

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Melanismus a jeho vliv na život kočkovitých šelem**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Marcela Šedivá**

**Obor studia: Speciální chovy**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D.**

© 2020 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Melanismus a jeho vliv na život kočkovitých šelem" jsem vypracovala 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.7.2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lukášovi Zitovi, Ph.D. za jeho trpělivost a pomoc s vypracováním bakalářské práce a vyhledáváním potřebných článků. Dále mé velké díky patří mému příteli Michalovi za jeho neskonalou trpělivost a podporu při studiu, a kamarádce Aničce Vovsové za pomoc s formátováním. Děkuji i rodině za jejich podporu a trpělivost během studia.

# Melanismus a jeho vliv na život kočkovitých šelem

## Souhrn

Vliv zbarvení na kvalitu života u různých druhů kočkovitých šelem je málo probádané téma. Je známo více než 150 genů, které ovlivňují vznik zbarvení a množství pigmentu, zejména melaninu, v srsti. Melanin je pigment tvořící tmavé zbarvení – čím více melaninu, tím tmavší barva. Porovnává se zde typické zbarvení pro daný druh, melanismus a částečně i albinismus. Melanismus je termín, který označuje černé zbarvení u zvířat, u kterých se jinak taková barva nevyskytuje, zároveň však zanechává viditelnou původní kresbu srsti.

Vzory na srsti kočkovitých šelem mají významnou maskovací funkci. Složitost a množství skvrn jsou významně spojeny s životem v různém prostředí. V zalesněném prostředí jsou skvrny hustší, naopak v otevřené krajině se skvrny ze srsti ztrácí.

Na základě vědeckých článků se zjistilo, že melanismus může také jisté jedince zvýhodňovat. Pomáhá jim kamuflovat se v okolním prostředí a využívat tak své zbarvení jako mimikry. Nejvíce prospěšný je melanismus v uzavřeném nebo zalesněném prostředí. Nejlépe prostudovaný je ikonický černý panter, který není samostatným druhem kočkovité šelmy, jak by se mohlo zdát, ale jedná se o melanickou formu leoparda skvrnitého nebo jaguára.

V poloostrovní Malajsii žije skupina leopardů, kteří jsou téměř výlučně melaničtí. Zjistilo se, že tato barevná mutace je velmi výhodná v lesním prostředí plném stínů. Jedinec se tak může lépe schovat a číhat na kořist. Albinismus na jinou stranu většinu jedinců značně znevýhodňuje, a to bez ohledu na prostředí.

Genetická stránka, vysvětlující vznik barevných odchylek v srsti je dána hlavně mutací v genech MC1R a ASIP. Gen MC1R hraje významnou roli při vzniku melanismu. Nalezlo se v něm několik nezávislých mutací, které vedou ke stejnému fenotypovému projevu – melanismu.

Předmětem zájmu byly vybrané druhy šelem, u kterých byl melanismus nebo jiné barevné odchylky v minulosti nebo v současnosti pozorovány. Mezi tato zvířata patří: vlk šedý (*Canis lupus*), kočka bengálská (*Prionailurus bengalensis*), levhart skvrnitý (*Panthera pardus*), jaguár (*Panthera onca*), tygr (*Panthera tigris*), lev (*Panthera leo*), karakal (*Caracal caracal*), kočka slaništní (*Leopardus geoffroyi*), rys červený (*Lynx rufus*), gepard (*Acinonyx jubatus*).

**Klíčová slova:** barva srsti, kočkovité šelmy, MC1R, melanismus, mimikry

# Melanism and its influence on the life of felines

## Summary

The effect of coloration on the quality of life of different species of felines is a little explored topic. More than 150 genes are known to affect the formation of colour and the amount of pigment, especially melanin, in the coat. Melanin is a pigment that forms a dark colour - the more melanin, the darker the colour. In the thesis are compared the typical coloration for the given species, melanism and partly also albinism. Melanism is a term that refers to black coloration on animals that do not otherwise have such a colour, but at the same time leaves a visible original pattern of fur.

Patterns on the fur of felines have a significant camouflage function. The complexity and number of dark spots are significantly associated with life in different environment. In a forested environment, the spots are denser, while in the open landscape, the spots are no longer present on the fur.

Scientific articles have shown that certain individuals can also benefit from melanism. It helps them to camouflage in the environment and use their colour as mimicry. Melanism in an enclosed or wooded environment is the most beneficial. The most studied is the iconic black panther, which is not a separate species of feline, as it might seem, but it is a melanic form of the leopard or jaguar.

There is a group of leopards in peninsular Malaysia that are almost exclusively melanic. This colour mutation has been found to be very beneficial in a forest environment full of shadows. This allows the individual to hide better and lurk on prey. Albinism, on the other hand, greatly disadvantages most individuals, regardless of an environment.

The genetic side, explaining the origin of colour variations in the coat, is given mainly by mutations in the MC1R and ASIP genes. The MC1R gene plays an important role in the formation of melanism. Several independent mutations were found in it, which lead to the same phenotypic manifestation - melanism.

The subject of interest was selected species of carnivores in which melanism or other colour variation were observed in the past or in the present. These animals include: Grey wolf (*Canis lupus*), Bengal cat (*Prionailurus bengalensis*), Leopard (*Panthera pardus*), Jaguar (*Panthera onca*), Tiger (*Panthera tigris*), Lion (*Panthera leo*), Caracal (*Caracal caracal*), Geoffroy's cat (*Leopardus geoffroyi*), Bobcat (*Lynx rufus*), Cheetah (*Acinonyx jubatus*).

**Keywords:** coat color, felines, MC1R, melanism, mimicry

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Srst kočkovitých šelem.....</b>	<b>9</b>
3.1.1 Zbarvení .....	9
Význam zbarvení .....	10
3.1.2 Kresba srsti .....	10
Přeměna kresby srsti .....	11
<b>3.2 Melanismus u zvířat.....</b>	<b>13</b>
3.2.1 Melanistické zbarvení kočkovitých šelem.....	14
<b>3.3 Maskovací vzory v srsti kočkovitých šelem .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Mimikry .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Vybrané druhy šelem.....</b>	<b>22</b>
3.5.1 Vlk šedý ( <i>Canis lupus</i> ) .....	22
3.5.2 Kočka bengálská ( <i>Prionailurus bengalensis</i> ).....	23
3.5.3 Levhart skvrnitý ( <i>Panthera pardus</i> ) .....	25
3.5.3.1 Levhart obláčkový ( <i>Neofelis nebulosa</i> ).....	27
3.5.3.2 Levhart indočínský ( <i>Panthera pardus ssp. delacouri</i> ).....	27
3.5.3.3 Černý panter .....	28
3.5.4 Jaguár ( <i>Panthera onca</i> ).....	28
3.5.5 Tygr ( <i>Panthera tigris</i> ).....	29
3.5.6 Lev ( <i>Panthera leo</i> ).....	30
3.5.6.1 Bílí lvi.....	30
3.5.6.2 Černí lvi .....	31
3.5.7 Karakal ( <i>Caracal caracal</i> ).....	32
3.5.8 Kočka slaništní ( <i>Leopardus geoffroyi</i> ) .....	32
3.5.9 Rys červený ( <i>Lynx rufus</i> ) .....	33
3.5.10 Gepard ( <i>Acinonyx jubatus</i> ) .....	33
<b>4 Závěr.....</b>	<b>35</b>
<b>5 Citovaná literatura.....</b>	<b>37</b>

# 1 Úvod

Tématem bakalářské práce je vliv melanismu na život kočkovitých šelem. I přesto, že pro jedinečnost znaků savců je považována srst, jelikož je na první pohled dobře viditelná, v odborné literatuře neexistuje příliš zdrojů, které by o tomto tématu pojednávalo. Tématem barevných anomálií se zabývá spíše zahraniční literatura, která byla při zpracování použita. Otázky zabývající se vznikem a významem zbarvení kočkovitých šelem je pro lidstvo fascinující již mnoho let. Estetická stránka zbarvení srsti kočkovitých šelem je v současnosti vnímána jen zprostředkovaně, ale větší pozornost se soustředí především na objasnění genové selekce. Co se týká kočkovitých šelem, a to především velkých koček, je jejich kresba chápána spíše jako doplňující velkolepost, která je obecnému typu kočkovitosti vlastní. Celkový vzhled koček bývá díky jejich kresbě vznešená a v okolí evokuje především moc, velikost, drsnost a ostré kontrasty. Všechny druhy kočkovitých šelem jsou si velmi podobné a při porovnání psích plemen a domácích koček lze zjistit, že podoba domácích koček se pohybuje ve velmi úzkém rozmezí tvarů a velikostí.

Tělo většiny savců je pokryto srstí, která nabízí různé kombinace a možnosti zbarvení. Rozdílnost zbarvení u jednotlivých savců je dáno nejen jejich denním rytmem, ale také například sociální strukturou jednotlivců. Savce lze pozorovat v oblasti jejich zbarvení především z toho důvodu, že mají omezené barevné vidění, díky kterému dokážeme pochopit funkci zbarvení, a to v souvislosti k jeho adresnosti. U kočkovitých šelem se lze setkat s mnoha barevnými kombinacemi, přičemž se tato práce zabývá konkrétně melanismem. Okrajově jsou v práci zmíněné také další barevné anomálie, jako je například albinismus.

První kapitola práce je věnována srsti kočkovitých šelem, především jejímu zbarvení a její kresbě. Druhá kapitola představuje obecně pojem melanismus a věnuje se také konkrétně melanistickému zbarvení, které se objevuje u kočkovitých šelem, a dalším pojmům s melanismem spojeným. Poslední kapitola se věnuje jednotlivým šelmám, a to z pohledu jejich normálního zbarvení a také z pohledu barevných anomálií.

Cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše pojednávající o výskytu melanismu u kočkovitých šelem a pojednává také o jeho vlivu na jejich život. Při zpracování tématu je využito dostupné odborné literatury zabývající se vybranou problematikou.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je formou literární rešerše shrnout informace o výskytu melanismu u kočkovitých šelem. Dále je práce zaměřena na vliv melanismu na kvalitu života vybraných druhů kočkovitých šelem.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Srst kočkovitých šelem

U kočkovitých šelem je zbarvení a vzor jejich srsti velmi variabilní. Tato variabilnost je určena zejména několika geny a také dědičností.

#### 3.1.1 Zbarvení

Dle Mazáka (1960) a Heráně (1976) se za základní zbarvení kočkovitých šelem považují bělavé, šedokrémové či hnědočerné a černé tóny. Barva srsti může být po celém těle šelmy stejnoměrná, ale také nestejnoměrná. Jedná-li se o zbarvení nestejnoměrné, hovoříme o tzv. kresbě srsti. U některých druhů kočkovitých šelem se lze setkat s velmi pestrou zabarveností, která nás může vést k domněnce, že šelmě neposkytuje potřebnou kryptickou funkci, která je důležitá ke skrývání se. Pravdou je však opak, jelikož právě tato barevná kombinace přispívá k tzv. somatolýze představující formu maskování, při které dochází k tzv. rozpuštění obrysů těla v okolním prostředí. Tuto skutečnost lze zpozorovat zejména při rychlejším pohybu, při němž různě barevné části těla opticky splynou a zvíře se tak v okolním prostředí ztrácí.

Další oblastí, která ovlivňuje intenzitu zbarvení srsti, je její složení. Kočkovité šelmy žijící v mírném pásu línají dvakrát ročně a dochází při tom ke změně poměru zastoupení jednotlivých typů chlupů v srsti, a to podle ročního období (Militzer 1987). Například v zimě je potřeba více podsadové části srsti, která zajišťuje stálou tělesnou teplotu. Tímto procesem často dochází k výraznému zeslabení barevného projevu a následně i ke kryptické adaptaci na měnící se prostředí (Vitala 1981).

