

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4103 – Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Kvalitativní parametry erytrocytů u vybraných
druhů zvířat**

Autor diplomové práce:

Bc. Václava Böhmová

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

České Budějovice

2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václava BÖHMOVÁ**
Osobní číslo: **Z12659**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Zootechnika**
Název tématu: **Kvalitativní parametry erytrocytů u vybraných druhů zvířat**
Zadávací katedra: **Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů**

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

Mezi ukazatele červených krvinek, které charakterizují úroveň krvetvorby, patří kromě jejich počtu a koncentrace hemoglobinu i kvalitativní parametry.

Cílem práce je vyhodnotit změny kvalitativních ukazatelů červených krvinek (průměrný objem erytrocytů - MCV, průměrná koncentrace hemoglobinu v erytrocytu - MCH a průměrná koncentrace hemoglobinu - MCHC) u skotu, ovcí, psů případně dalších zvířat v závislosti na fyziologickém stavu, užítkovosti a zdraví sledovaných zvířat.

Diplomová práce bude vypracována na základě pokynů uvedených na http://www.zf.jcu.cz/copy_of_students/informace-pro-studujici/dokumenty-studijniho-oddeleni/informace-pro-studujici/Jak_vypracovat_DP.pdf podle následující rámcové osnovy:

1. **Úvod - charakteristika a význam řešené problematiky včetně uvedení cílů práce**
2. **Literární přehled** - současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury
3. **Materiál a metodika** - popis použitých analytických metod včetně metod statistických
4. **Výsledky a diskuse** - tabulkové a grafické zpracování získaných dat navazující na cíl práce, jejich statistické vyhodnocení a porovnání s dostupnými literárními údaji
5. **Závěr** - stručné shrnutí výsledků vlastní práce, návrhy a doporučení vyplývající z řešené problematiky
6. **Summary** - přehled a nejdůležitější výsledky včetně klíčových slov (v anglickém jazyce)
7. **Seznam literatury** - jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah grafických prací: 10-15 tabulek a grafů

Rozsah pracovní zprávy: 40 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Hofírek, B. et al.: Nemoci skotu. Česká buiatrická společnost. Nakladatelství Noviko a.s.. 2009. 1149 s.
- Svoboda, M. et al.: Nemoci psů a koček. Noviko. 2008. 1152 s.
- Jelínek, P., Koudela, K. et al.: Fyziologie hospodářských zvířat. MZLU Brno. 2003. 401 s.
- Penka, M. et al.: Hematologie I. Avicenum. 2001. 199 s.
- Kraft, W., Dürr, U.: Klinická laboratorna diagnostika vo veterinárnej medicíne. H&H Bratislava. 2001. 365 s.
- Elektronické informační zdroje Akademické knihovny JU v Č. Budějovicích (internetové databáze): ISI Web of Knowledge (Web of Science), Agroweb, Agris, Scopus, Česká zemědělská a bibliografická databáze. Vědecké a odborné články v časopisech.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů


Datum zadání diplomové práce: 5. března 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2014


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

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


prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 5. března 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdání textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitelů a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 28. listopadu 2014

.....
Bc. Václava Böhmová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za vedení a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále děkuji veterinární klinice AurumVet a pracovníkům Katedry zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kteří mi pomohli se zpracováním vzorků. Na závěr bych chtěla poděkovat rodině a přátelům za velkou trpělivost a podporu během mého studia.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit hematologické ukazatele červených krvinek v závislosti na fyziologickém stavu a užitkovosti u skotu, ovcí a psů.

Do hodnocení kvalitativních parametrů červených krvinek bylo zařazeno 59 krav dojných, 57 krav masných, 62 ovcí a 73 psů. Zhodnocení hematologických parametrů bylo u skotu provedeno na základě produkčního (užitkového) typu a podle sezóny, u ovcí podle sezóny, věku a pohlaví jehňat, u psů na základě pohlaví, věku a velikosti – hmotnosti.

Mezi užitkovými typy byl statisticky významný rozdíl mezi počtem erytrocytů, hematokritem, koncentrací hemoglobinu, MCV i MCH. U dojných krav byly zjištěny sezónní výkyvy v počtu erytrocytů, hematokritu a hemoglobinu, u masných krav v hodnotách hemoglobinu, MCH a MCHC. Vliv věku u ovcí prokázal vyšší hodnoty erytrocytů a nižší hodnoty MCV a MCH u jehňat. Mezi pohlavím jehňat nebyly zjištěny významné rozdíly. Hodnocením psů podle věku se prokázaly rozdíly u hodnot hematokritu a hemoglobinu. Velikost (hmotnost) ani pohlaví psa neměly prokazatelný vliv na hematologické hodnoty. Anémie byla zjištěna u 36 % dojnic (u masného skotu se nevyskytovala) a u 2 ovcí (3 %). U psů nebyla anémie podle většiny autorů zjištěna.

Klíčová slova: pes, skot, ovce, erytrocyty, anémie

ABSTRACT

The goal of the thesis is to evaluate the haematologic indicators of red blood cells depending to the physiological condition and yield of cattle, sheep and dogs.

The evaluation of qualitative parameters of red blood cells included 59 dairy cows, 57 meat cows, 62 sheep and 73 dogs. The evaluation of the haematologic parameters of cattle was performed based on the production (yield) type and by season; that of sheep, by season, age and sex of lambs; and that of dogs, by sex, age and size - weight.

The yield types showed statistically significant difference between the number or erythrocytes, haematocrit, haemoglobin, MCV and MCH concentration. The dairy cows showed seasonal fluctuations of the number of erythrocytes, haematocrit and haemoglobin; the meat cows showed fluctuations of the haemoglobin, MCH and MCHC values. The age influenced higher values of erythrocytes in sheep and lower values of MCV and MCH in lambs. The sex of lambs did not lead to significant differences. The evaluation of dogs by age showed differences of haematocrit and haemoglobin values. The dog size (weight) and the sex did not have demonstrable influence on haematologic values. Anaemia was found in 36 % dairy cows (it did not occur in meat cattle) and in 2 sheep (3 %). By most authors, anaemia was not found in dogs.

Key words: dog, cattle, sheep, erythrocytes, anaemia

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1 KREV	10
2.1.1 Význam a funkce krve	10
2.1.2 Fyzikální vlastnosti	10
2.1.3 Krvetvorba	11
2.1.4 Krvetvorné orgány	12
2.2 ČERVENÉ KRVINKY (ERYTROCITY)	13
2.2.1 Hemoglobin	14
2.2.2 Metabolismus železa	15
2.2.3 Erythropoéza (tvorba červených krvinek)	16
2.2.4 Délka života červených krvinek	18
2.2.5 Stárnutí, zánik červených krvinek	18
2.2.6 Hemolýza	19
2.2.7 Tvar červených krvinek	19
2.2.8 Velikost červených krvinek	20
2.2.9 Počet červených krvinek	20
2.2.10 Sedimentace červených krvinek	21
2.2.11 Osmotická rezistence červených krvinek	21
2.2.12 Hematokrit	22
2.2.13 Základní hodnoty (parametry) červených krvinek	22
2.3 PORUCHY ČERVENÝCH KRVINEK	24
2.3.1 Anémie	24
2.3.2 Makrocytóza	42
2.3.3 Polycytémie (polyglobulie, erytrocytózy)	42
2.4 FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA HODNOTY ČERVENÝCH KRVINEK U VYBRANÝCH DRUHŮ ZVÍŘAT	43
2.4.1 SKOT A OVCE	43
2.4.2 PSI	45
3. METODIKA	48
3.1 HODNOCENÍ KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ U SKOTU	48
3.2 HODNOCENÍ KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ U OVCÍ	49
3.3 HODNOCENÍ KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ U PSŮ	49
4. VÝSLEDKY A DISKUZE	51
4.1 SKOT	51
4.1.1 Vyhodnocení vlivu užitkového typu na hematologické parametry	51
4.1.2 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry u dojného skotu	52
4.1.3 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry u masného skotu	54
4.1.4 Přehled úrovně hematologických parametrů u skotu	55

4.2 OVCE	57
4.2.1 Vyhodnocení vlivu věku na hematologické parametry	57
4.2.2 Vyhodnocení vlivu pohlaví na hematologické parametry	59
4.2.3 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry	60
4.2.4 Přehled úrovně hematologických parametrů u ovcí	61
4.3 PSI	63
4.3.1 Vyhodnocení vlivu pohlaví na hematologické parametry	63
4.3.2 Vyhodnocení vlivu věku na hematologické parametry	65
4.3.3 Vyhodnocení vlivu velikosti na hematologické parametry	67
5. ZÁVĚR.....	69
6. POUŽITÉ ZDROJE	71
7. SEZNAM ZKRATEK.....	77
8. PŘÍLOHA	78

1. ÚVOD

Červená krvinka je nejběžnější krevní element. Jedná se o bezjadernou buňku bikonkávního tvaru. Její hlavní funkcí je přenos kyslíku do tkání. Nedostatek červených krvinek se nazývá anémie čili chudokrevnost. Anémie se může projevit jako samotné onemocnění nebo může být jedním z příznaků jiné choroby.

V teoretické části této práce se věnuji vymezení základních pojmů. V obecnější rovině se zabývám krví. Více se specializuji na červené krvinky – jejich stavbu, funkci, tvorbu, vlastnosti. Další kapitola je zaměřena na poruchy erytrocytů – anémie, makrocytóza, polycytemie. V poslední části shrnuji faktory působící na hodnoty červených krvinek u zvolených druhů zvířat.

V praktické části této práce zpracovávám výsledky z odběrů krve u vybraných zvířat. U skotu byly vytvořeny skupiny dle užitkového typu a ročního období. Ovce dělím do skupin na základě věku, pohlaví a ročního období. Psy jsem rozdělila do skupin podle pohlaví, velikosti a věku a v rámci těchto skupin jsem je porovnávala.

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit hematologické ukazatele červených krvinek – počet červených krvinek, hematokrit, koncentraci hemoglobinu, střední objem erytrocytu, střední obsah hemoglobinu v erytrocytu, střední koncentraci hemoglobinu v erytrocytu – v závislosti na fyziologickém stavu a užitkovosti u skotu, ovcí a psů.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 KREV

2.1.1 Význam a funkce krve

Krev má celou řadu důležitých funkcí. Jednou z nich je funkce transportní, díky níž je umožněn transport živin, odpadních produktů, vitaminů, hormonů, tepla a protiláték (REECE, 1998). Dále se zúčastňuje přenosu kyslíku a oxidu uhličitého, tzn. dýchání. Krev se významně podílí na udržování homeostázy neboli stálosti vnitřního prostředí, úpravě krevního tlaku a osmotického tlaku, pH a vody (JELÍNEK *et al.*, 2003). Tyto funkce se mohou uskutečňovat pouze v uzavřeném krevním systému, kudy krev cirkuluje (REECE, 1998). Funkce krve je nejvíce zatížena při vysokých nárocích na užitkovost (intenzivní produkce), ale také při změnách podmínek prostředí, nemoci nevyjímaje. To se projeví i přes homeostázu na krevním obraze. Složení krve je z tohoto důvodu důležitým aspektem zhodnocení fyziologického stavu zvířete (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Krev je složena z krevních elementů neboli buněk (červené a bílé krvinky, krevní destičky) a z krevní plasmy (REECE, 1998). Tato práce je prioritně zaměřena na červené krvinky, proto se nebudu blíže věnovat ostatním složkám krve.

2.1.2 Fyzikální vlastnosti

Objem krve u převážné části savců tvoří 7,1-7,6 % tělesné hmotnosti (JELÍNEK *et al.*, 2003; SOVA *et al.*, 1990). V krevním řečišti je pouze 50 % krve, zbytek bývá jako rezerva v játrech, slezině či kůži. Při velké krevní ztrátě dochází ke snížení objemu krve. Pokud dojde ke snížení objemu krve o 50-60 % z původního objemu, nastává selhání krevního cyklu (JELÍNEK, 2003). Objem krve podle REECE (2011) činí asi 7-10 % z tělesné hmotnosti, ale nejde přímo naměřit, poněvadž z vykrvení se získá pouze 50 % krve. Zbytek krevního objemu zůstává v kapilárách, žilných splavech a dalších cévách. Celkový objem krve je podle SOVY *et al.* (1990) ovlivněn věkem zvířete (starší méně), výživným stavem (tučné zvíře má menší objem krve), graviditou (březí samice větší objem krve), laktací, pracovním výkonem.

Osmotický tlak je u savců v koncentraci 0,95 % NaCl a tlaku 680 kPa. pH krve se pohybuje okolo 7,4. Venózní krev je trochu kyselejší než krev arteriální. Pokud je tedy pH venózní krve 7,4, pak se pH arteriální krve pohybuje okolo 7,36. To způsobuje vyšší koncentrace CO₂ v žilní krvi. Stálé pH udržují nárazníkové systémy (REECE, 2011). Hustota krve u zvířat je v rozmezí 1,042-1,053. Acidobazickou rovnováhu v žilné krvi hodnotíme na základě parametrů, jako je pH krve, standardní bikarbonát v plasmě apod. (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Barva krve je způsobena krevním barvivem hemoglobinem, které je součástí červených krvinek. Barva krve je, podle saturace hemoglobinu kyslíkem, od zářivě červené až k modravě fialové. Zářivější červená barva je výsledkem právě většího nasycení hemoglobinu kyslíkem (REECE, 2011). Vazkost krve je dána přítomností krvinek a krevních proteinů. Vazkost krve je 4-5x vyšší než vody. Teplota krve bývá v průměru o něco vyšší, než je tělesná teplota naměřená v konečníku (SOVA *et al.*, 1990).

2.1.3 Krvetvorba

Krevní buňky se tvoří v krvetvorných orgánech – lymfatické orgány; kostní dřev v obratlích, žebrech, hrudní kosti, ploché kosti lebky, v lopatce a v kostech kyčelních (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Krevní elementy mají jen omezenou životnost, což znamená, že krvinky a krevní destičky stále mizí z oběhu a zanikají. Proces je nastaven tak, že existuje celá buněčná populace, která je zdrojem krevních buněk, v níž jsou zaniklé buňky nahrazeny množением zbylých buněk z populace. Tuto buněčnou populaci tvoří krvetvorné kmenové buňky (TROJAN *et al.*, 2003).

Multipotentní kmenová buňka je výchozí buňkou pro všechny krevní buňky (TROJAN *et al.*, 2003; JELÍNEK *et al.*, 2003). Dochází k jejímu mitotickému dělení a z této buňky pak vznikají lymfoidní a pluripotentní kmenové buňky. Pluripotentní buňky se následně diferencují na speciální vývojové linie, kdy na konci vzniká zralý erytrocyt, granulocyt, monocyt, lymfocyt, megakaryocyt (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Kmenové buňky jsou nediferencované buňky, které nelze odlišit od jiných jaderných buněk v krvetvorné tkáni. Mají dvě základní vlastnosti. Schopnost sebeobnovy, což je důležitá vlastnost, díky níž je kmenová buňka v podstatě

nevyčerpatelný zdroj. Pokud kmenová buňka zahájí diferenciaci, je nahrazena dělením sebe nebo jiné zbývající buňky. Další vlastností je schopnost diferencovat se do několika vývojových linií, které končí zralou krvinkou nebo megakaryocytem, který se dále rozpadá na destičky (TROJAN *et al.*, 2003).

Progenitorové buňky erytrocytů mají vyvinut receptor pro hormon erythropoetin, který se syntetizuje v ledvinách. Erythropoetin reguluje další mitotická dělení a dozrávání různých vývojových stupňů červených krvinek. U monocytů je progenitorovou buňkou myoblast, který se po mitotickém dělení dostává do krve a tkání a tam se přetransformuje na tkáňový makrofág. K mitotickému dělení také dochází u jednotlivých vývojových stádií granulocytů, kde dále dochází k jejich diferenciaci a k segmentaci jádra. V lymfatických orgánech a tkáních se syntetizují z lymfoidních kmenových buněk lymfocyty (JELÍNEK *et al.*, 2003).

2.1.4 Krvetvorné orgány

Krvetvorné orgány vytvářejí pro kmenové buňky hematopoetické prostředí. V krvetvorných orgánech je podpůrná tkáň a cytokininy, které ovlivňují umístění a zrání vývojových stádií krevních buněk (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Slezina se nachází v dutině břišní, v levém podžebří. U skotu má tvar oploštělý a jazykovitý, u ovcí a koz je oploštělý a oválný. Slezina se skládá z několika částí. Místo, kudy vstupují a vystupují žíly a tepny, se nazývá branka sleziny. Na povrchu je vazivové pouzdro, z kterého dovnitř vystupují vazivová septa. Ty dělí tkáň sleziny na jednotlivé oddíly (JELÍNEK a JELÍNEK, 2006). Dřeň sleziny je tvořena bílou a červenou pulpou a vyztužuje ji pouzdro, trámce a retikulární vlákna. Větší část vytváří červená dřeň, která v sítích retikulárních vláken zadržuje krev a funguje jako krevní filtr. Jsou v ní také přisedlé makrofágy (REECE, 2011). Slezina je rezervoár krve, který slouží k tvorbě a distribuci krevních buněk. Tím zároveň zajišťuje optimálního množství červených krvinek v oběhu podle potřeby organismu (JELÍNEK *et al.*, 2003). Narušené a přestárlé erytrocyty jsou při průtoku krve slezinou zadrženy a zničeny, a to pomocí buněk MPS (mononukleární fagocytární systém) (REECE, 2011). Naopak při průtoku funkčních a nepoškozených erytrocytů dochází k jejich různé deformaci a pronikání štěrbinami stěn sinusů, kdy na konci nabývají zase původní tvar a neporušeny odtékají ze sleziny (TROJAN *et*

al., 2003). Železo ze zlikvidovaných erytrocytů se ve slezině dále ukládá do zásoby. Pokud je zvýšená potřeba červených krvinek, nastávají kontrakce hladké svaloviny, která je součástí sleziny (REECE, 2011). Rezerva krve ve slezině tvoří až 10 % celkového množství krve. Ke kontrakcím sleziny dochází přirozeně při zvýšené námaze, při dušení, krvácení, díky adrenalinu. Slezina se jako hemopoetický orgán využívá v prenatálním období. V postnatálním období slouží k dozrávání retikulocytů. V bílé pulpě dochází k dozrávání B a T lymfocytů (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Brzlík je lymfatický orgán, kde jsou nejdůležitější T-lymfocyty, které vznikají z lymfoidních kmenových buněk kostní dřeně. Červená kostní dřeň slouží k tvorbě všech krevních buněk v postnatálním období. Syntéza erytrocytů je zajištěna erythropoetinem, který je produkován hlavně ledvinami. Syntéza makrofágů a granulocytů poskytuje pluripotein a faktory, které se při infekci tvoří ve fibroblastech. Červená kostní dřeň se vyskytuje převážně v dlouhých kostech. Tam později dochází k její přeměně na žlutou kostní dřeň s vysokým obsahem tuku, která již není schopná krvetvorby. Její činnost ale může obnovit při vysokých ztrátách krve (JELÍNEK *et al.*, 2003).

2.2 ČERVENÉ KRVINKY (ERYTROCITY)

Červená krvinka je jednou z nejspecializovanějších a zároveň nejjednodušších buněk. Je dokonale přizpůsobená své funkci – transportu dýchacích plynů mezi plicemi alveoly a tkáněmi. Je to bezjaderná buňka, která při svém vyzrání pozbyla ostatních cytoplazmatických organel (TROJAN *et al.*, 2003).

Funkce červených krvinek spočívá v přenosu kyslíku z plic do tkání (kyslík se váže na hemoglobin), spoluúčastní se přenosu CO₂ z tkání do plic, hemoglobin z erytrocytů se podílí na udržování pH jako pufr, v transportu živin (především aminokyselin), ve schopnosti absorbovat na svůj povrch různé jedy a přenášet je do RHS systému, kde se tyto škodliviny detoxikují. Součástí povrchu erytrocytů jsou krevní faktory (SOVA *et al.*, 1990).

2.2.1 Hemoglobin

REECE (2011) píše, že základní složkou červených krvinek je červené krevní barvivo – hemoglobin. Hemoglobin vyplňuje jednu třetinu objemu červené krvinky a zbylé dvě třetiny jsou vyplněny vodou a stromkem (strukturální složky) erytrocytu. Ale SOVA *et al.* (1990) píše, že hemoglobin u savců tvoří převážnou část erytrocytu.

Hemoglobin je složitá bílkovina obsahující globin a nespecifickou barevnou (prostetickou) skupinu hem (SOVA *et al.*, 1990). Globin je v hemoglobinu zastoupen z 96 %, zbylá 4 % tvoří hem (SOVA *et al.*, 1990; TROJAN *et al.*, 2003; DOUBEK *et al.*, 2003). Globin je syntetizován v ribozomech (DOUBEK *et al.*, 2003). Globin je složen ze čtyř polypeptidových řetězců, z nichž každý obsahuje jeden hem. Každý hem obsahuje atom železa, na který se může volně a vratně vázat molekula kyslíku. Jedna molekula hemoglobinu tak obsahuje čtyři atomy železa a může nést čtyři molekuly kyslíku (REECE, 2011) Základem hemu je protoporfyrin a v centru molekuly je dvojmocné železo (Fe^{2+}), na které se váže kyslík (DOUBEK *et al.*, 2003). Hem je u všech druhů obratlovců shodný, globiny jsou druhově specifické (SOVA *et al.*, 1990). Savčí hemoglobin je diferencován do několika typů (DOUBEK *et al.*, 2003). Mezi fyziologické formy hemoglobinu patří oxyhemoglobin, -karbaminohemoglobin a fetální hemoglobin. Existují i patologické formy - karboxyhemoglobin, methemoglobin a sulfhemoglobin (SOVA *et al.*, 1990; DOUBEK *et al.*, 2010).

Tvorba hemu probíhá v několika krocích v mitochondriích a cytosolu. Zdrojem železa je plazmatický transferin. Transferin, který obsahuje trojmocné železo, kontaktuje svůj receptor na membráně erytroblastu. Membrána se v tomto místě začne vchlipovat, až se vytvoří intracelulární vakuola. Vakuola splývá s lysozomem a železo se uvolňuje do cytoplazmy. Po redukci na Fe^{2+} je za enzymové katalýzy začleněno do vznikajícího hemu a syntéza je ukončena. Jestliže železo není včleněno do hemu, je uchováváno v buňkách (erytroblastech) ve formě feritinu nebo hemosiderinu, což jsou málo rozpustné agregáty feritinu. Do erytroblastů se agregáty dostanou pohlcováním z povrchových vrstev makrofágů kostní dřeně. Erytroblasty s agregáty feritinu se nazývají sideroblasty (DOUBEK *et al.*, 2003). Během syntézy hemoglobinu se přednostně využívá železo uvolněné z rozpadlých erytrocytů a nikoliv ze zásob železa (REECE, 1998).

Erytrocyt normálního tvaru, velikosti a obsahu hemoglobinu se označuje normocyt. Erytrocyty s normální koncentrací hemoglobinu nesou přívlastek normochromní (DOUBEK *et al.*, 2003). Koncentrace hemoglobinu v krvinkách závisí na věku zvířete, hmotnosti, pohlaví, užítkovosti, výživě, atmosférickém tlaku i zdravotním stavu (SOVA *et al.*, 1990). Snížení hemoglobinu pod fyziologickou normu signalizuje anémii a naopak zvýšené koncentrace hemoglobinu mohou být způsobeny dehydratací. Koncentrace se vyjadřuje v g/l (HOFÍREK *et al.*, 2009; DOUBEK *et al.*, 2010). Podle HOWARDA a HAMILTONA (1997) je možné koncentraci hemoglobinu určit přesně a reprodukovatelně a pravděpodobně je to laboratorní hodnota, která nejlépe koreluje s patofyziologickými důsledky anémie.

2.2.2 Metabolismus železa

Železo je nepostradatelným biogenním prvkem. V organismu se uplatňuje převážně v procesech buněčného dýchání. Závisí na něm reverzibilní vazba kyslíku na hemoglobin i další významné biochemické reakce. Můžeme je rozdělit na železo funkční, hemové, které je vázáno na porfyrinový kruh a plní v organismu přesně definované funkce, a železo transportní a zásobní, které je ve vazbě na bílkoviny (TROJAN *et al.*, 2003). Vazba na bílkovinu chrání železo před jeho vyloučením ledvinami, komplex nemůže projít glomerulární filtrací (REECE, 1998).

Velká část přijatého železa je redukována v žaludku na dvojmocnou formu. Většina železa se pak vstřebává ve dvanáctníku a lačnicku do střevních epitelových buněk. Ze střevních buněk se železo dostává do krve, nebo se může vázat na buněčný protein (apoferritin) a vzniká ferritin, což je zásobní forma železa. Během dvou až tří dnů je pak ferritin přeměněn buď zpět na volné železo (Fe^{2+}) a vstřebán do krve, nebo je vyloučen do dutiny střeva (REECE, 1998). Zásobní železo je uloženo v makrofázích sleziny, v játrech a v kostní dřeni. Kromě těchto zásob je nepatrné množství železa ve většině buněk. Bez zásob železa by nemohl organismus v případě potřeby zvýšit erythropoézu (TROJAN *et al.*, 2003).

