

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Koncentrace neesterifikovaných mastných kyselin v krvi dojnic jako indikátoru energetické bilance u českého a holštýnského skotu

**Anna Kalistová
Středočeský kraj**

Říčany 2025

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

**Koncentrace neesterifikovaných mastných kyselin v
krvi dojnic jako indikátoru energetické bilance u
českého a holštýnského skotu**

**Concentration of non-esterified fatty acids in the
blood of dairy cows as an indicator of energy balance
in Czech spotted and Holstein cattle**

Autoři: Anna Kalistová

Škola: Gymnázium Říčany, příspěvková organizace, Komenského
náměstí 1280/1, 25101, Říčany

Kraj: Středočeský

Konzultant: Ing. Dalibor Řehák, Ph.D.

Říčany 2025

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Říčanech dne 9. 3. 2025

Anna Kalistová

Poděkování

Děkuji vedoucí mé ročníkové práce Mgr. Dagmar Řehákové a odbornému konzultantovi Ing. Daliboru Řehákovi, Ph.D. za vedení, ochotu a odbornou pomoc při psaní ročníkové práce.

Anotace

Hlavním cílem této práce je porovnání vývoje negativní energetické bilance pomocí koncentrace NEFA v krevním séru u dojnic českého strakatého a holštýnského plemene. Teoretická část vychází z odborné literatury a slouží k pochopení tématu práce. Praktická část práce je zaměřena na statistické zpracování a analýzu dat získaných v experimentálním sledování dojnic ve Výzkumném ústavu živočišné výroby, v.v.i. v Praze – Uhřetěvsi. Předmětem analýzy byl vývoj koncentrace NEFA v krevním séru dojnic v období okolo porodu a také vztah koncentrace NEFA k obsahu vybraných složek mléka.

Klíčová slova

produkce mléka; tranzitní období; metabolismus

Annotation

The main goal of this work is to compare the development of a negative energy balance using the NEFA concentration in the blood serum of Czech spotted and Holstein dairy cows. The theoretical part is based on professional literature and serves to understand the topic of the thesis. The practical part of the thesis is focused on statistical processing and analysis of data obtained in experimental monitoring of dairy cows at the Institute of Animal Science in Prague Uhřetěves. The subject of the analysis was the development of NEFA concentration in blood serum of dairy cows in the period around parturition and also the relation of NEFA concentration to the content of selected milk components.

Keywords

milk production; transition period; metabolism

Obsah

1 Úvod	7
2 Přehled problematiky v literatuře	8
2.1 Skot v ČR	8
2.2.2 Český strakatý skot	9
2.4 Šlechtění	10
2.3 Negativní energetická bilance (NEB)	11
2.3.1 Vliv negativní energetické bilance	11
2.3.2 Indikátory negativní energetické bilance	11
3 Metodika	13
3.1 Statistická analýza dat – 1. část	14
3.2 Statistická analýza dat - 2. část	15
4 Výsledky	16
5 Diskuze	25
6 Závěr	27
7 Seznam použité literatury	28
8 Seznam grafů a tabulek	30

1 Úvod

Chov skotu je nejvýznamnějším odvětvím živočišné produkce v ČR. Pojem chov skotu je spojován s jeho užitkovostí, především mléčnou a masnou. Má také nezanedbatelný vliv i na udržování půdní úrodnosti. Z hlediska celoročního pravidelného finančního příjmu má v zemědělských podnicích často ekonomický stabilizující význam. V odvětví se kladе důraz na celkový management a zvyšování užitkovosti. Především zvyšování mléčné užitkovosti je jedním z důležitých faktorů při zvyšování rentability produkce mléka. Proto je věnována velká pozornost šlechtění skotu. Dřívější snahy o jednostranné šlechtění na mléčnou užitkovost vedly k dosažení razantního zvýšení produkce na dojnici za rok. Současně toto šlechtění negativně ovlivnilo reprodukční vlastnosti skotu. Zhoršilo se zdraví, plodnost i délka produkčního věku krav. Hlavní příčinou zhoršeného zdravotního stavu dojnic je negativní energetická bilance (NEB), která se projevuje na počátku laktace v důsledku energetické nerovnováhy způsobené vysokou produkcí mléka. Zhoršování těchto stavů by mohlo negativně ovlivnit budoucnost odvětví. Je proto velmi důležité poznat včasné indikátory energetického stavu dojnic, které by umožňovaly předejít negativním důsledkům NEB. Jedním z nejdůležitějších přímých indikátorů energetické bilance u skotu je koncentrace NEFA v krvi.

Hlavním cílem a tématem práce je porovnání vývoje koncentrace NEFA v krevním séru dojnic českého strakatého a holštýnského plemene v období okolo porodu. Dalším cílem je ověření vztahů NEFA k vybraným složkám mléka a doporučit vhodné složky pro predikci NEFA, resp. energetického stavu dojnic.

V budoucnosti bych se ráda věnovala aplikované matematice v biologických oborech, proto jsem byla otevřena ke spolupráci s Ing. Daliborem Řehákem, Ph.D. ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi. Zároveň mě zaujala příležitost o podílení se na aplikovaném výzkumu s perspektivním praktickým využitím výsledků.

2 PŘEHLED PROBLEMATIKY V LITERATUŘE

2.1 Skot v ČR

Chov skotu je spojen s hospodařením na zemědělské půdě. Je konzumentem pícnin na orné půdě i trvalých travnatých prostorech a podílí se na udržování půdní úrodnosti. Využívání trvalých travních porostů v horských a podhorských oblastech má i značný sociální význam (osídlení krajiny, pracovní místa). (Vaněk, 2002, 5)

Početní stavy skotu zaznamenaly po roce 1990 radikální pokles. Z bývalých 3,5 mil. kusů dobytka byl zaznamenán pokles na současných 1,4 mil, tj. o 60%. Podílela se na tom převážně vyšší užitkovost zvířat, dalším faktorem by mohla být zvyšující se cena hovězího masa na počátku 90. let. Od roku 2010 se zaznamenává početní zvýšení skotu o 5,4%, přibližně o 71 tis. kusů. V roce 2020 se Česká republika potýkala s vysokou inflací (15,1% v průměru). Rostla cena energií i potravin. V zemědělství byl zaznamenán odhadovaný ekonomický výsledek českého agrárního sektoru meziročně vyšší o 5,8%, na hodnotu 27 918,9 mil. Kč. Což byla od roku 1998 nejvyšší hodnota podnikatelského důchodu. V tomto období se rapidně nezvýšily početní stavy skotu (pouze o 2,3%). Tedy k prosinci roku 2022 se chovalo 1,39 mil. kusů skotu, z toho dojeného skotu 357 tis. kusů. Zvýšila se však dojivost krav, produkce mléka a jatečného skotu. Z dat z roku 2022 vyplývá, že od roku 2018 se průměrná dojivost v ČR zvýšila o 558 litrů, tj. z 8526 litrů na 9084 litrů na dojnici za rok. Celková produkce mléka v roce 2022 činila 3 251 mil. litrů mléka. (Přibík, 2004, Syrůček, 2022, 4-7)

2.2 Plemena skotu

Plemena skotu se třídí pro základní zootechnickou orientaci do čtyř odvětví. Dle původu, prošlechtění, geografického rozšíření a dle užitkového směru. Metoda rozřazení plemen skotu na základě užitkovosti má pro hospodářství největší praktický význam. Plemena chovaná v ČR můžeme z tohoto hlediska rozdělit na plemena masná, mléčná (holštýnský skot) a kombinovaná (český strakatý skot). (Vaněk, 2002, 41)

2.2.1 Holštýnský skot

Holštýnský skot je nejrozšířenější plemeno dojeného skotu v České republice (60% z celkového stavu dojených krav). Plemeno je charakterizováno svou vysokou mléčnou užitkovostí. Díky intenzivnímu šlechtění na mléčný typ produkce, zlepšení výživy a dalším faktorům ovlivňující kvalitu a užitkovost, je nyní nejvýznamnějším dojeným plemenem skotu s jednostranným zaměřením na mléčnou produkci. Díky jeho vlastnostem si tento skot získal oblibu na většině kontinentů. Je chován od severských oblastí až po teplé oblasti rovníkového pásma. Mezi chovatelsky nejvýznamnější země patří oblasti Severní Ameriky (USA, Kanada), Evropy (Německo, Francie, Itálie, Španělsko, Holandsko, Dánsko, Anglie), Austrálie a Nový Zéland. (HOLSTEIN 2022)

Holštýnský skot je taktéž znám pod jménem - holštýnsko-fríský či černostrakatý skot. Je charakterizován černostrakatým zbarvením těla s černou hlavou (většinou obsahující bílou lysinu). V minulosti se hojně využíval k zvelebování mnoha místních plemen i vzniku nových plemen. Vysoké geografické rozšíření, odlišné chovné cíle, různorodé přírodní a ekonomické podmínky chovu vedly ke vzniku rozličných biotypů. Tyto biotypy jsou z hlediska zoologické terminologie označeny jakožto plemena. Genetické studie jsou ovšem názoru, že i přes určité odlišnosti v užitkovosti a fyzických znacích lze hovořit o jednom plemeni. (Vaněk, 2002, 42)

