

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra chovu hospodářských zvířat**

**Vliv délky laktace na rentabilitu výroby mléka**

doktorská disertační práce

**Autor: Ing. Marek Vrhel**

**Školitel: doc. Ing. Luděk Stádník, Ph.D.**

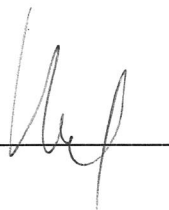
**Konzultanti: doc. Ing. Mojmír Vacek, CSc.  
Ing. Jan Syrůček, Ph.D.**

2024 ČZU v Praze

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou disertační práci "Vliv délky laktace na rentabilitu výroby mléka" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího disertační práce, a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené disertační práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

16.5.2024 



## **Poděkování**

Rád bych touto cestou vyjádřil své upřímné poděkování mé partnerce a celé mé nejbližší rodině za jejich podporu během mého studia. Dále bych chtěl poděkovat Michalovi Bechnemu, MSc. za jeho obětavou a usilovnou pomoc. Rád bych také poděkoval panu doc. Ing. Mojmíru Vackovi, CSc. za odborné vedení mé práce a Ing. Janu Syrůčkovi, Ph.D. za konzultace ekonomických souvislostí. Nakonec bych chtěl poděkovat svému školiteli doc. Ing. Ludku Stádníkovi, Ph.D. a všem kolegům za podporu během celého náročného studia.

## Acknowledgement

The research reported in this phd thesis "The effect of lactation length on the profitability of milk production" has been supported by BMK, BMAW, and the State of Upper Austria in the frame of the SCCH competence center INTEGRATE [(FFG grant no. 892418)] part of the FFG COMET Competence Centers for Excellent Technologies Programme.

# Vliv délky laktace na rentabilitu výroby mléka

## Souhrn

Cílem disertační práce bylo vyhodnotit vztah mezi délkou servis periody, resp. laktace, a průměrným denním nádojem krav a jejich roční produkcí mléka, a vliv délky a tvaru laktační křivky na rentabilitu chovu dojnic. Ke splnění cíle byl využit datový soubor zahrnující 30 357 laktací z 26 mléčných stád českého strakatého a holštýnského skotu v České republice v období let 2000 až 2020. V prezentované práci byl použit rozšířený model Woodovy laktační křivky aplikovaný na 32 skupin dat (typizací), rozdělených dle neměnných charakteristik v rámci jedné laktace (plemeno, sezóna otelení, pořadí laktace). Dále byly otestovány asociace mezi skutečnými a predikovanými charakteristikami laktace s ohledem na vybrané reprodukční ukazatele (inseminační index, délka servis periody, věk při prvním otelení, délka mezidobí). Ověřené výsledky funkčnosti modelu byly integrovány do nově vytvořené online aplikace „*Wood-Profit-Curve for optimal service period*“ (Vrhel & Bechny, 2024). Online aplikace umožňuje modelování laktačních křivek podle zadaných parametrů odhadnutých pomocí modelů s vyčíslením ekonomických ukazatelů výroby mléka.

Výsledky práce naznačují, že krávy s kratší servis periodou měly vyšší průměrný denní nádoj a roční produkci mléka. Zároveň bylo zjištěno, že příliš krátká servis perioda vede k nižší rentabilitě výroby mléka. Ekonomické vyhodnocení dojivosti při různých délkách SP, potažmo laktace byla provedena v rámci typizace ID\_28. Bylo zjištěno, že délka servis periody 70 dní byla spojena s nejvyšším průměrným denním nádojem a roční dojivostí.

Závěrem práce bylo prokázáno, že správné nastavení délky servis periody je klíčové pro maximalizaci ekonomické efektivity chovu dojnic. Výsledky práce tedy poskytují cenné poznatky pro zefektivnění výroby mléka.