V kostní dřeni mají všechna stadia vznikajících erytrocytů, včetně retikulocytů, membránové receptory pro transferin (REECE, 1998). Po vazbě transferinu na cílové receptory (především bazofilních normoblastů a dřevných retikulocytů) dojde k internalizaci tohoto komplexu endocytózou, železo se v buňce

z transferinu uvolní do mitochondrií a bílkovina apotransferin je vypuzena exocytózou (TROJAN *et al.*, 2003). Železo je uvnitř vyvíjejících se červených krvinek transportováno do mitochondrií, kde je zabudováno do hemu, nebo se váže s apoferrinem za vzniku feritinu (REECE, 1998).

Vstřebávání železa ze střevního epitelu do krve v zásadě ovlivňují dva faktory: rozsah zásob železa v těle a úroveň tvorby erytrocytů. Jestliže požadavky na přísun železa vzrostou, vstřebávání železa se zvýší. Jestliže požadavky na železo klesnou, resorpce železa ve střevě se omezí. Vylučování železa je minimální, a tak je tato regulace jednosměrná – tj. řídí se pouze intenzita vstřebávání. Je-li v játrech dostatečná zásoba železa, klesá produkce apotransferinu. Jsou-li zásoby vyčerpány, tvorba apotransferinu stoupá. Zvířata trpící anémií v důsledku nedostatku železa mají v plazmě vysokou hladinu apotransferinu. (REECE, 1998)

2.2.3 Erythropoéza (tvorba červených krvinek)

Před narozením se erytrocyty tvoří v játrech, slezině a kostní dřeni. Během postnatálního života – v době růstu a v dospělosti – je erythropoéza omezena téměř výhradně na kostní dřeň. Tvorba červených krvinek probíhá především v kostní dřeni osového a končetinového skeletu (35 až 65 % z celkové produkce erytrocytů) (REECE, 2011).

Červená krvinka vzniká z nediferencované pluri/totipotentní kmenové buňky. Postnatálně je první evidentní buňkou erytrocytové řady proerytoblast. Po několika děleních následují další vývojová stadia (DOUBEK *et al.*, 2003). Zastoupení těchto vývojových stádií se může studovat mikroskopickým vyšetřením obarvených nátěrů kostní dřene (REECE, 2011). Erytoblasty vznikají na ostrůvcích kostní dřene tvořených makrofágem s prstencem erytoblastů. Makrofág funguje jako zásobník železa pro tvorbu červeného krevního barviva. Za fyziologických podmínek se erytoblasty označují normoblasty. Velké erytoblasty se označují megaloblasty a postnatálně je jejich tvorba považována za patologickou (DOUBEK *et al.*, 2003). Těsně předtím, než nový erytrocyt vstoupí do krevního oběhu, je z něj vypuzeno jádro. Polyribozomy a ribozomy si erytrocyt uchovává jeden či dva dny poté, co se erytrocyt dostane do krevního oběhu. Takové erytrocyty jsou pro síťovitý vzhled svých polyribosomů a ribosomů označovány jako retikulocyty (REECE, 2011).

Retikulocyty mají proteosyntetickou aktivitu – obsahují polynomy, ještě v nich doznívá syntéza hemoglobinu (DOUBEK *et al.*, 2003). Retikulocyty jsou obvykle přítomny v krvi zvířat 100 dní. Dospělí zdraví přežvýkavci a koně, u nichž je delší doba života erytrocytů, nemají retikulocyty v cirkulující krvi (REECE, 2011). FALDYNA *et al.* (2006) uvádějí, že podle jejich zkušeností je množství retikulocytů u novorozených štěňat do 7 %, počet klesá asi do 16 měsíců věku zvířete, a následně se ustálí na hodnotě dospělých psů, tedy do 1,5 %. Vyšetření retikulocytů představuje posouzení míry erytropoézy (SVOBODA *et al.*, 2000). Zvýšená hemopoetická aktivita kostní dřeně při anémii je asociována se zvýšeným počtem retikulocytů v kostní dřeni, které se asi po 3 dnech začnou vyplavovat ve větším množství do periferní krve. Počet retikulocytů je významným parametrem, který usnadňuje diferenciální diagnostiku příčin anémií (FALDYNA *et al.*, 2006). Zralá savčí červená krvinka ztratila v procesu maturace cytoplazmatické organely – jádro, mitochondrie, ribozomy. Je tedy vlastně buněčným fragmentem okrouhlého bikonkávního tvaru (DOUBEK *et al.*, 2003).

Intenzita erytropoézy je řízena nároky tkání na zásobení kyslíkem. Snížená koncentrace kyslíku ve tkáních má za následek sekreci hormonu erytropoetinu v ledvinách (95 %) a také v játrech (5 %). Erytropoetin stimuluje kostní dřeň k zahájení tvorby nových červených krvinek (REECE, 2011). Při syntéze červených krvinek a hemoglobinu jsou zvýšené nároky na příjem a využití železa, mědi, aminokyselin, vitaminů B₁₂ a kyseliny listové. Pokud je některého z těchto faktorů nedostatečné množství, může docházet k různým formám anémií (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Vliv vitaminů na erytropoézu

Vitamin B₁₂ – jeden z faktorů limitující erytropoézu. Je hlavně důležitý pro konečné zrání červených krvinek. Je to cyankobalamin, který je produkován mnoha bakteriemi, zejména v trávicím ústrojí přežvýkavců. V krvi se váže vitamin B₁₂ na bílkoviny (transkobalaminy) a zachycuje se přednostně v játrech, kde se ukládá do zásoby. Při jeho nedostatku vzniká zhoubná chudokrevnost (perniciózní anémie) a jiné megaloblastické anémie. *Kyselina listová* a chemicky příbuzné látky - syntetizovány vyššími rostlinami i mikroorganismy. Nedostatek je také nejnápadnější

v červené krvetvorbě. Jsou to různé makrocytární anémie. *Vitamin B₆* – pyridoxin – rozšířen v rostlinné i živočišné potravě. Nedostatek je vzácný. Je nezbytný pro syntézu hemu. *Vitamin B₂* – riboflavin – uplatňuje se pro normální funkci a přežití erytrocytů (TROJAN *et al.*, 2003).

2.2.4 Délka života červených krvinek

Délka života červených krvinek domácích zvířat je rozdílná. Publikované hodnoty jsou mezi 140 až 150 dny. U dospělých přežvýkavců (skot, ovce, kozy) je to od 125 do 160 dnů, u prasat od 75 do 95 dnů, u psů od 100 do 120 dnů a u koček od 70 do 80 dnů (REECE, 2011).

2.2.5 Stárnutí, zánik červených krvinek

Stárnoucí červené krvinky se zmenšují, stoupá jejich vnitřní viskozita, ubývá v nich iontů a vody. Zhoršuje se funkce jejich membrány (TROJAN *et al.*, 2003). Membrána se stává tužší a zároveň křehčí; erytrocyt mění tvar, stává se kulovitější a zároveň ztrácí pružnost. S věkem krvinky tak klesá její deformabilita (REECE, 1998). Zpomaluje se nebo zastavuje průchod krvinek mikrocirkulací. Rigidní erytrocyty nemohou projít malými štěrbinami v červené pulpě sleziny, jsou zde zachyceny, rozděleny a fagocytovány (TROJAN *et al.*, 2003). V cévách dochází k hemolýze asi 10 % starých erytrocytů (REECE, 1998). Zbytek zestárlých krvinek je pohlcován fagocytujícími buňkami, především ve slezině, játrech a v kostní dřeni (TROJAN *et al.*, 2003).

Červené krvinky fagocytované buňkami MPS podléhají uvnitř fagocytujících buněk hemolýze a hemoglobin spolu s ostatními bílkovinami a membránovými lipidy fagocytovaného erytrocytu je katabolizován. Železo a globin se od hemu oddělí. Globin je rozložen na aminokyseliny, které se znovu použijí. Železo z hemu se skladuje v buňkách MPS sleziny a jater ve formě feritinu a hemosiderinu nebo se dostává do plazmy, ve které se váže na apotransferin za vzniku transferinu. Hem se přeměňuje na biliverdin (zelené barvivo) a ten je dále redukován na bilirubin (žluté barvivo). Volný bilirubin (nerozpuštěný ve vodě) je uvolňován do plazmy, kde se váže na plazmatickou bílkovinu albumin a je transportován do jater (REECE, 1998).

K zániku erytrocytů přispívají změny na membráně, kterou jsou urychleny vyšší zátěží (PAVLÍK, 2013).

2.2.6 Hemolýza

Červené krvinky jsou citlivé vůči různým vlivům (TROJAN *et al.*, 2003). Hemolýza je způsobena rozpadem erytrocytu, což způsobuje uvolnění hemoglobinu a vede k zabarvení plazmy. Na hemolýzu působí spousta faktorů včetně nesprávné manipulace při zpracování krve, nevhodných podmínek skladování, defektů v membráně erytrocytu nebo abnormality u dárce krve (SOWEMINO-COCER, 2002).

2.2.7 Tvar červených krvinek

Erytrocyty mají tvar bikonkávních disků (REECE, 2011). U některých druhů savců, např. velbloudů, lam, má erytrocyt tvar oválný, což je obranou proti hemolýze z nadměrného příjmu pitné vody. Bikonkávní tvar má význam pro zvětšení difuzní plochy erytrocytu pro krevní plyny (povrch erytrocytu je tím větší asi o 1/3). Erytrocyt bikonkávního tvaru se také velmi dobře přizpůsobuje lumenu kapilár, a tím se lépe pohybuje v mikrocirkulaci. Důležité z hlediska difuze plynů je, že povrch erytrocytu se přitom příliš nemění (DOUBEK *et al.*, 2003). Tato vlastnost erytrocytů se nazývá deformabilita a je dána především funkcí membrány (REECE, 2011; DOUBEK *et al.*, 2003).

Hlavní funkcí membrány je řídit a kontrolovat výměnu látek mezi intracelulárním a okolním prostředím a udržovat tvar erytrocytů (TROJAN *et al.*, 2003). Membrána je vedle fosfolipidů a sacharidů tvořena skeletálními proteiny (spektrinem, aktinem aj.), které jsou odpovědné za tvar erytrocytu a za deformabilitu (DOUBEK *et al.*, 2003). Spektrin tvoří ¼ membránových bílkovin, a je tedy hlavní složkou membránového skeletu. Membránový skelet má podobu dvojrozměrné sítě pokrývající cytoplazmatický povrch membrány těsně pod lipidovou dvojrůstvou (TROJAN *et al.*, 2003). Transport přes membránu se děje pasivně – difuzí (plyny, glukóza) nebo aktivně – za spotřeby energie (pomocí ATPáz, pump) (DOUBEK *et al.*, 2003).

V diagnostice se může výrazně uplatnit morfologická charakteristika buněčných krevních částic, a donedávna tomu tak i bylo. Např. sférocyty (kulovité buňky) mohou naznačovat imunitně zprostředkovanou hemolýzu, schistocyty (fragmenty erytrocytů) intravaskulární rozpad erytrocytů, stomatocyty (krvinky jako pootevřená ústa) intravaskulární rozpad erytrocytů, Heinzova tělíska (shluky denaturovaného hemoglobinu pod membránou) hemolýzu nebo oxidační poškození erytrocytů, dakryocyty (slzičkovité krvinky) deficit železa, akantocyty (erytrocyty se silnými výběžky) onemocnění sleziny a jater, hemolytické anémie. Další změny tvaru erytrocytů jsou anulocyty (prstenčité krvinky), leptocyty (terčovité krvinky), poikilocyty (krvinky nepravidelného tvaru) (SVOBODA *et al.*, 2001).

2.2.8 Velikost červených krvinek

Z domácích zvířat mají největší červené krvinky psi (průměr je 7 μm), naproti tomu ovce a kozy mají krvinky nejmenší (4,0-4,5 μm). Zdá se, že je to důsledek adaptace, protože i když červené krvinky ovcí a koz jsou menší, je jich zase více. Tato zvířata se vždy běžně nacházela na místech s větší nadmořskou výškou, kde je obsah kyslíku ve vzduchu nižší. Dostupný hemoglobin byl pak uložen do většího počtu menších buněk, což zajistilo větší povrch pro difuzi dýchacích plynů (REECE, 2011).

Různá velikost erytrocytů v krevním nátěru se nazývá anicytóza. Erytrocyty podle změněné velikosti rozdělujeme na makrocyty a mikrocyty. Makrocyty jsou erytrocyty s MCV nad referenční hodnoty. Příčinou vzniku makrocytů mohou být regenerační anémie, megaloblastová anémie a jiné. Fyziologicky se vyskytují u štěňat do 3 měsíců věku nebo u chrtů a ohaňů. Mikrocyty jsou červené krvinky s MCV pod dolní mez referenčních hodnot. Příčinou mikrocytů mohou být sideropenické anémie (z deficitu Fe, ze ztráty krve, při tumorech apod.) a chronická onemocnění. Fyziologický výskyt je u plemene psa akita inu (DOUBEK *et al.*, 2010).

2.2.9 Počet červených krvinek

Počet erytrocytů vyjadřuje počet těchto buněčných elementů v 1 l krve (DOUBEK *et al.*, 2003). Příčinou změny počtu je snížená nebo zvýšená krvinek tvorba,

zvýšené ztráty krve, zkrácené přežívání a náhradní krvetvorba (v játrech a ve slezině). Zvýšený počet červených krvinek se nazývá erytrocytóza (erythrocytemie, polycytóza). Příčinou mohou být erytroleukemie, erytrocytóza mladého skotu. Sekundární polycytemie (nazývané polyglobulie) mohou být stres, šok, hypoxické stavy, Cushingův syndrom u psů a další. Snížený počet erytrocytů pod dolní mez referenčního rozmezí se nazývá erythrocytopenie (oligocytemie). Příčinou mohou být anémie nebo uremie. Relativně nižší počet erytrocytů mají mláďata (štěňata a koťata do 3 měsíců věku), samice v poslední třetině gravidity a ve vysoké laktaci (DOUBEK *et al.*, 2010). Počet erytrocytů ovlivňuje věk, pohlaví – samci mají počet erytrocytů o 5-10 % vyšší, tělesná zátěž, plemenná příslušnost, nadmořská výška (v 1000-2000 m n. m. se zvyšuje o 5 %) (PAVLÍK, 2013). HOFÍREK *et al.* (2009) napsal, že s postupujícím stářím u zvířat trochu klesá počet červených krvinek.

2.2.10 Sedimentace červených krvinek

V krvi proudící v oběhové soustavě jsou krvinky stejnoměrně rozptýleny. Nechá-li se stát nesrážlivá krev v nádobě, rozdělí se její části podle své hustoty. Hustota erytrocytů je větší než hustota jejich prostředí. Rychlost jejich sedání – sedimentační rychlost – je za fyziologických podmínek stálá a je nepřímo úměrná suspenzní stabilitě krve. Čím je suspenze krvinek stabilnější, tím pomaleji sedimentují, a naopak (TROJAN *et al.*, 2003). Příčinou zvýšené sedimentace mohou být infekce, záněty, anémie, hematologické malignity a uremie (DOUBEK *et al.*, 2010).

2.2.11 Osmotická rezistence červených krvinek

Vyjadřuje odolnost erytrocytů proti hypotonickému prostředí. V hypotonickém prostředí erythrocyty hemolyzují, záleží na stupni hypotonie. Tento parametr má význam v diagnostice anémií (SVOBODA *et al.*, 2000). Příčinou snížení osmotické rezistence je hemolytická anémie. Naopak zvýšení se objevuje při makrocytóze nebo erythrocytóze (DOUBEK *et al.*, 2010).

2.2.12 Hematokrit

Hematokrit udává podíl krvinek na objemu krve (JELÍNEK *et al.*, 2003; DOUBEK *et al.*, 2010). Vzhledem k počtu leukocytů a trombocytů a možnostem jejich přesného odečtení je tento ukazatel vnímán jako podíl erytrocytů (DOUBEK *et al.*, 2003). Zjištění hematokritové hodnoty se provádí odstředěním sloupce nesrážlivé krve, který se rozdělí na jednotlivé složky podle specifických hmotností. Červené krvinky se nahromadí nejnižší a tvoří sloupec, který se označuje jako PCV (packed cell volume). Leukocyty a trombocyty leží v podobě tenké bělavé vrstvičky nad nimi. Nejvýše je krevní plazma (REECE, 1998). Hodnota hematokritu se vyjadřuje v l/l nebo v % a je odvislá od množství a velikosti erytrocytů (HOFÍREK *et al.*, 2009; KRAFT a DÜRR, 2001).

Příčiny zvýšeného hematokritu mohou být způsobeny erytrocytemií, makrocytózou, methemoglobinemií u skotu nebo relativně dehydratací. Snížení hematokritu způsobují erytrocytopenie, příp. operace (DOUBEK *et al.*, 2010). HOFÍREK *et al.* (2009) píše, že k poklesu hematokritu může docházet v průběhu březosti.

2.2.13 Základní hodnoty (parametry) červených krvinek

Základní hodnoty červené krvinky jsou střední objem erytrocytu (MCV), hemoglobin erytrocytu (MCH) a střední koncentrace hemoglobinu v erytrocytech (MCHC) (DOUBEK *et al.*, 2003). Vypočítáváme je ze tří základních údajů: hematokritu, počtu erytrocytů a hemoglobinu (KRAFT a DÜRR, 2001; DOUBEK *et al.*, 2010).

MCV - střední objem erytrocytu (Mean Corpuscular Volume) – vyjadřuje průměrnou velikost erytrocytů (HOFÍREK *et al.*, 2009).

Vypočítává se podle vzorce:

$$\text{MCV (fl)} = [\text{Ht (\%)} : \text{Er (T/l)}] \times 100 \text{ nebo}$$

$$\text{MCV (fl)} = [\text{Ht (l/l)} : \text{Er (T/l)}] \times 10000$$

podle použitých jednotek (KRAFT a DÜRR, 2001; SLANINA, 1992).

Tradiční jednotky - hematokrit v %, erytrocyty v mil/μl a MCV v μm³; *SI jednotky* - hematokrit v l/l, erytrocyty v T/l (10¹²/l) a MCV ve fl (10¹⁵/l) (KRAFT a DÜRR, 2001).

MCH - střední obsah hemoglobinu (Mean Corpuscular Hemoglobin) vyjadřuje množství hemoglobinu v erytrocytu.

Vypočítává se podle vzorce:

$$\text{MCH (pg)} = [\text{Hb (g/dl)} : \text{Er (T/l)}] \times 10 \text{ nebo}$$

$$\text{MCH (pg)} = [\text{Hb (g/l)} : \text{Er (T/l)}] \text{ nebo}$$

$$\text{MCH (fmol)} = [\text{Hb (g/l)} : \text{Er (T/l)}] \times 0,06207 \text{ nebo}$$

$$\text{MCH (fmol)} = [\text{Hb (g/dl)} : \text{Er (T/l)}] \times 0,6207 \text{ nebo}$$

$$\text{MCH (fmol)} = [\text{Hb (mmol/l)} : \text{Er (T/l)}]$$

podle použitých jednotek (KRAFT a DÜRR, 2001; REECE, 2011; SLANINA, 1992).

Tradiční jednotky - hemoglobin v g/dl nebo v g/l, erytrocyty v mil/μl a MCH v pg; *SI jednotky* - hemoglobin mmol/l, erytrocyty v T/l a MCH ve fmol (KRAFT a DÜRR, 2001).

MCHC - střední barevná koncentrace (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) udává průměrnou koncentraci hemoglobinu v erytrocytech (HOFÍREK *et al.*, 2009).

Vypočítává se podle vzorce:

$$\text{MCHC (g/dl)} = [\text{Hb (g/dl)} : \text{Ht (\%)}] \times 100 \text{ nebo}$$

$$\text{MCHC (g/l)} = [\text{Hb (g/l)} : \text{Ht (\%)}] \times 100 \text{ nebo}$$

$$\text{MCHC (g/dl)} = [\text{Hb (g/dl)} : \text{Ht (\%)}] \text{ nebo}$$

$$\text{MCHC (mmol/l)} = [\text{Hb (mmol/l)} : \text{Ht (\%)}] \times 100 \text{ nebo}$$

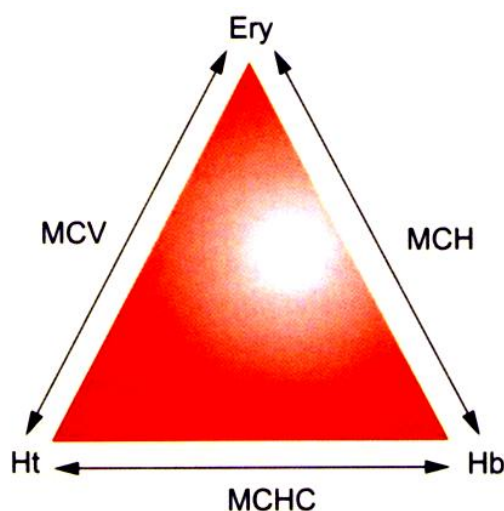
$$\text{MCHC (mmol/l)} = [\text{Hb (mmol/l)} : \text{Ht (l/l)}] \text{ nebo}$$

$$\text{MCHC (mmol/l)} = [\text{Hb (g/dl)} : \text{Ht (l/l)}] \times 0,6207$$

podle použitých jednotek (KRAFT a DÜRR, 2001; DOUBEK *et al.*, 2003; SLANINA, 1992).

Tradiční jednotky – hemoglobin v g/dl nebo v g/l, hematokrit v % a MCHC v g/dl nebo v g/l; *SI jednotky* – hemoglobin v mol/l, hematokrit v l/l a MCHC v mmol/l (KRAFT a DÜRR, 2001; DOUBEK *et al.*, 2003).

Obr. 1: Schéma výpočtu základních hodnot erytrocytu (DOUBEK *et al.*, 2003).



Parametry erytrocytů mají diagnostický význam v rozpoznávání anémií a jiných poruch. Stará zvířata mají nižší hodnotu MCV a MCH oproti novorozencům a novorozenci mají nižší hodnotu MCV a MCH než dospělá zvířata (DOUBEK *et al.*, 2010).

2.3 PORUCHY ČERVENÝCH KRVINEK

2.3.1 Anémie

Anémie je definována jako snížení množství erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu v krvi pod hodnotu obvyklou u konkrétního živočišného druhu s přihlédnutím k věku zvířete (FALDYNA *et al.*, 2006). Podle DOUBKA *et al.* (2003) je anémie absolutní snížení hladiny hemoglobinu v obvodové krvi pod dolní hranici referenčního intervalu, které je většinou (ne však vždy) doprovázeno i snížením absolutního počtu erytrocytů a hematokritu. Obdobně definuje anémii DAY *et al.* (2000), tedy že anémie se vyskytuje, pokud je koncentrace hemoglobinu pod referenčním rozmezím bez ohledu na počet erytrocytů a hodnotu hematokritu, ale u většiny anémií jsou všechny tři proměnné nízké. BOŇA *et al.* (1990) píše, že koncentrace hemoglobinu v krvi je ve velmi úzkém vztahu k počtu erytrocytů a snížená tvorba erytrocytů (případně produkce erytrocytů s nižší koncentrací hemoglobinu nebo zvýšený zánik erytrocytů) způsobuje snížení koncentrace hemoglobinu v krvi. Za nejdůležitější parametr při diagnostice anémie lze tedy

považovat hodnotu hemoglobinu, i když je nutné přihlédnout i k ostatním zmíněným parametrům (SVOBODA *et al.*, 2001).

Anémii dělíme na primární, která je projevem nemoci, nebo častěji se vyskytující anémii sekundární, která je průvodním jevem a příznakem jiné choroby (SVOBODA *et al.*, 2001). HOFÍREK *et al.* (2009) popisuje primární anémii jako snížení erytropoézy v důsledku hypoplazie kostní dřeně, zpravidla karenčního typu, a jako anémie sekundární označuje mimodřeňové anémie.

Pro diagnostiku anémie jsou nejdůležitější tyto hodnoty krevního obrazu: koncentrace hemoglobinu, hodnota hematokritu, absolutní počet červených krvinek, počet retikulocytů (udávají informaci o tvorbě červených krvinek a regenerační schopnosti kostní dřeně), erytrocytární indexy – MCV, MCH, MCHC, hladina erythropoetinu a morfologie červených krvinek z krevního nátěru.

Organismus savce se může na anémii, vzniká-li pozvolně, velmi dobře přizpůsobit. Někteří jedinci mohou bez jakéhokoliv příznaku tolerovat i pokles hemoglobinu na poloviční až nižší hodnoty (DOUBEK *et al.*, 2003).

Anémie může být relativní nebo absolutní. Při relativní anémii, je normální celkový objem červených krvinek, ale zvětšený objem plazmy. U absolutní anémie je celkový objem erytrocytů snížený, zatímco objem plasmy je normální. Dehydratované zvíře může mít anémii zamaskovanou. To je způsobeno poklesem objemu plazmy a naměřením nízkých hodnot hemoglobinu, hematokritu a počtu erytrocytů do té míry, že tyto hodnoty mohou spadat do referenčního rozmezí (DAY *et al.*, 2000).