V posledních několika letech je využíván k zušlechťování zejména strakatých kombinovaných plemen, červenostrakatých a hnědých plemen. Taktéž v současné době považujeme holštýnský skot za populaci celosvětově otevřenou - při šlechtění jsou využívány špičkové genetické zdroje z celého světa. (HOLSTEIN 2022, Vaněk, 2002, 42)

Dříve určujícím kritériem pro zohlednění znaku při selekci byla především jeho ekonomická hodnota. Chovný cíl prvních dvou třetin minulého století byl proto zaměřen na intenzivní mléčnou užitkovost. Souběžně tak docházelo k zhoršení funkčních znaků (dlouhověkost, odolnost, plodnost). Následkem je, že i přes vyšší užitkovost se chovy dojnic stávaly neefektivní. Nyní je chovným cílem holštýnského skotu nadále zlepšovat výnosnost chovu na základě genetického vylepšování vlastností zvířat. Tento cíl je možný dosáhnout díky systematickému šlechtění a vytváření vhodných podmínek chovu dojnic, který zároveň negativně neovlivňuje dostatečnou dlouhověkost skotu. K dosažení této potřebné rentability chovu se předpokládá kromě vysoké mléčné produkce a zachování kvalitního obsahu mléčných složek i dobrá úroveň funkčních vlastností (plodnost, zdraví, funkční utváření zevnějšku). Z pohledu plodnosti a zdraví je cílem pravidelné zabřezávání - produkce životaschopných telat a odolnost vůči onemocněním. (HOLSTEIN 2019, Zavadilová, 2019, 6)

Šlechtění se bude více zaměřovat na funkční znaky, odolnost vůči onemocněním (mastitidy, onemocnění končetin) a zvyšování dlouhověkosti krav. Při šlechtění ovlivňující zdraví se bude postupně přecházet na přímou selekci pomocí plemenných a genomických hodnot. Důležitým prvkem bude i eliminace (regulace projevu dědičně podmíněných krav). (HOLSTEIN 2019)

2.2.2 Český strakatý skot

Český strakatý skot je původním plemenem skotu chovaným v České republice. Vznikl ve 30. letech minulého století sloučením býků (strakatého skotu) splňující chovný cíl plemen a vyskytující se v Čechách a na Moravě. Strakatý skot je rozšířen celosvětově, díky širokému využití a vynikajícím vlastnostem. Ze současného početního stavu skotu v ČR se český strakatý skot podílí přibližně jednou polovinou. Plemeno se vyznačuje dobrou adaptabilitou na podmínky chovu. Chovatelům usnadňuje volbu vhodného produkčního využití, mohou tak rychle reagovat na měnící se trendy trhu. Skot je vhodný ke kombinovanému využití i k efektivní masné či mléčné produkci. Osvědčil se rovněž v užitkovém křížení s dojnými plemeny, ale i pro chov bez tržní produkce mléka. (CESTR 2023, Vaněk, 2002, 50)

Plemeno se vyznačuje středním až větším tělesným rámcem se silnou kostrou a dobrým svalstvem. Má červenostrakatou srst, přičemž převažují barvené plochy. Vyniká dobrým zdravotním stavem, pravidelnou plodností, snadnými porody, vitalitou telat a bezproblémovým odchovem. Je znám svou dobrou pastevní schopností. Vyskytuje se u něj i větší množství mléčných bílkovin, které pozitivně ovlivňuje další zpracovávání mléka. (CESTR 2023)

Chovný cíl českého strakatého skotu je zaměřen především na vysokou a kvalitní produkci masa a mléka spojenou s pravidelnou plodností. Cílový požadavek u prvotetek 6500 až 7500 litrů mléka u starších krav 7500 až 8500 litrů mléka s obsahem bílkovin převyšující 3,6%. Masná užitkovost je určena na průměrný denní přírůstek nad 1300 g v intenzivním výkrmu býků. Jatečná výtěžnost je určena nad 58%. Avšak několik skotů předního chovu již dosahují těchto hodnot. Kladen je taktéž důraz na funkční vlastnosti (snadnost telení, plodnost, dlouhověkost). (CESTR 2023, Kučera, 2004, 7)

2.4 Šlechtění

Šlechtění je záměrné zlepšování genetického založení zvířat pro zvolené vlastnosti a znaky. Bavíme se o změně genofondu požadovaným směrem tak, aby generace potomků byla z ekonomického hlediska zajímavější. Genom skotu je složen z velkého množství genů - přesný počet není znám. Šlechtitelé předpokládají, že za manifestaci užitkovosti zodpovídá několik tisíc genů. Tyto geny se nacházejí na 30 párech chromozomů. Oba rodiče si jsou rovni z pohledu kvality genetického založení další generace. Manifestace určitého genotypu je ovlivněna například působením prostředí. Průměrná užitkovost potomstva je určena vzájemným vyloučením obou extrémů (jedinec musí mít dostatek potomků produkující v dobrých i špatných podmínkách prostředí). Z průměrné užitkovosti potomka lze následně usuzovat genetické založení jedince. (Kučera, 2004, 14)

Jestliže jedinec zdědí po svých předcích lepší genetické založení nežli jeho sourozenci, je schopen toto založení předat svému dalšímu potomstvu. Z toho vyplývá, že pro úspěšnou selekci je doporučeno znát údaje o každém potomku. Nežádoucí genotypy je možné z populace eliminovat, díky výběru geneticky zajímavějších kombinací. Daří se rozmnožovat zvířata s požadovaným genotypem a dosahovat tak genetického zisku. (Kučera, 2004, 14)

Pro úspěšné šlechtění je důležité stanovit šlechtitelský cíl, z něž většinou vyplývá produkce zvířat dosahující maximálního zisku v budoucích produkčních podmínkách. Dalším krokem po určení šlechtitelského cíle je kontrola užitkovostí u konkrétních vlastností spočívající ve šlechtitelském cíli. Dále je potřebné mít dostatečné množství věrohodných dat pro přesný odhad plemenných hodnot jedince. Odhad je následně důležitý pro selekci nejlepších zvířat (nejvhodnějších genotypů). Zdařená selekce rodičovských párů určených pro stvoření dalších generací umožňuje dosahovat genetického zisku. (Kučera, 2004, 14)

2.3 Negativní energetická bilance (NEB)

Negativní energetická bilance se projevuje u krav v období 3 týdnů před i po porodu. V tomto období se u krav projevují metabolické a hormonální změny, které jsou projevem narůstajících energetických požadavků způsobených růstem plodu a počátkem laktace. V období na počátku laktace krávy nejsou schopny přijímat dostatečné množství sušiny, aby byly pokryty potřeby pro vysokou mléčnou produkci. Začne se tak projevovat negativní energetická bilance, která se charakterizuje do jisté míry jakožto fyziologický stav. Problém s negativní energetickou bilancí se značně zvýšil díky jednostrannému intenzivnímu šlechtění na mléčnou produkci. Zdravotní stav skotu se zhoršuje prohlubováním NEB, a to především snížením reprodukční výkonnosti a zkrácením produkčního věku dojníc, což se negativně projevuje i po ekonomické stránce chovu. (Štolcová, 2020, 2)

2.3.1 Vliv negativní energetické bilance

Díky negativní energetické bilanci se zvyšuje potřeba glukózy, která je zdrojem pro tvorbu laktózy. Toto vede v játrech k nárůstu glukoneogeneze a glykogenolýzy a následně se snižuje využití glukózy ostatními tkáněmi. Přičemž glukoneogeneze je tvorba glukózy z necukerných zdrojů. Propionát (ester kyseliny propionové), který vzniká především fermentací krmiva v bachoru, je hlavním předpokladem pro syntézu glukózy. Jelikož příjem krmiva v období porodu a při negativní energetické bilanci je nedostatečný, je propionátu nedostatek. Následkem je tvorba glukoneogeneze z jiných zdrojů. V tomto období u skotu hraje důležitou roli somatotropin (regulační hormon metabolismu). Díky němu se zvyšuje jaterní glukoneogeneze a fyziologická rezistence tkání na inzulin, dochází tak k využití glukózy v játrech, svalch nebo v tukové tkáni. Glukóza se následně přesune do mléčné žlázy. Podpora svalových proteinů pro syntézu bílkovin v mléce a glukoneogenezi je zapříčiněna především somatotropinem. (Štolcová, 2020, 2)

Negativní energetická bilance s hormonálním působením směřuje k využití tukových rezerv skotu. Tukové rezervy jsou tvořeny především triacylglyceroly (TAG), při hydrolýze této látky dochází k uvolnění glycerolu a neesterifikovaných mastných kyselin (NEFA) do krevního oběhu. NEFA mohou být začleněny do mléčného tuku, nebo být využity periferními tkáněmi, čímž by se staly zdrojem energie. Další možností je transport do jater, kde dojde k dalšímu využití (vznik energie, ketolátek, TG). (Štolcová, 2020, 3)