**Klíčová slova:** Servis perioda, délka laktace, Wood, dojivost, rentabilita chovu

# Effect of lactation length on milk production profitability

## Summary

The aim of the dissertation was to evaluate the relationship between the length of the service period, or lactation, and the average daily milk yield of cows and their annual milk production, as well as the impact of the duration and shape of the lactation curve on the profitability of dairy farming. To achieve this goal, a data set was used that included 30,357 lactations from 26 dairy herds of Fleckvieh and Holstein cattle in the Czech Republic from 2000 to 2020. The presented work employed an extended model of Wood's lactation curve applied to 32 data groups (combo), divided according to immutable characteristics within a single lactation (breed, calving season, parity). Associations between actual and predicted lactation characteristics with respect to selected reproductive indicators (insemination index, service period length, age at first calving, calving interval) were also tested. The verified results of the model's functionality were integrated into a newly created online application "Wood-Profit-Curve for optimal service period" (Vrhel & Bechny, 2024). This online application allows for the modeling of lactation curves based on parameters estimated using models with calculated economic indicators of milk production.

The results suggest that cows with shorter service periods had higher average daily milk yields and annual milk production. It was also found that an excessively short service period leads to lower profitability of milk production. Economic evaluations of milking performance at different lengths of the service period and lactation were conducted within the typification ID\_28. It was discovered that the shortest service period (70 days) was associated with the highest average daily yield and annual milk productivity compared to longer service periods. In conclusion, the work demonstrated that proper adjustment of the service period length is crucial for maximizing the economic efficiency of dairy farming. Thus, the results provide valuable insights for enhancing milk production efficiency.

**Keywords:** Service period, lactation length, Wood, milk yield, profitability of farming

## Obsah

1. ÚVOD .....	4
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	5
2.1 Délka laktace .....	5
2.1.1 Délka mezidobí a servis periody krav .....	6
2.2 Tvar laktační křivky .....	8
2.2.1 Vliv délky laktace na ekonomiku výroby mléka .....	8
2.2.2 Vliv perzistence laktace na ekonomiku produkce mléka.....	11
2.3 Vybrané vlivy působící na reprodukci dojených stád .....	13
2.3.1 Vliv věku 1. otelení jalovic .....	14
2.3.2 Vliv porodu a jeho průběhu na užitkovost.....	15
2.3.3 Vliv výživy a BCS na reprodukci .....	16
2.3.3.1 Zdraví a užitkovost .....	18
2.3.4 Vliv podmínek prostředí a stáje .....	19
2.3.4.1 Vliv tepelného stresu .....	19
2.3.5 Vliv šlechtění a selekce.....	20
2.4 Matematické modely laktačních křivek .....	21
2.4.1 Metody predikce laktačních křivek.....	25
3. HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE.....	28
4. METODIKA PRÁCE .....	29
4.1 Struktura databáze .....	29
4.2 Modelování laktačních křivek .....	31
4.2.1 Příprava databáze a preprocessing dat.....	32
4.2.2 Výběr vhodného modelu.....	33
4.2.3 Numerická přípustnost odhadu rozšířeného Woodova modelu .....	36
4.3 Vyhodnocení ekonomiky výroby mléka .....	36
4.3.1 Stanovení tzv. neměnných nákladů .....	37