V některých případech se lze také setkat s různými barevnými anomáliemi, tedy s různými barevnými odchylkami, které jsou pro daný druh kočkovitých šelem typické. Do této skupiny patří melanismus a albinismus. V případě, že má kočkovitá šelma normálně tmavou kresbu, vždy ji lze na melanistickém jedinci při určitém úhlu pohledu spatřit (Heráň 1976). Naopak plný albinismus se u kočkovitých šelem příliš nevyskytuje, ale částečný albinismus lze přeci jen pozorovat. Při tomto druhu albinismu je buď celé základní zbarvení bílé, nebo dochází ke zvětšení rozsahu bíle zbarvených částí těla (Heráň 1976; Vokurka et al. 1995). Zvláštní barevnou odchylkou je tzv. rufinismus představující převahu narudlého zbarvení srsti, kterou způsobuje rozdílná koncentrace jednotlivých typů melaninů a absencí tmavohnědých až černých pigmentů v chlupech tvořících tmavé pruhy. Rufinismus byl prokázán pouze u tygra (*Panthera tigris*), a to ještě pouze ve vzácných případech (Mazák 1960).

## Význam zbarvení

Heráň (1982) uvádí, že zbarvení kočkovitých šelem má svůj význam a pigmentové vzory zvířat mají svůj původ již v evoluci, kde plnily různé uplatnění. Mezi takové uplatnění patří:

- tvorba kryptického zbarvení = jedná se o zbarvení splývající s okolím,
- tvorba aposematického zbarvení = jedná se o zbarvení výstražné
- zbarvení slouží ke komunikaci
- zbarvení slouží k regulaci fyziologických procesů

Samotné zbarvení je spojeno s komunikací a obě tyto složky slouží například k ohlášení nebezpečí spoludruhům a díky tomu také dokáže signalizovat predátorovi, že byl spatřen a jeho lov se stává neúspěšným. Význam zbarvení informuje nejen o kvalitách a schopnostech, ale také o kondici daného jedince a jeho možném využití při předsvatebním chování, nebo k individuální identifikaci (Heráň 1982). Když jde o komunikaci mezi jedinci stejného druhu, zbarvení se nachází především na hlavě, uších, končetinách, zádech a ocasu. Zbarvení na těchto místech často napomáhá při komunikaci mezi jedinci stejného druhu (Caro 2005).

Heráň (1976) konstatuje, že velkou roli hraje také kontrast barev, jelikož savci vnímají pouze odstíny šedi. Z tohoto pohledu se stává nejdůležitější kombinace tmavé a světlé barvy, přičemž nejvyužívanější je barva černá a bílá. Caro (2005) uvádí, že zbarvení má také významný vliv na termoregulaci, jako na jeden z fyziologických procesů. Tmavší zbarvení sluneční záření pohlcuje, a naopak světlé jej odráží a povrch organismu se proto tolik nezahřívá. Význam zbarvení je tedy závislý spíše na potřebě termoregulace než na funkci ochranné. Heráň (1976) dále uvádí, že další oblastí, na kterou má zbarvení srsti vliv, je chování. V případě kryptického druhu zvířete se toto zvíře bude chovat nenápadně. V případě výstražného zbarvení, je zvíře prezentováno velmi výrazně, a to mnohdy i z toho důvodu že vlastní účinný obranný mechanismus a jeho nositel je nebezpečný, a tak může předem odvrátit útok protivníka.

### 3.1.2 Kresba srsti

Kresba srsti kočkovitých šelem je zpravidla černá nebo černohnědá a lze ji dle Werdelin & Olssona (1997) rozdělit na následující typy:

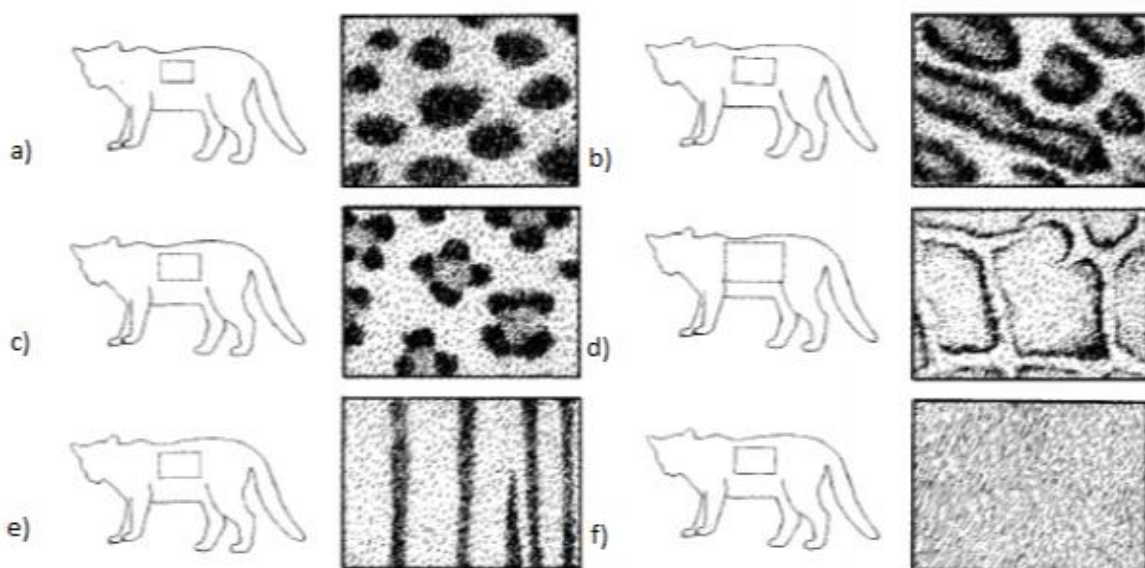
- a) skvrny, fleky = jedná se o menší skvrny, které nejsou organizované do žádného vzoru,
- b) rozety = jedná se o menší skvrny, které jsou organizované do vzoru,

c) malé kaňkovité skvrny = jedná se o malé, nepravidelně tvarované, tmavé oblasti na obvykle světlejším pozadí,

d) kaňkovité skvrny = jedná se o velké oblasti proměnlivé barvy, orámování zbarveno tmavě, položené na světlejším pozadí,

e) svislé pruhy = jedná se o pruhy tmavé barvy, které směřují buď dorsoventrálně či anterodorzálně a vyskytují se na světlejším pozadí

f) uniformní = jedná se o rovnoměrný, nerozlišený vzor.



**Obrázek 1** Typy kreseb srsti kočkovitých šelem (Werdelin & Olsson 1997)

Heráň (1982) udává, že je možné se u některých kočkovitých šelem setkat s tím, že je kresba dospělého jedince jiná či odlišná ve své intenzitě než kresba mláděte. Pokud takové odchylky existují, může dojít ke splývání skvrn do větších nepravidelných celků nebo pruhů, nebo může v některých případech dojít k tomu, že tmavá kresba bude zredukována. Werdelin & Olsson (1997) uvádějí, že základní typ kresby kočkovitých šelem je jednoduchý, poměrně velký s tmavými skvrnami, které se postupem času přetváří na skvrny se světlejším středem, a to u evolučně vyspělejších forem. V další fázi dochází k rozptýlení na menší skvrny, které se rozkládají do rozet, poté na malé skvrny, které postupně mizí. V každém kroku dochází k vyvinutí pruhů či řetězců skvrn.

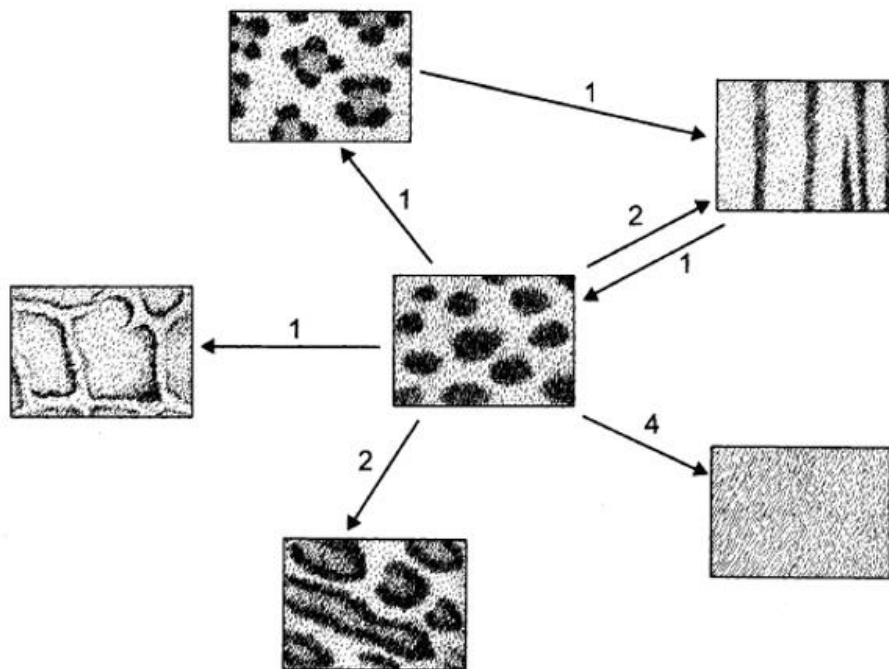
### **Přeměna kresby srsti**

Každý typ kresby srsti je určen určitou hodnotou, ze které lze dále odhadnout několik přeměn, které vznikají mezi jednotlivými typy kreseb, které se vyskytují ve fylogenezi

kočkovitých šelem (Weigel 1961). Mazák (1960) uvádí, že při kódování je potřeba dbát opatrnosti na nedospělé vzory srsti u druhů, kde je to známé, protože ve většině případů tyto vzory představují původnější stav, zatímco dospělé vzory jsou ve větším rozsahu ovlivněny adaptacemi k lovu, chováním a dalšími typickými vlastnostmi daného druhu. Příkladem je lev (*Panthera leo*), u kterého se jeho kresba označuje jako rozety, a to z toho důvodu, aby se nemusely brát v úvahu ontogenetické změny zbarvení uvnitř druhu, přestože jsou v ní rozety více méně ztraceny.

V rámci jiného výzkumu bylo stanoveno, že lvi jsou druh s nerozlišeným vzorem. Cílem tohoto výzkumu bylo rekonstruovat vzory srsti šelem podle přizpůsobivé hodnoty dospělé srsti, a to v jejich specificky přirozeném životním prostředí (Weigel 1961).

Skvrny (fleky) jsou u kočkovitých šelem základním stavem a skoro všechny další kresby srsti vycházejí právě z nich. Pouze několik přeměn se obešlo bez přeměny skvrnitosti, z čehož je zřejmé, že proces splynutí skvrn je více pravděpodobný než jejich rozpad a že evoluce kreseb srsti netvoří transformační sled s jednotlivými přechodnými stavy (Weigel 1961). Přeměna, která vznikla ze skvrn (fleků) do rozet je značně jednodušší, než přeměna skvrn (fleků) do rovnoměrného vzoru srsti. Vývojovou cestu přeměny srsti nám dokáže odhalit vliv evoluční historie a její vlastnosti, a to pro jakoukoli skupinu, nejsou zanedbatelné. Následující obrázek ukazuje přeměny kreseb srsti kočkovitých šelem (Werdelin & Olsson 1997).



**Obrázek 2** Přeměny kresby srsti kočkovitých šelem. 1- Přeměna vzoru na kaňkovité skvrny, 2- Přeměna na pruhy a rozety, 4- Přeměna na nerozlišený vzor (Werdelin & Olsson 1997)

### 3.2 Melanismus u zvířat

Zbarvení srsti je ovlivněno především množstvím pigmentů, který tato srst obsahuje. Množství melaninu se tak zvyšuje v závislosti na intenzitě slunečního záření a současně slouží k tomu, aby je chránil. Nadbytek takového pigmentu je označován jako melanismus, který způsobuje černé zbarvení srsti. Melanismus je jednou z nejběžnějších odchylek řízených dominantním genem a jedinci tohoto fenotypu bývají silnější a životaschopnější (Heráň 1976). Původ slova melanismus, který je opakem albinismu, je starořecký a znamená černý. Melanismus je tedy termín, který se používá pro výrazné rozvinutí tmavého pigmentu melaninu na kůži a v srsti živočichů (Eizirik et al. 2003).

