Velmi výjimečně se vyskytne také jedinec zcela bez bílých znaků, ale taková situace je opravdu ojedinělá.

V bílé barvě můžeme často vidět také tečkování – od pár teček po výrazné tečkování. Není-li tečkování nijak výrazné, nebývá ani označováno. V případě, že je jeho rozsah větší, hovoříme o něm jako o tečkování – ticking, které se zapisuje za původní barvu jedince slovem mottled. Čímž nám vznikají například jedinci označení černobílá mottled nebo hnědobílá mottled. Tečkování se může projevit v jakékoli barevné variantě (zdroj: <http://www.bordercollie.cz/>).

Ukázky zbarvení border kolie – přílohy 6.2

3.3.3 Zbarvení očí u psů

Zbarvení očí je způsobeno pigmentovými buňkami nacházejícími se v oku na tenké vrstvě duhovky. Tyto buňky produkují pigment eumelanin. U psů je nejběžnější barva oka hnědá, jejíž odstíny se mohou pohybovat od světlé, přes světlehnědou, hnědou, tmavohnědou až po tmavě hnědou. U některých plemen se vyskytují modré oči. Právě u border kolie se s modrou barvou oka můžeme setkat u jedinců s barvou srsti merle, kteří mohou mít modře zbarveno jen jedno oko, nebo obě dvě oči. V případě, že se modrá barva oka vyskytne u border kolie, která není merle zbarvení, nejedná se o vadu vyřazující z chovu, ale vada to je. Někteří jedinci mají každé oko jinak barevné, nebo se vyskytují i tací, kteří mají oči dvoubarevné – merle eyes.

Zbarvení oka je výsledkem spolupůsobení genů kontrolujících zbarvení srsti psů a modifikujících polygenů. Ty zeslabují nebo zesilují výsledný efekt genů kontrolujících zbarvení (Dostál, 2007).

Ukázky barevnosti oka border kolie – přílohy 6.3

3.3.4 Stav border kolí v České republice

V České republice bylo k začátku roku 2017 registrováno 9240 border kolí. Největší zastoupení drží zbarvení černobílé. Jedinců s průkazem původu tohoto zbarvení je na území České republiky 5484, z čehož je 1117 jedinců chovných. Všichni jedinci černobílého zbarvení jsou označeni stejně. Druhou nejčastější barevnou variantou je černobílá s pálením, která se označuje také trikolor. Těchto jedinců je v databázi BCCCZ (Border Collie Club Czech republic) aktuálně registrováno 1278, z čehož je 238 chovných jedinců. Třetí místo zaujímá velmi populární a pro mnoho lidí zajímavé zbarvení blue merle s 645 registrovanými jedinci, z nichž chovných je 116. V poměrně těsném závěsu za blue merle zbarvením je zbarvení hnědobílé, které má 612 registrovaných jedinců, z nichž 149 zástupců je uchovněno. Ostatní zbarvení už jsou méně četná, což vyplývá z přiložené tabulky.

Přehled zbarvení srsti u plemene border kolie v České republice dle databáze BCCCZ:

| barva | celkem | pes | pes chovný | fena | fena chovná |
|----------------------|--------|------|------------|------|-------------|
| celkem | 9240 | 4695 | 734 | 4545 | 1146 |
| černobílá | 5484 | 2782 | 416 | 2702 | 701 |
| trikolor | 1278 | 620 | 89 | 658 | 149 |
| blue merle | 645 | 314 | 44 | 331 | 72 |
| hnědobílá | 612 | 315 | 69 | 297 | 80 |
| ee-red | 226 | 120 | 16 | 106 | 30 |
| hnědobílá s pálením | 188 | 110 | 22 | 78 | 19 |
| modrobílá | 184 | 92 | 22 | 92 | 22 |
| blue merle s pálením | 123 | 70 | 10 | 53 | 13 |
| sable bílá | 107 | 58 | 14 | 49 | 18 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|----|---|----|----|
| red merle | 102 | 50 | 7 | 52 | 16 |
| seal bílá | 47 | 28 | 1 | 19 | 1 |
| modrobílá s pálením | 31 | 17 | 6 | 14 | 6 |
| lila bílá | 23 | 17 | 3 | 6 | 4 |
| ee-red merle | 22 | 12 | 1 | 10 | 1 |
| red merle s pálením | 22 | 12 | 2 | 10 | 1 |
| slate merle s pálením | 19 | 7 | 3 | 12 | 5 |
| sable merle | 16 | 8 | 1 | 8 | 3 |
| seal merle | 9 | 6 | 1 | 3 | |
| dark sable | 7 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| seal bílá s pálením | 6 | 4 | 1 | 2 | |
| slate merle s pálením | 4 | 4 | 1 | | |
| brindle | 3 | 1 | | 2 | |
| lila merle | 3 | 1 | 1 | 2 | |
| lila merle s pálením | 3 | 2 | | 1 | 1 |
| sable hnědobílá | 2 | 2 | | | |
| sable modrá | 2 | 2 | 2 | | |
| lila bílá s pálením | 1 | 1 | | | |
| sable bílá s pálením | 1 | | | 1 | |
| sable dark | 1 | | | 1 | 1 |