Podle parametrů červených krvinek lze anémii rozdělit na mikrocytární, normocytární a makrocytární (nízká, normální či zvýšená hodnota MCV), nebo na hypochromní a normochromní (nízké či normální MCH či MCHC) (DOUBEK *et al.*, 2003; PENKA *et al.*, 2001). BOŇA *et al.* (1990) ve své knize uvádí ještě hyperchromii, která je zjištěna při makrocytóze. Podle míry anizocytózy erytrocytů – anizocytózu vyjadřuje parametr distribuční šíře erytrocytů (RDW) – se anémie dělí na anémie s anizocytózou (megaloblastové anémie, hemolytické anémie, sideropenické anémie) nebo bez anizocytózy (anémie chronických chorob, myelodysplazie, aplastické anémie, sideblastické anémie) (DOUBEK *et al.*, 2003).

Tabulka 1: Morfologická klasifikace anémii (SLANINA, 1992; HOWARD a HAMILTON, 1997)

Anémie	MCV	MCH	MCHC	Příklady anémie
Normocytární normochromní	=	=	=	Ztráta krve (akutní) Hemolýza
Mikrocytární normochromní	↓	=	=	
Mikrocytární hypochromní	↓	↓	↓	Deficit železa Talasemie
Makrocytární	↑	=/↓	=/↓	Megaloblastové anémie

= referenční hodnota, ↓ snížený, ↑ zvýšený

Tabulka 2: Diagnostický význam MCV, MCH a MCHC (DOUBEK *et al.*, 2010)

Typ anémie:	MCV	MCH	MCHC
<i>erytropoéza</i> =/↑			
posthemoragická akutní	↑	=	=
posthemoragická chronická	=/↓	↓	↓
hemolytická akutní	↑	=	=/↑
hemolytická chronická	=/↓	↓	=/↑
<i>erytropoéza</i> ↓			
z deficitu Fe	↓	↓	↓
z útlumu kostní dřeně	↓	=	=
<i>dyserytropoéza</i>			
z deficitu kys. listové, vit. B12	↑	↑	=/↑
porucha syntézy hemu	↓	↓	↓
porucha syntézy globinu	=/↓	=/↓	=/↓

= referenční hodnota, ↓ snížený, ↑ zvýšený

Dále se anémie dělí anémie na dřevňové a mimodřevňové. Mezi dřevňové anémie zařazujeme: anémie ze snížené produkce erytropoetin, anémie z poruchy syntézy DNA jako následek nedostatku vitamínu B₁₂ a kyseliny listové, anémie z poruch hemoglobinizace (prvotní příčinou je defektní syntéza hemoglobinu, a to nejčastěji kvůli deficitu železa nebo mědi), anémie hypoplastické (aplastické), které jsou charakterizovány sníženou erytropoetickou aktivitou kostní dřeně. Mezi mimodřevňové anémie řadíme anémie z náhlých ztrát krve a hemolytické anémie (BOĎA *et al.*, 1990). Hofírek *et al.* (2009) anémie dělí z etiologického hlediska na hyponastické (aplastické), hemolytické a posthemoragické. Podle etiologie a patogeneze rozděluje KRAFT a DÜRR (2001) anémie na regenerativní (anémie z krvácení a hemolytické anémie), neregenerativní (normochromní normocytární anémie, normochromní makrocytární anémie, hypochromní mikrocytární anémie) a toxické anémie. Toto dělení vzniklo na základě přítomnosti a efektivity erytropoézy. Vyšetřením krve se může určit regenerace erytrocytů na základě počtu retikulocytů. Anémie, při níž je počet retikulocytů pod 60 000/μl, je považována za neregenerativní (HANZLÍČEK a BÜRGLOVÁ, 2012). PENKA *et al.* (2001)

považuje za základní rozdělení: anémie z poruchy tvorby erytrocytů, anémie z nadměrné ztráty erytrocytů a akutní posthemoragická anémie.

Obecné klinické příznaky anémie, tzv. anemický syndrom, jsou únava, slabost, dušnost, spavost, palpitace, závratě, bledost sliznic a kůže, žloutenka, tachykardie, dyspnoe, splenomegalie, otoky a snížené sexuální libido (SVOBODA *et al.*, 2001; FALDYNA *et al.*, 2006). V klinické praxi u skotu nepředstavuje anémie zpravidla samostatnou nozologickou jednotku, ale je symptomem jiných onemocnění (HOFÍREK *et al.*, 2009). Anémie je běžný klinický a laboratorní nález, který sám o sobě nepředstavuje diagnózu, a cílem veterináře je určit patogenezi anémie, aby se mohla zvolit nejvhodnější léčba (DAY *et al.*, 2000).

Tabulka 3: Klasifikace anémií podle velikosti erytrocytů (DOUBEK *et al.*, 2003)

Anémie mikrocytární (obvykle hypochromní)	Anémie sideropenické Anémie sideroblastické (u myelodysplazií) Anémie hemolytické Anémie při chronických chorobách
Anémie normocytární (obvykle normochromní)	Počínající anémie sideropenické Počínající anémie z nedostatku kyseliny listové Sideroblastické anémie Anémie při chronických chorobách Anémie ze smíšených deficitů (železa, kyseliny listové, vitamínu B12)
Anémie makrocytární (obvykle normochromní)	Perniciózní anémie Autoimunitní hemolytické anémie Aplastické anémie Myelodysplastický syndrom

2.3.1.1 Anémie z nedostatečné krvetvorby

a) Sideropenická anémie

Sideropenická anémie je anémií mikrocytární a hypochromní. Příčinou je deficit železa v organismu (= sideropenie) (DOUBEK *et al.*, 2003). Rozlišujeme 3 stupně sideropenií: 1. prelatentní sideropenie, při které dochází k postupnému snižování rezerv železa v organismu, ale není ovlivněn transport do erytroblastů kostní dřeně; 2. latentní sideropenie, při níž jsou zásoby železa v organismu vypotřebovány a zároveň je snížena i dodávka železa pro erytropoézu, anémie se ale

ještě neobjevuje; 3. sideropenická anémie, kdy dochází k anémii z nedostatku železa (PENKA *et al.*, 2001).

Vznik této anémie je spojen s poruchou metabolismu železa. Železo v organismu lze rozdělit na funkční a zásobní. Nachází se v hemoglobinu (65 %), myoglobinu (3 %), různých enzýmech – cytochromech, peroxidáze, kataláze – (2 %) a vázané se zásobními bílkovinami, feritinem a hemosiderinem aj. (30 %). Deficit Fe má za následek sníženou syntézu hemu, poruchu syntézy DNA a desagregaci ribozomů (snížení proteosyntézy) (DOUBEK *et al.*, 2003). Nedostatek železa v organismu může být způsoben jeho nadměrnou ztrátou, nedostatečným přívodem anebo zvýšenou potřebou organismu (PENKA *et al.*, 2001). Příčiny sideropenie jsou ztráty Fe urogenitálním traktem (nádory), gastrointestinálním traktem (tumory, kýly, zánětlivá onemocnění – virového, bakteriálního nebo parazitárního původu), respiračním systémem (plicní fibrózy, opakované hemoptýzy) nebo hemoglobinurie. Nedostatečný přívod železa může být způsoben nedostatkem železa v potravě (malnutrice), poruchou trávení (mal digesce) nebo poruchou vstřebávání (malabsorpce). Zvýšené potřeby organismu jsou v období březosti, laktace, růstu nebo také zvýšenými odběry krve. Nejčastějšími příčinami sideropenie u savců jsou chronické krevní ztráty a nedostatek železa v potravě (SVOBODA *et al.*, 2001).

Na pomalu vzniklou sideropenickou anémii se organismus může dobře adaptovat. U pokročilé anémie se může objevit unavenost, dušnost, slabost či palpitace nebo se klinicky nemusí projevit vůbec. Někdy se mohou objevit i příznaky neuromuskulární, poruchy růstu, imunity, postižení sliznic (atrofie) a kožní adnex (DOUBEK *et al.*, 2003).

Kromě prokázání anémie jako takové je v případě sideropenické anémie podstatné zhodnotit úroveň metabolismu železa. Zásoby Fe lze posoudit hlavně podle sérových hladin železa (tyto hladiny jsou sniženy nejen u anémií sideropenických, ale i u anémií chronických chorob), podle nasycení transferinu železem, podle celkové vazebné kapacity séra pro železo a podle hladiny feritinu (u sideropenických anémií je jeho hladina snížena oproti anémiím chronických chorob). Nejspolehlivější metodou pro posouzení zásob železa je vyšetření množství železa v nátěrech kostní dřeně. Sideropenickou anémii může provázet mírná trombocytóza a leukopenie (SVOBODA *et al.*, 2001). V hematologickém nálezu je hematokrit, počet erytrocytů a hemoglobin sniženy; MCV, MCH a MCHC je také sniženo (KRAFT a DÜRR,

2001; HOWARD a HAMILTON, 1997). Počet retikulocytů může být zvýšený, normální i snížený. Přínosné může být vyšetření trusu na přítomnost okultního krvácení. (SVOBODA *et al.*, 2001).

Sideropenická anémie se vyskytuje u většiny savců. Běžný výskyt je mladých rostoucích zvířat, novorozených selat, dále u psů a přežvýkavců. Vzácněji se objevuje u koček a koní (DOUBEK *et al.*, 2003).

b) Sideroblastické anémie

Sideroblastické anémie mohou být vrozené nebo získané. Jde o heterogenní skupinu vzácných onemocnění, které jsou charakteristické přítomností sideroblastů v kostní dřeni (PENKA *et al.*, 2001). Prstenčité sideroblasty jsou vyzrálější jaderné prekurzory erytrocytů. V jejich mitochondriích dochází k patologické kumulaci železa. Příčinou vzniku získané sideroblastické anémie bývá nedostatek pyridoxinu - vitamínu B₆ (nedostatek je vzácný), otrava olovem nebo po použití některých léků (např. fenacetinu nebo chloramfenikolu) (DOUBEK *et al.*, 2003). Projevuje se anemický syndrom (DOUBEK *et al.*, 2003).

Vrozená sideroblastická anémie je hypochromní mikrocytární anémií bez anizocytózy (nízké RDW), získaná sideroblastická anémie je normocytární až makrocytární (PENKA *et al.*, 2001). Plazmatická hladina železa bývá snižená, ale zásobní železo je naopak zvýšené. Diagnóza se může ověřit vyšetřením punktátu kostní dřevě, kdy se při barvení na Fe objevují prstenčité sideroblasty z více než 2/3. Prstenčité sideroblasty by měly představovat aspoň 15 % všech normoblastů. Mohou se objevit i siderocyty.

Vyskytuje se vzácně a může se projevit u všech domácích a hospodářských zvířat (DOUBEK *et al.*, 2003).

c) Ostatní nutričně podmíněné anémie

Nedostatečný přívod látek potřebných pro krvetvorbu vede k anémii. Popsány byly případy anémií při nedostatku mědi, kobaltu, pyridoxinu, vitamínu E, vitamínu C, riboflavínu (vitamínu B₂) a některých aminokyselin. Často vede k anémii i hladovění. Projevuje se anemickým syndromem. Anémie je většinou normocytární a

normochromní, jen anémie z nedostatku mědi a vitamínu B₆ jsou mikrocytární a hypochromní. Prokázání nedostatku u popsaných látek vyžaduje vyšetření na specializovaném pracovišti. U všech druhů savců se může vyskytnout anémie při hladovění. Anémie z nedostatku mědi a kobaltu byly pozorovány u přežvýkavců (DOUBEK *et al.*, 2003).

d) Megaloblastová anémie

Megaloblastové anémie vznikají poruchou syntézy nukleotidů, přičemž se tvoří patologické prekurzory červených krvinek – megaloblasty (DOUBEK *et al.*, 2003). Megaloblastová anémie bývá zjišťována při deficitu vitamínu B₁₂, kyseliny listové, kobaltu nebo tzv. vnitřního faktoru (což je glykoprotein tvořený v parietálních buňkách žaludeční sliznice a je zapotřebí pro resorpci vitamínu B₁₂) (SVOBODA *et al.*, 2001; PENKA *et al.*, 2001). Kobalamin a kyselina listová (folát) se podílejí na syntéze thyminu (DOUBEK *et al.*, 2003). Perniciózní anémie vzniká v důsledku deficitu vitamínu B₁₂ na autoimunitním podkladě, tj. tvorbou protilátek proti parietálním buňkám žaludeční sliznice, kde se tvoří vnitřní faktor nezbytný ke vstřebávání vitamínu B₁₂, dále tvorbou protilátek proti samotnému vitamínu B₁₂ nebo tvorbou tzv. blokujících protilátek, které brání navázání komplexu vitamin B₁₂ + vnitřní faktor na receptor v tenkém střevě (DOUBEK *et al.*, 2003; PENKA *et al.*, 2001). Vitamin B₁₂ se uplatňuje i při tvorbě myelinu, takže jeho výrazný nedostatek může vést i k poruše funkce nervového systému (DOUBEK *et al.*, 2003).

Nejčastěji lze indukovat megaloblastovou anémii u pacientů dostávajících antagonisty kyseliny listové jako je metotrexát, trimetoprim a antiepileptika, které mohou vyčerpat koncentraci kyseliny listové v séru (DAY *et al.*, 2000). Méně často může u zvířat dojít k megaloblastové anémii z gastrogenních příčin (postresekční anémie, perniciózní anémie z poruchy tvorby nebo zvýšené destrukce vnitřního faktoru, nejčastěji autoimunitního původu), z enterogenních příčin (resekce střeva, píštěle, střevní parazité) a z příčin jiných (březost, nutriční poruchy, tělesný růst, choroby jater, městnavé srdeční selhání) (SVOBODA *et al.*, 2001).

Megaloblastová anémie se projevuje anemickým syndromem, suchostí sliznic, nechutenstvím, průjmy, dokonce i kongestivním srdečním selháním.

Neurologické změny v důsledku deficitu vitamínu B₁₂ jsou zřídka kdy (DOUBEK *et al.*, 2003).

Při diagnostice této anémie je důležitý průkaz megaloblastů v periferní krvi a hlavně vyšetření kostní dřeně. Při vyšetření kostní dřeně se při barvení hematoxylinem-eozinem nátěr jeví jako „modrá dřeň“. Megaloblasty jsou větší než normoblasty a mají jemnou síťovou strukturu jádra, které ve vývoji stagnuje za vývojem cytoplazmy. Při vyšetření kostní dřeně je možné najít „megaloblastové“ změny i v řadě granulocytové a megakaryocytové. Může se objevit i hypersegmentace jader granulocytů (SVOBODA *et al.*, 2001). Pro běžnou praxi je důležité zjištění hladiny kyseliny listové, vitamínu B₁₂ a případně protilátek proti vnitřnímu faktoru nebo proti parientálním buňkám sliznice žaludku v periferní krvi (DOUBEK *et al.*, 2003). Krevní obraz prokáže makrocytární anémii s velmi vysokým MCV. Často je přítomna i leukopenie a trombocytopenie (HOWARD a HAMILTON, 1997). U psů a koček už byly popsány i případy anémie z deficitu kobalaminu, které byly normocytární a normochromní. Počet retikulocytů bývá snížený (DOUBEK *et al.*, 2003). Počet erytrocytů, koncentrace hemoglobinu a hematokrit je snížený, MCHC bývá nezměněné, MCH spolu s MCV naopak zvýšené (KRAFT a DÜRR, 2001).

Onemocnění se vyskytuje vzácně. Bylo popsáno u psů a koček. U koií byla popsána kongenitální selektivní malabsorpce vitamínu B₁₂ (DOUBEK *et al.*, 2003).

e) Aplastická anémie a čistá aplazie červené krevní řady

Aplastická anémie (AA) a čistá aplazie červené krevní řady (PRCA, pure red cell aplasie) jsou nemocemi kostní dřeně, pro které je charakteristická aplazie nebo hypoplazie buď všech krevních řad v kostní dřeni (AA), nebo jen aplazie červené krevní řady (PRCA). Obrazu v periferní krvi dominuje různě závažná pancytopenie (u AA) nebo anémie (u PRCA) (DOUBEK *et al.*, 2003). Podle vzniku se dělí na vrozené a získané (idiopatické nebo sekundární) a podle závažnosti se dělí na chronické cytopenie, těžké aplastické anémie a velmi těžké aplastické anémie (PENKA *et al.*, 2001).

V etiologii a patogenezi nemocí hrají roli různé příčiny. Může jít o choroby způsobené infekčním agens (viry hepatitid, cytomegalovirem, parvoviry, viry

leukemie koček, *Ehrlichia canis*), léky a fyzikální faktory (ozáření, estrogenní preparáty u psů, chloramfenikol, fenylobutazon, sulfonamidy) nebo jedy (DDT, trichlorerýlén, cyklické uhlovodíky). Asi u třetiny pacientů s aplastickou anémií se příčina choroby nepodaří zjistit. Jedná se o idiopatickou aplastickou anémii, na jejímž vzniku se podílí autoimunitní mechanismy (zničení kmenových krvetvorných buněk T lymfocyty, NK buňkami). Autoimunita se může podílet i na vzniku PRCA (DOUBEK *et al.*, 2003). Čistá aplazie červené krevní řady má formu akutní, přechodnou a chronickou (PENKA *et al.*, 2001).

Choroby mají mírný i velmi těžký průběh. Hlavní příznakem je objevení se anemického syndromu, aplastickou anémii může ještě doprovázet krvácivá diatéza, nebo jsou pacienti postiženi infekcemi (DOUBEK *et al.*, 2003).

V krevním obrazu převládá normocytární a normochromní anémie, případně i leukopenie (zejména neutropenie) a trombocytopenie. Rozhodující pro stanovení diagnózy je vyšetření kostní dřeně. Nestačí pouze cytologické vyšetření kostní dřeně, ale je potřeba histologické vyšetření dřeně (biopsie kostní dřeně přináší mnohem více informací než je punkční vyšetření dřeně k analýze cytologické) (DOUBEK *et al.*, 2003). PRCA je normocytární až makrocytární normochromní anémie, leukocyty a trombocyty bývají beze změn, počet retikulocytů je nízký a mohou až úplně chybět. Červená krevní řada v dření je výrazně snižena nebo úplně chybí (PENKA *et al.*, 2001).

Výskyt AA a PRCA je velmi vzácný. Aplazie červené krevní řady byla zaznamenána u psů a koček. Idiopatická aplastická anémie je známá u psů, koček, koní a skotu. Sekundární PRCA a AA se mohou projevit u všech druhů savců (DOUBEK *et al.*, 2003).

f) Anémie chronických chorob

Tato neregenerativní anémie provází řadu vleklých onemocnění, je mírná nebo středně těžká. Nejvýraznějším rysem této anémie je její nenápadnost (DOUBEK *et al.*, 2003).

Základním článkem na etiopatogenetické ose bývá porucha metabolismu železa, kterého je sice v organismu dostatek, ale hlavně v důsledku působení různých cytokinů nemůže být využito pro krvetvorbu. Anémie chronických chorob se

vyskytuje u těchto chorob: maligní nádory, chronická zánětlivá onemocnění, chronické parazitární infekce – infekce *Trypanosoma congolense*, chronické jaterní choroby, anémie při chorobách ledvin, anémie při systémových onemocněních pojiva a u endokrinopatií – hypotyreózy, hyperestrogenismu, hyperparatyreózy, hypofunkce nadledvin a podvěsku mozkového a další (SVOBODA *et al.*, 2001).

Anémie je ze začátku normochromní a normocytární, postupně se rozvíjí na mikrocytární a hypochromní, ale na rozdíl od syderopenie není anizocytóza výrazně vyjádřena (PENKA *et al.*, 2001). Hladina sérového železa je snižena, hladina feritinu v séru je naopak zvýšená. Při vyšetření kostní dřeně jsou zjištěny dostatečné zásoby železa v siderofázích. Toto železo (Fe^{3+}) je ale těžko použitelné pro erythropoézu. Počty sideroblastů bývají sniženy. (DOUBEK *et al.*, 2003).

Anémie chronických chorob se vyskytuje u všech druhů savců (DOUBEK *et al.*, 2003).

g) Anémie při poruše syntézy hemoglobinu

Tvorba hemu je porušena při porfyrii (defekt některého z enzymů, který se účastní syntézy hemu) nebo při otravě olovem. Bazofilní tečkování erytrocytů lze nalézt až u 30 % psů postižených otravou olovem. Porfyrie byly popsány u siamských koček, psů, skotu a prasat. Fyziologicky se porfyrie vyskytuje u veverek. Porfyrie lze rozdělit, podle nejvíce postižených tkání a orgánů, na erythropoetické a hepatální. Jsou to autozomálně dominantně nebo recesivně dědičné nemoci. Projevují se postižením kůže (fotosenzitivita), sliznic, jater a hemolytickou anémií. Lze je diagnostikovat vyšetřením porfyrinů v moči.

Poruchou syntézy globinu je talasemie. Anémie je mikrocytární. Talasemie jsou popisovány u myši (DOUBEK *et al.*, 2003).

h) Dyserythropoetická anémie

U anglických špringršpanělů bylo pozorováno několik případů kongenitální dyserythropoetické anémie, což je vrozená porucha vyžívání červených krvinek (DOUBEK *et al.*, 2003).

i) Anémie při jiných onemocněních krvetvorby

Anémie je průvodním znakem mnoha krevních onemocnění. Patří do obrazu leukémií, myelodysplastického syndromu nebo myelofibrózy (SVOBODA *et al.*, 2001).

2.3.1.2 ANÉMIE Z NADMĚRNÉHO ZÁNIKU NEBO ZVÝŠENÝCH ZTRÁT ČERVENÝCH KRVINEK

Hemolytické anémie

Jde o významnou skupinu anémií charakterizovaných hemolýzou, která je výsledkem patologicky předčasně destrukce červených krvinek. Anémie se objevuje až tehdy, dojde-li k narušení rovnováhy mezi tvorbou a zánikem erytrocytů (DOUBEK *et al.*, 2003).

Hemolytické anémie rozdělujeme na korpuskulární, kdy příčina zkráceného přežívání erytrocytů tkví v samotné krvince, a na extrakorpuskulární, kdy je život červené krvinky zkrácen kvůli vlivům vycházejícím z prostředí, ve kterém se krvinka pohybuje. Korpuskulární hemolytické anémie jsou vrozené anémie, při kterých může být erytrocyt postižen kvůli porušení membrány erytrocytu, porušení metabolismu erytrocytů nebo kvůli poruše struktury hemoglobinu. Extrakorpuskulární hemolytické anémie jsou velká skupina získaných hemolytických stavů a dělí se na imunitní hemolytické anémie, které jsou způsobeny alloprotilátkami nebo autoprotilátkami, a neimunitní hemolytické anémie, které vznikají z chemických, fyzikálních, infekčních příčin (PENKA *et al.*, 2001).

Hemolýza může být intravaskulární nebo extravaskulární. Od místa destrukce červených krvinek se odvíjí i příznaky a diagnostika hemolytické anémie. Při intravaskulární hemolýze dochází k rozpadu krvinek přímo v krevním řečišti. Do krve je uvolňován hemoglobin, jenž se rozpadá na dimery a následně se váže na bílkovinu haptoglobin. Pokud dojde při masivní hemolýze ke spotřebování haptoglobinu, jsou dimery hemoglobinu vylučovány ledvinami (hemoglobinurie) nebo nastává oxidace na methemoglobin. V buňkách ledvinných tubulů je část molekul hemoglobinu resorbována a uvolněné železo je zde uskladněno ve formě hemosiderinu. Příkladem intravaskulární hemolýze je např. autoimunitní hemolytická anémie způsobená protilátkami třídy IgM. Při extravaskulární hemolýze jsou

erythrocyty ničeny buňkami MPS. Hemoglobin je štěpen hemoxygenázou, železo je uvolňováno a transportováno transferinem. Aminokyseliny globinu jsou dále zužitkovány. Po odštěpení železa vzniká ze zbylého protoporfyrinového kruhu biliverdin, ten se dále mění bilirubin, který je vylučován játry po konjugaci s kyselinou glukuronovou. Při velké hemolýze nejsou játra schopna všechen vznikající bilirubin konjugovat. V krvi je tak možné prokázat velké koncentrace bilirubinu nekonjugovaného (DOUBEK *et al.*, 2003).

Hemolytická anémie se kromě anemického syndromu mohou projevit ikterem nebo subikterem, horečkami se zimnicí a třesavkou (SVOBODA *et al.*, 2001). Pro potvrzení diagnózy hemolytické anémie je důležité prokázat vysoké koncentrace nekonjugovaného bilirubinu, volného hemoglobinu a aktivity sérové laktátdehydrogenázy. Hladina haptoglobulinu je výrazně snižena. Pro stanovení typu hemolytické anémie je hlavní prokázat etiologické agens (SVOBODA *et al.*, 2001). V periferní krvi je absolutní retikulocytóza (DOUBEK *et al.*, 2003).