Eizirik et al. (2003) dále uvádějí, že melaničtí jedinci jsou zpravidla lépe přijímáni ostatními ze svého druhu a současně mají větší šanci přežít. Důvodem je to, že jeho tmavé zbarvení se lépe kamufluje ve tmě a za světla je nijak neomezuje. Z tohoto důvodu je melanismus běžnější u lesních forem a druhů než u živočichů, kteří žijí v otevřené krajině. Jedinci s melanismem bývají také odolnější vůči vlivům slunečního záření a také vůči vybraným chorobám. Mezi negativa melanismu patří nižší schopnost zisku vitamínu D, který ze slunečního záření získávají.

V některých případech se lze setkat také s částečným melanismem, při kterém je vidět nejen tmavá srst, ale také obvyklá kresba a barva srsti. Zvláštní formou melanismu je melanismus industriální nebo průmyslový melanismus. Tyto druhy vznikají přizpůsobením se některých druhů živočichů na silně znečištěné prostředí v průmyslových oblastech, u kterých došlo ke genové mutaci, která zajišťuje tmavší zbarvení (Eizirik et al. 2003).

Velmi běžně pozorovanou variantou zbarvení je melanismus, který se skládá z tmavší vnější pigmentace vzhledem k tomu, co by bylo považováno za „normální“ nebo „divoký“ fenotyp. S melanismem v různých skupinách organismů bylo klasicky spojeno několik biologických faktorů, jako je termoregulace, maskování, aposematismus, vnímavost nebo reakce na nemoc, sexuální výběr a reprodukční úspěch. Výskyt melanismu je nejběžnější u kočkovitých (Felidae). Je zajímavé, že tento variantní fenotyp se zdá být vždy udržován jako polymorfismus, nikdy nedosahující druhově široké fixace u žádného druhu kočkovitých šelem (Da Silva et al. 2017).

Melanin je jako obsah biologického materiálu popsán až v osmdesátých letech devatenáctého století pomocí mikroanalytických metod. Melanin je pigment, který lze nalézt v kůži, chlupcích a očních strukturách. Zbarvení srsti pak přímo odráží nejen množství, ale

také kvalitu a distribuci melaninu, který je produkován buňkami nazývanými se melanocyty (Hearing & Tsukamoto 1991). Dle Kinga et al. (2006) se v praxi lze setkat se dvěma základními typy melaninu, jejichž vzájemný poměr určuje zbarvení jednotlivých živočichů. Mezi základní typy melaninu tedy patří:

- pheomelanin = tento typ melaninu zodpovídá za červené a žluté barvy,
- eumelanin = tento typ melaninu je odpovědný za hnědé a černé zbarvení

### **3.2.1 Melanistické zbarvení kočkovitých šelem**

Melanistické zbarvení srsti se vyskytuje jako běžný polymorfismus u 11 z 37 druhů kočkovitých šelem a v některých případech dosahuje vysoké frekvence v populaci, ale nikdy nedojde k úplné fixaci. Analýzy ukázaly, že se objevuje nejvíce u Felidae – kočkovitých, přičemž tři různé druhy vykazují jedinečné mutace spojené s touto vlastností. Příčinné mutace u zbývajících druhů nebyly dosud identifikovány, což vylučuje širší hodnocení vývojové dynamiky melanismu u Felidae (Eizirik et al. 2003).

Důležitým cílem výzkumu, kterým se zabývali Schneider et al. (2012), je černý panter, a to vzhledem ke svému ikonickému stavu a také vzhledem k extrémně vysoké frekvenci melanismu pozorovaného v některých asijských oblastech. Mezi další druh kočkovitých šelem ze stejné oblasti patří asijská zlatá kočka, která také vykazuje časté záznamy o melanismu.

Schneider et al. (2012) skenovali oblast genu Agouti Signaling Protein (ASIP) u několika jedinců leopardů a asijských zlatých koček a v každém z nich byly objeveny odlišné mutace, které jsou silně spojené s melanismem. Například u asijských zlatých koček byl identifikován jiný jednonukleotidový polymorf způsobující předpovězenou změnu aminokyselin, která by také měla vyvolat ztrátu funkce tohoto genu. Výsledky provedených výzkumů ukazují dva další případy druhově specifických mutací zapletených do melanismu u kočkovitých a naznačují, že ASIP mutace mohou hrát důležitou roli v přirozeně se vyskytujícím polymorfismu zbarvení. Melanismus je pozoruhodný polymorfní fenotyp pozorovaný u více skupin zvířat, jejichž výskyt může být ovlivněn rozdílnou adaptací na měnící se prostředí nebo na odlišné interspecifické interakce.

Hedges et al. (2015) se domnívají, že melanismus u kočkovitých šelem je ovlivněn dvěma různými geny, jejichž produkty interagují v regulaci produkce melaninu. Konkrétně se jedná o:

- eumelanin = tmavý pigment, který je produkován, když je receptor Melanocortin-1 (MC1R) aktivován navázáním hormonu stimulujícího melanocyt Alpha (α-MSH).
- pheomelanin = světlý pigment je produkován v okamžiku, kdy dojde k aktivaci MC1R, který je inhibován vazbou antagonistického peptidu ASIP. Z tohoto důvodu tedy funkce v MC1R nebo ztráta funkce v ASIP indukuje melanismus.

U kočkovitých šelem bylo dále zjištěno, že jsou oba geny zapojeny s MC1R variantami, na nichž jsou založeny melanistické fenotypy u dvou různých druhů divokých koček a mutace v ASIP indukující černou barvu u domácích koček. U žádného z druhů kočkovitých šelem vykazujících melanismus nedošlo k identifikaci žádné další mutace, která by bránila širšímu hodnocení jeho evoluční historie a adaptačního významu (Hedges et al. 2015).

Pro průzkum genetického základu, adaptivního významu a evoluční historie melanistických variant u Felidae je potřeba zmapovat, klonovat a sekvenovat kočičí homology dvou předpokládaných kandidátních genů pro melanismus, kterými jsou již zmíněné ASIP a MC1R. Zároveň je potřeba identifikovat tři nezávislé delece spojené s tmavým zbarvením ve třech různých druzích kočkovitých šelem. Pomocí asociační a transmisní analýzy bylo odhaleno, že delece 2 bp v genu ASIP specifikuje černé zbarvení domácích koček a dvě různé delece in-frame v MC1R genu se podílí na melanismu u jaguárů a jaguarundis. Melaničtí jedinci z pěti dalších druhů kočkovitých šelem nenesli žádnou z těchto mutací, což znamená, že u kočkovitých existují nejméně čtyři nezávislé genetické původy melanismu. Odvozené mnohonásobné počátky a nezávislé historické zvýšení četnosti populace felidních melanistických mutací naznačují výskyt adaptivního vývoje tohoto viditelného fenotypu ve skupině příbuzných volně se vyskytujících druhů (Eizirik et al. 2003).

Kočkovití neboli Felidae vykazují širokou rozmanitost barev a vzorů srsti, včetně melanismu u nejméně 11 druhů a různých barevných „fází“ v několika dalších. Například u malých neotropických jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) se zbarvení liší od tmavě hnědé či šedé jako nejčastější formy, jež je široce považovaná za divoký typ, až po světle načervenalé (Schneider et al. 2012). Eizirik et al. (2003) také zjistili, že genetické studie na myších identifikovaly několik genů zapojených do fenotypů pigmentace, včetně lokusů zapojených do melanismu, jako je agouti/ASIP a rozšířený MC1R. Recessivní varianty ASIP způsobují melanismus, který je také indukován dominantními mutacemi v MC1R. Melanismus u domácí kočky je zděděn jako recesivní vlastnost, což naznačuje, že agouti je kandidátním genem, zatímco dominantní vzor dědičnosti byl zaznamenán pro melanismus u jaguárů, což

naznačuje zapojení MC1R. Dosud je málo známo o molekulárním nebo adaptivním základu variace barvy srsti u volně se vyskytujících savců, a zatím žádná studie se nezabývala tímto problémem u více polymorfních druhů ze stejné čeledi. (Eizirik et al. 2003)

Schneider et al. (2012) udávají, že mnoho druhů kočkovitých šelem vykazuje polymorfismus pro melanismus, ale relativní role, kterou hraje genetický drift, přirozený výběr a hybridizace mezi druhy, zůstávají nejisté. Mutace signálního proteinu agouti nebo receptoru MC1R identifikujeme jako nezávislé příčiny melanismu u tří úzce souvisejících jihoamerických druhů: kočka pampová (*Leopardus colocolo*), kočka tmavá (*Leopardus guigna*) a kočka slaništní (*Leopardus geoffroyi*).

K posouzení variace na úrovni populace v regionech obklopujících příčinné mutace jsou aplikovány genomické zdroje z domácí kočky k provedení klonového zachycení a cíleného resekvenování. Každý druh ukazuje na jedinečnou evoluční historii, která se projevuje silným selektivním rozšířením u kočky pampové, výrazným, ale krátkým haplotypem specifickým pro melanismus u kočky slaništní a sníženou diverzitou nukleotidů pro chromozomy předků u melanismu kočky tmavé (Schneider et al. 2012).

Barevný polymorfismus u úzce příbuzných druhů zvířat poskytuje příležitost studovat, jak rovnováha mezi přírodním výběrem a genetickým driftem formuje vývoj vzhledu a formy. Zvláště zajímavá je čeleď koček Felidae. Lze tedy identifikovat mutace, které způsobují melanismus, u již zmíněných jihoamerických divokých kočkovitých šelem, u kočky pampové, kočky tmavé a kočky slaništní. Každá mutace se vyvinula nezávisle, se silným důkazem o přirozené selekci u černé kočky pampové a sníženou genetickou variabilitou v celé populaci kočky tmavé (Schneider et al. 2012). Některé „černé kočky“ nejsou černé náhodou, ale díky mutaci, která jim poskytuje zvýšenou kondici (Heráň 1976).

Barevné varianty v přirozených populacích jsou užitečným vstupním bodem pro zkoumání vývoje fenotypové rozmanitosti savců. Pigmentační rozdíly lze snadno pozorovat a kvantifikovat. O základní biochemii a buněčné biologii je známo mnoho a existuje mnoho příkladů zjevné konvergentní evoluce. Základní otázky, jako jsou relativní role regulační versus proteinové variace, fylogenetický původ podobných fenotypů sdílených mezi různými liniemi a potenciální dopad pleiotropních mutací, lze z molekulárně genetické perspektivy prozkoumat (Heráň 1976; Schneider et al. 2012).

Felidní melanismus je obzvláště zajímavý, protože je polymorfní v každém druhu, ale jeho možnému adaptivnímu významu se dosud věnovala jen malá pozornost. Přítomnost melanismu je napříč druhy kočkovitých šelem v korelaci s různorodostí stanovišť nebo chování a navrhl společný základní mechanismus narušujícího výběru. Z tohoto pohledu



patří mezi obzvláště zajímavou skupinu zvířat endemická linie neotropických divokých koček, která zahrnuje více druhů vykazujících melanismus jako přirozeně se vyskytující fenotypovou variantu. Tato linie zahrnuje osm druhů malých koček patřících do rodu *Leopardus*, které se po kolonizaci v Jižní Americe navzájem rozcházely se společným předkem. Dále byla popsána mezidruhová hybridizace, u které se projevuje vysoká frekvence melanismu uvnitř těchto druhů, která by mohla odrážet introgresi, starověký trans-specifický polymorfismus nebo nezávislou evoluci po odklonu od společného předka (Schneider et al. 2015).