3.4 Nemoci border kolie spojené s určitým typem zbarvení

Jedním z velkých rizik chovatelství obecně je výskyt různých dědičných defektů a dědičných chorob. Obecně se jedná o všechny odchylky od normálního fyziologického a anatomického stavu zvířete, které jsou větší nebo menší překážkou jeho života. U psů je jich známo a popsáno několik stovek a neustále jsou popisovány další dědičné defekty a choroby (Dostál, 2007).

V závislosti na zbarvení psa se u některých plemen, mezi něž patří také border kolie, vyskytuje dědičná hluchota.

Dědičné poškození sluchu – hluchota, je velmi dobře popsána na plemeni dalmatin, které touto chorobou velmi často trpí a veterinář Šrenk (1999) uvádí, že oboustrannou hluchotou trpí 6-8 % populace dalmatinů a jednostrannou hluchotou 18-21 % jedinců, což jsou poměrně vysoká čísla. Plemeno border kolie je dědičnou hluchotou postiženo také, ale údaje o počtu postižených jedinců jsou pouze na úrovni jednotlivých záznamů. Komplexnější záznamy a statistiky k dispozici nejsou.

Dědičná hluchota se nejčastěji vyskytuje u psů s bílou srstí a je vázána na absenci nebo nedostatek melanocytů, které jsou pro správný vývoj vnitřního ucha nezbytné. Zatím není dostatečně prozkoumáno genetické pozadí přenosu hluchoty, ale předpokládá se, že se na vývoji choroby podílí více genů. Prozatím jediná cesta vedoucí k eliminaci hluchoty v populaci je kontrolovaný chov (Strain, 2006).

V případě, že je pes bilaterálně hluchý, může mít potíže i s orientací. Samozřejmě není schopen reagovat na akustické podněty, vyskytuje se u něj lekavost spojená s nervozitou až případnou agresivitou jedince. Pokud hluchý pes žije pohromadě s více psy, například vrh štěňat, kopíruje často chování slyšících psů a projevy hluchoty mohou tak zůstat nějaký čas maskovány. Jednostranně hluchý pes se od slyšícího psa klinicky obvykle nijak neodlišuje. Jediné, jak zjistit toto postižení je vyšetření BAER (brainstem auditory evoked potentials – response) – snímání evokovaných potenciálů mozkového kmene.

Z toho lze vyvozovat, že oboustranně slyšícího jedince lze identifikovat pouze za použití audiometrického vyšetření. Testování štěňat je možné provádět již od šesti týdnů věku a některé chovatelské kluby toto vyšetření požadují u zvířat zařazovaných do chovu (Šrenk, 1999).

Dle Platt et al. (2006) je u plemene border kolie vrozená hluchota spojována s barvou merle. Neslyšící jedinci, kteří se zúčastnili tohoto výzkumu, měli vyšší výskyt zbarvení merle,

modré oči a velké procento bílé barvy v oblasti hlavy. Závěry tohoto zkoumání však nebyly zcela verifikovány s ohledem na pozdější výzkumy. Strain et al. (2009) publikovali studii, které se zúčastnilo 40 psů různých plemen, kteří byli ověřeni jako homozygotní merle **MM**. Nejvíce zastoupeno bylo ve výzkumu plemeno catahoula – louisianský leopardí pes, u kterého je merle zbarvení velmi časté, ale bílé znaky se zde vyskytují v menší míře než u jiných plemen. Těchto psů bylo zkoumáno dvacet devět a pouze dva byli hluší bilaterálně a jeden byl hluchý jednostranně. Ostatní jedinci homozygotního merle zbarvení měli sluch zcela v pořádku. Dalších jedenáct psů sestávalo z pěti jedinců australského ovčáka, tří kolií, jedné šeltie, jednoho velškorgiho a jedné německé dogy. Z těchto jedenácti homozygotních psů trpěli úplnou hluchotou čtyři a jednostranně hluší byli tři. Podle těchto zjištění můžeme vyvozovat, že na vzniku tzv. merle syndromu se budou podílet mimo merle genu také jiné geny. Především gen *MITF* podmiňující bílou strakatost a společně s genotypem **MM** zesílí účinek na projev hluchoty. Studie také zkoumala 113 heterozygotních merle jedinců genotypu **Mm**. Zde byl objeven jen jediný hluchý pes.