4.3.2	Stanovení nákladů na krmiva.....	40
4.3.3	Křivky příjmu sušiny .....	42
4.3.3.1	Stanovení výnosů.....	43
4.4	Ekonomické vyhodnocení modelových případů.....	43
4.4.1	První způsob ekonomického hodnocení podle plemen.....	43
4.4.2	Druhý způsob ekonomického hodnocení Podle délky SP .....	44
5.	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	46
5.1	Základní vyhodnocení sledovaného souboru.....	46
5.1.1	Typizace laktačních křivek .....	46
5.1.2	Základní statistiky a vizualizace pro typizaci ID_29.....	47
5.1.3	Základní statistiky pro všechny typizace .....	53
5.2	Statistické výsledky odhadnutých modelů napříč typizacemi .....	56
5.3	Evaluace modelu na typizaci ID_29 .....	66
5.3.1	Výsledky evaluace modelu .....	66
5.3.2	Výsledky korelační analýzy pro typizaci ID_29.....	69
5.3.3	Evaluace charakteristik laktace pro typizaci ID_29 .....	80
5.3.4	Analýza distribuce nádoje a chyb pro typizaci ID_29.....	95
5.4	Vyhodnocení charakteristik laktace pro všechny typizace .....	108
5.4.1	Výsledky korelační analýzy pro všechny typizace.....	124
5.4.2	Analýza distribuce nádoje a chyb pro všechny typizace .....	133
5.5	Ekonomická vyhodnocení .....	142
5.5.1	Výsledek kalkulace ekonomiky produkce mléka dle údajů za rok 2022.....	142
5.5.2	Porovnání rentability při různých délkách SP .....	150
6.	ZÁVĚR.....	158
7.	PRAKTICKÝ VÝSTUP DISERTAČNÍ PRÁCE .....	160
8.	PUBLIKAČNÍ AKTIVITA .....	161
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	164

10. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, SNÍMKŮ A PŘÍLOH.....	186
11. Samostatné přílohy .....	191

# 1. ÚVOD

Tržní prostředí a tlak obchodních řetězců má za následek relativně nízkou úroveň nákupních cen živočišných komodit, které jsou často na hranici rentability. Chovatelé jsou tak nuceni snižovat náklady a hledat rezervy v managementu stád. Tento trend odpovídá i aktuálním směrům ve výzkumu, který se stále více zabývá optimalizací ekonomické efektivity výroby mléka s ohledem na jeho udržitelnost a rozvoj. Obecně platí, že míra rentability výroby mléka úzce souvisí s úrovní užitkovosti, reprodukce a zdravotním stavem dojnic. Vysoká produkce mléka je jedním z klíčových předpokladů dosažení požadované míry rentability, zároveň má ale vysoká mléčná užitkovost negativní vliv na plodnost a zdravotní stav dojnic. Se zhoršením plodnosti dochází ke snížení roční produkce mléka a tím i k poklesu míry rentability výroby mléka. Obecně se za ekonomicky nejvhodnější doporučuje délka mezidobí 1 rok, což je v praxi nereálné a u vysokoužitkových krav to nemusí vždy platit. Na druhou stranu, prodlužování délky laktace může být u některých dojnic spojeno s nižší roční dojivostí, zejména pokud tyto dojnice mají tendenci k poklesu dojivosti v pozdějších fázích laktace. Současně existuje riziko nežádoucího zvýšení jejich tělesné kondice v závěru laktace, což negativně souvisí s energetickou bilancí po následném otelení. V odborné literatuře lze dohledat pouze omezené informace týkající se optimalizace doby zapuštění a zabřeznutí krav s ohledem na průběh laktace, přičemž neexistují publikovaná jednoznačná doporučení. Z těchto důvodů je potřebné objasnit za jakých podmínek je daná délka laktace ekonomicky výhodná.



## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 DÉLKA LAKTACE

Výzkum v oblasti chovu dojnic ukazuje, že produkce mléka a plodnost jsou klíčovými faktory úspěšného chovu dojnic. Avšak, selektivní šlechtění krav zaměřené na zvýšení produkce mléka má nepříznivý dopad na jejich plodnost (Bello et al., 2012). Mahnani et al (2021) ve své práci poznamenal, že existuje pozitivní (nepříznivá) genetická korelace mezi délkou mezidobí a 305denní produkcí mléka. Z fyziologického hlediska je negativní energetická bilance, kterou často trpí vysokoprodukční dojnice během rané fáze laktace spojována se zhoršenou plodností. Navíc se zvyšováním produkce mléka roste i frekvence reprodukčních a metabolických poruch. Jednou z těchto poruch bývají zadržení placenty (Retained Placenta – RP), která představuje významné finanční ztráty (Lean et al., 2023). Tato situace odhaluje komplikovanost a provázanost problému optimální délky laktace, kde je třeba nalézt rovnováhu mezi optimalizací produktivity a zachováním zdraví a pohody dojnic (Van Kneegsel et al., 2022).