A. Korpuskulární hemolytické anémie

K hemolytickým anémiím při vrozených poruchách červené krvinky u savců patří:

a) Vrozená stomatocytóza

Je to heterogenní skupina autozomálně dominantně dědičných membránových anémií, která je charakteristická přítomností stomatocytů. Choroba je způsobena zvýšenou propustností membrány, která vede ke zvýšení sodíku a snížení draslíku uvnitř buňky. Při diagnostice můžeme pozorovat zvětšené MCV a snížené MCHC (u těžkých typů). V nátěrech je 10-50 % erythrocytů tvořeno stomatocyty (PENKA *et al.*, 2001). Toto onemocnění se vyskytuje u aljašských malamutů (SVOBODA *et al.*, 2001).

b) Vrozená eliptocytóza

Je to dominantně dědičná membránová porucha erythrocytů. V periferní krvi jsou přítomny eliptocyty (15-25 % erythrocytů v nátěru). Počet retikulocytů je

zvýšený. U lehkých forem se anémie nemusí projevit (PENKA *et al.*, 2001). Onemocnění je popsáno u teriérů a kříženců (SVOBODA *et al.*, 2001).

c) Vrozená sférocytóza

Jedná se o vrozené onemocnění membrány erytrocytů, které způsobuje zvýšenou propustnost pro sodík a vede ke vzniku mikrosférocytů v periferní krvi. Většinou je to autozomálně dominantně dědičné onemocnění. Většinou je zjištěna lehká až střední normocytární normochromní anémie. Počet retikulocytů je zvýšený, v nátěrech se vyskytují sférocyty (PENKA *et al.*, 2001). Vrozená sférocytóza byla popsána u skotu a koz (DOUBEK *et al.*, 2003).

Další onemocnění patřící mezi korpuskulární hemolytické anémie jsou např. defekt pyruvátkinázy pozorovaný u bíglů, basenži, West Highland white teriérů, ale i u koček, nesférocytární hemolytická anémie u bíglů v důsledku poruchy kalciové pumpy membrány erytrocytu, makrocytóza u pudlů a další (DOUBEK *et al.*, 2003).

B. Extrakorpuskulární hemolytické anémie

Imunitně zprostředkované hemolytické anémie

Imunitně zprostředkované hemolytické anémie (IMHA) jsou závažným, ale při včasné adekvátní terapii dobře léčitelným onemocněním. Jde o jednu z častých příčin anémie savců (DOUBEK *et al.*, 2003). IMHA může mít různé příčiny vyvolání. U primární (idiopatické) autoimunitní anémie obvykle nelze nalézt vyvolávající příčinu. Při sekundární IMHA vzniká imunitní reakce na antigeny, které se na povrchu červených krvinek jinak nevyskytují. Může se jednat o reakci na léky (penicilin, levamizol), při některých infekcích (hemobartonely, babesia, virus kočičí leukemie), při některých nádorových nebo autoimunitních onemocnění nebo po transfuzi krve. Patří sem také neonatální izoerytolýza (FALDYNA *et al.*, 2006).

Jako hemolytické imunitní stavy označujeme ty, které jsou zapříčiněny imunitními mechanismy – tedy přítomností protilátek namířených proti antigenním strukturám erytrocytu, a to buď v přítomnosti, nebo nepřítomnosti komplementu (PENKA *et al.*, 2001). Tyto protilátky mohou být aloimunitní, tedy namířené

původně proti antigenům jiného organismu stejného druhu (hemolytické potrasfuzní reakce, neonatální izoerytrolýza), nebo mají charakter autoprotilátek, kdy po selhání kontrolních mechanismů imunity si organismus tvoří protilátky proti strukturám vlastního těla, v tomto případě erytrocytům (autoimunitní hemolytické anémie) (DOUBEK *et al.*, 2003; PENKA *et al.*, 2001).

IMHA je velmi pravděpodobná, pokud je pozorována autoaglutinace, sférocytóza, příp. pozitivní Coombsův test. Většina IMHA je regenerativní (s přítomností retikulocytózy), ale vyskytují se i neregenerativní. U neregenerativních IMHA je na základě cytologického a histologického vyšetření kostní dřeně zjištěna hyperplazie kostní dřeně nebo defekt dozrávání erytroidní řady případně totální aplazie červené krevní řady.

Vyskytuje se u psa, kočky, koně a skotu. U psa se častěji vyskytuje primární než sekundární IMHA, a to nejčastěji u středně starých fen (FALDYNA *et al.*, 2006). Z některých studií vyplývá, že k IMHA jsou vnímavější kastované feny, střední věk pacientů s IMHA je 6,5 roku. K citlivějším plemenům patří kříženci, labradorští retrívři, kokršpanělé, bišonci, pinčové, kolie a finský špic (HANZLÍČEK a BÜRGLOVÁ, 2012). Podle studie ŘEHÁKOVÉ *et al.* (2010) byl poměr pohlaví u psů trpících IMHA stejný.

a) Idiopatická imunitně zprostředkovaná (autoimunitní) anémie

Idiopatická imunitně zprostředkovaná (autoimunitní) anémie (AIHA) je autoimunitní choroba, u níž se většinou nedaří zjistit vyvolávající příčinu. Červená krvinka je ničena protilátkami zprostředkovanou reakcí. Do narušení krvinek se dále zapojuje komplement (často intravaskulární hemolýza) nebo makrofágy (extravaskulární hemolýza). Patologické protilátky mohou být třídy IgG, také IgM či méně často IgA. Protilátky proti erytrocytům lze také rozdělit na protilátky způsobující aglutinaci erytrocytů (tepelné) – příčina extravaskulární hemolýzy, protilátky způsobující intravaskulární hemolýzu (tepelné), inkompletní protilátky (tepelné) třídy IgG, protilátky způsobující aglutinaci erytrocytů (chladové) – příčina extravaskulární hemolýzy a protilátky způsobující „neaglutinační“ hemolýzu (chladové). Chladové protilátky se na erytrocyty vážou jen v chladu. Proto se jejich

negativní působení projevuje především chladovými nekrózami akrálních částí těla – ušních boltců, ocasu, končetin (DOUBEK *et al.*, 2003).

Kromě obecných příznaků anémie se může objevit i ikterus, zvracení, hemoglobinurie (FALDYNA *et al.*, 2006).

Antierytrocytární protilátky navázané na erytrocyty zjistíme přímým antiglobulinovým testem (PAT, přímý Coombsův test), protilátky v séru nemocného nepřímým antiglobulinovým testem (NAT, nepřímý Coombsův test). Anémie bývá většinou normocytární a normochromní. Důležitým diagnostickým znakem je retikulocytóza. Extravaskulární hemolýzu lze zjistit vyšetřením bilirubinu, laktátdehydrogenázy (zvýšena), volného hemoglobinu (zvýšen) a haptoglobinu (snížen) v séru (DOUBEK *et al.*, 2003). U intravaskulární hemolýzy, která se u psů vyskytuje častěji, je nástup klinických příznaků rychlejší a intenzivnější (FALDYNA *et al.*, 2006). Hematokrit je snížený, krvinky mají sklon k autoaglutinaci, barva krevní plazmy je výrazně žlutá a v krevním nátěru se objevují sférocyty (TOMAN *et al.*, 2005). Další projevy jsou zvýšené množství volného hemoglobinu a pokles hladiny haptoglobinu. Testy autohemolýzy jsou pozitivní. V periferní krvi lze vidět obecné morfologické změny hemolytických anémií – anulocyty, polychromazii, leptocyty, objevují se Howellova-Jollyho tělíska, erytroblasty a retikulocyty (SVOBODA *et al.*, 2001).

AIHA se může manifestovat u savců každého věku a obou pohlaví. Byla prokázána u psů, koček, koní, skotu, králíků a myší. U psů a koček je častější především u mladých jedinců. Z psích plemen postihuje AIHA podle některých pramenů více než ostatní kokršpaněly, pudly, vipety, staroanglické ovčácké psy a irské setry (DOUBEK *et al.*, 2003; SVOBODA *et al.*, 2001).

b) Neonatální izoerytrolýza

Je to hemolytická anémie u mláďat, která je způsobená příjmem kolostra s obsahem protilátek proti krevním skupinám (FALDYNA *et al.*, 2006). U většiny zvířat vede k tvorbě aloprotilátek přecitlivělost samice na protilátky plodu během porodu, které předcházely porodu postiženého mláděte. Také může u mláděte nastat hemolýza v případě, kdy senzibilovaná samice porodí mládě, které zdědilo krevní skupiny po otci, a aloprotilátky jsou proti nim namířeny (DOUBEK *et al.*, 2003).

Další možnost senzibilizace existuje po léčbě vakcínami, které obsahují zbytky erytrocytů vlastní danému živočišnému druhu (JOHANNSEN, 1986). K hemolýze většinou dochází až několik dní po porodu. Anemický syndrom je různě závažný a často také končí smrtí mláďete do jednoho týdne. Vyskytuje se hlavně u koní, oslů a mul. Velmi vzácně se vyskytuje u psů a koček (DOUBEK *et al.*, 2003).

Neimunitní hemolytické anémie

Hemolytické anémie při infekcích

Hemolytická anémie při infekci *Haemobartonella canis* – původcem anémie je mykoplazma *Haemobartonella canis*. Způsobuje ji hlavně u jedinců, kteří jsou oslabení (např. psi léčení imunosupresivy). K přenosu infekce dochází díky členovcům, příp. již během nitroděložního vývoje nebo mateřským mlékem (SVOBODA *et al.*, 2001).

Eperythrozoonóza přežvýkavců – původcem tohoto onemocnění je rickettsie *Eperythrozoon wenyoni* a *Eperythrozoon ovis*. Způsobuje hemolytickou hemolýzu pouze u imunokompromitovaných jedinců. K přenosu nemoci přispívá bodavý hmyz. Choroba je rozšířena celosvětově (DOUBEK *et al.*, 2003).

Anaplazmóza skotu, koz a ovcí - původcem je rickettsie *Anaplasma marginale*, *Anaplasma centrale* a *Anaplasma ovis*. Hemolytická anémie se objevuje u skotu staršího 3 let. Mladá zvířata do 1 roku věku jsou proti těmto rickettsiím rezistentní. K přenosu dochází u skotu přes bodavý hmyz, u ovcí a koz přes klíšťata. Anémie je střední až těžké a závažnější způsobuje *A. marginale* (DOUBEK *et al.*, 2003).

Babesióza psů – je přenášeno klíšťaty a způsobují ji protozoa rodu *Babesia* a to *Babesia canis* a *Babesia gibboni*. Toto onemocnění je rozšířené celosvětově. *Babesia canis* má 3 poddruhy, které se liší geografickým rozšířením. V Evropě je přenášena klíšťaty *Babesia canis canis* (KONVALINKOVÁ *et al.*, 2012). Projevuje se nejčastěji akutní hemolytickou anémií, která se rozvíjí 1 až 3 týdny po infekci. Dále po imunitně zprostředkovaném rozpadu erytrocytů následuje intravaskulární i extravaskulární hemolýza, rozvíjí se normocytární anémie, hemoglobinurie a ikterus. Při těžkém průběhu může dojít k úhynu (KUBELOVÁ a ŠIROKÝ, 2010).

Babesióza skotu, ovcí a koz - u skotu je způsobena protozoy *Babesia bovis* a *Babesia bigemina*, u malých přežvýkavců *Babesia ovis* a *Babesia motasi*. Přenašečem jsou stejně jako u psů klíšťata, napadají erytrocyty a vyvolávají hemolytickou anémii.

Theilerióza – původcem této choroby jsou prvoci *Theileria parva*, *Theileria annulata* a *Theileria lestoquardi*, kteří způsobují intravaskulární hemolýzu, hemoglobinurii a ikterus. Přenašečem jsou klíšťata. Toto onemocnění se vyskytuje u skotu, ovcí a koz.

Trypanozomóza – původcem tohoto onemocnění jsou různé druhy trypanozom (např. *T. congolense*, *T. vivax*, *T. brucei*). Je přenášena slinami bodavého hmyzu. Trypanozomy vyvolávají infekce s obrazem hemolytické anémie. Nemoc se vyskytuje v tropech a subtropích a napadá skot, koně, prasata a psovité šelmy.

Sarkocystóza skotu – původcem je *Sarcocystis druzi*, který způsobuje hemolýzu u skotu. Skot je ale pouze mezipřevodcem, konečným hostitelem jsou psovité šelmy.

Virové a bakteriální choroby – může anémie provázet, i když vir nebo bakterie přímo na krvetvorbu nepůsobí. Příkladem může být *Clostridium perfringens*, *Clostridium haemolyticum*, *Corynebacterium pseudotuberculosis* (DOUBEK *et al.*, 2003).

Anémie způsobené otravami spojené s Heinzovými tělísky

Heinzova tělíska jsou tvořena denaturovaným hemoglobinem, který se sráží při povrchu erytrocytů.

U skotu a ovcí otravu způsobuje látka obsažená v rostlinách čeledi brukvovitých – řepce, kapustě, zelí a další. Způsobují tzv. kapustovou anémii skotu. Otrava se projeví při zkrmování delší dobu a v dávkách před 25 kg denně. Častěji onemocní starší, vysokobřezí a laktující zvířata než ta mladá.

Psům může otravu způsobit výtažek z mořské cibule, zinek, benzokain, naftalen, vitamin K a fenylydrazin (DOUBEK *et al.*, 2003; HOFÍREK *et al.*, 2009).

Anémie novorozených jehňat napájených kravským mlezivem

Jehňata jsou odstavena od matek z důvodu přerušení nákazy maedi-visna. Anémie jehňat je charakterizována těžkou neregenerativní anémií, která se vyskytuje ve věku 5-21 dní u jehňat, která byla napájena kravským mlezivem od prvního dne po narození. Jehňata jsou bledá, ikterická, trpí slabostí a ztrátou chuti, hodnoty hematokritu jsou velmi nízké. Často bývá toto onemocnění akutní a k úhynu dochází do 1-2 dní. Průběh může být i chronický (RUBY *et al.*, 2012).

2.3.1.3 ANÉMIE ZE ZVÝŠENÝCH KREVNÍCH ZTRÁT (posthemoragická anémie)

Jsou vyvolané akutní nebo chronickou ztrátou krve. Vznikají často po těžkých chirurgických zákrocích, krvácení po porodu apod. V periferní krvi je zjištělný pokles erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu. Dále zjišťujeme makrocytózu, popř. poikilocytózu, stejně tak jsou zjišťovány polychromatofilní erytrocyty, bazofilní pigmentace (BOĎA *et al.*, 1990).

Základní příčinou vzniku a rozvoje těchto anémií je krvácení. Krvácení značí ztrátu plné krve, tedy plazmy a krevních buněk. Krvácení může být zevní nebo vnitřní. Příčinami krvácení jsou traumata, chirurgické zákroky, krvácení po porodu, získané nebo vrozené poruchy koagulace, infekce, zejména parazitární, a tumory (DOUBEK *et al.*, 2003; BOĎA *et al.*, 1990). Akutní ztráta krve o 30-40 % z celkového krevního objemu vede k hypovolemickému šoku, který přímo ohrožuje život zvířete. Může způsobit syndrom multiorganového selhání (MOFS, multiple organ failure syndrome) (SVOBODA *et al.*, 2001). Vnitřní krvácení se liší od zevního tím, že mnoho krevních částic je zpětně reabsorbováno cestou lymfatických cév. Při akutním krvácení se anémie většinou rozvine za 4-12 hodin po krvácení. Je způsobena hemodilucí v důsledku přesunů tekutin v organismu (DOUBEK *et al.*, 2003). Po náhlém a krátkodobém krvácení nastávají 2 fáze: první, trvající 2-3 dny, kdy dominuje hypovolemie bez známek vyplývajících z anémie a druhá, která je charakterizována doplněním objemu, s projevy anémie a aktivní obnovou erytrocytů (PENKA *et al.*, 2001). Za 3-4 dny po krvácení vzniká u většiny savců retikulocytóza (hlavní znak regenerace). Největší retikulocytóza bývá pozorována u psů, naopak u

koní retikulocytóza nebývá. Rychlost obnovy počtu červených krvinek závisí zejména na množství zásobního železa (DOUBEK *et al.*, 2003).

Příznakem krvácení je anemický syndrom, při těžkém krvácení hypovolemický šok až rozvoj MOFS. Časté jsou morfologické abnormality erytrocytů (DOUBEK, *et al.* 2003).

Při anémii z akutního krvácení je laboratorní nález nejdříve beze změn. Po několika hodinách vzniká normochromní normocytární anémie (kvůli proudění objemu bez buněk do cévního systému), po dvou dnech začíná regenerace erytrocytů se zmnožením retikulocytů. Hematokrit, počet erytrocytů, hemoglobin, MCHC, MCH, MCV jsou nejprve nezměněné. Po přívodu tekutin hematokrit, počet červených krvinek, hemoglobin nejdříve klesají, s pokračující regenerací pomalu opět stoupají, přičemž však klesá MCHC, MCH a MCV. Chronická anémie z krvácení má tento laboratorní nález - hematokrit a počet erytrocytů snížený, MCHC, MCH, MCV nezměněné, později hypochromní anémie (pokles MCHC, MCH, event. nárůst MCV) (KRAFT a DÜRR, 2001). Podle DOUBKA *et al.* (2003) jsou chronické posthemoragické anémie sideropenické, mikrocytární a hypochromní. Posthemoragické anémie provází leukocytóza a trombocytopenie. Může se objevit u všech savců.

2.3.2 Makrocytóza

Při makrocytóze dochází ke zvětšení středního objemu erytrocytů (MCV), což může být známkou regenerativní odpovědi erytropoézy na krevní ztrátu. Ostatní příčiny makrocytózy jsou vzácné. Může se vyskytovat fyziologicky u ohařů a chrtů, u vrozené stomatocytózy, u deficitu vitamínu B₁₂ a kyseliny listové, u regenerativní hyperplazie erytropoézy po krevních ztrátách, u aplastických anémií a myelodysplastických syndromů (DOUBEK *et al.*, 2003).

2.3.3 Polycytémie (polyglobulie, erytrocytózy)

Vedle anémie se setkáváme také s příznaky výrazného zmnožení erytrocytů a zvýšené hladiny hemoglobinu nad normální fyziologickou hodnotu. Toto zvýšení

může být relativní (zmenšený objem plazmy) nebo absolutní (zvýšení celkového počtu červených krvinek v krvi) (BOĎA *et al.*, 1990; KRAFT a DÜRR, 2001).

Relativní polycytemie je často zjištěna při dehydrataci organismu. Tyto stavy nastávají často po ztrátě extracelulární tekutiny vyvolané opakovanými průjmy, zejména u telat. Hematologické vyšetření může prokázat zvýšené hodnoty hematokritu, erytrocytů i hemoglobinu (BOĎA *et al.*, 1990). Absolutní polycytemie jsou vyvolané hypoxiemi nebo zvýšenou sekrecí erytropoetinu z jiných důvodů. Jako příčina při hypoxiích přichází v úvahu v první řadě onemocnění plic a srdce. Přitom se zmnožuje erytropoetin, klesá arteriální parciální tlak kyslíku (KRAFT a DÜRR, 2001). O patologický stav nejde u zvířat, která jsou držena ve vysokých nadmořských výškách (nad 3000 m), kde jde naopak o adaptaci organismu (BOĎA *et al.*, 1990).

2.4 FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA HODNOTY ČERVENÝCH KRVINEK U VYBRANÝCH DRUHŮ ZVÍŘAT

2.4.1 SKOT A OVCE

Červená krvinka skotu je velká v průměru 5-6 μm . Erytrocyty jsou charakteristické mírnou až střední anizocytózou. Retikulocytóza není u zdravého skotu zřejmá (DOUBEK *et al.*, 2003). Červená krvinka ovce je velká v průměru 3-6 μm . U ovcí se mohou objevovat tvarové odchylky červených krvinek – srpkovité, kapkovité, větvenovité. Retikulocytóza není u zdravých ovcí patrná (DOUBEK *et al.*, 2003). Erytrocyty malých přežvýkavců jsou relativně malé ve srovnání s ostatními druhy, a proto jsou často chybně interpretovány při použití hematologických nástrojů kalibrovaných i pro jiné druhy zvířat. U některých analyzátorů se stává, že jsou erytrocyty počítány jako krevní destičky, a tak se falešně snižují hodnoty hematokritu. Anizocytóza (rozdíl ve velikosti červených krvinek), je u ovcí normální, ale přítomnost dalších změn, jako je například polychromasia (barevné variace), hypochromasia a poikilocytóza (abnormálně tvary Er), je vždy patologický znak (POLIZOPOULOU, 2010).

U skotu existuje přímá korelace mezi anémií a laktací. Při denní produkci mléka do 7 kg - výskyt anémie do 4,4 %, při nadoji 8-16 kg mléka – výskyt anémie

9,8 %, při denním nádoji nad 16 kg mléka – výskyt anémie 15,5 % (SLANINA, 1992).

Sezóna má vliv na koncentraci hemoglobinu, kdy v zimě a na jaře Hb bývá na dolní hranici a v létě naopak více na horní hranici (SLANINA, 1992). KUMAR a PACHAURI (2000) došli k podobnému výsledku, tedy v létě jsou vyšší hodnoty Hb, MCV, MCH a MCHC a v zimním období je naopak vyšší počet Er a Ht. RANDHAWA *et al.* (2009) naopak zjistil, že hematokrit a MCV byly vysoké v zimním a jarním období v porovnání s létem.

Věk má vliv na koncentraci hemoglobinu a počet erytrocytů. Tyto hodnoty jsou nejnižší ve věku kolem 14 dní a od 5. - 6. týdne postupně stoupají (SLANINA, 1992). Průměrné hodnoty hematokritu a MCV byly signifikantně vyšší u jalovic (1-3 roky) a hematokrit byl vyšší u staršího skotu (nad 9 let) (RANDHAWA *et al.*, 2009). Hematologické parametry u jehňat, podle studie SHAKER *et al.* (2013), se s přibývajícím věkem snižovaly. Jehničky měly vyšší hodnoty počtu Er, Ht a Hb oproti beránkům (bez ohledu na typ odstavu). Hematologické hodnoty pro odstavené jehničky zjišťoval LEPHERD *et al.* (2009). Ty se většinou shodovaly s již zjištěnými údaji i přesto, že bylo obtížné provést přímé srovnání s jinými studiemi pro jejich nedostatečně popsany postup (viz tabulka 5).

Hodnoty Hb, Ht a počtu Er jsou nižší u laktujících dojníc a MCHC jsou vyšší u laktujících než jalových krav (RANDHAWA *et al.*, 2009). Nejvyšší hodnoty Hb a Ht byly zaznamenány u březích jalovic a počet Er nejvyšší u nezapuštěných jaloviček. Nejnižší hodnoty těchto parametrů byly u zaprahých krav. Hb a počet Er měly tendenci klesat se zvyšující se laktací (KUMAR a PACHAURI, 2000). U krav v den porodu je významně vyšší počet Er, hodnoty Ht a koncentrace Hb. Po porodu se hodnoty těchto ukazatelů snižují. U MCV, MCH a MCHC nebyly zjištěny rozdíly mezi kravami před porodem, v den porodu a po porodu (KLINKON a ZADNIK, 1999). Hodnoty Er se mění také podle fáze březosti. Koncentrace Hb, počet Er a Ht je vyšší v prostřední fázi březosti. Pokles Hb v průběhu březosti může být v důsledku ředění krve, ke kterému dochází v důsledku zvýšení objemu plazmy. Hematokrit je vyšší u březích krav než u jalových krav. MCV je nižší u krav v prostřední fázi gravidity. MCH a MCHC se blížícím se porodem zvyšovaly (MIR *et al.*, 2008).

MIRZADEH *et al.* (2010) zjistili, že v hematologických ukazatelích mezi plemeny (holštýnský skot, brown swiss, simentál a jejich kříženci) nebyly významné rozdíly. Pohlaví také nemá významný vliv na koncentraci hemoglobinu, naproti tomu ostatní ukazatele červených krvinek se v závislosti na pohlaví lišily.

PÁLENÍK *et al.* (2011) se pokoušeli zjistit vliv klinických zánětů dělohy na hematologické ukazatele periferní krve, ale žádný vztah se nepovedlo prokázat. Určité změny byly zjištěny u MCV a MCHC, kdy u nemocných krav byly hodnoty MCV vyšší oproti nižšímu MCHC.

Po injekční aplikaci železa telatům se všechny hodnoty červených krvinek zvýšily, ač telata nebyla anemická. Vliv na průměrné denní přírůstky nebyl zjištěn. Ale telata narozená na jaře a v létě měla vyšší hladinu železa v krvi oproti telatům, která se narodila na podzim či v zimě (REECE *et al.*, 1985). NEHASILOVÁ (2011) píše, že až 60 % telat v průběhu prvních dní má nedostatečnou zásobu železa, což má vliv na rozvinutí anémie, oslabení imunity a snížení denního přírůstku. Výsledky výzkumu potvrdily, že by se telatům mělo do mléka nebo krmných směsí železo přidávat.

SLANINA (1992) popisuje anémii u skotu při počtu erytrocytů pod 5,1 T/l, koncentraci hemoglobinu pod 93 g/l a hematokritu pod 0,3 l/l. Anémii rozděluje podle počtu erytrocytu na mírnou anémii při počtu Er 4-5 T/l, střední anémie 3-4 T/l a těžká anémie pod 3 T/l.