### 3.3 Maskovací vzory v srsti kočkovitých šelem

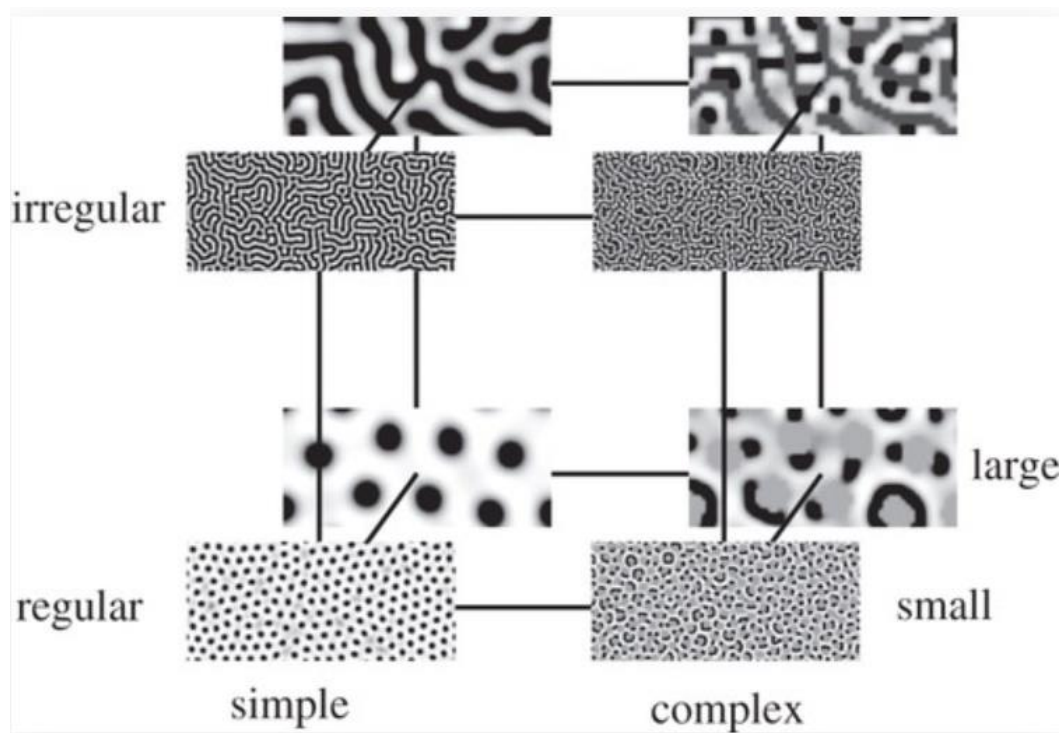
Vzory nacházející se na bocích kočkovitých šelem jsou zajímavé především svou rozmanitostí. Studie adaptivní funkce vzorů srsti koček naznačily, že jsou pravděpodobně spíše maskovací než komunikační nebo fyziologické (Eizirik et al. 2003). Heráň (1976) udává, že primární lovecká strategie kočkovitých šelem je pronásledovat kořist, dokud nejsou dostatečně blízko na to, aby je zajaly výbušným a rychlým sprintem. Jelikož lov bývá vždy úspěšnější v okamžiku, když na kořist zaútočí z kratší vzdálenosti, kočkovité šelmy těží z toho, že zůstanou nenápadné tak dlouho, jak je to možné, a to právě díky kamufláži. Mnoho menších koček je pravděpodobně také maskováno kvůli ochraně před predátory.

U kočkovitých šelem bylo nalezeno významné spojení mezi ztrátou tečkovaných vrstev a jejich nepřítomností v zalesněném prostředí. U všech masožravců se toto spojení mezi skvrnami a zalesněnými stanovišti přiblížilo významu a skvrny byly významně spojeny s arborealitou, tedy právě s životem v zalesněném prostředí. Dále byla zjištěna podpora tmavých skvrn na masožravcích, která byla spojována s uzavřenými stanovišti. Nebylo potvrzeno žádné spojení mezi svisle pruhovanými vzory a využíváním travnatých stanovišť u kočkovitých šelem (Allen et al. 2011). Svislé pruhy se vyskytují u těch druhů kočkovitých šelem, které využívají travní prostory a pozemní pohyb, a to pravděpodobně kvůli větší síle, jakož i pro spojení mezi tmavými vodorovnými pruhy a pohyby v okolní fauně. Vzory křídelních boků se vyvíjejí tak, aby odpovídaly vizuálnímu vzhledu pozadí. Jednalo se o subjektivní klasifikaci vzorování rozděleného na rovnoměrné, tečkované, vodorovné nebo svisle pruhované, která však mohla zamaskovat důležitou rozmanitost ve vzorování plodu. Z celkového počtu 32 kočkovitých šelem byly za tečkované klasifikované dvě, šest jako uniformní, dvě jako vodorovně pruhované a dvě jako svisle pruhované. Klasifikace vzorů do

širokých kategorií byla nutností v rozsáhlé studii, která zkoumala všechny masožravce (Heráň 1976; Werdelin & Olsson 1997).

Allen et al. (2011) dále uvádějí, že studie zvířecího vzorování ukazují, že se stále více využívají techniky zpracování obrazu, jako je Fourierova analýza, vlnková analýza, detekce hran a také kombinace těchto a podobných technik, a to tak, aby byla získaná statistika, která kvantifikuje aspekty vzorování. Všechny uvedené metody jsou však závislé na získání standardizovaných a kalibrovaných obrázků, které se mohou lišit různými způsoby a jejich součástí mohou být funkce, jako jsou okluze a stíny, jejichž účinky je velmi obtížné identifikovat pomocí technik zpracování obrazu. Pro lidské pozorovatele je však velmi snadné ignorovat irelevantní informace o úkolech. Ačkoli lidské úsudky mohou být nevhodné pro analýzu barev, jelikož vnímání barev se u jednotlivých druhů silně liší, je pravděpodobné, že základní principy vnímání tvaru a vzoru budou podobné u predátorů a kořisti, tak i u lidí a kočkovitých šelem.

Pravdou zůstává, že mechanismus vývoje maskovacích vzorů srsti kočkovitých šelem není dosud znám (Mazák 1960). Dle Allena et al. (2011) je dobrým kandidátem k pochopení tohoto mechanismu například model reakce – difúze. V minulosti byly spojovány různé maskovací vzory s vývojovými mechanismy, které mohou generovat rozmanitost vzorů. Vzory reakce - difúze lze manipulovat podle několika dimenzí, které lze společně považovat za složené z maskovacího prostoru, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



**Obrázek 3** Vizualizace maskovacího prostoru (Allen et al. 2011)

Allen et al. (2011) pozorovali klasifikaci standardních příkladů vzorů boků kočkovitých šelem k nejbližšímu srovnávacímu vzoru v uvedeném vícerozměrném prostoru. Základní rovnice generující zvolený vzor a distribuci klasifikačních rozhodnutí pozorovatelů, obsahuje hodnoty proměnných, které parametrizují důležité vlastnosti každého standardního obrazu.

- vzorovaný versus prostý,
- nepravidelnost vzoru,
- složitost vzoru,
- velikost prvku vzoru,
- anisotropie neboli směrnost prvků vzoru.

Všechny základní vzory byly dále testovány v návaznosti na ekologické proměnné, které byly v minulosti navrženy k řízení vývoje fenotypů vzorů, včetně stanoviště, lokomoce, doby aktivity, sociálních systémů, velikosti kořisti, velikosti těla a hmotnosti. Cílem výzkumu bylo také shromáždění informací o prevalenci melanismu u každého druhu za účelem testování predikcí alternativních teorií pro výskyt melanistických polymorfů u některých druhů kočkovitých šelem. Prevalence představuje jeden ze základních ukazatelů v epidemiologii a určuje podíl počtu jedinců trpících danou nemocí a počtu všech jedinců ve sledované populaci (Allen et al. 2011). Narušení selekce může způsobit polymorfismus, pokud extrémní morfy

získají výhody. Toto je pravděpodobnější u druhů se širokými ekologickými výklenky, protože proměnná prostředí nabízejí více příležitostí, které by mohly neobvyklé morfy potenciálně využít (Begon et al. 1997).

Bylo zjištěno, že vzory boků kočkovitých šelem fungují jako maskování na pozadí. Evoluce obecně spárovala holé kočky s relativně rovnoměrně zbarvenými, texturovanými a osvětlenými prostředími a vzorované kočky s prostředím plným stromů a keřů a pruhovanými a skvrnitými stíny. Je také pravděpodobné, že se konkrétní vzorec obecně vyvíjí, aby se podobal velikosti, tvaru a variabilitě prvků vzoru v pozadí. Kočky používající uzavřená prostředí a *arboreal locomotion* (na stanovištích, v nichž jsou přítomny stromy, se zvířata přizpůsobila pohybu ve výškách) mají pravděpodobněji složitější vzorce než ty, které používají otevřená stanoviště a pozemní pohyby. Obzvláště nepravidelné vzory se vyvinuly spíše u nočních lovců, kteří se nacházejí v tropických lesích a těch, kteří loví na stromech. Uzavřená prostředí, zejména tropické lesy a stromová stanoviště, mají kvůli struktuře prvků, které obsahují, nepravidelnější a složitější strukturu než otevřená prostředí, jejich konfiguraci a hustotu a interakci se světlem a vrženými stíny. Na druhou stranu však nelze potvrdit tvrzení, že vertikální pruhy jsou spojeny s travními porosty. Pouze tygr byl klasifikován jako druh mající vertikálně protáhlé vzory a není silně spojen s tímto stanovištěm. Mezi narušující výběr patří mechanismus odpovídající za výskyt melanických forem u některých koček. Není ale jasné, jak melanické formy mohou používat svá prostředí odlišně od standardně zbarvených jedinců, i když by se očekávalo, že budou nalezeny v extrémech. Vykreslování pozic druhů v kamuflážním prostoru ukazuje, že některé kočky jsou fascinující v kamufláži v odlehle oblasti (Booth 1990; Begon et al. 1997; Allen et al. 2011).

### 3.4 Mimikry

Mimikry, známé jako mimetismus či mimeze, je termín, který označuje povrchovou podobnost mezi dvěma živočišnými druhy, kteří nejsou blíže příbuzní, a to nikoliv na základě konvergentního vývoje. Důvodem vzniku mimiker je ochrana před predátory (Komárek 2004). Zjednodušeně je možno mimezi popsat jako proces, při kterém se jeden živočišný druh snaží napodobit jiný druh proto, aby získal výhody v rámci selekce, které díky změně vzhledu a chování mohou využít. Mezi nejčastější účel mimeze patří především ochrana zranitelných druhů před predátory, prostřednictvím které se zvýší jejich šance na přežití, tento typ mimetismu se nazývá Batesovské mimikry. V případě, že mimezi využívají nebezpečné

druhy, je to zpravidla z toho důvodu, aby se co nejrychleji naučili rozeznat nejedlou kořist, čímž se také zvyšuje jejich šance na přežití (Speed 1999).

Mimikry napodobují neškodný druh kořisti a varovné zbarvení nepoživatelného modelového druhu. Mimikry se vyvíjejí ve dvoustupňovém procesu, ve kterém velká mutace nejprve zmutuje k přibližné podobnosti s modelem, po kterém menší změny zlepšují podobnost. Není však známo, které aspekty predátorské psychologie způsobují, že počáteční mutant je vnímán dravci jako podobný model, což ponechává otevřenou otázku, jak nastává zásadní první krok evoluce mimiker (Gamberale-Stille et al. 2012).

Batesovské mimikry je možno iniciovat mutací působící na kořisti tak, aby získaly vlastnost, kterou dravci používají jako prvek pro kategorizaci potenciální kořisti, která je pro ně nevhodná (Charlesworth & Charlesworth 1975). Teorie, že druh získává vstup do mimikry prostřednictvím slané funkce, nám umožňuje formulovat scénáře sledu událostí během evoluce mimiker a rekonstruovat počáteční mimetický vzhled pro důležité příklady Batesovské mimikry (Gamberale-Stille et al. 2012). Protože kategorizace podle predátorů založená na vlastnostech znamená kvalitativní rozlišení mezi nemimikry a průchodnými mimikry, může teorie vysvětlit výskyt nedokonalých mimiker. Téměř před staletím začala debata o Batesově mimikry evoluci, ve které byla uznána důležitost vnímání predátorů, ale nebyla vyvinuta žádná komplexní teorie toho, jak predátoři rozpoznávají a rozlišují kořist. Dle autorů převládá představa, jak predátoři vnímají podobnost podobnou modelu, že všechny aspekty vzhledu mají stejný druh dopadu na rozpoznávání kořenů a generalizaci (Mappes & Alatalo 1997). Kontrastní přístup uplatnění tvrzení, že zvíře nereaguje na všechny změny v prostředí, které jeho smyslové orgány mohou získat, ale pouze na malou část z nich, má vliv na učení dravců o kořisti. Toto tvrzení může mít důležité důsledky také pro tzv. dvoustupňový proces mimikry evoluce, ve které nejprve dojde k přibližné podobnosti s modelem, po kterém pak jakákoli změna může podobnost ještě zlepšit (Huheey 1975). Cílem tohoto procesu je využít psychologii zvířat ke kategorizaci komplexních podnětů a k vysvětlení toho, jak predátoři mohou vnímat počáteční mimetický mutant jako podobný modelu. Vysvětlení tak vrhá světlo na klíčový první krok Batesovské mimikry evoluce (Gamberale-Stille et al. 2012).