Obecně se v literatuře uvádí délka mezidobí jednoho roku, což odpovídá délce servis periodě (SP) přibližně 85 dní. Délka mezidobí koresponduje s délkou laktace, například dojnice s délkou mezidobí 365 dnů a délkou doby stání na sucho 60 dní, mají 305denní délku laktace (Steenefeld & Hogeveen, 2012). Giordano et al. (2011) ve své práci uvádějí, že délka laktace je vysoce korelována s úrovní reprodukce krav. Zkrácení délky laktace vede k vyšším nádojům mléka na krávu a rok, což znamená vyšší příjmy za prodané mléko. Kratší laktace současně vede k vyššímu počtu narozených telat, což umožní vyšší tempo genetického posunu a poskytne možné příjmy z prodeje telat. Navíc nižší počet dní v mléce (Days In Milk – DIM) stáda souvisí s nižším počtem vyřazování problematických krav, například z důvodu špatného zabřezávání na konci laktace (Bell et al., 2010). Zkrácení délky laktace tedy může ovlivnit ekonomickou bilanci zejména kvůli zvýšení ročních příjmů za prodané mléko (Groenendaal et al., 2004). Krátka délka laktace, ale může souviset se zvýšením rizika onemocnění v době po otelení, což se v důsledku projeví zvýšenými náklady po otelení a zhoršením dojivosti v počáteční fázi laktace. Oproti tomu delší laktace prodlužuje období sestupné fáze laktace, což může vést k produkci mléka pod výrobními náklady. Na druhou stranu zvážení možnosti prodloužení délky laktace může mít potencionální výhody pro zdraví a pohodu krav

(Daneshmand & Shahidi, 2023). Fetrow et al. (2006) uvádějí, že zvýšené procento vyřazených krav v důsledku poporodních problémů, představuje další náklady na odchov či pořízení další jalovice. Pokud není možné pořízení další jalovice v době, kdy je dojnice vyřazena, dojde k nežádoucímu snížení stavu zvířat a ke snížení produkce, zatímco fixní náklady zůstanou nezměněny. V případě výskytu vyššího procenta vyřazování krav do 90. dne laktace a nedostatečný počet náhradních jalovic se doporučuje strategie záměrného prodloužení laktace například až na 18 měsíců. Prodlužování laktací v praxi ukazuje prospěšnost pro plodnost a dobré životní podmínky zvířat (Larsson & Berglund, 2008). Dle Arbela et al. (2001) je vhodné u dojnic s produkcí nad 10 tis. kg mléka za laktaci prodloužit délku VWP a tím délku laktace o 60 dní, což má pozitivní vliv na dojivost prvotetek s vyšší prezistencí laktace. Vlivem záměrného prodloužení SP neboli laktace, dojde ke snížení nákladů na inseminaci, veterinárních nákladů a snížení nákladů na chov náhradních jalovic pro doplnění stavu stáda (Bach et al., 2008).