2.4.2 PSI

Červená krvinka psa je bikonkávní disk v průměru 7 μ m. Bikonkávní tvar je u psů výraznější než u ostatních druhů. U psů není typická anizocytóza a poikilocytóza. U pudlů je častější výskyt makrocytů. Retikulocyty se u dospělých psů vyskytují do 1 % z erytrocytů. Retikulocyty se uvolňují opakovaně asi v 14denním intervalu. U štěňat (během prvních 2 měsíců života) tvoří retikulocyty až 10 % erytrocytů. Vzácně se vyskytují i u zdravých zvířat Howellova-Jollyho tělíska. Jaderné erytrocyty se občas objevují u novorozených štěňat (DOUBEK *et al.*, 2003).

Ve studii LUNDA *et al.* (2000), kteří testovali štěňata od narození do 8 týdnů věku, byla prokazatelně snižená hodnota počtu Er. Později se postupně počet Er navyšoval. Hodnoty hematokritu a hemoglobinu byly těsně po porodu při dolní

hranici referenčního rozmezí. S přibývajícím věkem, byl pokles výrazně nižší, než je minimální referenční rozmezí pro dospělé psy. MCV a MCH byly výrazně vyšší těsně po narození, než jsou referenční hodnoty pro dospělého. Oba parametry se ale snižují s rostoucím věkem, tedy kolem 8. týdne už odpovídaly referenčním hodnotám. U MCHC nebyla zjištěna věková závislost. Také zde byly zjištěny jisté rozdíly mezi testovanými plemeny. Mezi pohlavími nebyly pozorovány žádné rozdíly. OLAYEMI a IGHAGBON (2011) také nezjistili u testovaných psů žádné významné rozdíly ve vztahu mezi pohlavím a hodnotami počtu Er, hematokritu, koncentrace Hb, MCV, MCH a MCHC. Ale byly zjištěny prokazatelně vyšší hodnoty počtu Er, hematokritu, koncentrace Hb, MCV, MCH a MCHC u dospělých psů (mezi 3-5 lety) než u mladých zvířat (8-15 týdnů).

Také u psů byl zjištěn vliv sezóny u následujících parametrů - na jaře byly zjištěny nižší hodnoty MCV, v letním období byly vyšší hodnoty počtu Er, hematokritu, koncentrace Hb a nižší koncentrace MCHC. V zimě byla pozorována vyšší hodnota MCH (STRASSER *et al.*, 2001). Vliv fyzické a psychické zátěže při dlouhodobém tréninku na složky krevního obrazu byly zjištěny takové, že hodnoty počtu Er byly zvýšené, zatímco ostatní (koncentrace Hb, Ht, MCV, MCH, MCHC) byly snižené (KONRÁD *et al.*, 1984).

U studie WEEKSE *et al.* (1990) byl testován vliv přísadků železa do krmiva na hodnotu červeného krevního obrazu. U psů, kterým byla podávána nejnižší koncentrace železa do krmiva, byly prokázány nižší hodnoty počtu Er, koncentrace Hb, Ht, MCV, MCH.

Hematologický profil u plemene greyhound je odlišný od běžně používaného referenčního rozmezí. Studie se většinou shodují ve vyšších hodnotách Ht, Hb, MCV a MCHC, příp. počtu červených krvinek. Vliv pohlaví nebo vliv závodění na počet Er, koncentraci Ht a Hb nebyl prokázán (KUCHAŘOVÁ *et al.*, 2012). CAMPORA *et al.*, (2011) zjišťovali, jestli plemeno lurcher (kříženec chrtů) má hematologický profil podobný více referenčním hodnotám chrtů nebo běžně využívaným referenčním hodnotám. Studie naznačuje, že lurcher sdílí mnoho hematologických charakteristik s chrtů s tendencí k vyššímu počtu erytrocytů (stejně tak Ht a Hb).

Podle KATYUKHIN *et al.* (1998) existují určité vztahy mezi počtem erytrocytů, MCV a MCH a velikostí těla savce. Nejmenší (nejvíce aktivní) zvířata

jsou charakterizována nejvyššími hodnotami počtu erytrocytů a nejnižšími hodnotami MCV a MCH.

Anémii u psů můžeme podle hodnoty hematokritu rozdělit na střední – Ht = 0,2-0,29 l/l, těžkou – Ht = 0,13-0,19 l/l a velmi těžkou anémii pod 0,13 l/l (DOUBEK *et al.*, 2010; ŘEHÁKOVÁ *et al.*, 2010).

3. METODIKA

K naplnění vytyčených cílů bylo do hodnocení kvalitativních parametrů červených krvinek zařazeno 116 krav, 62 ovcí a 73 psů různém fyziologickém stavu a užitkovosti.

3.1 Hodnocení kvalitativních parametrů u skotu

Dojný skot: Vzorky krve byly odebrány 59 kravám holštýnského plemene ze ŠZP JU v Č. Budějovicích ve stáji v Haklových Dvorech. Odběr probíhal v průběhu roku 2013 a 2014. Ustájení dojníc bylo volné s boxovými stlanými loži. Dojení probíhá v rybinové dojárně s celkem 12 místy (rybina 2x6). Vyhrnování hnoje je mechanické, provádí se 2x denně. Krmení probíhá 2x denně pomocí krmného míchacího vozu. Základem krmné dávky je kukuřičná siláž, travní senáž a luční seno.

Masný skot: Krev byla odebrána od 59 krav masného plemene Aberdeen Angus, které se nacházely v obci Čejkovice v jižních Čechách. Vzorky byly získány od druhé poloviny roku 2013 do roku 2014. Průměrný věk stáda činil v roce 2013 8 let. Základem krmné dávky v letním období byla pastva a přístup k minerálnímu lizu. Napájecí voda na pastvině pocházela z vlastních zdrojů. Základem zimní krmné dávky byla travní senáž.

Zhodnocení hematologických parametrů bylo u skotu provedeno na základě produkčního (užitkového) typu a podle sezóny. Krev byla odebírána z *veny caudalis mediana* do zkumavky s heparinem. Krev byla do zpracování uchovávána při teplotě kolem 4 °C. Hematologický rozbor byl proveden v laboratoři katedry zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů ZF JU v Českých Budějovicích pomocí hematologického analyzátoru firmy Dialab.

Tabulka 4: Referenční hodnoty hematologických parametrů skotu

Er ($10^{12}/l$)	5-10	7	5-10
Ht (l/l)	0,24-0,46	0,35	0,28-0,38
Hb (g/l)	80-150	110	90-140
MCV (fl)	40-60	52	46-65
MCH (pg)	11-17	14	11-17
MCHC (g/l)	300-360	330	310-340
Zdroj	Doubek, 2010	Reece, 1998	Kraft a Dürr, 2001

3.2 Hodnocení kvalitativních parametrů u ovcí

Vzorky krve byly v průběhu roku 2013 odebrány 62 ovcím plemene suffolk, které se nacházely v obci Želeč v jižních Čechách. Letní krmná dávka byla tvořena pastvou, kterou ovce mohla přijímat ad libitum. Dále měla zvířata přístup k senu a minerálním lizům. Délka pastevního období byla od dubna do října. Zimní krmná dávka byla tvořena senem ad libitum a přístupem k minerálnímu lizu.

Hematologické parametry byly vyhodnoceny u ovcí podle sezóny (jarní a podzimní období), podle věku (jehňata a bahnice), podle pohlaví jehňat (beránci a jehničky).

Krev byla odebírána z *veny jugularis externa* do zkumavky s heparinem. Poté byly zkumavky uchovávány v prostředí s teplotou kolem 4 °C. Vzorky krve byly zpracovány v hematologickém analyzátoru firmy Dialab v laboratoři katedry zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů ZF JU v Českých Budějovicích.

Tabulka 5: Referenční hodnoty hematologických parametrů u ovcí

Er ($10^{12}/l$)	9-15	12	6,5-11,3	9,2-13
Ht (l/l)	0,27-0,45	0,35	0,3-0,38	0,28-0,39
Hb (g/l)	90-150	115	87-128	105-137
MCV (fl)	28-40	34	34-46	28-35
MCH (pg)	8-12	10	13-14	10-13
MCHC (g/l)	310-340	325	290-340	332-392
Zdroj	Doubek, 2010	Reece, 1998	Kraft a Dürr, 2001	Lepherd et al., 2009

3.3 Hodnocení kvalitativních parametrů u psů

Vzorky krve byly odebrány od 73 psů v období od konce roku 2012 do začátku roku 2014 na veterinární klinice AurumVet v Českých Budějovicích. Byli vybráni pouze pacienti, kteří měli hematologické ukazatele v referenčních hodnotách (dle hodnot nastavených v analyzátoru). Soubor byl tvořen 24 plemeny a kříženci (30 %). Mezi plemena, která byla nejvíce zastoupena, patří: jorkšírský teriér, jezevčík, německý ovčák, mops, francouzský buldoček, kavalír king charles španěl.

Hematologické ukazatele u psů se hodnotili na základě pohlaví, věku a velikosti – hmotnosti. V rámci pohlaví bylo v souboru 30 psů, z toho 3 kastráti, a 43 fen, z toho 15 kastrovaných. Z pohledu věku byli psi rozděleni na dospělé do 7 let a staré od 8 let (Kamiš, 2012; Košář, 2004). Štěňata se ve zkoumaném souboru nevyskytují. Nakonec byli psi rozděleni na malé do 10 kg, střední 10,1-25 kg a velké nad 25,1 kg (Králová, 2011; ČMKU, 2009).

Krev byla odebrána z *veny sapheny lateralis* na hrudní končetině. U menších psů se krev odebrala z *veny jugularis*. Krev se nechala volně odkapávat přes jehlu, případně kanylu, do zkumavky s EDTA3. Vzorky krve se zpracovávaly na hematologickém analyzátoru IDEXX LaserCyte. Přístroj funguje na základě laserové průtokové cytometrie.

Tabulka 6: Referenční hodnoty hematologických parametrů u psů

Er ($10^{12}/l$)	5,5-8,5	6,8	5,5-8,5	5,5-8,5
Ht (l/l)	0,37-0,55	0,45	0,44-0,52	0,37-0,55
Hb (g/l)	120-180	150	150-190	120-180
MCV (fl)	65-75	70	60-77	60-77
MCH (pg)	22-25	22,8	17-23	18,5-30
MCHC (g/l)	300-340	340	310-340	300-375
Zdroj	Doubek, 2010	Reece, 1998	Kraft a Dürr, 2001	Analyzátor IDEXX

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky práce byly zpracovány běžnými statistickými metodami v programu Microsoft Office Excel 2007 a k porovnání dat byl použit T-test.

4.1 SKOT

V tabulce č. 4 v metodice jsou uvedeny referenční hodnoty hematologických parametrů pro skot. Tyto hodnoty byly porovnávány s průměrnými hodnotami zpracovaných vzorků krve.

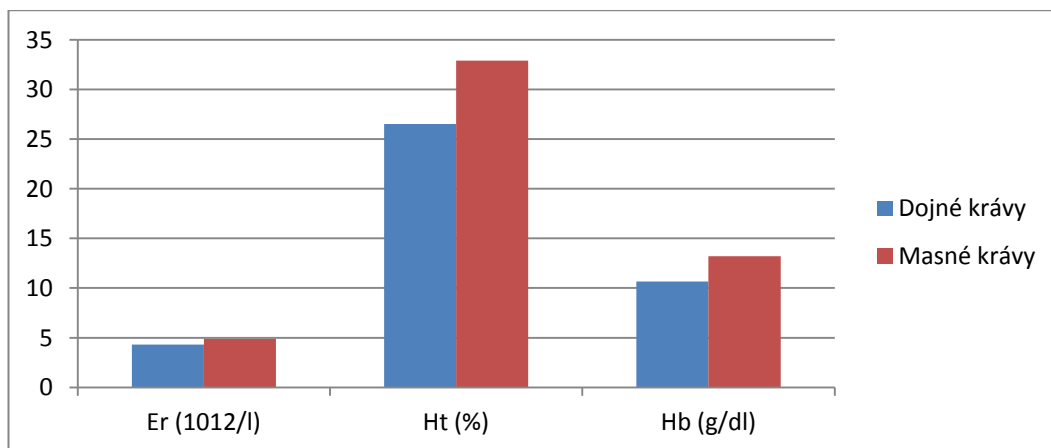
4.1.1 Vyhodnocení vlivu užitkového typu na hematologické parametry

Tabulka 7: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u skotu podle užitkového typu

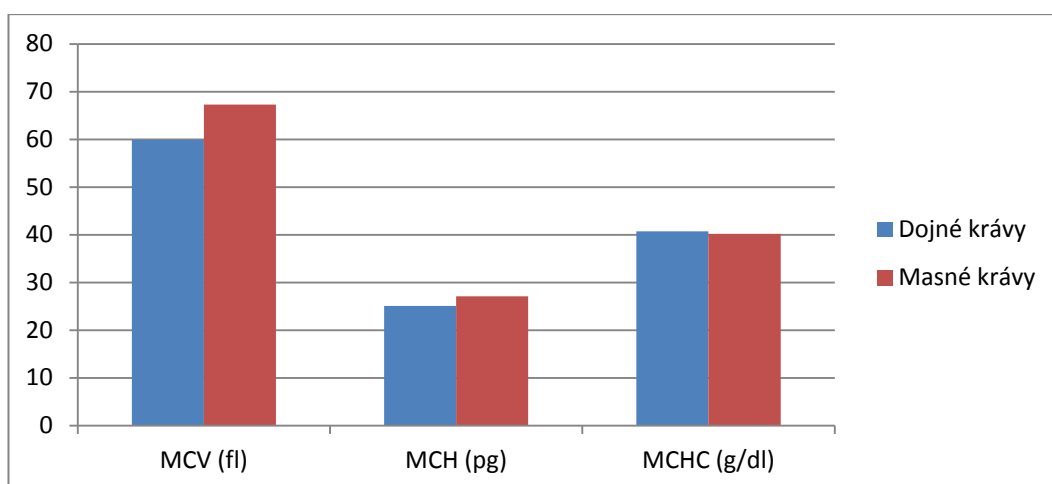
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
Jednotky		$10^{12}/l$	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Skot celkem	116	4,592	0,297	11,905	63,534	26,062	40,441
Dojné krávy	59	4,296 ¹	0,265 ²	10,662 ³	59,898 ⁴	25,066 ⁵	40,690
Masné krávy	57	4,898 ¹	0,329 ²	13,191 ³	67,298 ⁴	27,093 ⁵	40,183

^{1:1, 2:2, 3:3, 4:4, 5:5}
p<0,01

Graf 1: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u skotu podle užitkového typu



Graf 2: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u skotu podle užitkového typu



Mezi počtem erytrocytů, hematokritem i koncentrací hemoglobinu byly statisticky významné rozdíly. Vyšší hodnoty byly zjištěny u krav masného skotu než u krav dojného skotu. Pokud bychom uvažovali o tom, že dojné krávy mají vyšší užitkovost než krávy masné, potvrdila by se studie RANDHAWA *et al.* (2009), že laktující krávy mají nižší hodnoty Er, Ht a Hb. Hodnota počtu Er je ovlivňována fyzickou a produkční zátěží (PAVLÍK, 2013). MCV a MCH bylo prokazatelně vyšší u masných krav než u dojných. Naopak MCHC bylo lehce zvýšené u dojných krav. Podle RANDHAWA *et al.* (2009) je právě střední koncentrace hemoglobinu v erytrocytu vyšší u laktujících krav.

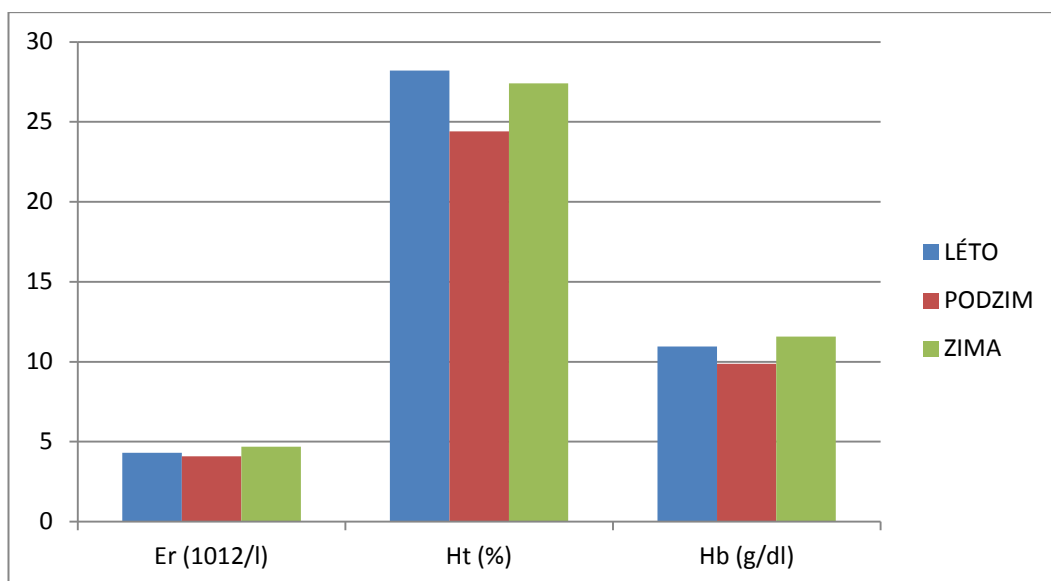
4.2.2 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry u dojného skotu

Tabulka 8: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u dojného skotu podle sezóny

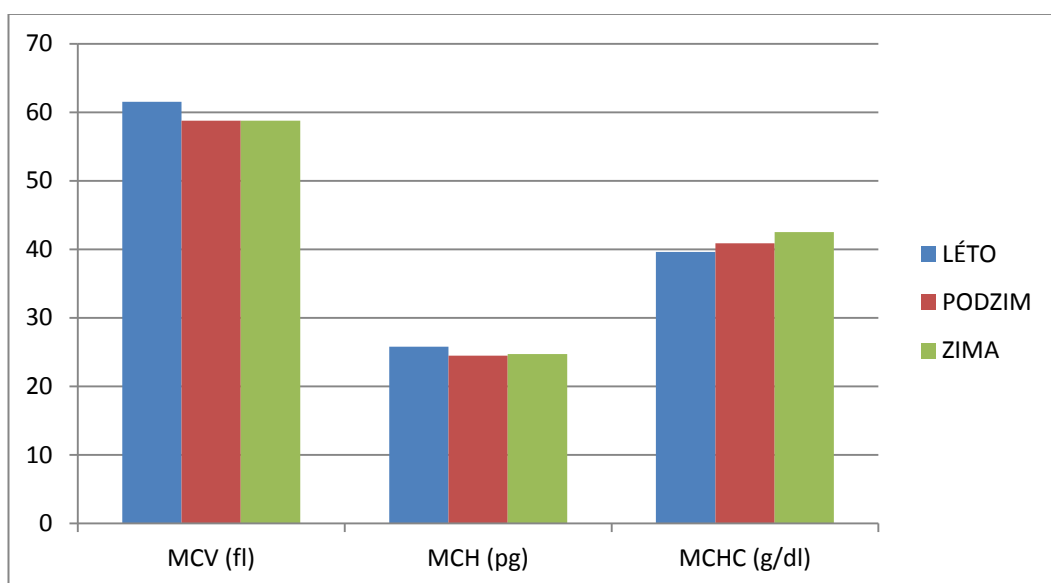
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
Jednotky		$10^{12}/l$	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Dojné krávy	59	4,296	0,265	10,662	59,898	25,066	40,690
Léto	24	4,308	0,282 ³	10,958 ⁶	61,542	25,776	39,599
Podzim	23	4,083 ¹	0,244 ⁴	9,877 ⁷	58,783	24,504	40,876
Zima	12	4,682 ²	0,274 ⁵	11,577 ⁸	58,750	24,724	42,516

^{1:2, 3:4, 6:7, 7:8} p<0,01; ^{4:5} p<0,05

Graf 3: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u dojného skotu podle sezóny



Graf 4: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u dojného skotu podle sezóny



Průměrný počet červených krvinek byl nejvyšší v zimním období, dále v letním období a nejnižší na podzim (rozdíl mezi hodnotami v zimě a na podzim byl statisticky významný). Hodnota hematokritu byla vyšší v létě než v zimě, nejnižší hodnota byla zjištěna na podzim. Koncentrace hemoglobinu byla nejnižší na podzim, následovalo léto a nejvyšší hodnoty byly v zimě (rozdíly mezi hodnotami byly statisticky významné). Nepotvrdilo se tvrzení SLANINY (1992), že by v zimě měla být koncentrace Hb nižší než v létě. Vyšší hodnoty Er v zimě oproti letním a zimním měsícům potvrzuje studie KUMARA a PACHAURI (2000). Vyšší hodnota Ht v létě

než v zimě nebyla potvrzena (KUMAR a PACHAURI, 2000; RANDHAWA *et al.*, 2009).

Střední objem erytrocytu byl vyšší v létě, rozdíly mezi podzimem a zimou byly minimální. MCH bylo zjištěno nejvyšší v létě, dále v zimě a nejnižší na podzim. MCHC bylo nejnižší v létě, vyšší na podzim a nejvyšší v zimě. Vyšší MCV a MCH v létě potvrzuje studie KUMARA a PACHAURI (2000). Podle této studie by mělo být i MCHC vyšší v létě, což se nepotvrdilo. Studie RANDHAWA *et al.* (2009), že MCV je vyšší v zimě, nebyla potvrzena. Mezi těmito parametry nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

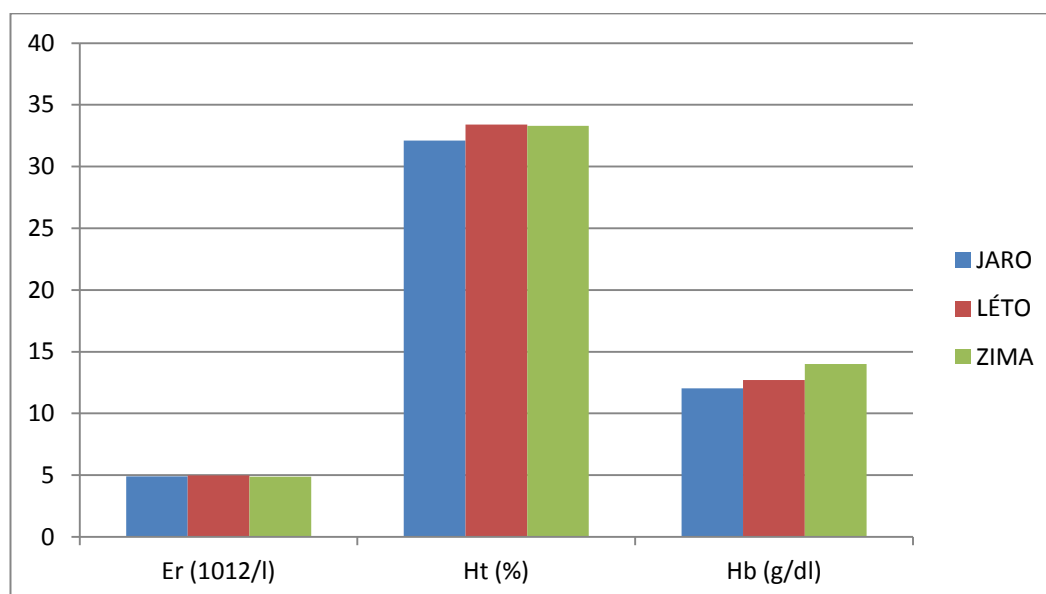
4.1.3 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry u masného skotu

Tabulka 9: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u masného skotu podle sezóny

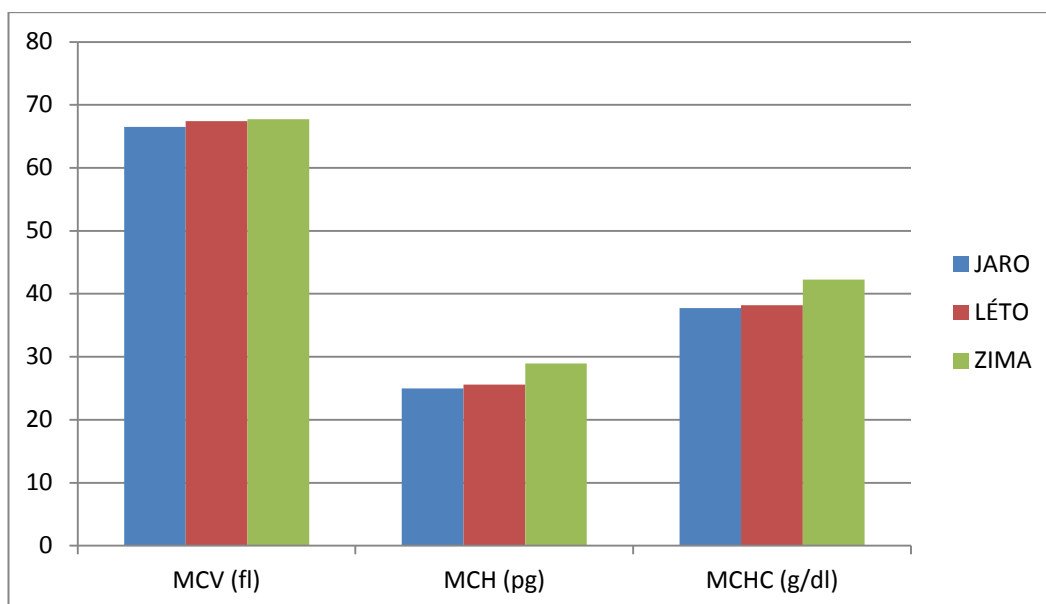
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
Jednotky		10 ¹² /l	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Masné krávy	57	4,898	0,329	13,191	67,298	27,093	40,183
Jaro	17	4,899	0,321	12,035 ¹	66,529	24,967 ⁴	37,728 ⁷
Léto	10	4,978	0,334	12,711 ²	67,400	25,562 ⁵	38,210 ⁸
Zima	30	4,871	0,333	14,006 ³	67,700	28,962 ⁶	42,232 ⁹

^{1,3, 2,3, 4,6, 5,6, 7,9, 8,9} p<0,01

Graf 5: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u masného skotu podle sezóny



Graf 6: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u masného skotu podle sezóny



Mezi počtem erytrocytů nebyly statisticky významné rozdíly. Největší byl v létě, pak na jaře a nejméně v zimě. Hematokrit byl viditelně nejnižší na jaře, v létě a nejvyšší byl v zimě. Koncentrace Hb byla nejnižší na jaře, v létě se zvyšovala a v zimě byla nejvyšší (rozdíly byly statisticky významné). Nižší počet červených krvinek v zimním období se neshodoval se studií KUMARA a PACHAURI (2000). Nízký hemoglobin na jaře se shoduje se SLANINOU (1992), ale vysoký Hb v zimě se s ním již neztotožňuje. MCV bylo zjištěno nejvyšší v zimě, pak v létě a nejnižší na jaře. MCH a MCHC dosahovaly nejvyšších hodnot v zimě, dále v létě a nejmenších hodnot na jaře. V našem souboru se nepotvrdil výsledek studie KUMARA a PACHAURI (2000), že vyšší MCV, MCH a MCHC je v období zimy.