Speed (1999) a Gamberale-Stille et al. (2012) se domnívají, že dravci by měli tvořit kategorie, podle kterých se dokážou rozhodnout o vhodnosti kořisti. V případě, že je kategorizace primárně založena pouze na jediné vlastnosti kořisti, může relativně malá genetická změna kořisti způsobit velkou změnu vzhledu, tak, jak ji vnímají dravci. Taková

funkce může způsobit kvalitativní posun v kategorizaci z vhodné na nevhodnou kořist, a tím zahájit vývoj mimiker.

Objekty kořisti jsou reprezentovány jako kolekce rysů, které prostřednictvím porovnání společných a výrazných rysů jednotlivci kategorizují objekty, buď jako podobné, nebo jako odlišné. Experimenty ukazují, že zvířata při rozlišování mezi podněty často používají jeden nebo několik rysů a existuje také studie, že k takové kategorizaci dochází u dravců, kteří rozlišují vhodné od nevhodných kořistí (Lindström et al. 1997).

Autoři Lindström et al. (1997) a Gamberale-Stille et al. (2012) uvádějí, že v Batesovské mimikry evoluci začíná mimikrum být druhem chutné kořisti, která by mohla být součástí větší komunity, s níž se dravec často setkává a ví, že je jedlá. Pro pochopení tohoto systému je potřeba specifikovat interakci, mezi těmito druhy kořisti a predátora. V tomto případě je potřeba zohlednit dva následující účinky:

- v situaci, ve které se lovecký predátor nachází v blízkosti obyčejné kořisti, která má sníženou pravděpodobnost napadení, jelikož by se mohla vyvarovat objevu. Pravděpodobnost napadení je také možno snížit tím, že v blízkosti může být jiná obyčejná kořist přitahující pozornost dravce nebo proto, že tělesné proporce a další aspekty fenotypu obyčejné kořisti zlepšují jejich schopnost uniknout útoku, ve srovnání s členy nebo napodobeninami aposematických druhů.
- predátoři se mohou o chutnosti individuální obyčejné kořisti dozvědět pomaleji, a to ve smyslu nižší rychlosti vytváření asociace mezi chutností a konkrétním obvyklým výskytem kořisti.

Pro kategorizaci nepoživatelné kořisti mohou predátoři použít jeden nebo více jejich rysů. Reakce predátorů na výskyt kořisti může být částečně kategorizována, a to podle výsledků zkušeností dravce s nepoživatelnou kořistí. Celkovou myšlenkou je, že kategorizace kořisti je pro dravce účinným způsobem řešení složitého světa.

## 3.5 Vybrané druhy šelem

### 3.5.1 Vlk šedý (*Canis lupus*)

Schweizer et al. (2018) uvádějí, že u vlka šedého (*Canis lupus*) je melanismus způsoben jinou složkou melanokortinové dráhy, než je MC1R, a to lokusem K kódujícím beta-

defesinový protein působící jako alternativa k MC1R. Melanistická mutace lokusu K pochází z dřívější hybridizace s domácími psy. V zalesněných stanovištích se zvýšila na vysokou frekvenci a vykazuje molekulární podpis pozitivního výběru. Dle Andersona et al. (2009) stejná mutace jako u vlka šedého způsobuje melanismus u kojotů (*Canis latrans*). Výsledky výzkumů poukazují na to, jak znaky vybrané u domestikovaných druhů mohou ovlivnit morfologickou rozmanitost jejich divokých příbuzných. Shoda, která panuje mezi barvou srsti a stanovištěm, je velmi často přisuzována přirozenému výběru, ale jen zřídka je podporován důkaz poskytovaný na molekulární úrovni.

U severoamerických vlků šedých se frekvence barev srsti liší mezi vlky žijícími v zalesněných prostranstvích od těch, kteří žijí v otevřených prostranstvích, a to zejména v severní Americe, včetně parku Denali a poloostrova Kenai na Aljašce a kanadské Arktidy. Jedná se o rozdíly, které jsou obzvláště dramatické mezi vlky vysoké tundry migrující a následující neúrodnou karibu do svých chovných oblastí, a vlky, kteří jsou celoročními obyvateli sousedního borealského lesa a loví nemigrační kořist. Tmaví vlci jsou velmi vzácní v tundře, ale zvyšují svou četnost podél jihozápadního svahu směrem k zalesněným oblastem. Potenciální selektivní hodnota tmavé barvy versus světlé srsti zahrnuje ukrytí během predace nebo nepřímé účinky v důsledku pleiotropie. Pravý důvod však nebyl odhalen, jelikož základní gen nebyl identifikován. Barva srsti u kanadských vlků je geneticky komplexní, s fenotypy sahajícími od bílé po šedou až černou, a je také zmatena nezávislým účinkem šedivění s věkem (Anderson et al. 2009).



**Obrázek 4** Melanický a klasický zbarvený vlk šedý (Anderson et al. 2010)

### **3.5.2 Kočka bengálská (*Prionailurus bengalensis*)**

Kočka bengálská (*Prionailurus bengalensis*) je druh kočkovité šelmy patřící mezi Asijské malé kočky, naopak kočka Bengálská je vyšlechtěné plemeno kočky domácí (*Felis silvestris*) (Pollard 2004).

Plemeno kočky Bengálské bylo vyvinuto na počátku 70. let a stalo se jedním z nejpopulárnějších plemen na světě. Většina, ale ne všechny, celosvětové kočičí asociace uznávají toto plemeno a některé registry uznávají hybridní plemena Savannah a Chausie. Pro soutěž na výstavách koček musí mít hybridní kočky rodiče z domácího původu do čtyř generací. Protože však samčí hybridy rané generace jsou neplodné, samice jsou zpětně kříženy buď s domácími kočkami, nebo častěji se samčími hybridy pozdějších generací. Hybridní křížení, kombinované bez povinného ověřování rodičovství v chovu koček, ztěžuje predikci divoké krve v těchto hybridních. Přestože je výběr v rámci plemene pro zbarvení podobný divokým kočkovitým šelmám silný, mnoho domácích genů vstoupilo do plemene kočka Bengálská, čímž se vytvořilo jedinečné zbarvení, které není charakteristické pro divoké kočkovité šelmy. Tyto geny zbarvení často zaměňují správné fenotypování. Nová kombinace konkrétní formy genu pod umělým výběrem domácích chovatelů s těmi z jiných druhů kočkovitých šelem nabízí možnost odhalit zajímavá a jedinečná zbarvení hybridních koček, které u jiných domácích zvířat nevidíme (Gershony et al. 2014).

Zbarvení pláště kočky Bengálské představuje možný neúplný melanismus. Kompletní kódující oblast ASIP byla přímo sekvenována u asijských leopardů, domácích koček a koček bengálských. Bylo identifikováno dvacet sedm variant mezi domácími a leopardími kočkami. Smíšený heterozygotní stav naznačuje alelu leopardí kočky v kombinaci s recesivní neagresí. Alela ovlivňuje bengálské znaky, vytváří tmavší, ale ne úplně melanistický kabát. Toto je první validace alely leopardí kočky segregující u plemene Bengálská a pravděpodobně ovlivňující jejich celkový fenotyp pelage. Služby genetického testování si musí být vědomy možné segregace alel divokých koček ve všech testech prováděných na hybridních kočkách (Gershony et al. 2014).

Plemeno Bengálské kočky vzniklo křížením mezi domácí kočkou a asijskou leopardí kočkou. U tohoto plemene je jedinečný typ pelage zahrnující tmavší obličejovou masku a tmavý hřbetní pruh, běžně nazývaný „mys“. Tento „uhlíkový“ vzor nevytváří plně melanickou kočku, ale propůjčuje tmavší a rozšířenější znaky, což naznačuje neobvyklé interakce mezi melanismem a geny pro vzorování u hybridních koček (Pollard 2004; Gershony et al. 2014).



### 3.5.3 Levhart skvrnitý (*Panthera pardus*)

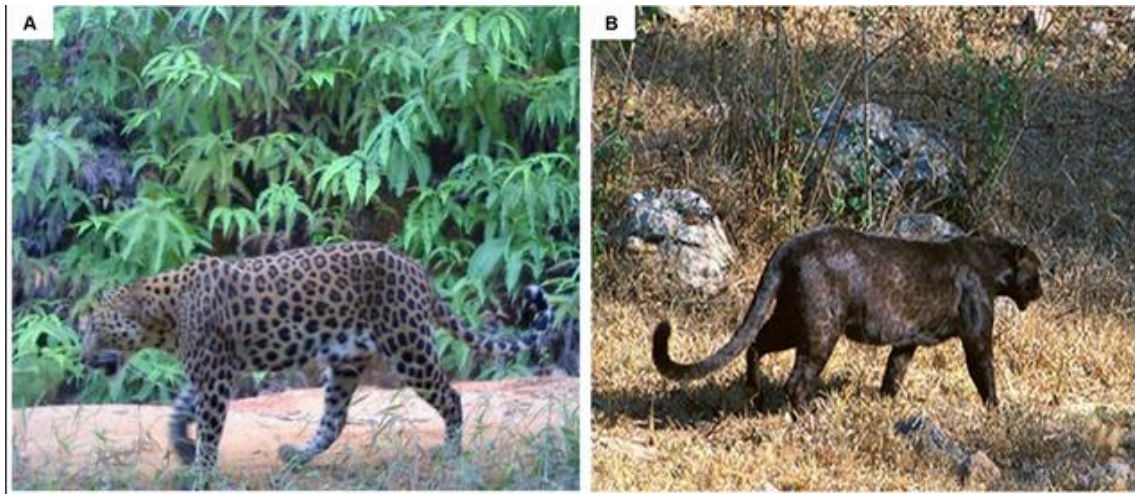
Pod názvem levhart skvrnitý (*Panthera pardus*) si lze představit leoparda či pardála, pro kterého je typické výrazné variabilní zbarvení. Základní zbarvení levharta skvrnitého se je od šedavěžlutého, přes okrově žluté a oranžově plavé, až k olivově plavému. Spodní část těla je výrazně světlejší, většinou čistě bílá. Černá kresba levharta skvrnitého je tvořena tzv. rozety nacházejícími se především na hřbetu, lopatkách, bocích a stehnech levharta. Hlava, krk a končetiny obsahují okrouhlé až oválné skvrny. Velikost rozet a jejich hustota je pak ovlivněna především individuální a geografickou variabilitou (Werdelin & Olsson 1997; Schneider et al. 2012).