2.3.2 Indikátory negativní energetické bilance

Identifikaci negativní energetické bilance můžeme odhalit díky výskytu a vlastnostem NEFA. Výskyt NEFA představují mobilizaci tukových zásob, zároveň ve větším množství můžou představovat výskyt chorob spojených s NEB. Hraniční množství NEFA je komplikované určit, jelikož vysokoprodukční dojnice mají vyšší hodnoty NEFA oproti dojnicím s nižší užitkovostí. Například dojnice s nižší užitkovostí uvádějí referenční rozmezí od 0,1 do 0,35 mmol/l, zatímco u vysokoprodukčních dojníc hodnoty dosahují až 1,4 mmol/l. Nicméně

hraniční hodnota sloužící pouze pro diagnostiku NEB a důsledků, které jsou s ní spojovány v poporodním období je od 0,6 mmol/l. (Štolcová, 2020, 6)

Diagnostika NEB pomocí hodnot NEFA není jedinou variantou jak identifikovat deficit energie. Krevní analýza je invazivní, časově, finančně i organizačně náročná, je také komplikovaná pro menší farmy. Jelikož krevní analýza si vyžaduje vysoký počet vzorků, aby byly oprávněny náklady na vybavení. Tudíž jsou snahy o nalezení jiných indikátorů. Jedná se především o komponenty v mléce, konkrétně ketony a mastné kyseliny. Ukazuje se, že jsou vhodné pro identifikaci NEB a onemocnění s ní spojené. Konkrétním indikátorem jsou mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (LCFA - long-chain fatty acid), díky nadměrné lipolýze z tukových tkání při NEB se uvolňují LCFA do krevního oběhu. Následně podle hodnot LCFA můžeme určit negativní energetickou bilanci. (Jorjong et al., 2014, 7061, Štolcová et al., 2021, 447-448)

Dnes je nejvhodnější metoda pro stanovení mastných kyselin (MK) v mléce metoda infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR). Běžně je tato metoda používána ke kontrole užitkovosti. Určují se obsahy důležitých MK - kyselina myristová (C14:0), kyselina palmitová (C16:0), stearová (C18:0) a oktadecenová (C18:1) - 95% této kyseliny tvoří kyselina olejová (cis-9 izomer). MK se tvoří celkem ze 4 zdrojů - z de novo syntézy v mléčné žláze (50% MK), z krmiva (40-45% MK), z rozpadu (lipolýzou - 10% MK) a za pomoci biohydrogenace v batoru. Z hlediska identifikace NEB jsou nejdůležitější kyseliny C16:0, C18:0 a C18:1 cis-9. Při lipomobilizaci rosoty hodnoty těchto kyselin (LCFA) v krvi, kde jsou následně přenášeny do mléčné žlázy a do mléčného tuku. Avšak C16:0 se za běžných podmínek syntetizuje de novo přímo v mléčné žláze nebo se tvoří z krmiva, při NEB je syntéza inhibována. Tato skutečnost může významně ovlivnit proměnlivost vztahu k NEFA. (Štolcová et al., 2020, 8-9, Štolcová et al., 2021b, 34-37)

Parametry MK nejsou zcela přesné pro diagnostiku NEB. Složení mastných kyselin závisí na plemenu, fázi laktace, individuální variabilitě, metabolickém stavu a na výživě. Nejpřesnější potenciální indikátory z výše zmíněných se ukázaly dle studie Churakov et al. (2021) C18:0 a C18:1 cis-9. Další studie Jorjong et al. (2014) sledovala korelaci mezi C18:1 cis-9 a koncentrací NEFA. Došli k závěru, že 64,3% krav s rizikovou koncentrací NEFA v séru mělo C18:1 cis-9 v mléce 24 g/100 g tuku nebo vyšší. Avšak zkoumaná korelace měla slabý potenciál k přímé predikci. K těsné korelaci složek NEFA a C18:1 cis-9 došla např. studie Gross et al. (2011). (Štolcová et al., 2021, 477, Štolcová et al., 2021B, 34-37)

V budoucnosti by se predikce rizik spojených s NEB mohla stát součástí rutinního výstupu kontroly užitkovosti, dále by se mohlo testovat mléko v období, kdy je pravděpodobná změna složení mléka (počátek laktace) pro odhad NEB. Tento způsob predikce NEB by byl přístupný i pro menší farmy nebo i pro konkrétní dojnice. (Churakov et al., 2021, 9, Štolcová et al., 2020, 10, Štolcová et al., 2021b, 34-37)

3 METODIKA

Praktická část práce vychází z experimentálního sledování dojníc, které probíhalo v akreditovaných stájích Účelového hospodářství Výzkumného ústavu živočišné výroby v.v.i. v Uhřetěvsi od 1.10.2019 do 30.4.2020. Na experimentální farmě jsou chovány dojnice holštýnského (dále jen H) a českého strakatého (dále jen C) skotu. Z celkového počtu cca 200 ks dojených krav je přibližně 40% krav C a 60% krav H plemene. Zvířata jsou chována ve stájích s technologií volného boxového ustájení s přistýláním se stálým přístupem do zpevněných výběhů. Směsné krmné dávky jsou sestavovány rozdílně pro 4 skupiny dle stádia laktace a reprodukčního cyklu plemenic. Krmení je zakládáno dvakrát denně míchacím krmným vozem a několikrát denně je automaticky přikrmováno robotem. Dojení probíhá 2 x denně v tandemové dojárně 2 x 5.

Do sledování byly zařazeny plemenice C (n=17) a H (n=61) skotu 18-24 dnů před plánovaným datem otelení. Pro stanovení přímých indikátorů NEB byla odebírána krev z vena coccygea vždy ve stejnou hodinu (7:30 až 9:00 hod.). Následně bylo odseparováno sérum, které bylo zamrazeno na -80 °C až do biochemické analýzy v akreditované laboratoři VFU v Brně. Ze vzorků byly stanoveny následující biochemické parametry: neesterifikované mastné kyseliny (NEFA), β -hydroxybutyrát (BHB), triacylglyceroly (TAG), cholesterol. S ohledem na cíl předkládané práce bylo další zpracování zaměřeno na NEFA.

Ve stejných dnech jako krevní vzorky byly po otelení automaticky odebírány poměrné vzorky mléka (25-30 ml/vzorek) z ranního (3. až 5. hod.) dojení. Vzorky mléka byly analyzovány v Laboratoři pro rozbor mléka v Brně a byly stanoveny následující složky mléka: tuk, protein, laktóza, obsahově významné jednotlivé mastné kyseliny C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 a skupina mastných kyselin s dlouhým řetězcem (LCFA).

V rámci praktické části práce byla výchozí data podrobena pečlivé kontrole s použitím programu EXCEL. V závislosti na odstupu dne odběru a termínu skutečného otelení byla data kategorizována (zařazena do příslušného týdne sledování), viz tabulka č. 1.

Tab. 1: označení týdnů podle intervalu mezi datem odběru a datem porodu. (Anna Kalistová)

Interval mezi dnem odběru a datem otelení [dny]	Týden
-32 až -26	-4
-25 až -19	-3
-18 až -11	-2
-10 až -4	-1
4 až 10	1
11 až 18	2
19 až 25	3
26 až 32	4
33 až 39	5
40 až 46	6

Z dalšího zpracování byly vyřazeny záznamy zvířat, která ze zdravotních důvodů nedokončila celé sledování a rovněž i záznamy, kde z různých důvodů nebyly vzorky odebrány nebo byly vyřazeny (odlehle hodnoty, předčasný porod aj.).

3.1 Statistická analýza dat – 1. část

Hlavní část práce byla zaměřena na vývoj koncentrace NEFA v krvi dojníc C a H plemene v celém sledovaném období. Do statistické analýzy byly proto zahrnuty pouze záznamy zvířat, u kterých byly získány výsledky biochemické analýzy minimálně ve 2 týdnech před porodem a současně alespoň 3 týdny po porodu. Celkem byly hodnoceny výsledky 15 ks C a 55 ks H dojníc.

Byly vypočteny základní statistiky sledovaných parametrů. Koncentrace NEFA byla vždy v rámci jednoho týdne analyzována v pozici závisle proměnné v následujícím jednoduchém modelu s použitím procedur SAS (SAS Institute, 2006):

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}, \quad (1)$$

kde:

Y_{ij} = závisle proměnná – koncentrace NEFA v krevním séru,

μ = střední hodnota,

P_i = plemeno ($i = 1; 2$), plemeno C a H

e_{ij} = náhodná chyba, $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

Byly odhadnuty průměry nejmenších čtverců a porovnány významnosti rozdílů koncentrace NEFA mezi plemeny v jednotlivých týdnech t – testem.