4.1.4 Přehled úrovně hematologických parametrů u skotu

Tabulka 10: Hematologické hodnoty u dojného skotu

	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Variační koeficient (v %)	Maximum	Minimum
Počet Er ($10^{12}/l$)	59	4,296	0,685	15,95	6,79	2,80
Ht (l/l)	59	0,265	0,048	18,11	0,45	0,17
Hb (g/dl)	59	10,662	1,411	13,23	14,24	7,03
MCV (fl)	59	59,898	6,797	11,35	80,00	41,00
MCH (pg)	59	25,066	2,828	11,28	32,87	19,12
MCHC (g/dl)	59	40,690	4,434	10,90	50,95	28,84

Tabulka 11: Hematologické hodnoty u masného skotu

	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Variační koeficient (v %)	Maximum	Minimum
Počet Er ($10^{12}/l$)	57	4,898	0,503	10,27	6,60	4,00
Ht (l/l)	57	0,329	0,034	10,33	0,42	0,26
Hb (g/dl)	57	13,191	1,431	10,85	15,90	10,10
MCV (fl)	57	67,298	5,721	8,50	81,00	41,00
MCH (pg)	57	27,093	3,207	11,84	34,85	20,27
MCHC (g/dl)	57	40,183	3,720	9,26	49,79	31,64

Průměrný počet červených krvinek u dojných krav je podle referenčních hodnot DOUBKA *et al.* (2010) i KRAFTA a DÜRRA (2001) nízký. U masných krav se průměrný počet Er pohyboval na spodní hranici referenčního rozmezí. Nízký počet Er byl zjištěn u 71 % dojnic a u 40 % masných krav. Erythrocytopenie může být hlavně u dojnic způsobena dle DOUBKA *et al.* (2010) vysokou laktací nebo březostí v poslední třetině. K horní hranici referenčních hodnot se nepřiblížilo žádné zvíře ze souboru, nízké hodnoty by tak mohly být způsobeny i širokým rozmezím uváděných publikovaných referenčních hodnot (DOUBEK *et al.*, 2010; KRAFT a DÜRRA, 2001). Průměrná hodnota hematokritu je u dojnic i krav BTM v referenčních hodnotách DOUBKA *et al.* (2010). Podle referenčních hodnot KRAFTA a DÜRRA (2001) by byl u dojnic hematokrit snížený. U 36 % dojných krav byl zjištěn nízký hematokrit. Mohli bychom zde uvažovat o anémii. V souboru masných krav nebyl žádný případ mimo referenční rozmezí. Průměrné hodnoty hemoglobinu byly u obou užitkových typů v referenčním rozmezí. Podle hodnot DOUBKA *et al.* (2010) byly u dojnic nalezeny 2 případy s nízkou koncentrací Hb, u krav BTM bylo zjištěno 6 případů s vysokou koncentrací Hb. Dle KRAFTA a DÜRRA (2001) by byly u dojnic 3 případy s hodnotou Hb pod referenční rozmezí a u masných krav 18 jedinců s Hb nad referenční rozmezí. Nízká hodnota hemoglobinu bývá důležitým ukazatelem pro diagnostiku anémie (DOUBEK *et al.*, 2003; DAY *et al.*, 2000). Příčinou vysoké koncentrace Hb by mohla být dehydratace (HOFÍREK *et al.*, 2009). Průměrná hodnota středního objemu erytrocytu byla u dojných krav v referenčních hodnotách. U masných krav byla průměrná hodnota MCV zvýšená. Průměr MCH i MCHC je u všech krav v souboru nad referenčním rozmezím. U dojných krav bylo MCV zvýšené u menší poloviny souboru. MCH a MCHC bylo zvýšené u více jak tří čtvrtin stáda. U masných krav bylo zvýšené MCV, MCH i MCHC z více než tří čtvrtin. Zvýšené MCV by mohla poukazovat na makrocytózy, zvýšené MCH na

hyperchromní poruchy. Makrocytózy by se mohly objevovat při nedostatku vitamínu B₁₂ či kyseliny listové (Trojan *et al.*, 2003). Makrocytární hyperchromní poruchy mohou předznamenávat regenerační, megaloblastové, aplastické anémie či IMHA (DOUBEK *et al.*, 2003 a 2010). Příčinou by mohly být i nutriční poruchy, střevní parazité či březost (SVOBODA *et al.*, 2001).

U 21 jedinců (36 % z dojných krav, 18 % z celého souboru) byla na základě nízkého hematokritu a hemoglobinu zjištěna anémie. To se týkalo pouze krav mléčného užitkového typu. U dvou případů se jednalo o makrocytární hyperchromní anémii, zbytek byly normocytární hyperchromní anémie. Mohlo by se tedy jednat o megaloblastovou anémii (KRAFT a DÜRR, 2001). V případě makrocytární hyperchromní anémie by se podle DOUBKA *et al.* (2003) mohlo jednat i o hemolytické či aplastické anémie.

4.2 OVCE

V tabulce č. 5 v metodice jsou uvedeny referenční hodnoty hematologických parametrů pro ovce. Tyto hodnoty byly porovnávány s průměrnými hodnotami zpracovaných vzorků krve.

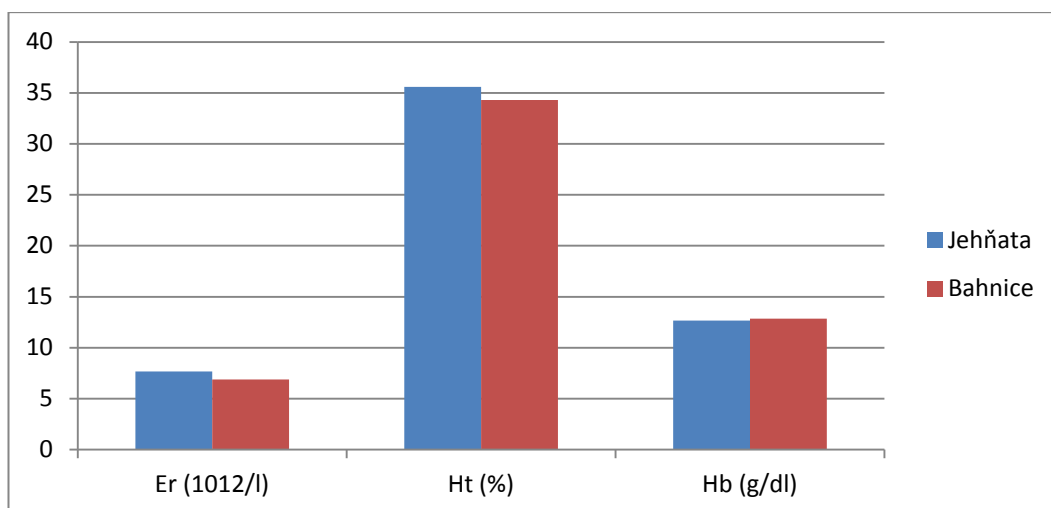
4.2.1 Vyhodnocení vlivu věku na hematologické parametry

Tabulka 12: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u ovcí podle věku

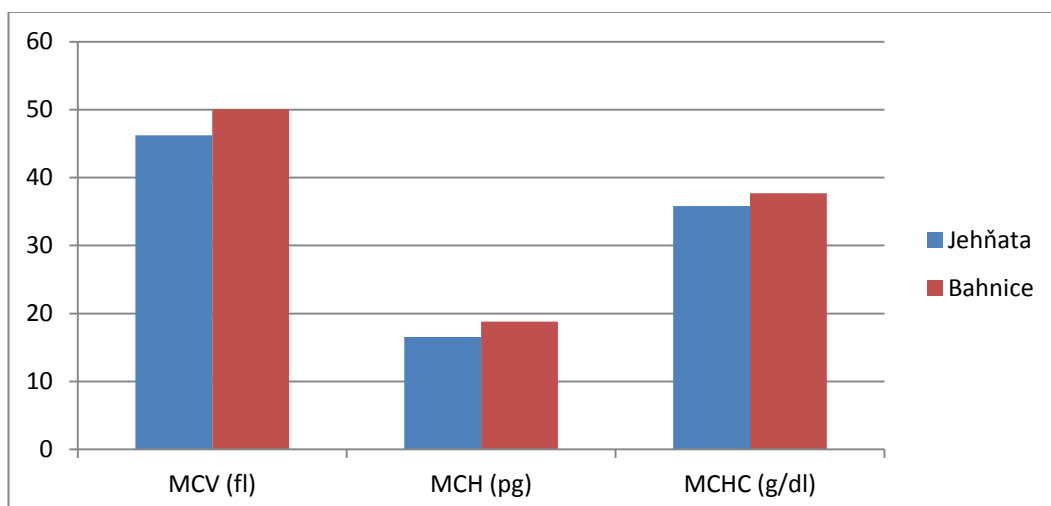
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
<i>Jednotky</i>		10 ¹² /l	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Jehňata	29	7,683 ¹	0,356	12,657	46,207 ²	16,529 ³	35,829
Bahnice	33	6,888 ¹	0,343	12,844	50,030 ²	18,811 ³	37,698

^{1:1, 2:2, 3:3} p<0,01

Graf 7: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u ovcí podle věku



Graf 8: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u ovcí podle věku



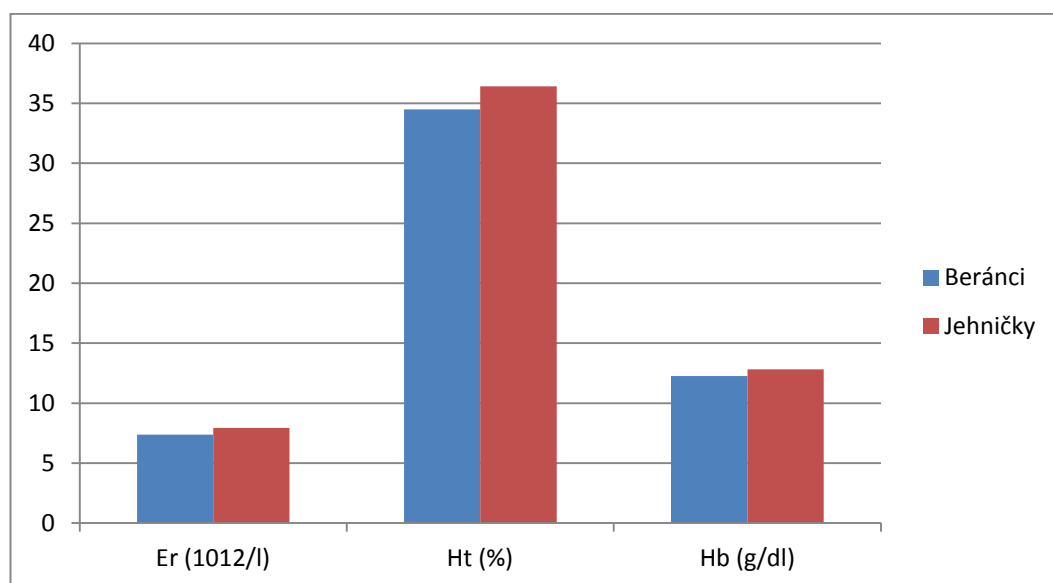
Rozdíl v průměrném počtu erytrocytů mezi jehňaty a bahnicemi byl statisticky významný. Nižší počet Er u dospělých v našem souboru potvrzuje HOFÍREK *et al.* (2009). Hodnota hematokritu byla vyšší u jehňat než u dospělých bahnic, koncentrace Hb byla naopak vyšší u bahnic než u jehňat. MCV, MCH a MCHC byly vyšší u bahnic než u jehňat. To se shoduje s DOUBKEM *et al.* (2010), který tvrdí, že tyto parametry jsou nejvyšší u dospělých jedinců. Rozdíly mezi hodnotami MCV a MCH byly statisticky významné.

4.2.2 Vyhodnocení vlivu pohlaví na hematologické parametry

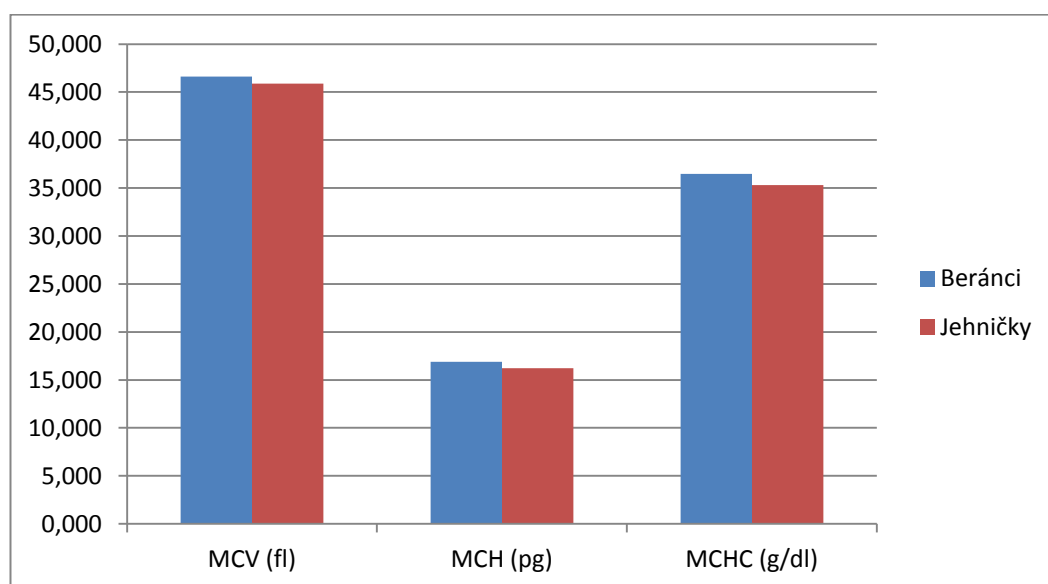
Tabulka 13: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u ovcí podle pohlaví

	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
<i>Jednotky</i>		$10^{12}/l$	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Beránci	13	7,383	0,345	12,262	46,615	16,898	36,479
Jehničky	16	7,928	0,364	12,814	45,875	16,230	35,300

Graf 9: Průměrné hodnoty Er, Ht, Hb u ovcí podle pohlaví



Graf 10: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u ovcí podle pohlaví



Z grafu č. 9 vyplynulo, že hodnoty počtu červených krvinek, hematokrit a hemoglobin byly nejvyšší u jehniček. Stejných výsledků dosáhl ve své studii

SHAKER *et al.* (2013). Tento výsledek se ale neshoduje s tvrzením PAVLÍKA (2013), že samci mají o 5-10 % vyšší počet erytrocytů. Graf č. 10 ukázal naopak parametry červených krvinek – MCV, MCH, MCHC – nižší u jehničků než u beránků. Při porovnání průměrných hodnot s referenčními hodnotami LEPHERDA *et al.* (2009), které byli sestaveny přímo pro jehničky, bylo zjištěno, že v referenčním rozmezí jsou hodnoty Ht, Hb a MCV. Ostatní hodnoty byly mimo referenční rozmezí – Er byly nižší, MCV a MCH vyšší. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami všech ukazatelů nebyly statisticky významné.

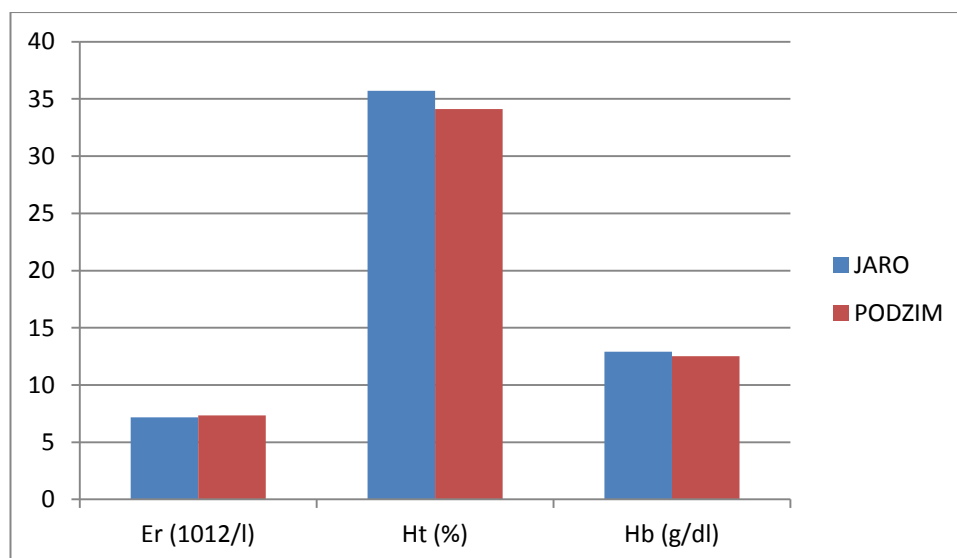
4.2.3 Vyhodnocení vlivu sezóny na hematologické parametry

Tabulka 14: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u ovcí podle sezóny

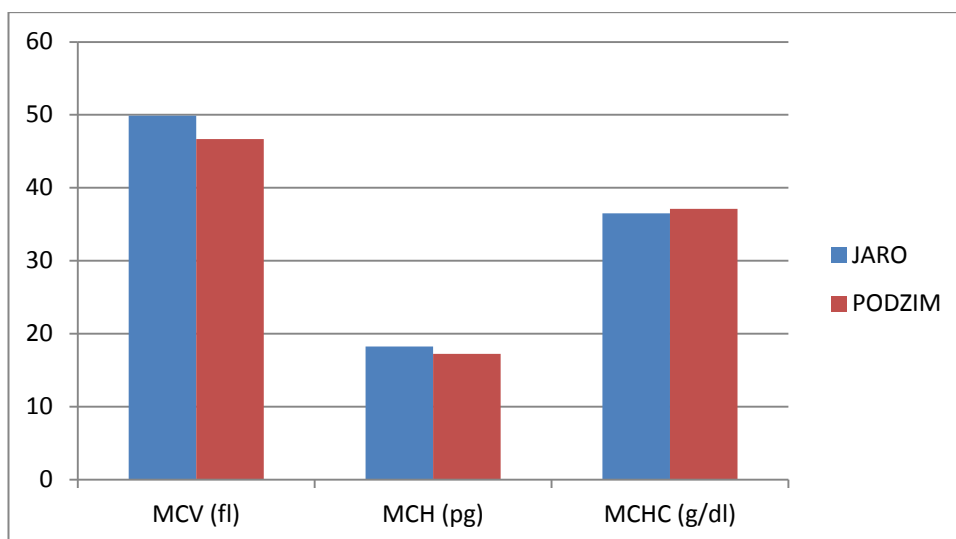
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
<i>Jednotky</i>		10 ¹² /l	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Jaro	30	7,177	0,357	12,913	49,900 ¹	18,274	36,495
Podzim	32	7,339	0,341	12,528	46,688 ¹	17,247	37,132

¹ p<0,01

Graf 11: Průměrné hodnoty Er, Ht, Hb u ovcí podle sezóny



Graf 12: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u ovcí podle sezóny



Rozdíly v počtu erytrocytů byly mezi jarním a podzimním obdobím minimální. Hematokrit byl viditelně vyšší v jarním období. Tento výsledek potvrdila studie RANDHAWA *et al.* (2009). Koncentrace hemoglobinu byla také vyšší na jaře, to se neshoduje s tvrzením SLANINY (1992), který konstatoval, že v zimě a na jaře je hodnota Hb nižší než v létě a na podzim. Hodnoty MCV a MCH byly vyšší na jaře než na podzim. Vyšší MCV v zimním a jarním období v porovnání s létem se shoduje s RANDHAWOU *et al.* (2009). MCHC bylo vyšší na podzim než na jaře, což potvrzuje studie KUMARA a PACHAURI (2000).

4.2.4 Přehled úrovně hematologických parametrů u ovcí

Tabulka 15: Hematologické hodnoty u ovcí

	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Variační koeficient (v %)	Maximum	Minimum
Počet Er ($10^{12}/l$)	62	7,260	1,016	13,99	9,47	5,27
Ht (l/l)	62	0,349	0,044	12,61	0,45	0,21
Hb (g/dl)	62	12,714	1,110	8,73	15,01	8,5
MCV (fl)	62	48,242	3,901	8,08	58	40
MCH (pg)	62	17,744	2,185	12,31	24,69	12,66
MCHC (g/dl)	62	36,824	4,154	11,28	57,57	26,53

Průměrný počet erytrocytů byl podle referenčních hodnot DOUBKA *et al.* (2010) nízký. Podle referenčního rozmezí KRAFTA a DÜRRA (2001) by byl průměrný počet Er v normě. Nízká hodnota Er se vyskytovala u 83 % ovcí ve stádě

podle hodnot DOUBKA *et al.* (2010). Podle KRAFTA a DÜRRA (2001) by to bylo pouze 23 % ovcí. Nízké hodnoty, které se vyskytují v rámci celého stáda, by mohly být způsobeny širokým rozmezím publikovaných referenčních hodnot. Průměrná hodnota hematokritu byla v referenčním rozmezí DOUBKA *et al.* (2010). Z celého stáda pouze 2 jedinci (3 %) měli hodnotu Ht pod referenční rozmezí. Zde bychom mohli uvažovat o anémii. Průměrná hodnota hemoglobinu byla v referenčním rozmezí DOUBKA *et al.* (2010) i ostatních autorů z tabulky č. 5. Nízkou hodnotu Hb měla pouze jedna ovce. Hodnoty MCV, MCH a MCHC byly vysoké u více než tři čtvrtin stáda. Vysoké hodnoty těchto ukazatelů by mohly poukazovat na makrocytární hyperchromní poruchy. Ty se vyskytují podle DOUBKA *et al.* (2010) u regeneračních, megaloblastových anémie. Výskyt makrocytózy ve většině stáda by mohl být projevem nedostatku vitamínu B₁₂, který je produkován bakteriemi (hlavně v trávnicím ústrojí přežvýkavců), nebo kyseliny listové (TROJAN *et al.*, 2003). Podle SVOBODY *et al.* (2001) by příčiny mohly zahrnovat i nutriční poruchy nebo střevní parazity.

Anémie byla shledána pouze u 2 jehňat ze stáda na základě nízkého Ht a nízkého Hb (DOUBEK *et al.* 2003; DAY *et al.*, 2000). V 1. případě se jednalo o jehničku. Anémie se definovala jako makrocytární hyperchromní anémie. V 2. případě se jednalo o beránka s normocytární hyperchromní anémií. V obou případech by se anémie mohla určit jako megaloblastová (KRAFT a DÜRR, 2001). V 1. případě by připadaly v úvahu i hemolytické nebo aplastické anémie (DOUBEK *et al.*, 2003).