V porovnání s ostatními druhy kočkovitých šelem se lze právě u levharta skvrnitého setkat s většími odchylkami ve zbarvení, mezi které patří:

- abundismus = jedná se o sklon k atypické kresbě a novotvarům. Abundismus tedy umožňuje to, že se u některých jedinců mohou vyskytnout na bocích a na hřbetech např. velké, většinou silně protáhlé rozetovité skvrny s výrazně tmavším vnitřním polem, ve kterém se nalézá i několik plných nebo neuzavřených skvrn. V ostatních případech může také způsobit, že rozety a skvrny tvoří navzájem spojený řetězec, nebo většinu jeho těla pokrývají velké nepravidelné černé skvrny (Hunter 2015).
- melanismus = díky melanismu je možno u levharta skvrnitého vidět původní tmavou kresbu, a to v příznivě dopadajícím světle. Při pohledu z určitého úhlu, je možné pozorovat nezřetelnou kresbu, a to hned na první pohled, jelikož se jedná pouze o dva různé tóny černé. Díky této barevné odchylce existuje možnost, že se v jednom vrhu mohou narodit nejen normálně zbarvená mláďata, ale také ta melanická. Melanismus nemá vliv na možnosti páření se s normálně zbarveným partnerem. S melanickou formou je možno se nejčastěji setkat například ve vlhkých lesích Malajsie, na Jávě, v Indii a v Etiopii. Na druhou stranu jsou pak známy také oblasti, ve kterých se zatím žádný melanický druh nevyskytl. Konkrétně se jedná například o Dálný východ a Mandžusko (Schneider et al. 2012).

Geografická distribuce a asociace biotopů většiny savčích polymorfních fenotypů jsou stále špatně známé, což ztěžuje hodnocení jejich adaptivního významu. I v případě černého pantera, ikonické melanistické varianty leoparda, neexistuje žádná mapa popisující jeho distribuci. U leopardů je melanismus ovlivněn přirozeným výběrem, pravděpodobně vedený

účinností maskování, nebo termoregulací v různých stanovištích, spolu s účinkem vlhkosti, který přesahuje jeho vliv na typ vegetace (Schneider et al. 2012; Hunter 2015).



**Obrázek 5** A-Typicky zbarvený leopard, B-Melanicky zbarvený leopard neboli „černý panter“ (Schneider et al. 2012)

Zbarvení zvířat je často navrženo tak, aby mělo adaptivní význam a plnilo různé role v behaviorálních a ekologických procesech. V současnosti je však známo velmi málo o evolučním a ekologickém většiny zbarvovacích fenotypů, a to napříč všemi skupinami zvířat, včetně variant, které jsou snadno a běžně pozorovány v terénu. V mnoha případech zůstává i geografické rozložení variant zbarvení nedostatečně zdokumentováno, což vylučuje hlubší analýzu jejich vztahů s ekologickými proměnnými (Werdelin & Olsson 1997; Schneider et al. 2012).

Vzhledem k velmi širokému zeměpisnému rozšíření leopardů, kteří pocházejí z ruského Dálného východu až po Afriku, zahrnující různorodou škálu stanovišť, od pouští po deštné pralesy a od vlhkých tropů po mírné zóny, je nezbytným prvním krokem zmapovat výskyt melanismu v celém jejich rozsahu (Hunter 2015). Dle studií Allena et al. (2011) bylo zjištěno, že melanismus může být ve velmi vysokých frekvencích v některých populacích leopardů. Výskyt melanistických leopardů byl potvrzen v Indii, Etiopii, na Javě a Malajsii, v pohoří Aberdare v Keni, Nepálu a potenciálně i v Jižní Africe. Všechny tyto regiony obsahovaly nové záznamy pro oblasti, ve kterých byl dříve popsán melanismus, a také znázornění dalších oblastí. Melanismus chyběl na ruském Dálném východě, ve střední Číně a na Středním východě, a to včetně Arabského poloostrova. Další záznamy výskytu melanismu byly zaznamenány, ale nepotvrzeny v Africe a Iránu (Allen 2011; Hedges 2015).

Ačkoli tato pozorování mohou naznačovat hypotézu, že melanismus leopardům poskytuje adaptivní výhodu v určitých ekologických podmínkách, jsou stále lokalizovány a dosud nebyly systematicky analyzovány. V odborné literatuře došlo k potvrzení melanismu také u čtyř leopardích poddruhů, avšak nikdy u nich nebyl zmapován přesný geografický rozsah tohoto fenotypu zbarvení, a to nejen pouze u nich, ale dokonce ani u leopardů jako celku. Přítomnost a frekvence melanismu se podle provedených průzkumů mezi různými druhy leopardů liší. Ačkoli leopardi byli nalezeni v 11 různých biomech, melanismus byl pozorován pouze ve čtyřech z nich a byl nejčastější v tropických a subtropických vlhkých lesích (Werdelin & Olsson 1997).

### **3.5.3.1 Levhart obláčkový (*Neofelis nebulosa*)**

Dalším známým druhem levharta je levhart obláčkový (*Neofelis nebulosa*), jehož dominantním rysem jsou tzv. obláčky na bocích těla. Tyto obláčky jsou velké, šedavé nebo nažloutlé a obsahují černé skvrny, které mají nepravidelný tvar. Mláďata těchto levhartů jsou převážně černá a dospělé obláčkové zbarvení začínají získávat od půl roku života. Lze u něj také pozorovat případy melanismu. Z obecného hlediska je možné uvést, že postupně od studenějších či sušších oblastí výskytu levharta skvrnitého k oblastem teplejším či vlhčím, se zvyšuje intenzita zbarvení srsti a rozety se i tímto směrem zmenšují a jejich hustota na těle se zvyšuje (Allen et al. 2011).

### **3.5.3.2 Levhart indočínský (*Panthera pardus ssp. delacouri*)**

Levharti neboli leopardi byli v poloostrovní Malajsii až donedávna přehlíženi, a to zejména z toho důvodu, že se jedná o jedinečnou populaci jednotlivců, kteří jsou téměř všichni melaničtí, což téměř znemožňuje identifikaci jednotlivců pomocí pastí na fotoaparát pro odhad hustoty leopardů. V Malajsii byl projekt, jehož cílem bylo určit proveditelnost spolehlivé identifikace melanistických leopardů pomocí lapačů infračervených zábleskových kamer a stanovit odhad hustoty populace leopardů v koridoru volně žijících živočichů v Malajsii pomocí maximální pravděpodobnosti a bayesovského prostorově explicitního zachycení. Díky tomuto projektu se prokázalo, že melanistické leopardy lze s jistotou monitorovat pomocí infračervených kamer, které by měly být v budoucnu používány a nemělo by se tak spoléhat na jizvy nebo tvar těla pro identifikaci. V konečném důsledku je možno usnadnit přesnější hodnocení trendů populace leopardů, a to zejména v těch regionech, ve kterých se vyskytují převážně právě melanistické fenotypy. U leopardů došlo k detekování

jednonukleotidového polymorfismu, který byl způsoben nesmyslnou mutací, u které se předpokládá, že zcela ruší funkci ASIP (Hedges et al. 2015).

### 3.5.3.3 Černý panter

Ze všech divokých koček vykazujících melanismus je asi nejznámější černý panter – melanistická forma leoparda (*Panthera pardus*) nebo jaguára (*Panthera onca*). Ačkoli byl molekulární základ melanismu u tohoto druhu již identifikován jako recesivně zděděná mutace genu ASIP, chápání její adaptační relevance zůstává v plenkách. Jedná se zlatého až zlatorudého jedince zdobeného černými skvrnami, mezi kterými lze nalézt černě zbarveného jedince, jako důsledek rozsáhlého výskytu tmavého pigmentu melaninu v kůži a srsti, způsobeného recesivním genem (Da Silva et al. 2017).

Černý panter je kočkovitá šelma, která se objevuje od Afriky přes Střední a jihovýchodní Asii až po Dálný východ. Melaniční panteri se pak vyskytují zejména v jihovýchodní Asii. Potvrzený výskyt takto barevné odchylky se objevil také na území Afriky, kde byl konkrétně v Etiopii vyfotografován první černý panter. Bylo zjištěno, že černí panteri žijí nejčastěji v oblastech vlhkých tropických pralesů, kde panuje trvalé šero, husté koruny pralesních velikánů propustí jen málo slunečních paprsků do spodních pater. V tomto prostředí je pak právě černý levhart méně nápadný než jeho normálně zbarvená forma. U černých panterů se objevují geny pro melanismus recesivní, což znamená, že melanistické kotě se narodí pouze v případě, že jsou oba rodiče černí, nebo v případě, že mají černého pantera mezi svými předky (Martinová 2019).

### 3.5.4 Jaguár (*Panthera onca*)

Zbarvení jaguára je od šedavě žlutého, přes okrově žluté až oranžově plavé, které je velmi podobné jako u levharta skvrnitého. Spodní část těla jaguára je zpravidla světle bílá a kresba, která tvoří tmavě černé rozety, se vyskytuje hlavně na lopatkách, bocích těla a stehnech zadních končetin, a v některých případech se rozety sbíhají do kruhů. Hlava, hrud' a přední končetiny obsahují plné okrouhlé skvrny, které mohou nejen na krku, ale také na hrudi vytvářet kratší nebo delší příčné řetězce. U jaguára se také objevují rozety, které jsou v porovnání s levhartem skvrnitým větší, ale v menším počtu. Na ocasu se vyskytují rozety a nepravidelné skvrny šikmo či napříč k podélné ose ocasu. Konec ocasu je pak vždy černý (Mazák 1960; Ortolani 1999; Hunter 2015).

Melanismus se u jaguára neobjevuje tak vzácně, jak se v minulosti myslelo. U jaguára je melanismus možno vidět v příznivě dopadajícím světle na původní tmavou kresbu. Samice jaguára může mít v jednom vrhu nejen černé, ale také normálně zbarvená mláďata, u kterých lze při bočním osvětlení pozorovat na srsti původní kresbu. Černě zbarvení jaguáři se v populaci normálně zbarvených jedinců vyskytují mnohem častěji než například levharti. Důvodem je dědičnost genů pro melanismus, které jsou u jaguárů dominantní. To znamená, že stačí, když je jeden z rodičů černý, aby se mezi mláďaty mohlo narodit černé kotě (Da Silva 2017).

### 3.5.5 Tygr (*Panthera tigris*)

Barva srsti tygra je oranžová a na končetinách se nacházejí svislé tmavé pruhy, které postupně přecházejí v různé míře do pruhů vodorovných. Velká většina těchto pruhů se rozdvouje a občas také rozděluje až do tří jazyků, které se na hřbetě opět spojují v jeden souvislý pruh, který vede od hlavy až k začátku ocasu. Boky, slabiny a stehna obsahují pruhy, které se na svém konci mohou také rozpadat do drobných skvrn. Na předních končetinách lze pozorovat příčné proužky, nebo jsou ve většině případů bez žíhání. Na ocasu se pruhy řadí do nepravidelných uzavřených kroužků, které napodobují střídání světla a stínu, který na něj vrhá vegetace v hustém porostu pralesů a lesů. Tyto pruhy poskytují tygroví při pohybu tolik potřebnou nenápadnost a jsou u nich stejně jedinečné jako otisky prstů u člověka (Mazák 1979; Ortolani 1999; Sunquist & Sunquist 2002).

Sunquist & Sunquist (2002) uvádějí, že se v jednotlivých geografických oblastech vyskytují tygři s různou barevnou intenzitou, četností pruhované kresby, délkou srsti, velikostí a dalšími tělesnými znaky, prostřednictvím kterých je lze mezi sebou rozlišit. V teplých jižních oblastech se objevují tygři s výraznějším zbarvením a jsou více pruhovaní než ti žijící v chladných severních oblastech. Spodní strana těla je u všech druhů většinou čistě bílá, jen u severních populací přesahuje výše na boky. Zbarvení tygra je tedy z velké části ovlivněno prostředím.

Z barevných anomálií se u tygrů nejčastěji objevuje albinismus a částečný albinismus, jinak nazývaný semialbinismus. Semialbinističtí bílí tygři pocházejí zejména z Revy, jehož základem je samec, který byl odchycen ve volné přírodě a dále se křížil s příbuznými jedinci. Takto zkřížený jedinec má ale jen malou šanci v přírodě přežít. Mezi další druh křížení patří občasné křížení s tygrem a lvem. Když je otcem lev a matkou tygřice, nazývá se vzešlý

kříženec liger, v opačném případě je to tigon. Jejich potomstvo je však vždy neplodné (Mazák 1979; Anděra 1999).