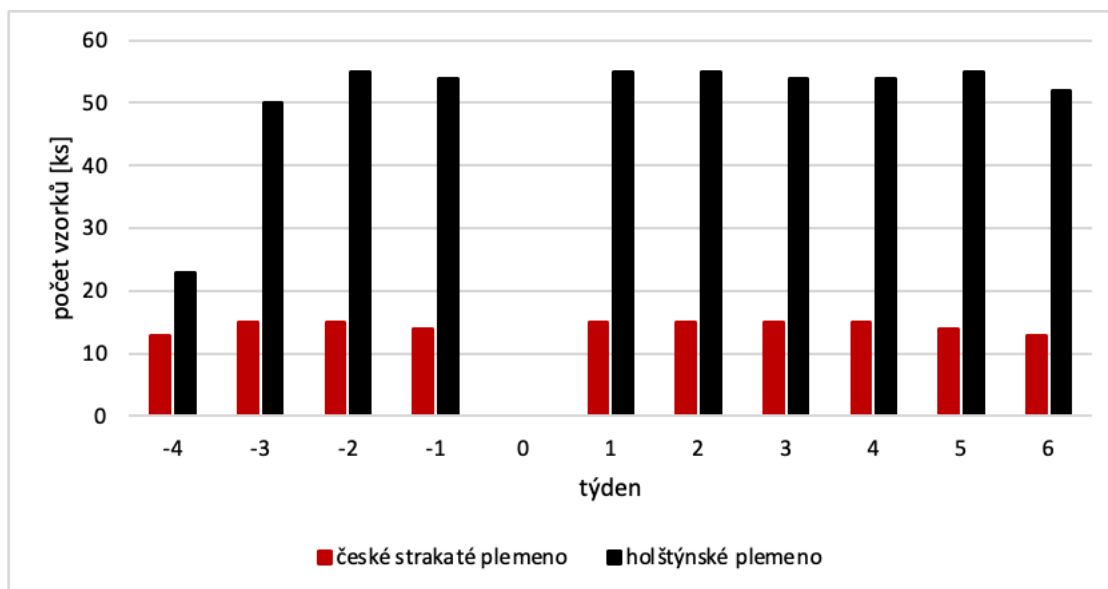
3.2 Statistická analýza dat - 2. část

Navazující část práce byla zaměřena na ověření vztahu vybraných složek mléka a koncentrace NEFA v krvi dojníc. Do zpracování bylo zahrnuto 192 záznamů od 55 ks H plemen. Z důvodu nedostatečného počtu nebyly do analýzy zahrnuty dojnice C plemene (n=15). V korelační analýze všech parametrů získaných rozbořením vzorků mléka a koncentrace NEFA v krvi byly s použitím procedur SAS (SAS Institute, 2006) vypočteny Spearmanovy korelační koeficienty (r) a jejich statistická významnost (p). Korelační koeficient nabývá hodnot od $<-1;1>$, kdy hodnota 1, resp. -1 reprezentuje plně pozitivní, resp. negativní lineární vztah sledovaného páru proměnných. Hodnota korelačního koeficientu blízká 0 vypovídá naopak o nezávislosti parametrů. Spearmanův korelační koeficient byl použit z důvodu jeho nezávislosti na rozdělení četností sledovaných znaků – namísto naměřených hodnot je porovnáváno jejich pořadí dle velikosti dané proměnné.

4 VÝSLEDKY

Graf č. 1 vypovídá o počtech odebraných vzorků v jednotlivých týdnech sledování u obou plemen. Z grafu je zřejmé mnohem vyšší zastoupení H dojnic v experimentu oproti skupině C. Nevyrovnanost skupin komplikuje hodnocení výsledků sledování.

Graf č. 1: Četnosti odebraných vzorků v jednotlivých týdnech dle plemen C a H. (Anna Kalistová)



Základní statistiky koncentrací NEFA v krvi dojnic v týdnech před a po otelení dojnic jsou přehledně uvedeny v tabulce č. 2. Z tabulky i grafu č. 1 je patrné, že počet odebraných vzorků nebyl ve všech týdnech shodný. Z celkového počtu 70 dojnic zařazených do sledování byly 4 týdny před otelením odebrány vzorky jen 36 z nich. V dalších týdnech sledovaného období byl již počet odebraných vzorků vždy výrazně vyrovnanější ($n \geq 65$).

Tab. č. 2: Základní statistiky koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc v jednotlivých týdnech (4 týdny před otelením a 6 týdnů po otelení). (Anna Kalistová)

týden	n	NEFA [mmol/l]					percentil		
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	s	min	max	5 %	95 %	99 %
-4	36	0,128	0,130	0,071	0,010	0,350	0,030	0,310	0,350
-3	65	0,135	0,110	0,082	0,010	0,490	0,050	0,290	0,490
-2	70	0,134	0,113	0,084	0,010	0,500	0,030	0,320	0,500
-1	68	0,167	0,160	0,071	0,010	0,360	0,040	0,270	0,360
1	70	0,646	0,525	0,432	0,140	2,380	0,180	1,690	2,380
2	70	0,529	0,430	0,371	0,030	1,920	0,120	1,290	1,920
3	69	0,442	0,390	0,341	0,050	2,000	0,090	0,910	2,000
4	69	0,373	0,310	0,290	0,030	1,850	0,110	0,750	1,850
5	69	0,348	0,290	0,251	0,070	1,640	0,090	0,690	1,640
6	65	0,258	0,210	0,160	0,020	0,860	0,050	0,560	0,860

pozn. $\bar{x}$ = průměr, $\tilde{x}$ = medián, s = směrodatná odchylka

Z výsledků uvedených v tabulce je zřejmé, že celé sledované období můžeme rozdělit na 2 odlišné fáze z hlediska vývoje koncentrací NEFA v krvi dojníc. Zatímco v období před otelením se průměrné hodnoty NEFA prakticky nemění ($0,128 \leq \bar{x} \leq 0,167$) a vykazují jen velmi mírnou tendenci růstu, bezprostředně po porodu koncentrace NEFA skokově vzrostla ($\bar{x} = 0,646$) a v následující týdnech postupně klesá až na úroveň blízkou hodnotám v období před porodem ($\bar{x} = 0,258$) v 6. týdnu laktace.

Obdobné tendence vývoje koncentrace NEFA byly zaznamenány u obou sledovaných plemen (viz tabulka č. 3) s tím, že u dojníc plemene H byla zaznamenána vyšší průměrná hodnota v 1. týdnu po otelení ($\bar{x} = 0,669$) než u plemene C ($\bar{x} = 0,559$).

Tab. č. 3: Základní statistiky koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc v jednotlivých týdnech (4 týdny před otelením a 6 týdnů po otelení) podle plemen. (Anna Kalistová)

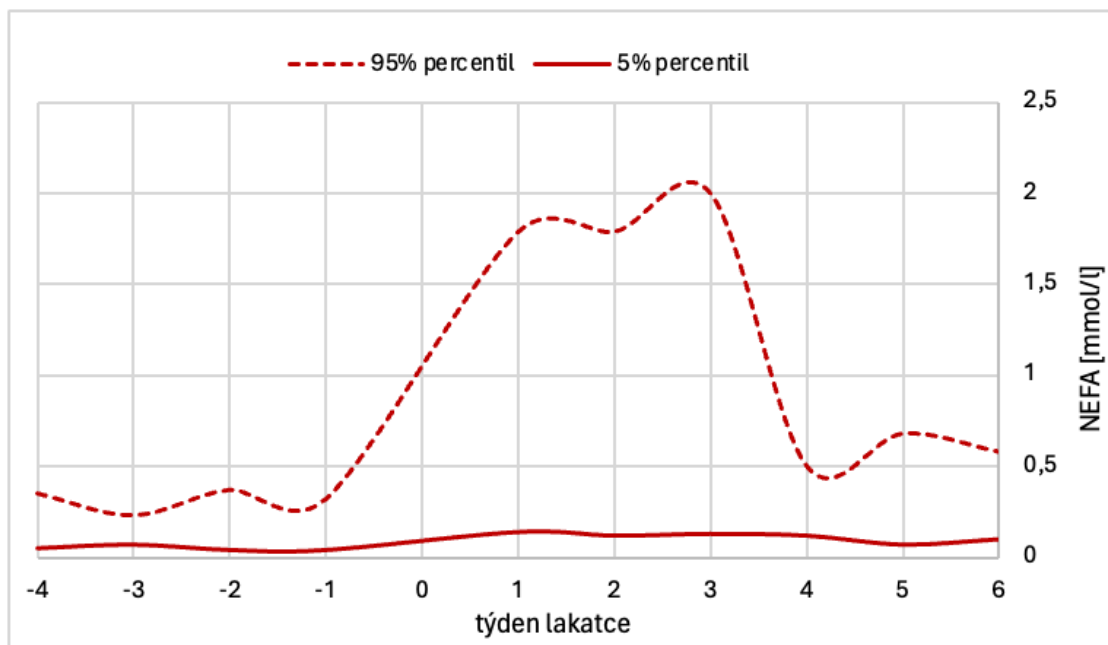
Plemeno	týden	n	NEFA [mmol/l]					percentil		
			$\bar{x}$	$\tilde{x}$	s	min	max	5 %	95 %	99 %
C	-4	13	0.139	0.130	0.081	0.050	0.350	0.050	0.350	0.350
	-3	15	0.133	0.130	0.052	0.070	0.230	0.070	0.230	0.230
	-2	15	0.147	0.120	0.095	0.040	0.370	0.040	0.370	0.370
	-1	14	0.173	0.145	0.083	0.040	0.320	0.040	0.320	0.320
	1	15	0.559	0.370	0.469	0.140	1.790	0.140	1.790	1.790
	2	15	0.462	0.270	0.478	0.120	1.790	0.120	1.790	1.790
	3	15	0.476	0.310	0.481	0.130	2.000	0.130	2.000	2.000
	4	15	0.263	0.240	0.118	0.120	0.500	0.120	0.500	0.500
	5	14	0.240	0.210	0.166	0.070	0.680	0.070	0.680	0.680
	6	13	0.238	0.190	0.162	0.100	0.580	0.100	0.580	0.580
H	-4	23	0.121	0.110	0.065	0.010	0.310	0.030	0.210	0.310
	-3	50	0.136	0.110	0.090	0.010	0.490	0.050	0.320	0.490
	-2	55	0.131	0.110	0.082	0.010	0.500	0.030	0.250	0.500
	-1	54	0.166	0.175	0.068	0.010	0.360	0.030	0.260	0.360
	1	55	0.669	0.580	0.423	0.160	2.380	0.190	1.690	2.380
	2	55	0.548	0.460	0.339	0.030	1.920	0.080	1.150	1.920
	3	54	0.433	0.400	0.296	0.050	1.890	0.080	0.870	1.890
	4	54	0.403	0.355	0.316	0.030	1.850	0.110	0.970	1.850
	5	55	0.376	0.310	0.263	0.070	1.640	0.090	0.840	1.640
	6	52	0.263	0.250	0.161	0.020	0.860	0.020	0.500	0.860