4.3 PSI

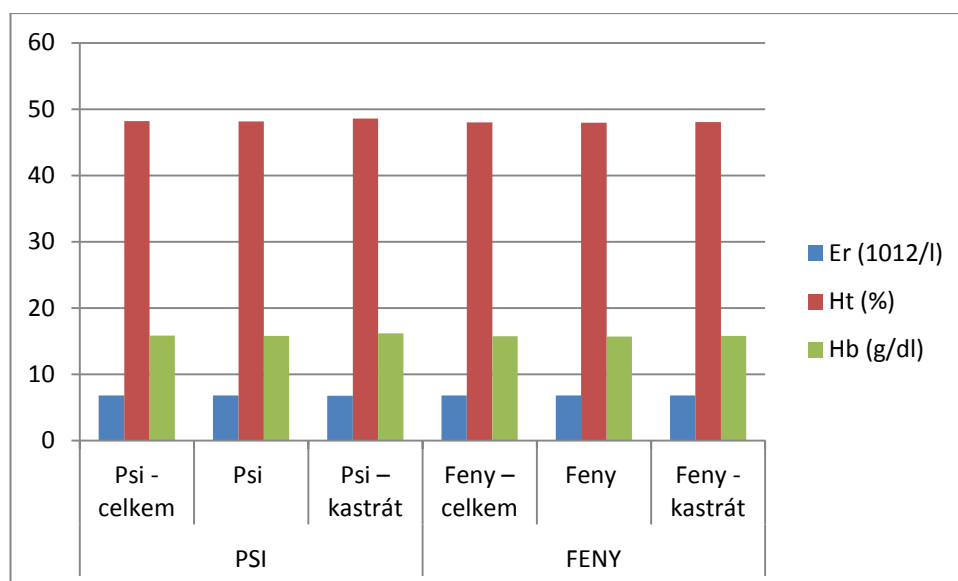
V tabulce č. 6 v metodice jsou uvedeny referenční hodnoty hematologických parametrů pro psy. Tyto hodnoty byly porovnávány s průměrnými hodnotami zpracovaných vzorků krve.

4.3.1 Vyhodnocení vlivu pohlaví na hematologické parametry

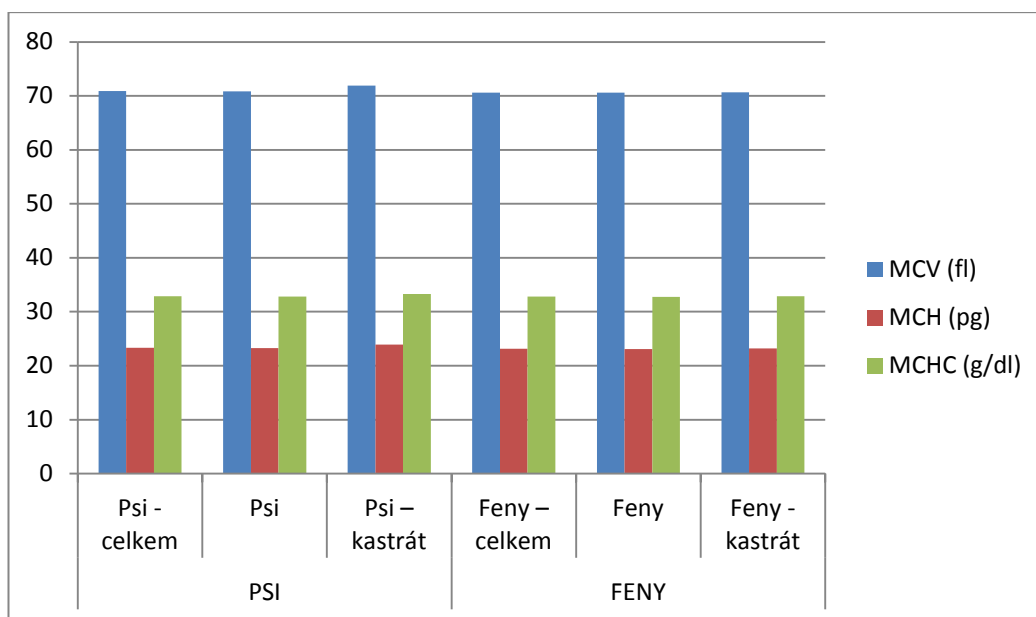
Tabulka 16: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u psů podle pohlaví

	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
Jednotky		10 ¹² /l	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Všichni psi	73	6,806	0,481	15,768	70,736	23,214	32,838
Psi - celkem	30	6,804	0,482	15,823	70,917	23,307	32,880
Psi	27	6,806	0,481	15,785	70,807	23,241	32,833
Psi – kastrát	3	6,780	0,486	16,167	71,900	23,900	33,300
Feny – celkem	43	6,807	0,480	15,730	70,609	23,149	32,809
Feny	28	6,802	0,480	15,707	70,579	23,114	32,782
Feny - kastrát	15	6,817	0,480	15,773	70,667	23,213	32,860

Graf 13: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u psů podle pohlaví



Graf 14: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u psů podle pohlaví



Z porovnání jednotlivých pohlaví mezi sebou vyplynulo, že v počtu erytrocytů jsou rozdíly minimální. Nejvyšší hodnota je u fen kastrovaných. Na dolní hranici referenčního rozmezí se pohybuje 10 psů – 6 psů (20 %), 4 feny (9 %). V našem souboru se nepotvrdilo PAVLÍKOVO (2013) tvrzení, že samci mají počet Er vyšší než samice. Hodnoty hematokritu jsou u všech pohlaví srovnatelné. 13 psů (18 %) mělo tyto hodnoty nad referenční rozmezí dle KRAFTA a DÜRRA (2001). Koncentrace hemoglobinu byla vyšší u psů než fen. Nejvyšší byla u kastrovaného psa. Nejnižší byla u nekastrované feny. Na dolní hranici referenčních hodnot jsou 3 psi (2 psy, 1 fena). Vyšší koncentraci Hb mělo 16 psů (22 %). Vyšší hematokrit a koncentrace hemoglobinu mohou být způsobeny lehkou dehydratací v důsledku restrikce krmiva a vody před operací (DOUBEK *et al.*, 2010). Vliv pohlaví na počet Er, Hb a Ht není zjevný. Tento výsledek se shoduje se studií LUNDA *et al.* (2000) a OLAYEMI a IGHAGBON (2011).

Střední objem erytrocytů (MCV) byl vyšší u psů než u fen. Nejvyšší byl u kastrátů. Podle referenčních hodnot KRAFTA a DÜRRA (2001) a HANZLÍČKA a BÜRGLOVÉ (2012) byli všichni psi v normě. DOUBEK *et al.* (2010) má horní hranici referenčního rozmezí nižší a 6 psů (2 psi, 4 feny) má podle něho hodnotu MCV zvýšenou. Střední obsah hemoglobinu (MCH) a střední koncentrace hemoglobinu (MCHC) byla u obou pohlaví podobná. MCH bylo podle referenční hodnoty DOUBKA *et al.* (2010) u 6 psů (8 %) zvýšené, u 11 psů (15 %) snižené.

Stejně i MCHC bylo podle hodnot DOUBKA *et al.* (2010) zvýšené u 18 psů (25 %). Podle ostatních autorů v tabulce č. 6 byli všichni psi v normě. Ani zde nebyl vliv pohlaví viditelně prokazatelný, což se shoduje s výsledky studií LUNDA *et al.* (2000) i OLAYEMI a IGHAGBON (2011). U žádného z parametrů nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

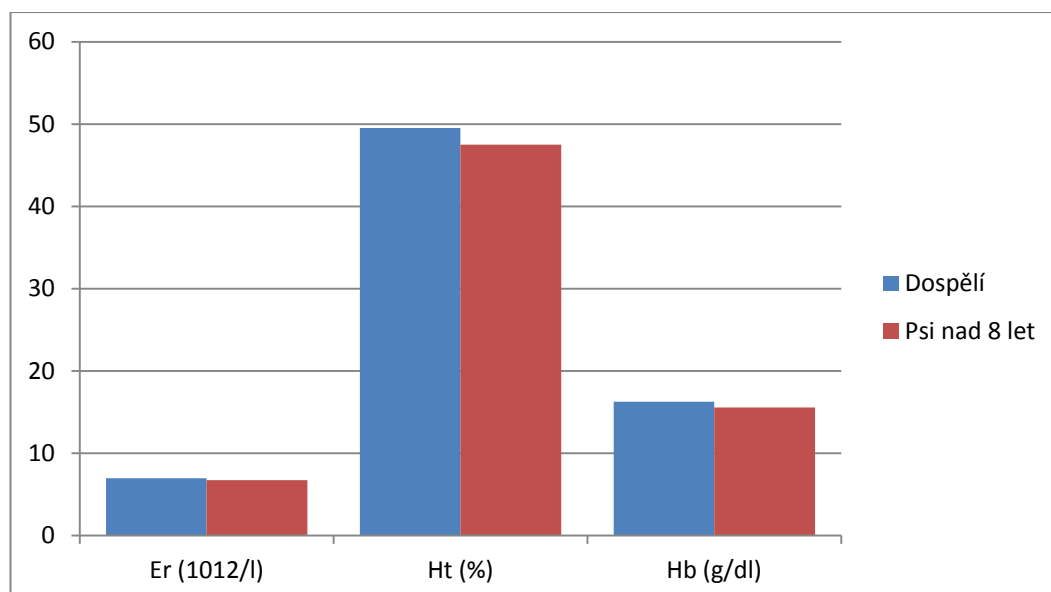
4.3.2 Vyhodnocení vlivu věku na hematologické parametry

Tabulka 17: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u psů podle věku

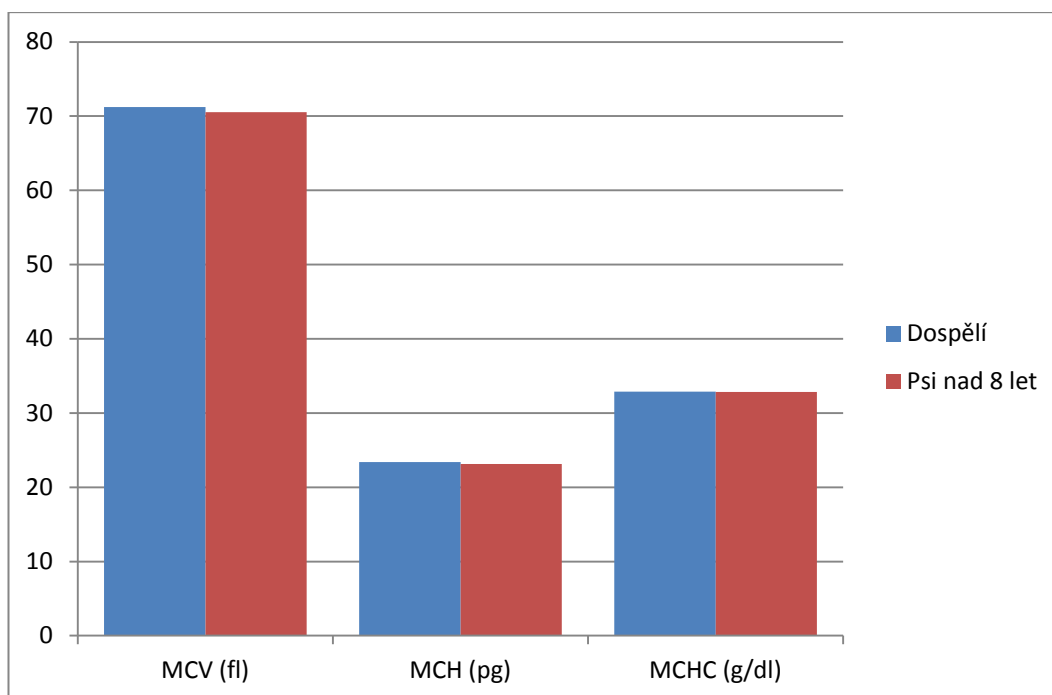
	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
<i>Jednotky</i>		10 ¹² /l	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Všichni psi	73	6,806	0,481	15,768	70,736	23,214	32,838
Dospělí psi do 7 let	21	6,960	0,495 ¹	16,252 ²	71,214	23,390	32,876
Psi nad 8 let	52	6,744	0,475 ¹	15,573 ²	70,542	23,142	32,823

^{1:1, 2:2} p<0,05

Graf 15: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u psů podle věku



Graf 16: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u psů podle věku



Z grafu č. 15 vyplynulo, že hodnoty počtu Er, Ht a koncentrace Hb jsou vyšší u dospělých psů oproti psům starším 8 let. Rozdíly mezi hodnotami Ht a Hb jsou statisticky významné. Na dolní hranici referenčního rozmezí v počtu Er je 8 psů starších 8 let (15 %) a 2 psi dospělí (10 %). Snižující se počet Er s přibývajícím věkem potvrzuje HOFÍREK *et al.* (2009). Podle referenčních hodnot KRAFTA a DÜRRA (2001) má hodnotu Ht nižší 11 psů starších 8 let (21 %) a 3 psi dospělí (14 %), a koncentraci hemoglobinu mají nižší 15 psů starší 8 let (29 %) a 2 psi dospělí (10 %). Kromě jednoho případu mají psi s nízkým Ht zároveň i nízkou koncentraci hemoglobinu. Podle KRAFTA a DÜRRA (2001) by se tedy dalo uvažovat o anémii. Podle ostatních autorů v tabulce č. 6 jsou psi v referenčních hodnotách.

V grafu č. 16 jsou viditelné minimální rozdíly mezi parametry červených krvinek u dospělých a psů starších 8 let. Všechny parametry jsou vyšší u dospělých psů. To se shoduje s tvrzením DOUBKA *et al.* (2010), že MCV a MCH je nejvyšší u dospělých zvířat. MCV je dle referenčních hodnot DOUBKA *et al.* (2010) zvýšené u 3 dospělých psů (14 %) a 3 psů starších 8 let (6 %), MCH je pod normu u 2 dospělých (10 %) a 9 starších psů (17 %), MCHC je nad normu u 5 dospělých (24 %) a 13 starších psů (25 %).

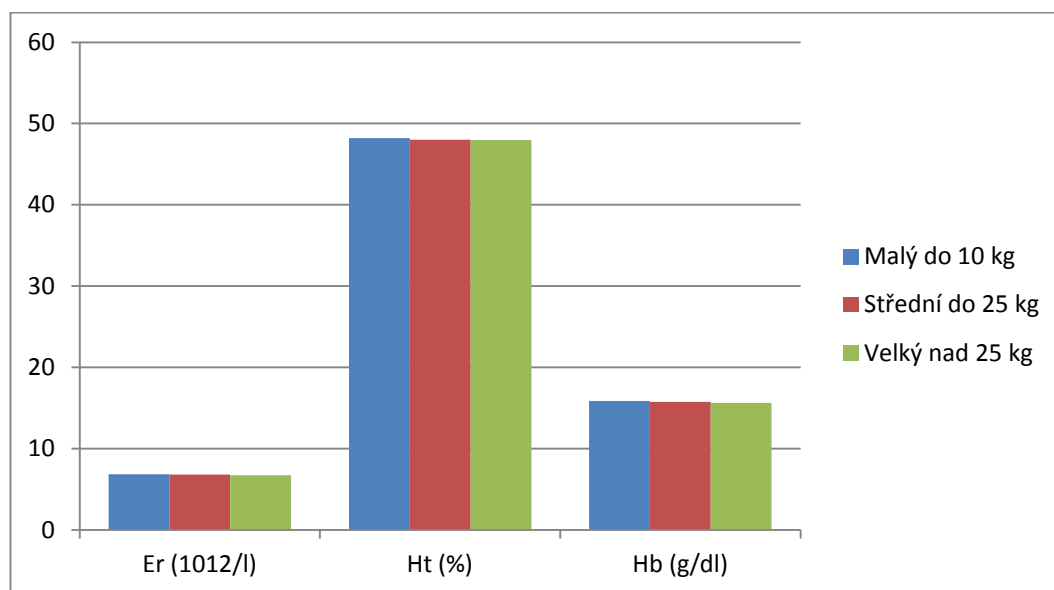
Z předchozích výsledků bylo nalezeno podle referenčních hodnot KRAFTA a DÜRRRA (2001) 17 psů (23 %) s náznakem anémie. Dle rozdělení DOUBKA *et al.* (2003) a BODI *et al.* (1990) se u 7 psů (starší 8 let) jedná o normocytární normochromní anémii (sideropenické, sideroblastické anémie, anémie při chronických chorobách) a u 10 psů (2 dospělí, 8 starších 8 let) normocytární hyperchromní anémie (megaloblastové anémie).

4.3.3 Vyhodnocení vlivu velikosti na hematologické parametry

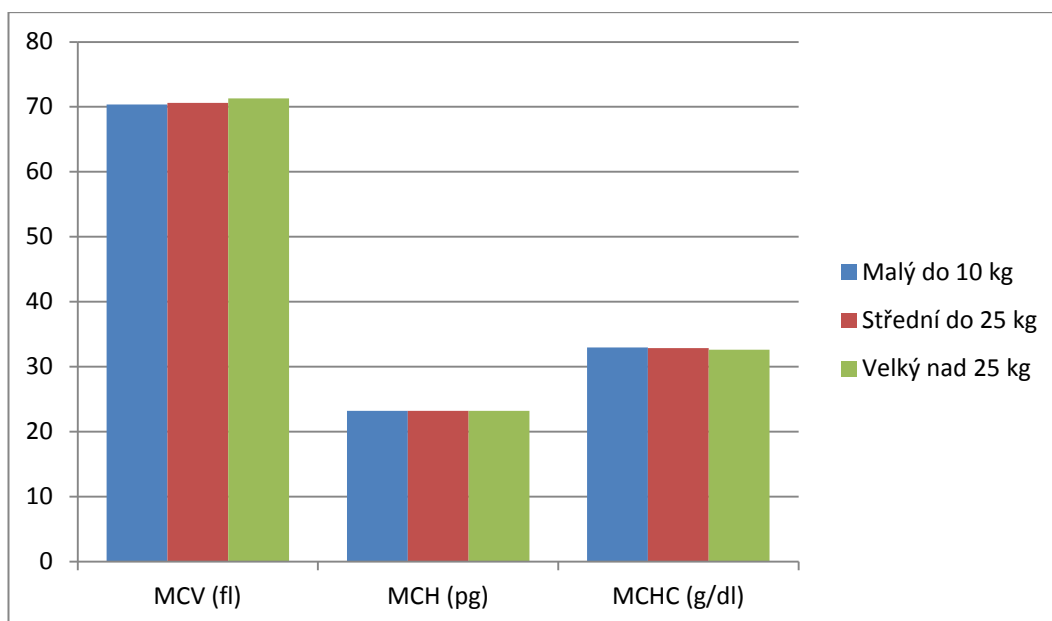
Tabulka 18: Průměrné hodnoty hematologických ukazatelů u psů podle velikosti

	n	Počet Er	Ht	Hb	MCV	MCH	MCHC
Jednotky		$10^{12}/l$	l/l	g/dl	fl	pg	g/dl
Všichni psi	73	6,806	0,481	15,768	70,736	23,214	32,838
Malý do 10 kg	28	6,862	0,482	15,886	70,375	23,204	32,993
Střední do 25 kg	23	6,805	0,480	15,752	70,635	23,200	32,861
Velký nad 25 kg	22	6,735	0,480	15,636	71,300	23,241	32,618

Graf 17: Průměrné hodnoty Er, Ht a Hb u psů podle velikosti



Graf 18: Průměrné hodnoty MCV, MCH a MCHC u psů podle velikosti



Průměrné hodnoty Er a Hb byly zjištěny nejvyšší u malých, následně u středních a nejnižší u velkých psů. Hodnoty Ht jsou nejvyšší u malých psů a stejné průměrné hodnoty jsou viditelné u středních a velkých psů. Nejnižší i nejvyšší hodnoty Er, Ht a Hb byly shodně u středně velkých psů. V grafu č. 18 jsou rozdíly mezi velikostmi psů u parametrů červených krvinek minimální. Nejvíce viditelné rozdíly jsou u hodnot MCV, kdy nejnižší hodnoty jsou u malých psů a nejvyšší u velkých psů. MCH byla nejvyšší u velkých a nejnižší u středních psů, MCHC byla vyšší u malých a nižší u velkých psů. Dle studie KATYUKHINA *et al.* (1998) jsou u menších zvířat vyšší hodnoty Er a nižší hodnoty MCV a MCH, což se shoduje se zjištěnými hodnotami z grafu č. 17 a 18. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami všech sledovaných ukazatelů nebyly statisticky významné.

5. ZÁVĚR

Z výsledků vyšetření krve u dojných a masných krav vyplývají tyto závěry:

- ❖ Statisticky významné rozdíly byly mezi hodnotami hematologických parametrů mezi dojnými a masnými krávy. Vyšší počet erytrocytů, hodnoty hematokritu, hemoglobinu, MCV a MCH byly statisticky významně vyšší u masných než u dojných krav.
- ❖ U dojných krav byl zjištěn statisticky významný vliv sezóny na počet erytrocytů, hematokritu a hemoglobinu, u masných krav byly statisticky významné rozdíly v hodnotách hemoglobinu, MCH a MCHC.
- ❖ Na základě úrovně hematokritu a hemoglobinu byl zjištěn výskyt anémie u dojného skotu (36 %). Jednalo se o makrocytární hyperchromní a normocytární hyperchromní anémie. U masného skotu se anémie nevyskytovala.

Ze zjištěných údajů o ovcích vyplývá následující:

- ❖ Zjistily se statisticky významné rozdíly hematologických parametrů mezi bahnicemi a jehňaty. Jehňata měla příznivější počet erytrocytů oproti bahnicím. Statisticky významné rozdíly byly i v hodnotách MCV a MCH.
- ❖ Mezi pohlavím jehňat nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Z pohledu ročního období nebyly mezi jarem a podzimem statisticky významné rozdíly.
- ❖ Z pohledu hodnoty hematokritu a hemoglobinu bylo riziko anémie zjištěno u 2 případů – makrocytární hyperchromní a normocytární hyperchromní anémie.

Z vyhodnocování hematologických parametrů u psů vyplývají následující závěry:

- ❖ Hematologické hodnoty u psů odpovídají fyziologickým normám.
- ❖ Z pohledu věku se u psů prokázaly statisticky významné rozdíly u hodnot hematokritu a hemoglobinu. Tyto hodnoty byly příznivější pro dospělé psy do 7 let než pro psy nad 8 let věku.
- ❖ Velikost (hmotnost) ani pohlaví psů neměly statisticky významný vliv na hematologické hodnoty.

Nejnižších odchylek ukazatelů červených krvinek a nejmenší riziko anémií bylo zjištěno:

1. u psů, kteří žijí v úzkém kontaktu s člověkem, dostávají kompletní krmné dávky a je jim věnována individuální péče;

2. u masných krav, které se převážnou část roku pasou, a není na ně kladena vysoká produkční zátěž;
3. u ovcí, které tráví většinu roku na pastvinách, ale spásají i horší, méně kvalitní porosty než skot;
4. u dojných krav, které mají vysokou produkční zátěž během celého roku, mají vyšší nároky na optimální krmnou dávku a na zoohygienu.

Doporučení:

Současné referenční hodnoty nemusí být objektivním ukazatelem pro různé produkční typy, roční období, věkové či plemenné kategorie zvířat, zejména psů. Referenční hodnoty jsou udávány v širokém rozpětí a liší se podle autora. Bylo by proto vhodné sestavit referenční hodnoty podle produkčního typu, podle věku, popřípadě podle vlivu ročního období, kde se autoři často neshodují.

Vzhledem k tomu, že většina zjištěných anémií u skotu a ovcí byly makrocytární hyperchromní a normocytní hyperchromní anémie, je možné doporučit v rámci metabolického vyšetření zhodnocení zásobení stopovými prvky (železo, kobalt, měď) a proteiny, zejména u vysokoprodukčních dojnic.

6. POUŽITÉ ZDROJE

1. BOĎA, K.; SURYNEK, J. et al. *Patologická fyziológia hospodárskych zvierat*. Bratislava: Príroda, 1990, 386 s. ISBN 80-07-00250-2.
2. CAMPORA, C.; FREEMAN, K. P.; SERRA, M.; SACCHINI, F. Reference intervals for Greyhounds and Lurchers using the Sysmex XT-2000iV hematology analyzer. *Veterinary Clinical Pathology*. 2011, roč. 40, č. 4, s. 467-474.
3. CYMEDICA. Hematologický analyzátor IDEXX LaserCyte. *Cymedica* [online]. 2011 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://www.cymedica.com/www/cz/hematologicky-analyzator-idexx-lasercyte/prehled-4/>.
4. ČMKU. *Řád ochrany zvířat při chovu psů*. 2009. Dostupné z: http://www.cmku.cz/index2.php?stranka=rady_a_predpisy
5. DAY, M. J. et al. *Manual of Canine and Feline Haematology and Transfusion Medicine*. BSAVA, 2000, 320 s. ISBN 09-052-1439-0.
6. DOUBEK, J et al. *Interpretace základních biochemických a hematologických nálezů u zvířat*. 2., dopl. vyd. Brno: Noviko, 2010, 102 s. ISBN 978-80-86542-22-5.
7. DOUBEK, J. et al. *Veterinární hematologie*. Brno: Noviko, 2003, 464 s. ISBN 80-865-4202-5.
8. FALDYNA, M.; KUDLÁČKOVÁ, H.; KNÖTIGOVÁ, P.; TOMAN, M. Imunitně zprostředkované hemolytické anémie a jejich průkaz Coombsovým testem. *Veterinářství*. 2006, roč. 56, č. 9, s. 533-536.
9. HANZLÍČEK, D.; BÜRGLOVÁ, A. Neregenerativní imunitně zprostředkovaná hemolytická anémie u psa. *Veterinářství*. 2012, roč. 62, č. 6, s. 343-347.
10. HOFÍREK, B. et al. *Nemoci skotu*. Brno: Noviko, 2009, 1149 s. ISBN 978-80-86542-19-5.