Mazák (1979) uvádí, že barevné odchylky u tygrů mívají zpravidla význam spíše z hlediska kulturního než z hlediska biologického. Duhovky tygrů bývají červené, u albínů lze pozorovat duhovky modré. U bílých tygrů se také objevují tmavé pruhy na jejich srsti, a to i v případě, že se jedná o bílé tygry. Zcela bílí tygři jsou tedy velkou vzácností. Poslední bílý tygr byl pozorován v roce 1951 v Indii a všichni současní bílí tygři jsou potomky tohoto samce.

Mezi další barevné odchylky u tygrů patří tzv. rufinismus, díky kterému tygrům chybí v pruzích tmavý až černý pigment, z čehož vyplývá, že červenohnědé pruhy zcela chybí. Srst těchto tygrů bývá výrazně narudlá, a proto jsou také přezdíváni jako zlatí tygři (Mazák 1979). Melanismus u živého tygra jako černé zbarvení nebyl zatím pozorován, ale existují domněnky o tom, že černě zbarvená kůže se u tygra může objevit. Může se zde jednat buď o klasický melanismus, kdy černé barvivo melanin překryje původní barvy, nebo se může jednat také o extrémní rozšíření černých pruhů, kdy mezi nimi téměř nezbývá prostor pro jiné zbarvení. Mezi další zbarvení patří modrý tygr, ale v tomto případě se jedná o typ zbarvení, který zatím nebyl doložen žádnými důkazy. Na druhou stranu toto zbarvení nelze úplně vyloučit, jelikož genom tygra je podobný genomu kočky domácí, u které je modré zbarvení známé (Mazák 1979; Luo 2004).

### **3.5.6 Lev (*Panthera leo*)**

Barva srsti lva je určena vzájemným poměrem obou druhů barviv, které jsou v jejich srsti přítomny. Dospělý lev se vyznačuje typickou jednobarevnou pokrývkou těla. Mladí lvi pak na srsti mívají skvrny. U samců lze pozorovat výrazně tmavší zbarvení hřívky a také štětky chlupů na konci ocasu. Srst na břicho bývá u většiny poddruhů v porovnání se zbytkem těla zpravidla světlejší (Anděra 1999).

#### **3.5.6.1 Bílí lvi**

Bílí lvi se stejně jako bílí tygři v přírodě příliš často neobjevují, a to zejména z toho důvodu, že postrádají normální mimikry. O bílých lvech kolovaly určité zprávy již po staletí v Africe, ale velmi často tomu nikdo nevěřil. První doložené pozorování bílých lvů pochází z roku 1928 a první bílí odchycení lvi byli zaznamenáni v roce 1975, kdy se jednalo o dvě

lvíčata. Tato lvíčata byla odchycena a umístěna do zoologické zahrady, což jim zachránilo život, jelikož jejich zabarvení by je znevýhodňovalo jak před predátory, tak v dospělosti před kořistí. Několik bílých jedinců také pochází z Johannesburgu, odkud se v roce 1993 dostali do Filadelfie. Chov bílých jedinců vyžaduje příbuzenské páření, které vede k degeneraci a zhoubné zvláštnosti, mezi které patří například neplodnost a ztráta hřív. Takové degeneraci je možno zabránit tak, že se bude vzájemně křížit johannesburgská a timbavatská linie. Bílí lvi bez pigmentu nejsou albíni, mívají pigmentaci, kterou lze pozorovat v očích, na rtech i bříchách tlap. Oči jsou zpravidla zlaté nebo lískové barvy, ale může se objevit také modré zbarvení (Hunter & Yamaguchi 2000; Neubert 2010).

Čerstvě narozená lvíčata bývají sněhobílá a postupem času tmavnou až do bledě béžové. V přírodě ale není pro bílé lvy místo, jelikož nevlastní mimikry, které jsou potřebné k tomu, aby právě v přírodě přežili. Z tohoto důvodu byl trend chovat čistě bílé lvy jen pro výstavy. Co se týká těchto albínů, je možno se setkat hned s několika typy, mezi které patří:

- barmské = jedná se o jedince, u kterých černá přecházela v hnědou a oranžová ve žlutou,
- siamské = jedná se o jedince, u kterých lze probarvení nalézt jen na hlavě, nohách a ocasu. Jedná se vlastně o albíny buď s modrýma, nebo růžovýma očima.

Vedle těchto mutací existují ještě další, které mění normální barvy. Jedná se například o změnu černé na modrou a rudou na béžovou. Dalším zvláštním genem je jiný gen, který blokuje tvorbu černého pigmentu melaninu. Dále existuje i mutace „čincila“ narušující barevná pásma na každém chlupu a vzor srsti se stane bledší a rozmazaný. Melanin je tvořen proteinem tyrozinázou, podle kterého má kůže svou specifickou barvu. Genetickou poruchou tyrozinázy je právě albinismus, při kterém se netvoří melanin. Tyroinázu některé mutace blokují částečně nebo úplně. Někdy také může nastat situace, kdy tyroináza dokáže změnit molekulu tak, že nebude pracovat správně. Lze se také setkat s tím, že gen albinismu naruší zrakový systém a může způsobit šilhavost (Hunter & Yamaguchi 2000; Neubert 2010).

### **3.5.6.2 Černí lvi**

První zpráva o výskytu černého lva pochází z poloviny 19. století a jedinec je popisován jako hodně tmavohnědý, místy až černý. V roce 1975 se v glasgowské ZOO narodil částečně černý lev Ranger, který však nebyl plodný a nemohl se dále rozmnožovat. Již od narození

byla jeho přední pravá tlapa až přes hrud' zbarvena dehtově černou skvrnou. První případ výskytu melanismu u jihoafrického lva byl právě Ranger. Existují však další dostupné zprávy o černých, čokoládově hnědých a červenohnědých lvech. Tmavohnědý, téměř černý lev, byl zpozorován v Iránu a černá lvice zase v Okavangu. Právě v Okavangu byly objeveny celé tlupy tmavohnědých nebo černých lvů, skládající se z příbuzných lvic, je to tedy rodová odchylka. Nemusely to být ale tmavohnědé nebo černé lvice, ale jen jejich siluety (Bočková 2009).

### **3.5.7 Karakal (*Caracal caracal*)**

Karakal na první pohled vypadá jako kříženec pumy a rysa a je nazýván také jako rys ostrovid. Jeho tvář připomíná pumu a jeho uši pak ukazují štětec, který je typický právě pro rysa. Podle biologických studií se uvádí, že úzce souvisí s africkou zlatou kočkou a serválem. Nejčastěji se vyskytuje v Africe, na Blízkém a Středním východě. Žijí v polopouštích, loukách, křovinách a nacházejí se také v horských oblastech. Nejčastěji se nacházejí v místech, kde je suchá, otevřená savana se stinnými oblastmi (Skupin 2020).

Dalším druhem karakala je tzv. karakal černé ucho. Tento druh je specifický tím, že zadní strana jeho uší je černá. Barva kožichu je písčitá nebo světle hnědá a načervenalým nádechem. Krk a oblast kolem očí a úst jsou světlejší (Hunter 2015). Také u tohoto druhu karakala se může vyskytnout melanismus, a proto se mohou vyskytnout i černí karakalové. Karakal váží asi 6–18 kg a jeho potravou jsou především ptáci a malí savci, dokonce loví i menší gazely. Karakal stejně jako gepard byl v minulosti odchycen a vycvičen indickými princí k lovu (Skupin 2020).

### **3.5.8 Kočka slaništní (*Leopardus geoffroyi*)**

Jedná se o kočku, která se stejně jako kočka tmavá vyznačuje hustými černými skvrnami. Na rozdíl od kočky tmavé má však světlejší, kouřově šedé až pískově hnědé zbarvení a na břiše bílou nebo krémovou barvu. Tento podklad pak může mít jakékoli další přechodné odstíny a společně s různou velikostí těla lze podle něj rozlišovat až 4 poddruhy. Jejich končetiny a strany těla mívají skvrny, které mají sklon k splynutí v jeden příčný pruh. Tváře této kočky jsou zdobeny dvěma tmavými proužky a několika tmavými, podélnými pruhy. Zadní strana uší pak bývá černá a uprostřed se nachází bílá skvrna. Stejně jako kočky tmavé se u kočky slaništní lze setkat s melanismem a zdá se, že výskyt melanistického zbarvení stoupá společně se zeměpisnou šířkou a černé kočky se tak nejčastěji objevují v oblasti Guaitecaas a Chile (Hunter 2015; Schneider et al. 2015).



### 3.5.9 Rys červený (*Lynx rufus*)

Původ jména rys červený pochází z anglického bobcat neboli houčející se ocas. Jedná se o ocas, který je krátký a společně s dalšími znaky je pak pro celou tuto linii charakteristický. Jejich silná a jemná kratší srst je zbarvena do žlutohněda, hněda, červená či do nažloutle hnědé až světle šedé. Na této srsti se pak objevují černé nebo tmavě hnědé skvrny a někdy také pruhy. Břicho a vnitřní strana končetin je bílá a skvrnitá. Chodidla jsou méně osrstěná, a to z toho důvodu, že nejsou příliš adaptováni na život ve sněhu jako příbuzní tohoto druhu. Jejich ocas je krátký s tmavými černými pruhy a její špička je na horní straně černá a na dolní bílá. Velké zašpičatělé uši jsou krátké, vzpřímené a jejich součástí je také černý chomáček chlupů. Na zadní straně uší, které jsou černé, se nachází nápadná bílá skvrna. Po stranách hlavy lze objevit delší, proužkem lemované chlupy, které tvoří výrazné licousy (Kunc 1999; Sunquist & Sunquist 2002).

Rys červený celkově vypadá jako malá zdobnělina rysa ostrovida a stejně jako ostatní druhy ho lze zařadit k významným kožešinovým zvířatům. U této kočkovité šelmy je možné se také setkat nejen s albinismem, ale také s melanismem. Melanismus je u tohoto druhu častější než albinismus, a to obzvláště na jižní Floridě (Ulmer 1941; Kunc 1999; Sunquist & Sunquist 2002).

### 3.5.10 Gepard (*Acinonyx jubatus*)

Gepard je zbarven žlutě nebo světle hnědě. V některých případech ale může být také žlutohnědý, našedivěle bílý až jasně červenavě hnědý. Na srsti geparda lze nalézt rovnoměrně rozmístěné, malé a téměř vždy černé skvrny, které mají okrouhlý tvar. Každý jedinec se pak vyznačuje jedinečným vzorem skvrn na tváři a hrudi, podle kterých je možno je individuálně rozpoznat. Stejně pravidlo pak platí u ocasu, a to u uspořádání jejich pruhů, kde lze nalézt velkou podobnost mezi matkou a mláďaty. Břicho a vnitřní strana končetin je bílá stejně jako krk, brada, horní ret a část nad očima. Gepardí ocas je pokrytý černými skvrnami, a to v prvních dvou třetinách. Poslední třetina ocasu je pokryta 3–6 černými pruhy, špička ocasu je bílá. Na jeho hlavě je nápadný černý proužek, který začíná u vnitřního rohu oka a pokračuje až k tlamě. Další proužek na tváři začíná od vnějšího koutku očí a sestupuje pak šikmo po tvářích a může se rozpadat do řetězce menších jednotlivých skvrn. Zadní strana uší má černou barvu a v zátylku a mezi lopatkami pak bývá jejich srst prodloužena a tím tvoří krátkou šíjovou hřívu, která je vidět až v okamžiku gepardova naježení. Jeho licousy jsou krátké, jemné až nenápadné, a to zejména proto, že při lovu nehrají žádnou roli (Sunquist & Sunquist 2002; Hunter 2015).

Právě u geparda lze pozorovat největší rozdíly ve zbarvení mezi dospělými jedinci a mláďaty. Mláďata se rodí s velmi dlouhou, jednobarevně šedobílou, někdy žlutavě světlešedou srstí. Až po výměně této srsti se začínají objevovat skvrny. Samotná výměna srsti začíná od břišní strany těla a kolem 10. týdne života je prakticky vyměněna na celém těle kromě pruhu velmi dlouhých světlých chlupů, začínajících na zátylku a končících až u kořene ocasu. Vzor mladého geparda je podobný srsti medojeda a zlepšuje tak jejich krypsi. Rozlišení poddruhů je složitější. Odlišují se nejen geograficky, ale také podle zbarvení, velikosti a hustoty skvrn (Brigs & Brigs 2005; Hunter 2015).