Spolu se změnou průměrných hodnot koncentrací NEFA dojníc v poporodním období oproti období před otelením vzrostla i proměnlivost naměřených hodnot. Jak je zřejmé z tabulky č. 2 i tabulky č. 3 byly směrodatné odchylky v 1. týdnu laktace celkově i v rámci obou sledovaných plemen řádově vyšší ($s = 0,432$; $s = 0,469$ u plemene C; $s = 0,423$ u plemene H) oproti období před otelením ($s \leq 0,084$; $s \leq 0,095$ u plemene C; $s \leq 0,090$ u plemene H).

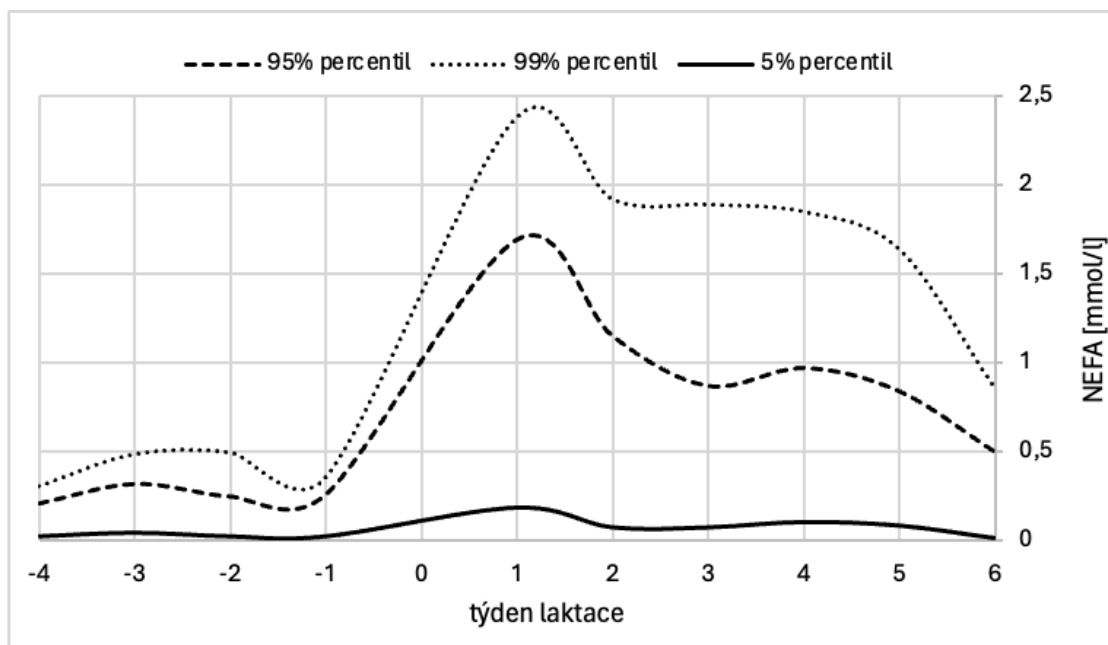
V grafech č. 2 a 3 je dobře patrné zvýšení proměnlivosti NEFA v krvi dojníc po otelení. Náhlá změna proměnlivosti je důsledkem posunu maximálních naměřených hodnot, jak je v grafech zvýrazněno prostřednictvím křivek proložených 95 % percentily u plemene C, resp. 99 %

percentily hodnot u plemene H. Zároveň se hodnoty 5 % percentilu u obou plemen v celém sledovaném období výrazněji nemění.

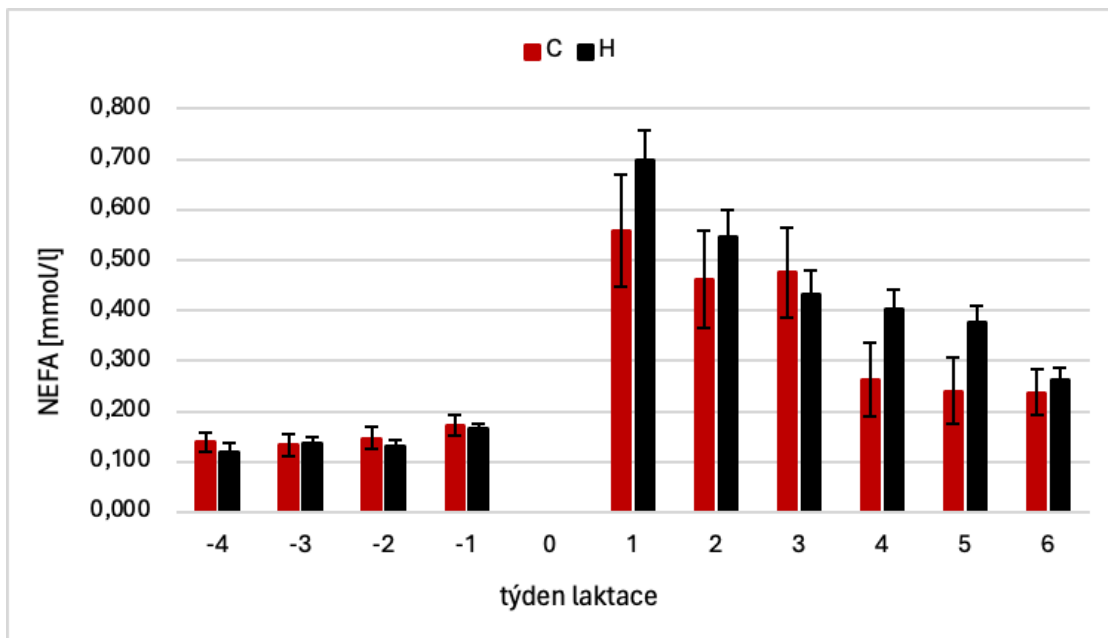
Graf č. 2: Percentily (5%; 95%) koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojnic C skotu v jednotlivých týdnech. (Anna Kalistová)



Graf č. 3: Percentily (5%; 95%; 99%) koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojnic H skotu v jednotlivých týdnech. (Anna Kalistová)