11. HOWARD, M. R.; HAMILTON, P. J. *Haematology*. Churchill Livingstone, 1997, 110 s. ISBN 0 443-05276-X.
12. JELÍNEK, P.; KOUDELA, K. et al. *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 409 s. ISBN 80-715-7644-1.
13. JELÍNEK, F.; JELÍNEK, K. *Morfologie hospodářských zvířat*. 2. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, 289 s. ISBN 80-704-0845-6.
14. JOHANNSEN, U. et al *Lehrbuch der speziellen Veterinärpathologie*. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1986, 576 s. ISBN 0 443-05276-X.
15. KAMIŠ, J. Veterinární ordinace AurumVet – Potřeba zvířecích seniorů. *Veterinární klinika AurumVet* [online]. 2012 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://www.aurumvet.cz/zlate-rady/veterinarni-ordinace-aurumvet-potreba-zvirecich-senioru/#more-282>.
16. KATYUKHIN, L. N.; KAZENNOV, A. M.; MASLOVA, M. N.; MATSKEVICH, Y. A. Rheologic properties of mammalian erythrocytes: relationship to transport ATPases. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 1998, roč. 120, č. 3, s. 493-498.
17. KLINKON, M.; ZADNIK, T. Dynamics of red and white blood picture in dairy cows during the periparturient period. *Comparative Haematology International*. 1999, roč. 9, č. 3, s 156-161.
18. KONRÁD, J.; CUPÁK, M.; HRUSOVSKÝ, J.; HUSÁK, S. The effects of the stress of long-term physical and psychological training on the red blood cell picture in dogs. *Veterinarni Medicina*. 1984, roč. 29, č. 11, s. 659-668.
19. KONVALINKOVÁ, J.; SVOBODA, M.; SVOBODOVÁ, V. Riziko autochtónní babesiózy psů v ČR. *Veterinářství*. 2012, roč. 62, č. 7, s. 395-397.

20. KOŠAŘ, P. Rady pro chovatele - Výživa psa. *Veterinární ordinace MVDr. Petr Košář* [online]. 2004 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: http://veterina.iap.cz/vyziva_psa.html.
21. Kraft W., Dürer U. M. *Klinická laboratorna diagnostika vo veterinárnej medicíne*. Bratislava: H&H, 2001, 365 s. ISBN 80-88700-51-5.
22. KRÁLOVÁ, D. Výběr vhodného zvířete. *TV vet* [online]. 2011 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://www.tvvet.eu/clanek-vyber-vhodneho-zvirete>.
23. KUBELOVÁ, M.; ŠIROKÝ, P. Výskyt a šíření psí babeziózy ve střední Evropě. *Veterinářství*. 2010, roč. 60, č. 4, s. 198-202.
24. KUCHAROVÁ, V.; UHRÍKOVÁ, I.; TANDLEROVÁ, K.; LAČŇÁKOVÁ, A.; ŘEHÁKOVÁ, K.; DOUBEK, J. Greyhound jako pacient. *Veterinářství*. 2012, roč. 62, č. 5, s. 302-306.
25. KUMAR, B.; PACHAURI, S. P. Haematological profile of crossbred dairy cattle to monitor herd health status at medium elevation in Central Himalayas. *Research in Veterinary Science*. 2000, roč. 69, č. 2, s. 141-145.
26. LEPHERD, M. L.; CANFIELD, P. J.; HUNT, G. B.; BOSWARD, K. L. Haematological, biochemical and selected acute phase protein reference intervals for weaned female Merino lambs. *Australian Veterinary Journal*. 2009, roč. 87, č. 1-2, s. 5-11.
27. LUND, C.; KUHL, S.; MISCHKE, R.; GÜNZEL-APEL, A.-R. Reference values of red blood picture in Beagle, German Shepherd dog and Golden Retriever puppies. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*. 2000, roč. 113, č. 11-12, s. 447-453.
28. MIR, M. R.; PAMPORI, Z. A. et al. Hemato-biochemical indices of crossbred cows during different stages of pregnancy. *International Journal of Dairy Science*. 2008, roč. 3, č. 3, s. 154-159.

29. MIRZADEH, K.; TABATABAEI, S.; BOJARPOUR, M.; MAMOEI, M. Comparative study of hematological parameters according strain, age, sex, physiological status and season in Iranian cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010, roč. 9, č. 16, s. 2123-2127.
30. NEHASILOVÁ, Dana. Více železa pro telata. 2011 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=119&ch=1&typ=1&val=114666>.
31. OLAYEMI, F. O.; IGHAGBON, F. O. Haematology of the German Shepherd dog in a humid tropical environment. *Comparative Clinical Pathology*. 2011, roč. 20, č. 1, s. 61-64.
32. PÁLENÍK, T.; ČECH, S.; ZAJÍC, J.; DOLEŽAL, R. Biochemické hematologické ukazatele krve ve vztahu k zánětům dělohy u krav. *Veterinářství*. 2011, roč. 61, č. 9, s. 509-513.
33. PAVLÍK, A. *Metody hodnocení vnitřního prostředí hospodářských zvířat*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 45 s. ISBN 978-80-7375-736-6.
34. PENKA, M. *Hematologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2001, 201 s. ISBN 80-247-0023-9.
35. POLIZOPOULOU, Z. S. Haematological tests in sheep health management. *Small Ruminant Research*. 2010, roč. 92, č. 1-3, s. 88-91.
36. RANDHAWA, C. S.; PAL, H.; RANDHAWA, S. S.; UPPAL, S. K. Influence of age, season, lactation on haematology and iron biochemistry of crossbred cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*. 2009, roč. 79, č. 10, s. 1007-1010.
37. REECE, W. O.; BRACKELSBERG, P. O.; HOTCHKISS, D. K. Erythrocyte changes, serum iron concentration and performance following iron injection in neonatal beef calves. *Journal of animal science*. 1985, roč. 61, č. 6, s. 1387-1394.

38. REECE, W. O. *Fyziologie domácích zvířat*. 1. vyd. Praha: Grada, 1998, 449 s. ISBN 80-716-9547-5.
39. REECE, W. O. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2011, 473 s. ISBN 978-80-247-3282-4.
40. RUBY, R. E.; BALCOMB, C. C.; HUNTER, S. A.; LAWRENCE, K. E. Bovine kolostrum-induced anaemia in a 2-week-old lamb. *New Zealand Veterinary Journal*. 2012, roč. 60, č. 1, s. 82-83.
41. ŘEHÁKOVÁ, K.; UHRÍKOVÁ, I.; TRNKOVÁ, Š.; DOUBEK, J. Hematologické vyšetření u anemických psů: 71 případů (2007-2009). *Veterinární klinika*. 2010, roč. 7, č. 2, s. 32-36.
42. SHAKER, Y. M.; ABDEL-FATTAH, M. S. et al. Effect of weaning age on thermo-hematological and immunocompetence of Barki lambs in Siwa Oasis, Egypt. *Department of Animal Physiology, Animal and Poultry Production Division, Desert Research Center*. 2013. DOI: 10.5829/idosi.gv.2013.10.2.1103.
43. SLANINA, L. *Metabolický profil hovädzieho dobytku vo vzťahu k zdraviu a produkcii*. Bratislava: Štátna veterinárna správa SR, Ústav veterinárnych informácií a osvetu, 1992, 115 s. ISBN 80-714-8001-0.
44. SOVA, Z. et al. *Fyziologie hospodářských zvířat*. 2., přeprac. vyd. Praha: SZN, 1990, 469 s. SZN. ISBN 80-209-0092-6.
45. SOWEMIMO-COKER, S. O. Red blood cell hemolysis during processing. *Transfusion Medicine Reviews*. 2002, roč. 16, č. 1, s. 46-60.
46. STRASSER, A.; SEISER, M.; HEIZMANN, V.; NIEDERMÜLLER, H. The influence of season on hematological and clinical parameters in a beagle dog colony. *Kleintierpraxis*. 2001, roč. 46, č. 12, s. 793-804.
47. SVOBODA, M. et al. *Nemoci psa a kočky – I. díl*. Brno: Noviko, 2000, 1016 s. ISBN 80-902595-2-9.

48. SVOBODA, M. et al. *Nemoci psa a kočky - II. díl.* Brno: Noviko, 2001, 1026 s. ISBN 80-902595-3-7.
49. TOMAN, M.; ANDRYSÍKOVÁ, R; FALDYNA, M. Přehled autoimunitních chorob psů a možnosti jejich laboratorní diagnostiky. *Veterinářství.* 2005, roč. 55, č. 12, s. 729-734.
50. TROJAN, S. et al. *Lékařská fyziologie.* 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
51. WEEKS, B. R.; SMITH, J. E.; STADLER, C. K. Effect of dietary iron kontent on hematologig and other measures of iron adequacy in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 1990, roč. 196, č. 5, s. 749-753.

7. Seznam zkratk

AA	aplastická anémie
AIHA	idiopatická imunitně zprostředkovaná (autoimunitní) anémie
BTPM	bez tržní produkce mléka
Er	erytrocyty, červené krvinky
fl	femtolitr
IMHA	imunitně zprostředkované hemolytické anémie
Hb	hemoglobin
Ht	hematokrit
PRCA	čistá aplazie červené krevní řady
MCH	střední obsah hemoglobinu v erytrocytech
MCHC	střední koncentrace hemoglobinu v erytrocytech
MCV	střední objem erytrocytů
MPS	mononukleární fagocytární systém
pg	pikogram
T/l	tera na litr

8. Příloha

Obr. 2: Hematologický analyzátor IDEXX LaserCyte (Cymedica, 2011)



Tabulka 19: Hematologické hodnoty skotu podle užitkového typu

Počet červených krvinek - $10^{12}/l$						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Skot celkem	116	4,592	0,674	14,68	6,79	2,8
Dojné krávy	59	4,296 ¹	0,685	15,95	6,79	2,8
Masně krávy	57	4,898 ¹	0,503	10,27	6,60	4,0
Hematokrit – l/l						
Skot celkem	116	0,297	0,053	17,85	0,45	0,17
Dojné krávy	59	0,265 ²	0,048	18,11	0,45	0,17
Masně krávy	57	0,329 ²	0,034	10,33	0,42	0,26
Hemoglobin – g/dl						
Skot celkem	116	11,905	1,902	15,98	15,90	7,03
Dojné krávy	59	10,662 ³	1,411	13,23	14,24	7,03
Masně krávy	57	13,191 ³	1,431	10,85	15,90	10,10
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Skot celkem	116	63,534	7,298	11,49	81	41
Dojné krávy	59	59,898 ⁴	6,797	11,35	80	41
Masně krávy	57	67,298 ⁴	5,721	8,50	81	41
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Skot celkem	116	26,062	3,186	12,22	34,85	19,12
Dojné krávy	59	25,066 ⁵	2,828	11,28	32,87	19,12
Masně krávy	57	27,093 ⁵	3,207	11,84	34,85	20,27
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Skot celkem	116	40,441	4,106	10,15	50,95	28,84
Dojné krávy	59	40,690	4,434	10,90	50,95	28,84
Masně krávy	57	40,183	3,720	9,26	49,79	31,64

^{1:1, 2:2, 3:3, 4:4, 5:5}
p<0,01

Tabulka 20: Hematologické hodnoty dojného skotu podle sezóny

Počet červených krvinek - 10¹²/l						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Dojné krávy	59	4,296	0,685	15,95	6,79	2,8
Léto	24	4,308	0,830	19,27	6,79	2,8
Podzim	23	4,083 ¹	0,480	11,76	4,91	3,1
Zima	12	4,682 ²	0,501	10,70	5,63	3,95
Hematokrit – l/l						
Dojné krávy	59	0,265	0,048	18,11	0,45	0,17
Léto	24	0,282 ³	0,059	20,92	0,45	0,17
Podzim	23	0,244 ⁴	0,027	11,07	0,31	0,2
Zima	12	0,274 ⁵	0,039	14,23	0,34	0,2
Hemoglobin – g/dl						
Dojné krávy	59	10,662	1,411	13,23	14,24	7,03
Léto	24	10,958 ⁶	1,621	14,79	13,29	7,03
Podzim	23	9,877 ⁷	0,529	5,36	10,84	9,05
Zima	12	11,577 ⁸	1,341	11,58	14,24	8,99
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Dojné krávy	59	59,898	6,797	11,35	80	41
Léto	24	61,542	7,847	12,75	80	41
Podzim	23	58,783	5,831	9,92	72	50
Zima	12	58,750	5,449	9,27	69	51
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Dojné krávy	59	25,066	2,828	11,28	32,87	19,12
Léto	24	25,776	3,083	11,96	31,60	19,12
Podzim	23	24,504	3,012	12,29	32,87	20,46
Zima	12	24,724	1,095	4,43	25,96	22,76
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Dojné krávy	59	40,690	4,434	10,90	50,95	28,84
Léto	24	39,599	4,970	12,55	49,81	28,84
Podzim	23	40,876	4,012	9,82	50,95	33,57
Zima	12	42,516	3,256	7,66	49,39	35,76

^{1:2, 3:4, 6:7, 7:8} p<0,01; ^{4:5} p<0,05

Tabulka 21: Hematologické hodnoty masného skotu podle sezóny

Počet červených krvinek - 10¹²/l						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Masné krávy	57	4,898	0,503	10,27	6,60	4,0
Jaro	17	4,899	0,569	11,61	6,6	4,08
Léto	10	4,978	0,395	7,93	5,8	4,31
Zima	30	4,871	0,492	10,10	6,5	4
Hematokrit – l/l						
Masné krávy	57	0,329	0,034	10,33	0,42	0,26
Jaro	17	0,321	0,043	13,40	0,42	0,26
Léto	10	0,334	0,037	11,08	0,4	0,28
Zima	30	0,333	0,026	7,81	0,39	0,28
Hemoglobin – g/dl						
Masné krávy	57	13,191	1,431	10,85	15,90	10,10
Jaro	17	12,035 ¹	1,135	9,43	14,31	10,1
Léto	10	12,711 ²	1,208	9,50	15,68	10,96
Zima	30	14,006 ³	1,084	7,74	15,9	12,13

Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Masné krávy	57	67,298	5,721	8,50	81	41
Jaro	17	66,529	4,103	6,17	74	59
Léto	10	67,400	3,292	4,88	75	64
Zima	30	67,700	6,967	10,29	81	41
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Masné krávy	57	27,093	3,207	11,84	34,85	20,27
Jaro	17	24,967 ⁴	2,086	8,36	29,26	20,27
Léto	10	25,562 ⁵	1,691	6,62	27,78	22,13
Zima	30	28,962 ⁶	2,932	10,12	34,85	21,11
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Masné krávy	57	40,183	3,720	9,26	49,79	31,64
Jaro	17	37,728 ⁷	2,603	6,90	41,83	31,64
Léto	10	38,210 ⁸	2,654	6,95	41,97	33,0
Zima	30	42,232 ⁹	3,345	7,92	49,79	35,18

1:3, 2:3, 4:6, 5:6, 7:9, 8:9
p<0,01

Tabulka 22: Hematologické hodnoty ovcí podle věku

Počet červených krvinek - 10¹²/l						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Ovce celkem	62	7,260	1,016	13,99	9,47	5,27
Jehňata	29	7,683 ¹	1,111	14,46	9,47	5,27
Bahnice	33	6,888 ¹	0,748	10,86	8,8	5,31
Hematokrit – l/l						
Ovce celkem	62	0,349	0,044	12,61	0,45	0,21
Jehňata	29	0,356	0,053	14,89	0,45	0,21
Bahnice	33	0,343	0,032	9,33	0,45	0,28
Hemoglobin – g/dl						
Ovce celkem	62	12,714	1,110	8,73	15,01	8,5
Jehňata	29	12,567	1,345	10,70	14,95	8,5
Bahnice	33	12,844	0,830	6,46	15,01	11,11
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Ovce celkem	62	48,242	3,901	8,08	58	40
Jehňata	29	46,207 ²	2,591	5,61	52	40
Bahnice	33	50,030 ²	3,981	7,96	58	42
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Ovce celkem	62	17,744	2,185	12,31	24,69	12,66
Jehňata	29	16,529 ³	1,828	11,06	22,94	12,66
Bahnice	33	18,811 ³	1,896	10,08	24,69	15,92
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Ovce celkem	62	36,824	4,154	11,28	57,57	26,53
Jehňata	29	35,829	4,787	13,36	57,57	26,53
Bahnice	33	37,698	3,264	8,66	47,04	30,86

1:1, 2:2, 3:3
p<0,01

Tabulka 23: Hematologické hodnoty ovcí podle pohlaví

Počet červených krvinek - 10¹²/l						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Beránci	13	7,383	1,119	15,16	9,43	5,27
Jehničky	16	7,928	1,042	13,14	9,47	5,68
Hematokrit – l/l						
Beránci	13	0,345	0,060	17,39	0,45	0,21
Jehničky	16	0,364	0,046	12,64	0,45	0,25
Hemoglobin – g/dl						
Beránci	13	12,262	1,107	9,03	13,94	9,70
Jehničky	16	12,814	1,466	11,44	14,95	8,50
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Beránci	13	46,615	2,435	5,22	51	40
Jehničky	16	45,875	2,666	5,81	52	41
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Beránci	13	16,898	2,385	14,11	22,94	12,66
Jehničky	16	16,230	1,113	6,86	18,436	14,23
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Beránci	13	36,479	6,800	18,64	57,57	26,53
Jehničky	16	35,300	1,826	5,17	39,722	32,74

Tabulka 24: Hematologické hodnoty ovcí podle sezóny

Počet červených krvinek - 10¹²/l						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Jaro	30	7,177	1,021	14,23	9,47	5,31
Podzim	32	7,339	1,005	13,69	9,43	5,27
Hematokrit – l/l						
Jaro	30	0,357	0,039	10,92	0,45	0,28
Podzim	32	0,341	0,046	13,49	0,45	0,21
Hemoglobin – g/dl						
Jaro	30	12,913	0,872	6,75	15,01	11,11
Podzim	32	12,528	1,266	10,11	14,30	8,50
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Jaro	30	49,900 ¹	3,902	7,82	58	42
Podzim	32	46,688 ¹	3,196	6,85	53	40
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Jaro	30	18,274	2,285	12,50	24,69	14,23
Podzim	32	17,247	1,961	11,37	22,94	12,66
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Jaro	30	36,495	3,423	9,38	47,03	30,86
Podzim	32	37,132	4,718	12,71	57,57	26,53

¹ p<0,01

Tabulka 25: Hematologické hodnoty psů podle pohlaví

Počet červených krvinek - $10^{12}/l$						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Všichni psi	73	6,806	0,593	8,71	8,16	5,53
Psi - celkem	30	6,804	0,636	9,35	7,74	5,53
Psi	27	6,806	0,627	9,21	7,74	5,53
Psi – kastrát	3	6,780	0,716	10,56	7,35	5,77
Feny – celkem	43	6,807	0,561	8,24	8,16	5,54
Feny	28	6,802	0,472	6,95	7,67	5,57
Feny - kastrát	15	6,817	0,696	10,20	8,16	5,54
Hematokrit – l/l						
Všichni psi	73	0,481	0,039	8,15	0,547	0,386
Psi - celkem	30	0,482	0,043	8,88	0,545	0,386
Psi	27	0,481	0,043	8,88	0,545	0,386
Psi – kastrát	3	0,486	0,043	8,82	0,538	0,433
Feny – celkem	43	0,48	0,036	7,59	0,547	0,393
Feny	28	0,48	0,035	7,36	0,535	0,393
Feny - kastrát	15	0,48	0,038	8,00	0,547	0,420
Hemoglobin – g/dl						
Všichni psi	73	15,768	1,264	8,02	17,8	12,8
Psi - celkem	30	15,823	1,356	8,57	17,7	12,8
Psi	27	15,785	1,374	8,70	17,7	12,8
Psi – kastrát	3	16,167	1,126	6,97	17,2	14,6
Feny – celkem	43	15,730	1,194	7,59	17,8	13
Feny	28	15,707	1,141	7,26	17,6	13
Feny - kastrát	15	15,773	1,286	8,15	17,8	13,6
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Všichni psi	73	70,736	2,666	3,77	76	66
Psi - celkem	30	70,917	2,573	3,63	75,4	66,2
Psi	27	70,807	2,329	3,29	75,4	66,4
Psi – kastrát	3	71,9	4,036	5,61	75	66,2
Feny – celkem	43	70,609	2,723	3,86	76	66
Feny	28	70,579	2,721	3,85	76	66
Feny - kastrát	15	70,667	2,725	3,86	75,9	67
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Všichni psi	73	23,214	1,23	5,3	26,1	20,8
Psi - celkem	30	23,307	1,327	5,69	26,1	20,8
Psi	27	23,241	1,336	5,75	26,1	20,8
Psi – kastrát	3	23,9	1,071	4,48	25,3	22,7
Feny – celkem	43	23,149	1,153	4,98	25,9	20,8
Feny	28	23,114	1,158	5,01	25,9	21,1
Feny - kastrát	15	23,213	1,140	4,91	24,8	20,8
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Všichni psi	73	32,838	1,422	4,33	35,4	30
Psi - celkem	30	32,88	1,565	4,76	35,4	30
Psi	27	32,833	1,608	4,9	35,4	30
Psi – kastrát	3	33,3	1,02	3,06	34,3	31,9
Feny – celkem	43	32,809	1,312	4,00	35,4	30,4
Feny	28	32,782	1,290	3,94	35,3	30,4
Feny - kastrát	15	32,86	1,351	4,11	35,4	31

Tabulka 26: Hematologické hodnoty psů podle věku

Počet červených krvinek - $10^{12}/l$						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Dospělí	21	6,96	0,529	7,61	7,73	5,54
Psi nad 8 let	52	6,744	0,606	8,98	8,16	5,53
Hematokrit – l/l						
Dospělí	21	0,495 ¹	0,038	7,63	0,545	0,393
Psi nad 8 let	52	0,475 ¹	0,038	8,05	0,547	0,386
Hemoglobin – g/dl						
Dospělí	21	16,252 ²	1,218	7,49	17,7	13
Psi nad 8 let	52	15,573 ²	1,229	7,89	17,8	12,8
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Dospělí	21	71,214	2,419	3,4	75,9	67,4
Psi nad 8 let	52	70,542	2,736	3,88	76	66
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Dospělí	21	23,390	0,945	4,04	25,3	21,3
Psi nad 8 let	52	23,142	1,321	5,71	26,1	20,8
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Dospělí	21	32,876	1,291	3,93	35,3	30,4
Psi nad 8 let	52	32,823	1,471	4,48	35,4	30

^{1:1, 2:2} p<0,05

Tabulka 27: Hematologické hodnoty psů podle velikosti

Počet červených krvinek - $10^{12}/l$						
	Počet vzorků	Průměr	Směr. odchylka	Var. koef. (v %)	Maximum	Minimum
Malý do 10 kg	28	6,862	0,564	8,22	7,74	5,54
Střední do 25 kg	23	6,805	0,697	10,24	8,16	5,53
Velký nad 25 kg	22	6,735	0,495	7,35	7,42	5,57
Hematokrit – l/l						
Malý do 10 kg	28	0,482	0,037	7,64	0,544	0,419
Střední do 25 kg	23	0,480	0,046	9,63	0,547	0,386
Velký nad 25 kg	22	0,480	0,034	7,02	0,535	0,393
Hemoglobin – g/dl						
Malý do 10 kg	28	15,886	1,173	7,39	17,7	13,6
Střední do 25 kg	23	15,752	1,394	8,85	17,8	12,8
Velký nad 25 kg	22	15,636	1,218	7,79	17,6	13
Střední objem erytrocytu (MCV) - fl						
Malý do 10 kg	28	70,375	2,732	3,88	76	66
Střední do 25 kg	23	70,635	2,682	3,8	75,8	66,2
Velký nad 25 kg	22	71,3	2,465	3,46	75,4	66,4
Střední obsah hemoglobinu v Er (MCH) - pg						
Malý do 10 kg	28	23,204	1,375	5,92	25,9	20,9
Střední do 25 kg	23	23,2	1,274	5,49	26,1	20,8
Velký nad 25 kg	22	23,241	0,956	4,11	25,3	21,7
Střední koncentrace hemoglobinu v Er (MCHC) – g/dl						
Malý do 10 kg	28	32,993	1,442	4,37	35,4	31
Střední do 25 kg	23	32,861	1,391	4,23	35,4	30,7
Velký nad 25 kg	22	32,618	1,400	4,29	35,4	30