Jelikož zbarvení merle u border kolie má díky plemenitbě genotyp heterozygotní merle **Mm**, je zřejmé, že tento výzkum vyvrací zažitý názor o náchylnosti k hluchotě merle jedinců.

4 Závěr

Cílem práce bylo shrnout současné vědecké poznatky z oblasti genetické determinace zbarvení srsti u psů se zaměřením na plemeno border kolie.

Sedm z deseti genů zodpovědných za konkrétní pigmentaci psů bylo díky vědeckým výzkumům v posledních letech zmapováno a pečlivě prozkoumáno. U některých vztahů mezi působícími alelami jednotlivých genů zůstávají ještě otazníky, ale díky neustálému pokroku vědy a technologií se i tyto oblasti jistě v průběhu příštích let podaří objasnit.

V posledních letech nabývá genetika stále více na všeobecném uznání a klade se na ni větší důraz. Nejedná se jen o testy paternity – otcovství, ale také o genetická vyšetření dědičných nemocí. A nemluvíme už pouze o vyšetřování lidí. V České republice funguje nejedna akreditovaná laboratoř, která se zabývá genetickým testováním osob, zvířat a patogenů. Nabízí mimo jiné také testy právě na barvy a kvalitu srsti nejen psů, ale také koček nebo koní.

Rozmáhá se také kynologie samotná, a tak přibývá i milovníků psů, kteří se vážně zajímají o zdravotní stav jejich čtyřnohého přítele. Současně mají starost i o to, jestli jejich pes nemá geneticky dědičné choroby a defekty, které by mohl předávat dalším generacím, aby byli jeho potomci zdraví. Čímž přispívají ke zvýšení kvality zdraví celého plemene.

5 Zdroje

Berryere, T.G., Kerns, J. A., Barsh, G.S., Schmutz, S.M. 2005. Association of an Agouti allele with fawn or sable coat color in domestic dogs. *Mammalian Genome*. 16

Clark, L.C., Wahl, J.M., Rees, C.A., Murény, K.E. 2006. Retrotransposon insertion in SILV is responsible for merle patterning of the domestic dog. *The National Academy of Science*. 103 (5) : 1376-81

Candille, S.J., Kaelin, C.B., Cattanaach, B.M., Yu, B., Thomson, D.A., Nix M.A., Kerns, J.A., Schmutz, S.M., Millhauser, G.L., Barch, G.S. 2007. A beta-defensin mutation cause blafl coat color in domestic dogs. *Science* 12/2007. 318 (5855) :1418-23. DOI: 10.1126/science.1147880

Dostál, J. 2007. *Genetika a šlechtění psů*. Nakladatelství DONA. České Budějovice. ISBN 978-80-7322-104-1

Dreger, D.L. and Schmutz, S.M. 2010. A New Mutation in MC1R Explains a Coat Color Phenotype in 2 „Old“ Breeds : Saluki and Afghan Hound. *Journal of Heredity*. 101 doi:10.1093/jhered/esq061

Drögemüller, C. et al. 2007. A Noncoding Melanophilin Gene (MLPH) SNP at the Splice Donor of Exon 1 Represents a Candidate Causal Mutation for Coat Color Dilution in Dogs. *Journal of Heredity*. 98

Jelínek, Jan a Zicháček, Vladimír. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 9. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2007. ISBN 978-80-7182-213-4

Kerns, J.A., Newton, J., Berryere, T.G., Rubin, E.M., Cheng, J-F., Schmutz, S.M., Barch, G.S. 2004. Characterization of the dog Agouti gene and a nonagouti mutation in German Shepherd Dogs. *Mammalian Genome*. 15

Kerns, J.A., Cargill, J.E., Clark, L.A., Candille, S.I. 2007. Linkage and segregation analysis of black and brindle coat color in domestic dogs. *Genetics Soc America*. 176

Komárek, E. 2008. *Genetika*. Nakladatelství Scientia. Praha 5. 2. vydání. ISBN 978-80-86960-36-4