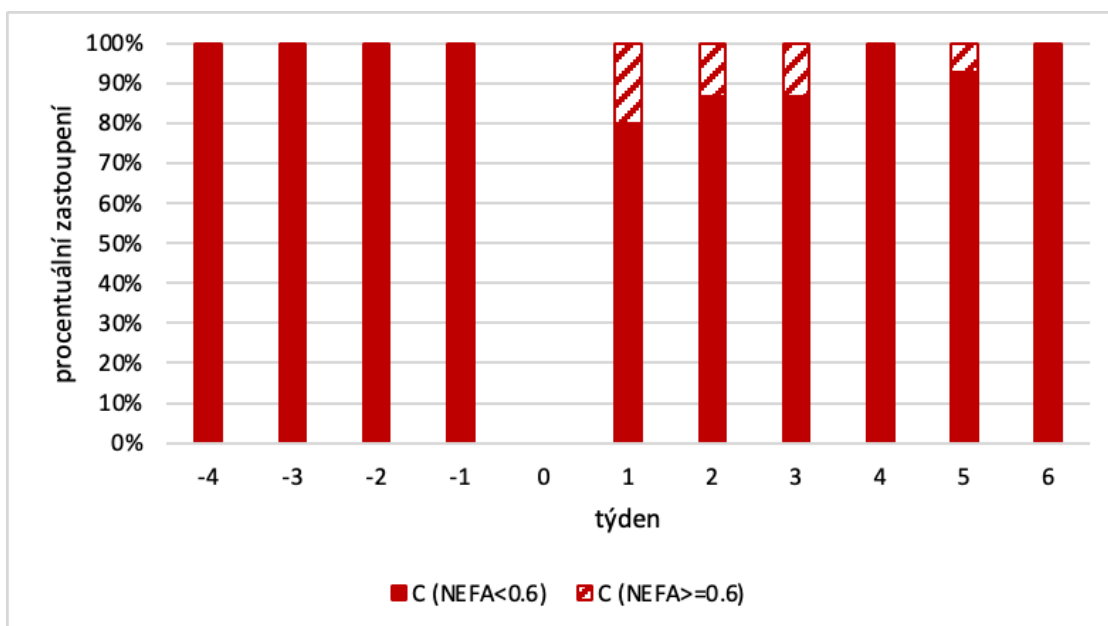


Graf č. 4: Průměry nejmenších čtverců a standardní chyby koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojnic v jednotlivých týdnech dle plemen. (Anna Kalistová)



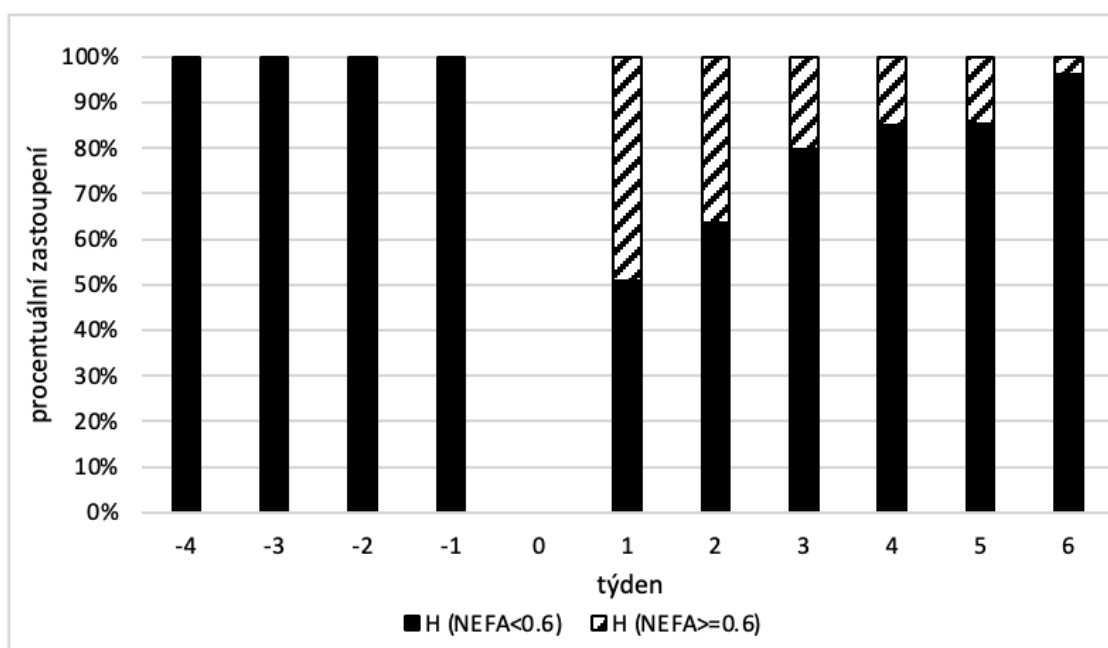
V grafu č. 4 jsou uvedeny odhady průměrů nejmenších čtverců (dále jen LSM) i standardní chyby odhadů (dále jen SE). Výsledky analýzy potvrdily již dříve uvedená zjištění vývoje koncentrace NEFA u obou sledovaných plemen. Z grafu je rovněž dobře patrné, že na počátku laktace dosáhly dojnice H plemene vyšších hodnot NEFA v krvi a zřejmě u nich dochází i k pomalejšímu snižování projevu NEB. Zjištěné rozdíly mezi plemeny nebyly statisticky průkazné ($p > 0.05$), nejvíce se přiblížily hladině významnosti v 5. týdnu laktace ($p=0,071$).

Graf č. 5: Relativní zastoupení [%] dojníc C plemene v NEB (NEFA $\geq 0,6$ mmol) v jednotlivých týdnech. (Anna Kalistová)



V grafech č. 5 a 6 je porovnáváno zastoupení dojníc, které se v jednotlivých týdnech sledování nacházely v NEB, tj. koncentrace NEFA $\geq 0,6$ mmol/l. Z porovnání je zřejmé, že 50 % H dojníc bylo v 1. týdnu v NEB oproti jen 20 % u plemene C. Ve 4. týdnu již ve skupině C nebyla zaznamenána žádná dojnice vykazující NEB, zatímco u H plemene zůstává v NEB 4% dojníc ještě v 6. týdnu. taktéž patrná odchylka - v 5. týdnu laktace. Z obou grafů vyplývá, že v týdnech před porodem se obě plemena nenachází v NEB.

Graf č. 6: Relativní zastoupení [%] dojníc H plemene v NEB (NEFA $\geq 0,6$ mmol) v jednotlivých týdnech. (Anna Kalistová)



Tab. č. 4: Vztahy obsahu základních složek v mléce H dojníc vyjádřené formou Spearmanových korelačních koeficientů (r). (Anna Kalistová)

		tuk [%]	protein [%]	tuk:protein [%]	laktóza [%]
tuk [%]	r		0.177	0.882	-0.237
	p		0.014	<.0001	0.001
protein [%]	r			-0.249	-0.227
	p			0.001	0.002
tuk:protein	r				-0.098
	p				0.177

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny Spearmanovy korelační koeficienty (r) mezi základními složkami mléka a jejich statistická významnost (p). Nejtěsnější vztah byl zaznamenán mezi poměrem tuku a proteinem a obsahem tuku ($r=0.882$; $p<0.001$). Obsah mléčného cukru je v negativním vztahu k obsahu tuku ($r=-0,237$) i obsahu bílkovin ($r=-0,227$).

Tab. č. 5: Vztahy obsahu základních složek mléka, vybraných mastných kyselin obsažených v mléce (C14:0, C18:0, C18:1, C16:0 a skupiny LCFA - [g/100g tuku]) a koncentrací NEFA [mmol/l] v krvi H dojníc vyjádřené formou Spearmanových korelačních koeficientů (r). (Anna Kalistová)

		C14:0	C18:0	C18:1	C16:0	LCFA	NEFA
		[g/100 g tuku]					[mmol/l]
Tuk [%]	r	-0.416	0.028	0.057	0.172	0.045	0.24
	p	<.0001	0.701	0.432	0.017	0.538	0.001
Protein [%]	r	-0.195	0.317	0.081	-0.18	0.145	0.186
	p	0.007	<.0001	0.262	0.012	0.044	0.001
tuk:protein [%]	r	-0.317	-0.136	-0.021	0.277	-0.048	0.142
	p	<.0001	0.06	0.768	0.0001	0.512	0.05
Laktóza [%]	r	0.312	-0.309	-0.295	0.189	-0.26	-0.179
	p	<.0001	<.0001	<.0001	0.009	0.0003	0.013
Mastné kyseliny v mléce [g/100 g tuku]							
C14:0	r		-0.733	-0.823	0.693	-0.860	-0.56
	p		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C18:0	r			0.759	-0.849	0.877	0.423
	p			<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C18:1	r				-0,862	0.950	0.499
	p				<.0001	<.0001	<.0001
C16:0	r					-0.912	-0.422
	p					<.0001	<.0001
LCFA	r						0.497
	p						<.0001

V tabulce č. 5 jsou uvedeny Spearmanovy korelační koeficienty (r) a jejich statistická významnost (p) mezi základními složkami mléka, vybranými mastnými kyselinami obsaženými v mléce a NEFA v krvi dojníc H plemene. Nejtěsnější vztahy ke koncentraci NEFA jako primárnímu indikátoru energetického stavu dojníc vykazaly obsahy kyseliny myristové (C14:0) a kyseliny olejové (C18:1) v mléce. Zatímco vztah NEFA k C14:0 byl výrazně negativní ($r=-0.56$), vztah k C18:1 byl pozitivní ($r=0.499$) a v obou případech vysoce statisticky významný ($p<0.001$). Velmi podobný pozitivní vztah byl zaznamenán také mezi NEFA a skupinou LCFA ($r=0.497$; $p<0.001$). Méně těsný vztah byl stanoven s kyselinou stearovou (C18:0; $r=0.423$), resp. kyselinou palmitovou (C16:0; $r=-0.422$), v obou případech statisticky vysoce významný ($p<0.001$).