Z barevných anomálií se lze setkat jednak s albinistickými, ale i melanickými gepardy. Melanismus byl objeven jen ve dvou případech v Keni a v Zambii. Albinismus až do současnosti nebyl vůbec potvrzen a lze se o něm dozvědět pouze z historických pramenů (Sunquist & Sunquist 2002).

V minulosti byl přiveden do Agry gepard, který byl jen bílý a měl namodralé skvrny. Vedle albinismu a melanismu se lze setkat ještě s další barevnou anomálií. U tohoto druhu lze pozorovat splývavé skvrny na hřbetě. Jedná se o skvrny uspořádané do podélných pruhů a na bocích do přerušovaných linií směřujících šikmo dozadu. Původně se myslelo, že se jedná o křížence geparda a levharta skvrnitého, ale ve skutečnosti se jedná o obyčejného geparda s abnormální kresbou. Takový královský vzor srsti se řídí jediným recesivním genem a v případě, že jej mají oba rodiče, jejich potomstvo bude také mít toto zbarvení. V přírodě se tento druh nachází především v Zimbabwe, Botswaně a Transvaalu a v zajetí nebyl do roku 1980 prakticky vůbec znám (Sunquist & Sunquist 2002; Brigs & Brigs 2005).

## 4 Závěr

Tématem bakalářské práce byl vliv melanismu na život kočkovitých šelem. S tématem zbarvení srsti savců je spojeno mnoho zajímavých a jedinečných poznatků. Co se týká pohledu na zbarvení kočkovitých šelem, ta je v celé skupině šelem nejružnorodější. Podle analýzy odborné literatury, která se problematikou zabývá, vyplývá, že za původní a zároveň nejběžnější vzor zbarvení srsti jsou považovány skvrny, a kromě zbarvení mohou být pro rozlišení dané skupiny také specifické i struktury, které srst dokáže vyprodukovat. Samotné zbarvení může být na jedné straně vysoce uniformní a na druhé straně zase velice variabilní. Další možností je také individuální rozlišení.

Součástí práce bylo kromě teoretického vysvětlení pojmu melanismus také seznámení se s jednotlivými druhy kočkovitých šelem v souvislosti s melanismem. Zjištěno bylo zejména následující:

- u koček bengálských se může objevit částečný melanismus,
- leopardi v Malajsii jsou téměř všichni melaničtí,
- černý panter (melanický leopard nebo jaguár) je nejznámějším druhem divokých koček, u kterého se objevuje melanismus,
- u jaguára se melanismus neobjevuje tak vzácně jako v minulosti a lze jej u něj pozorovat zejména v příznivě dopadajícím světle,
- u živého tygra nebyl melanismus zatím pozorován, ale existují zprávy o tom, že takto zbarvená kůže se u tygra může objevit,
- tamovohnědý až černý lev byl objeven v Okavangu,
- také u karakalů lze pozorovat melanismus,
- u kočky slaništní se stejně jako u kočky tmavé lze setkat s melanismem a zdá se, že výskyt melanistického zbarvení stoupá společně se zeměpisnou šířkou,
- u rýsa červeného se lze také setkat s melanismem, a to častěji než s albinismem,
- u geparda byl objeven melanismus pouze ve dvou případech

Nejen vznik, ale také vývoj zbarvení těla zvířat je důležitým tématem, kterým se v průběhu několika generací zabývalo mnoho různých biologů majících různý přístup. V bádání této problematiky je možno nalézt velkou mezeru, kterou se ani do současnosti nepodařilo zacelit, jelikož genetické výzkumy se zabývají pouze dědičnými aspekty zbarvení a prostřednictvím většiny odborné literatury se hledá řešení pouze pomocí teorií.

I přesto, že o problematice zbarvení srsti kočkovitých šelem nepojednává mnoho literatury, zkoumání této problematiky je stále atraktivní hned pro několik oborů. Ekologie

v něm vidí možnost pokroku do výzkumu smyslu krycího a výstražného zbarvení. Samotný vznik tělní kresby pak může být zajímavý zejména pro biochemiky a molekulární biology, které může lákat především vznik jejich kresby. Vzájemné vztahy panující mezi morfogeny a jejich biologickými vlastnostmi, které jsou málo známé. V oblasti taxonomie a fylogeneze se toto bádání uchytilo především na poli vývoje kresby těla, a to napříč jednotlivými druhy. Mimo běžný biologický pohled se může danou problematikou zabývat také bioestetika či biosémiotika.

Na závěr je potřeba si uvědomit, že ať už jsou kočkovité šelmy zbarvené jakkoliv a jejich kresba má jakýkoliv význam, je velmi důležité nezapomenout na to, že není možné zkoumat tyto jevy odděleně.

## 5 Citovaná literatura

- Allen WL, Cuthill IC, Scott-Samuel NE, Baddeley R. 2011. Why the leopard gets its spots: relating pattern development to ecology in felids. *Proceedings: Biological Sciences* **278**:1373-1380.
- Anderson TM, et al. 2009. Molecular and Evolutionary History of Melanism in North American Gray Wolves. *Science* **323**:295-303.
- Anděra M. 1999. Svět zvířat II. Savci (2). Albatros, Praha.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1997. Ekologie – Jediníci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- Bočková D. 2009. Mutanti a hybridy v říši lvů. iDNES.cz. Available from <https://bockova.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=97983> (Accessed February 2020).
- Booth CL. 1990. Evolutionary significance of ontogenetic colour change in animals. *Biological Journal of the Linnean Society* **40**:125-163.
- Brigs M, Brigs P. 2005. Příroda celého světa. Slovart, Bratislava.
- Caro T. 2005. The adaptive significance of coloration in mammals. *BioScience* **55**:125-136.
- Da Silva LG. 2017. Ecology and Evolution of Melanism in Big Cats: Case Study with Black Leopards and Jaguars. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.69558.
- Da Silva LG et al. 2017. Mapping black panthers: Macroecological modeling of melanism in leopards (*Panthera pardus*). *PLoS ONE* (e0170378) DOI: 10.1371/journal.pone.0170378.
- Eizirik E., Yuhki N., Johnson WE, Menotti-Raymond M, Hannah SS, O'Brien SJ. 2003. Molecular Genetics and Evolution of Melanism in the Cat Family. *Current Biology* **13**:448-453.
- Gamberale-Stille G, Balogh ACV, Tullberg BS, Leimar O. 2012. Feature saltation and the evolution of mimicry. *Evolution* **66**:807-817.
- Gershony LC, Penedo MCT, Davis BW, Murphy WJ, Helps CR, Lyons LA. 2014. Who's behind that mask and cape? The Asian leopard cat's Agouti (ASIP) allele likely affects coat colour phenotype in the Bengal cat breed. *Animal Genetics* **45**:893-897.
- Hearing VJ, Tsukamoto K. 1991. Enzymatic control of pigmentation in mammals. *FASEB J.* **5**:2902-2909.
- Hedges L, Lam WY, Campos-Arceiz A, Rayan DM, Laurence WF, Latham ChJ, Saaban S, Clements GR. 2015. Melanistic Leopards Reveal Their Spots: Infrared Camera Traps Provide a Population Density Estimate of Leopards in Malaysia. *The Journal of Wildlife Management* **79**:846-853.

- Heráň I. 1976. Animal coloration: the nature and purpose of colour in vertebrates. Hamlyn, New York.
- Heráň I. 1982. Kunovité šelmy. Zvířata celého světa 9. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Huheey JE. 1975. Studies in Warning Coloration and Mimicry. VII. Evolutionary Consequences of a Batesian-Müllerian Spectrum: A Model for Müllerian Mimicry. *Evolution* **30**:86-93.
- Hunter L. 2015. Wild Cats of the World. Bloomsbury Publishing, London.
- Hunter L, Yamaguchi N. 2000. The Barbary lion: resurrected king or myth? *Africa: Environment & Wildlife* **8**:93-97.
- Charlesworth D, Charlesworth B. 1975. Theoretical genetics of batesian mimicry II. Evolution of supergenes. *Journal of Theoretical Biology* **55**:305-324.
- King RC, Stansfield WD, Mulligan PK. 2006. A dictionary of genetics. Seventh edition. Oxford University Press, Oxford.
- Komárek S. 2004. Mimikry, aposematismus a příbuzné jevy. Dokořán, Praha.
- Kunc L. 1999. Můj přítel rys. Víkend, Vimperk.
- Lindström L, Alatalo RV, Mappes J. 1997. Imperfect Batesian mimicry – the effects of the frequency and the distastefulness of the model. *Royal Society* **264**.
- Luo S-J et al. 2004. Phylogeny and genetic ancestry of tigers (*Panthera tigris*). *Public Library of Science* **2**(12):2275-2293.
- Mappes J, Alatalo RV. 1997. Batesian Mimicry and Signal Accuracy. *Evolution* **51**:2050-2053.
- Martinová Z. 2019. Černý panter: Po 100 letech znovu v Africe. *ABC* **6**.
- Mazák V. 1960. Velké kočky a gepardi. Zvířata celého světa 7. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Mazák V. 1979. Der Tiger (*Panthera tigris*): Die neue Brehm-Bücherei. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.
- Militzer K. 1987. The ontogenesis of the hair growth cycle in golden hamsters (*Mesocricetus auratus*) – macroscopic and histometric results in two strains. *Z Versuchstierkd* **29**(3-4):181-192.
- Neubert WT. 2010. Vzhled lva. Available from [http://www.mojeajenmoje.xf.cz/html/vi/vzhled\\_lva.htm](http://www.mojeajenmoje.xf.cz/html/vi/vzhled_lva.htm) (Accessed February 2020).

- Ortolani A. 1999. Spots, stripes, tail tips and dark eyes: Predicting the function of carnivore colour patterns using the comparative method. *Biological Journal of the Linnean Society* **67**:433-473.
- Pollard M. 2004. *Encyklopedie koček*. Slovart, Praha.
- Schneider A, David VA, Johnson WE, O'Brien SJ, Barsh GS, Menotti-Raymond M, Eizirik E. 2012. How the Leopard Hides Its Spots: ASIP Mutations and Melanism in Wild Cats. *PLoS ONE* (e50386) DOI: 10.1371/journal.pone.0050386.
- Schneider A et al. 2015. Recurrent Evolution of Melanism in South American Felids. *PLoS Genetics* (e1004892) DOI: 10.1371/journal.pgen.1004892.
- Schweizer RM et al. 2018. Natural Selection and Origin of a Melanistic Allele in North American Gray Wolves. *Molecular Biology and Evolution* **35**:1190-1209.
- Skupin M. 2020. Karakal (*Caracal caracal*). *Welt der Katzen*. Available from <https://www.welt-der-katzen.de/wildekatze/kleinkatzenafrika/karakal/karakal.html> (Accessed February 2020).
- Speed MP. 1999. Batesian, quasi-Batesian or Müllerian mimicry? Theory and data in mimicry research. *Evolutionary Ecology* **13**(7-8):755-776.
- Sunquist M, Sunquist F. 2002. *Wild Cats of the World*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Ulmer FA. 1941. Melanism in the Felidae, with Special Reference to the Genus *Lynx*. *Journal of Mammalogy* **22**:285-288.
- Vitala J. 1981. Hair growth patterns in the vole *Clethrionomys rufocanus* (Sund.). *Biological Research Report of the University of Jyväskylä* **7**:3-17.
- Vokurka M, Hugo J, Presl J. 1995. *Praktický slovník medicíny*. Maxdorf, Praha.
- Weigel I. 1961. *Das Fellmuster der wildlebenden Katzenarten und der Hauskatze in vergleichender und stammesgeschichtlicher Hinsicht*. Bayerischer Landwirtschaftsverl, München.
- Werdelin L, Olsson L. 1997. How the leopard got its spots: a phylogenetic view of the evolution of felid coat patterns. *Biological Journal of the Linnean Society* **62**:383-400.