Leegwater, P.A., van Hagen, M.A., van Oost, B.A. 2007. Localization of white spotting locus in Boxer dogs on CFA20 by genome-wide linkage analysis with 1500 SNPs. *Journal of Heredity*. 98

Newton, J.M., Wilkie, A.L., He, L., Jordan, S.A., Metallinos, D.L., Holmes, N.G., Jackson, I.J., Barsh, G.S. 2000. Melanocortin 1 receptor variation in the domestic dog. *Mamm Geonome*. 11

Philipp U., Hamann H., Mecklenburg L., Nishino S., Mignot E., Schmutz S.M., Leeb T. *Polymorphisms within the canine MLPH gene are associated with dilute coat color in dogs*. *BMC Genetics*, 2005

Platt, S., Freeman, J., di Stefani, A., Wieczorek, L. and Henley, W. 2006. Prevalence of Unilateral and Bilateral Deafness in Border Collies and Association with Phenotype. *J Vet Intern Med.* 20

Rothschild, M.F., Van Cleave, P.S., Carlstrom, L.P., Glenn, K.L., Ellinwood, N.M., 2006. Association of MITF with white spotting in Beagle crossed dogs and Newfoundland dogs. *Animal Genetics.* 37

Schmutz, S.M., Berryere T.G., Goldfinch A. D. 2002. TYRP1 and MC1R genotypes and their effects on coat color in dogs. *Mammalian Genome*

Schmutz, S.M., Berryere, T.G. 2007. Genes affecting coat colour and pattern in domestic dogs: review. *Animal Genetics.* 38

Schmutz, S.M., Berryere, T.G., Barta, J.L., Reddick, K.D., Schumutz, J.K. 2007. Agouti sequence polymorphisms in coyotes, wolwes and dogs suggest hybridization. *J.Hered.* 98

Schmutz, S.M., Berryere, T.G., Sharp, C.A. 2003. KITLG mapping to CFA15 and exclusion as a candidate gene for merle. *Animal Genetics.* 34

Schmutz, S.M., Moker, J.S., Berryere, T.G., Christison, K.M. 2001. A SNP in used to map MCR1 on dog chromosome 5. *Animal Genetics.* 32

Strain, G.M. 1996. Aetiology, prevalence and diagnosis of deafness in dogs and cats. *British Veterinary Journal.* 152

Strain, G.M., Clark, L.A., Wahl, J.M., Turner, A.E., Murény, K.E. 2009. Prevalence of Deafness in Dogs Heterozygous or Homozygous for the Merle Allele. *J Vet Intern Med.* 23:282–286

Verhoef – Verhallen, E. 2002. Border kolie. 1. vydání. Rebo Production CZ. Dobřejovice. ISBN 80-7234-214-2

Internetové zdroje:

Bowling, S.A. Canine Color Genetics. [online].2000-1-3. [cit.2017-02-15], dostupné z <bowlingsite.mcf.com/Genetics/ColorGen.html>

Šrenk, P. 1999. Vrozená hluchota psů a koček. [online] [cit.2017-02-23], dostupné z <http://www.veterina-info.cz/odborne-clanky/vrozena-hluchota-psu-a-kocek-51.html>

<http://www.bcccz.cz> [cit. 2017-02-12]

<http://www.boc.dogsports.cz/Psi/ostatni%20barvy.htm> [cit. 2017-02-24]

<http://www.bordercollie.cz/> [cit.2017-02-20]

<http://borderka.eu/index.php/cs/boc/vzhled/oci> [cit. 2017-02-24]

6 Přílohy

6.1 Plemenný standard

Země původu: Velká Británie

Použití: Ovčácký pes

Klasifikace FCI: Skupina 1 – Psi ovčáci a honáčtí (kromě psů švýcarských salašnických), sekce 1 – Ovčáci, s pracovní zkouškou

Celkový vzhled: Dobré proporce. Plynulé linie ukazující na kvalitu, půvab a dokonalou harmonii. V kombinaci s dostatečnou substancí vzbuzuje dojem dobré výdrže. Každá tendence k hrubosti nebo slabosti je nežádoucí.

Charakteristika: Nepoddajný, houževnatý, pracovitý a poslušný ovčácký pes.

Povaha: Živý, pozorný, bystře reagující a inteligentní, nikdy nervózní nebo agresivní.

Hlava a lebka: Lebka je poměrně široká, s nevyznačeným týlním hrbolem. Nepřipouští se plné nebo kulaté tváře. Čenichová partie je poměrně krátká a silná, zužuje se směrem k nosu. Lebka a čenichová partie jsou stejně dlouhé. Výrazný stop. Nos je černý, pouze u čokoládově zbarvených nebo hnědých psů může být hnědý. Modře zbarvení psi musí mít nos šedý. Nozdry jsou dobře vyvinuté.