Z porovnání vztahů NEFA k obsahu základních složek mléka ($r=-0.179$ až 0.24) je zřejmé, že vztahy k vybraným mastným kyselinám jsou mnohem těsnější a dávají mnohem lepší

perspektivu k jejich využití v predikci energetického stavu dojnic. V současnosti využívaný indikátor tuk:protein vykázal velmi nízkou korelaci s NEFA ($r=0.142$) na hranici významnosti ($p=0.05$). Z tabulky je rovněž patrné, že mezi obsahem jednotlivých mastných kyselin v mléce jsou velmi těsné vztahy ($r=-0.912$ až -0.733 ; resp. $r=0.693$ až 0.95), které bude třeba zohlednit ve výběru vhodných prediktorů energetické bilance dojnic.

5 DISKUZE

Porovnání vývoje koncentrace NEFA v krvi dojníc plemen C a H v době okolo otelení zkomplikovalo nevyrovnané zastoupení obou skupin ve sledovaném souboru. Proto bylo nezbytné použití složitějších metod výpočtu a snížila se i kvalita výsledků sledování vzhledem k nízkému počtu C plemeni. S ohledem na zastoupení plemen na Účelovém hospodářství Výzkumného ústavu živočišné výroby v.v.i. v Uhřetěvsi a charakter sledování v provozních podmínkách farmy, nebylo možné vytvářet početně vyvážené skupiny. Do pokusu byly zařazeny všechny dojnice na farmě, které se nacházely v době zahájení experimentu 18-24 dnů před předpokládaným otelením.

Nižší počet odebraných vzorků 4 týdny před otelením (36 vzorků) byl způsoben prodloužením doby březosti u většiny zvířat (průměrná délka březosti 280 dnů). Vzorky byly odebírány 18-24 dnů před plánovaným otelením a v důsledku pozdějších porodů byly proto získány o 1 týden dříve i když u menšího počtu zvířat.

Byl taktéž sledován vývoj koncentrace NEFA v krvi. Z výsledků je patrné, že hodnota NEFA po porodu významně vzrostla (viz tabulky č. 2 a 3). V souvislosti se změnou proměnlivosti NEFA, kdy došlo k výraznému zvýšení koncentrací u části zvířat po otelení (viz graf č. 2 a 3), bude zřejmě nutné změnit metodický přístup ke zpracování výsledků. Je pravděpodobné, že byla narušena normalita rozdělení četností, což bude nezbytné v dalším zpracování ověřit.

Z výsledků vyplývá, že pravděpodobnost stavu, kdy se dojnice dostává do NEB, tj. koncentrace NEFA $\geq 0,6$ mmol/l, po 6. týdnu laktace výrazně klesá. Uvedená skutečnost však platí pouze v daných podmínkách experimentálního chovu a bude třeba je ověřit i v dalších produkčních chovech. Je také otázkou, zda prahová hodnota 0,6 mmol/l NEFA pro dojnice v NEB bude platit i v dalších týdnech laktace. (Marcae et al. (2019); Štolcová et al., 2021).

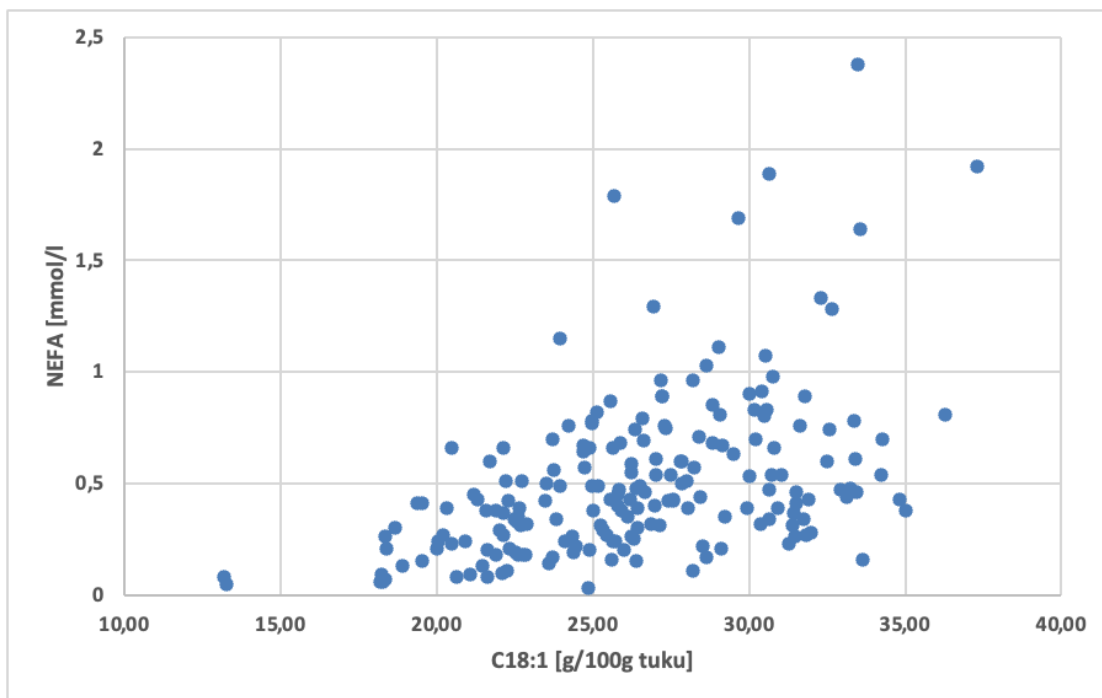
Výsledky korelační analýzy zaměřené na vztahy koncentrace NEFA v krvi H dojníc a složek mléka (viz tabulka č. 5) korespondují s výsledky jiných autorů. Štolcová et al. (2024) zjistili u dvou farem obdobné vztahy sledovaných parametrů, jaké byly zaznamenány v předkládané práci. V obou studiích byly u všech parametrů, z hlediska jejich směru, zaznamenány shodné vztahy k NEFA. Zároveň je však zřejmé, že hodnoty korelačních koeficientů se mezi jednotlivými podniky mohou i výrazněji lišit.

Výrazně vyšší korelace vybraných mastných kyselin v mléce k NEFA oproti korelacím s hlavními složkami mléka jsou nadějně, ale pro výběr vhodných prediktorů bude třeba studie mnohem širšího rozsahu. Zároveň je třeba zohlednit i metabolismus jednotlivých mastných kyselin. Příkladem může být kyselina palmitová (C16:0), která má velmi komplikovaný metabolismus a jeví se proto jako méně vhodná pro predikci.

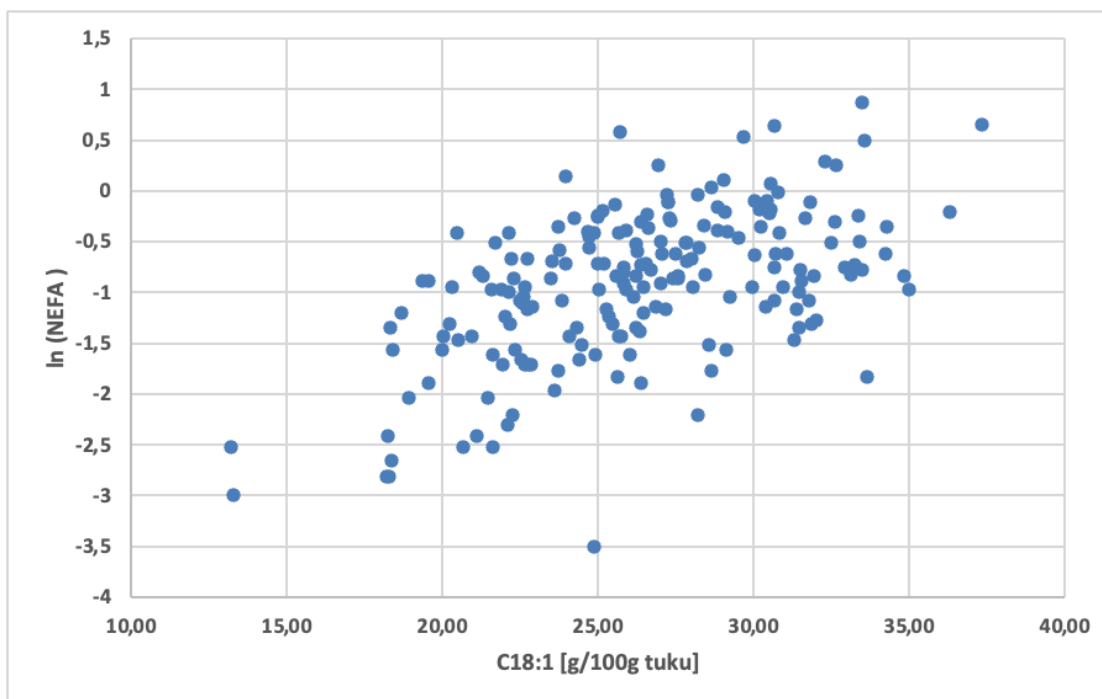
Použití Spearmanova korelačního koeficientu, který je nezávislý na rozdělení četností jednotlivých parametrů, si vyžádalo zjištění o významné změně proměnlivosti koncentrace NEFA po porodu dojníc v první části práce. Výše uvedený problém je dobře patrný v

bodovém grafu č. 7, ve kterém je zobrazen obsah C18:1 v mléce oproti koncentraci NEFA v krvi. Řešením problému výrazně vyšší proměnlivosti NEFA ve vyšších koncentracích by mohla být logaritmická transformace hodnot NEFA ($x = \ln \text{NEFA}$), jak ukazuje graf č. 8. Uvedená transformace byla použita i v práci Štolcová et al. (2024).