Oči: Oči jsou položeny široce od sebe, oválné a středně velké. Mají hnědou barvu, kromě psů barvy merle (melír), kdy jedno nebo obě oči mohou být buď cele, nebo částečně modré. Výraz je mírný, živý, bystrý a inteligentní.

Uši: Pohyblivé, středě velké a silné, nasazené široko od sebe, nesené jsou vzpřímeně, nebo jsou poloklopené.

Morda: Silné zuby a čelisti s dokonalým, pravidelným a úplným nůžkovým skusem.

Krk: Krk je přiměřeně dlouhý, silný a svalnatý, lehce klenutý a rozšiřuje se směrem k ramenům.

Přední část těla: Díváme-li se zepředu, jsou hrudní končetiny rovnoběžné, zápěstí se při pohledu z boku mírně sklánějí. Kostí jsou silné, ne však těžké. Ramena jsou dobře položená směrem dozadu, lokty jsou dobře připojeny k tělu.

Tělo: Působí atleticky, žebra jsou dobře klenutá. Hrudník je hluboký, ne však příliš úzký. Bedra jsou hluboká a osvalená, ale nevtážená. Délka těla je o něco větší než výška v kohoutku.

Zadní část těla: Zadní část těla je široká a svalnatá. Díváme-li se ze strany, plynule přechází do kořene ocasu. Stehna jsou dlouhá, hluboká a svalnatá s dobře ohnutými koleny a

silnými, nízko položenými hlezny. Pánevní končetiny mají dobré a hutné kosti, díváme-li se zezadu, jsou rovnoběžné.

Tlapy: Tlapy oválné. Polštářky jsou tlusté, silné a dobře vytvarované. Prsty jsou klenuté a dobře sevřené. Drápy krátké a silné.

Ocas: Ocas je přiměřeně dlouhý, dosahující nejméně k hlezňům. Nízko nasazený, dobře osrstěný, na konci se ohýbá vzhůru, a ladně tak doplňuje rovnovážné linie psa. Při práci se může zvednout, nikdy však nesmí být nesen nad hřbetem.

Pohyb: Pohyb volný, lehký, neúnavný, minimální zdvih tlap. Pes musí dělat dojem, že se pohybuje obratně a zároveň velmi ladně a rychle.

Srst: Existují dvě variace: a) středně dlouhá, b) krátká. U obou variací je svrchní srst hustá a středně tuhá, podsada je jemná a hustá, dobře odolná proti nepříznivým povětrnostním podmínkám. U dlouhosrsté variace vytváří bohatá srst hřívu, kalhoty a vlajku. V obličejové partii, na uších, hrudních končetinách (kromě osrstění na zadní straně) a pánevních končetinách od hlezen až k zemi musí být srst krátká a hladká.

Zbarvení: Povoleno je libovolné zbarvení, nesmí však převažovat bílá.

Velikost: Ideální výška v kohoutku u psa je 53 cm, u feny o něco méně.

Vady: Každou odchylku od některého z předchozích bodů je nutno považovat za vadu a posuzování její závažnosti musí odpovídat míře, v níž se vada vyskytuje.

Poznámka: Psi musí mít dvě normálně vyvinutá varlata, zcela sestoupená do šourku (Verhoef-Verhallen, 2002).

6.2 Ukázky zbarvení border kolie

1. Black & white, černobílá



2. Tricolor, černobílá s pálením



3. Blue-white, modrobílá



4. Blue-white tan, modrobílá s pálením



5. Blue merle



6. Blue merle tan, blue merle s pálením



7. Brown and white, hnědobílá



8. Brown and white tan, hnědobílá s pálením



9. Red merle



10. Red merle tan, red merle s pálením



11. Lila bílá



12. ee-red (australská červená)



13. Sable bílá



14. Seal bílá



15. Seal merle



16. Sable merle



17. Slate merle



18. Slate merle tan



19. Lila merle



20. Černobílá mottled



(Převzato z <<http://www.boc.dogsports.cz/Psi/ostatni%20barvy.htm>> [cit. 2017-02-24])

6.3 Ukázky barevnosti oka border kolie

1. tmavě hnědé oči



2. světle hnědé oči



3. modré oči



4. každé oko jiné



5. merle oči



(Převzato z <http://borderka.eu/index.php/cs/boc/vzhled/oci> [cit. 2017-02-24])