Graf č. 7: Obsah kyseliny olejové (C18:1) v mléce [g/100g tuku] a koncentrace NEFA [mmol/l] v krvi H dojníc.



Graf č. 8: Obsah kyseliny olejové (C18:1) v mléce [g/100g tuku] a koncentrace NEFA [mmol/l] v krvi H dojníc po logaritmické transformaci ($\ln(\text{NEFA})$).



6 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo porovnat vývoj koncentrace NEFA v krevním séru dojníc C a H plemene v období okolo porodu. Získané výsledky ukázaly obdobnou dynamiku vývoje koncentrace NEFA v krvi u obou sledovaných plemen. V období před otelením se průměrné hodnoty NEFA prakticky nemění ($0,128 \leq \bar{x} \leq 0,167$) a vykazují jen velmi mírnou tendenci růstu. Bezprostředně po porodu koncentrace NEFA skokově vzrůstá ($\bar{x} = 0,646$) a v následující týdnech postupně klesá až na úroveň blízkou hodnotám v období před porodem ($\bar{x} = 0,258$) v 6. týdnu laktace.

Přestože zjištěné rozdíly mezi plemeny nebyly statisticky průkazné ($p > 0.05$), dosáhly dojnice H plemene na počátku laktace vyšších hodnot NEFA v krvi, více dojníc se dostalo do NEB (50 %) a zřejmě u nich dochází i k pomalejšímu snižování projevu NEB. Zjištění zřejmě souvisí s vyšší produkcí mléka a tím i větší energetickou zátěží dojníc H plemene.

Dalším cílem bylo ověření vztahů NEFA k vybraným složkám mléka a doporučit vhodné složky pro predikci NEFA, resp. energetického stavu dojníc. Dosažené výsledky potvrdily těsnější vztah koncentrace NEFA v krevním séru dojníc H plemene k obsahu vybraných mastných kyselin ($r = -0.56$ až -0.42 ; resp. $r = 0.42$ až 0.499) oproti obsahu základních složek mléka ($r = -0.179$ až 0.24). Na základě dílčích výsledků studie je možno konstatovat, že se jako nejvhodnější prediktory NEFA, resp. energetického stavu dojníc se jeví kyselina olejová (C18:1; $r = 0.499$) a kyselina myristová (C14:0; $r = -0.56$).

Dosažené výsledky jsou platné za daných podmínek experimentálního chovu a bude je proto třeba ověřit i v dalších podnicích, jiných provozních podmínkách.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Český strakatý skot. CESTR [online]. 2023 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z:

<https://www.cestr.cz/cs/plemeno/cesky-strakaty-skot>

GROSS J., VAN DORLAND, H. A., BRUCKMAIER, R. M., SCHWARTZ, F. J. 2011. Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 78. 479 – 488.

HOLSTEIN 2019: Šlechtitelský program českého holštýnského skotu. Dostupné z:

<https://www.holstein.cz/cz/soubory-ke-stazeni/slechteni/slechtitelsky-program/273-slechtitelsky-program-2019/file>

CHURAKOV, M., KARLSSON, J., EDVARDSSON RASMUSSEN, A., HOLTENIUS, K., 2021. Milk fatty acids as an indicators of negative energy balance of dairy cows in early lactation. *Animal* 15, 100253. doi:10.1016/j.animal.2021.100253.

JORJONG, S., VAN KNEGSEL, A. T. M., VERWAEREN, J., VAL LAHOZ, M., BRUCKMAIER, R. M., DE BAETS, B., KEMP, B., FIEVEZ, V. 2014. Milk fatty acids as possible biomarkers to early diagnose elevated concentrations of blood plasma nonesterified fatty acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97. 7054 – 7064.

KUČERA, J. Šlechtění českého strakatého skotu. Praha: Svaz chovatelů českého strakatého skotu, 2004.

MACRAE, A.I., BURROUGH, E., FORREST, J., CORBISHLEY, A., RUSSELL, G., SHAW, D.J. 2019. Prevalence of excessive negative energy balance in commercial United Kingdom dairy herds. *The Veterinary Journal* 248, 51–57.

O plemeni. CESTR [online]. 2023 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z:

<https://www.cestr.cz/cs/plemeno/o-plemeni>

O plemeni. HOLSTEIN [online]. 2022 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z:

<https://www.holstein.cz/cz/o-plemeni>

PŘIBÍK, O. Zemědělec. Online. Zemědělec. 2004. Dostupné z:

<https://zemedelec.cz/pocet-hospodarskych-zvirat-se-v-cesku-dramaticky-snizil/>. [cit. 2024-02-25].

SAS Institute Inc. (2006): Release 9.2 of the SAS® System for Microsoft® Windows®. SAS Institute Inc., Cary, USA.

SYRŮČEK, J. ROČENKA 2022: Chov skotu v České republice. Praha: Českomoravská společnost chovatelů, 2023.

(https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2023/09/Rocenka_chovu_skotu_2022.pdf - ročenka 2022)

ŠTOLCOVÁ, M. (2020): Indikátory negativní energetické bilance u dojeného skotu. Doktorská dizertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra veterinárních disciplín, Praha, 76 s.

ŠTOLCOVÁ, M., et al. (2020). „Mastné kyseliny mléčného tuku jako potenciální biomarkery negativní energetické bilance dojníc v časně laktaci.“ Mlékařské listy 31(3): 7-11.

ŠTOLCOVÁ, M., et al. (2021b). „Vliv času dojení a týdne laktace na variabilitu nádoje a složení mléka u dojníc v časně laktaci.“ Mlékařské listy 32(6): 33-39.

ŠTOLCOVÁ, M., et al. (2024)): Milk components as potential indicators of energy status in early lactation Holstein dairy cows from two farms. Animal 18, 101235: 1-8

ŠTOLCOVÁ, M., ŘEHÁK, D., BARTOŇ, L. (2021): Changes in milk ketone and fatty acid concentrations during early lactation in Holstein and Fleckvieh cows. Czech J. Anim. Sci.66, s. 477–486.

VANĚK, D. Chov skotu a ovcí: (přednášky pro Bc). Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN 80-86642-11-9.

ZAVADILOVÁ, L. Průvodce šlechtěním dojeného skotu proti nemocem: rady pro chovatele. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-07-8.

8 SEZNAM GRAFŮ A TABULEK

Graf č. 1: Četnosti odebraných vzorků v jednotlivých týdnech dle plemen C a H.	16
Graf č. 2: Percentily (5%; 95%) koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc C skotu v jednotlivých týdnech.	19
Graf č. 3: Percentily (5%; 95%; 99%) koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc H skotu v jednotlivých týdnech.	19
Graf č. 4: Průměry nejmenších čtverců a standardní chyby koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc v jednotlivých týdnech dle plemen.	20
Graf č. 5: Relativní zastoupení [%] dojníc C plemene v NEB (NEFA $\geq 0,6$ mmol) v jednotlivých týdnech.	21
Graf č. 6: Relativní zastoupení [%] dojníc H plemene v NEB (NEFA $\geq 0,6$ mmol) v jednotlivých týdnech.	21
Graf č. 7: Obsah kyseliny olejové (C18:1) v mléce [g/100g tuku] a koncentrace NEFA [mmol/l] v krvi dojníc.	26
Graf č. 8: Obsah kyseliny olejové (C18:1) v mléce [g/100g tuku] a koncentrace NEFA [mmol/l] v krvi dojníc po logaritmické transformaci ($\ln(\text{NEFA})$).	26
Tab. 1: označení týdnů podle intervalu mezi datem odběru a datem porodu.	14
Tab. č. 2: Základní statistiky koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc v jednotlivých týdnech (4 týdny před otelením a 6 týdnů po otelení).	17
Tab. č. 3: Základní statistiky koncentrace NEFA [mmol/l] v krevním séru dojníc v jednotlivých týdnech (4 týdny před otelením a 6 týdnů po otelení) podle plemen.	18
Tab. č. 4: Vztahy obsahu základních složek v mléce vyjádřené formou Spearmanových korelačních koeficientů (r).	22
Tab. č. 5: Vztahy obsahu základních složek mléka, vybraných mastných kyselin obsažených v mléce (C14:0, C18:0, C18:1, C16:0 a skupiny LCFA - [g/100g tuku]) a koncentrací NEFA [mmol/l] v krvi dojníc vyjádřené formou Spearmanových korelačních koeficientů (r).	23