### **2.1.1 DÉLKA MEZIDOBÍ A SERVIS PERIODY KRAV**

K hlavním faktorům ovlivňujícím délku (SP) patří: úspěšnost detekce říje, délka dobrovolné čekací doby (VWP) – což je období do první inseminace po otelení, a míra úspěšnosti zabřezávání. Sledování a hodnocení vybraných parametrů reprodukce je důležitým nástrojem pro odhalení problémů, které mohou mít vliv na produkci mléka a tím na ekonomiku chovu. Při sledování a vyhodnocování je důležitá správná interpretace sledovaných parametrů. Nesprávné vyhodnocení použitých ukazatelů vede ke zkreslení reálného stavu a k nesprávným rozhodnutím při řízení stáda (Fodor & Ózsvári, 2015). Mezi běžně sledovaný parametr reprodukce v dojených stádech s celoročním telením je například délka mezidobí. Jedná se o časový interval mezi dvěma oteleními, většinou udávaný ve dnech. Délka mezidobí je obecně známý ukazatel, u kterého je při interpretaci nutné brát v úvahu některá omezení. Například délka mezidobí nezohledňuje vyřazená, neotelená a neinseminovaná zvířata, také nezohledňuje prvotelky, které tvoří až 40 % stáda. Výrazný nedostatek ukazatele délky mezidobí je, že vyjadřuje historické události přibližně 1,5 roku staré (Kuzebny et al., 2018). Délku mezidobí lze dobře použít v ekonomických výpočtech, ale výsledky by měly být interpretovány obezřetně (Fodor & Ózsvári, 2015). Brotherstone et al. (2004) prokázal souvislost mezi roční dojivostí a délkou mezidobí, což sledovali také Albarrán & Pollott (2013),

kteří popisují vztah mezi délkou mezidobí a perzistencí laktace. Sørensen & Østergaard (2003) uvádí, že existuje vztah mezi délkou mezidobí, počtem narozených telat a průměrnou denní či roční dojivostí mléka. Přestože krátké mezidobí pozitivně působí na vyšší počet narozených telat a vyšší denní užitkovost, prodloužená délka mezidobí spíše přispívá k problémům týkajícím se obnovy stáda, nižší natalitě a v konečném důsledku k menší velikosti stáda a celkově nižší produkci mléka. Autoři dále uvádí, že průměrná délka mezidobí by měla být 406 dnů pro bezproblémově otelená zvířata (eutocia) a 416 dnů pro zvířata s komplikovaným otelením (dystocia). Podle Titové (2021) je optimální délka mezidobí 369,4 dní, zatímco podle Atashi et al. (2021), vzhledem k produkci mléka, může být optimální až  $404 \pm 82,5$  dnů. Medián délky mezidobí uvádějí 379 dnů ( $P \leq 0,05$ ) a průměrnou délku SP = 89,4 dni. Obecně se doporučuje délka SP v rozmezí 60 dní až 90 dní, v závislosti na produkci mléka, paritě, kondici a zdravotním stavu. Japertiené & Japertas (2013) upozorňují, že délka mezidobí souvisí s délkou SP, což je počet dnů od otelení do úspěšného zabřeznutí plemence. Tato doba umožňuje zvířeti zregenerovat se ze stresu způsobeného otelením a okoloporodním obdobím s cílem umožnit regeneraci reprodukční soustavy, psychického stavu zvířete a zajistit optimální příjem krmiva pro správný začátek laktace. Prodloužení délky laktace může být opodstatněné zejména u vysokoužitkových dojnic, u kterých se mohou více projevit dopady záporné energoetické bilance (Negative Energy Balance – NEB), proto někteří autoři doporučují záměrné prodloužení délky laktace. Prodloužením VWP u prvotetek dojde k prodloužení délky mezidobí, čímž dojde k pozitivnímu ovlivnění plodnosti a zdraví v okoloporodním období. Uplatnění strategie prodloužené délky mezidobí by mělo být vždy posuzováno individuálně pro každou dojnici kvůli rozdílům v dojivosti, perzistenci laktace a zdravotnímu stavu (Burgers et al., 2021). Záměrným prodloužením délky VWP se přímo ovlivní délka SP a mezidobí, což následně vede snížení četnosti telení ve stádě. Benefitem této strategie je snížení rizika onemocnění v okoloporodním období (Friggens et al., 2004). Záměrným prodlužováním délky VWP, a tím prodlužováním jalového období krav, se snižuje roční produkce mléka, zatímco skóre tělesné kondice (BCS) ke konci laktace roste (Niozas et al., 2019). Prodlužováním doby záměrného nezapouštění do pozdějších říjí se také prodlužuje délka SP, což má negativní dopad na ekonomiku chovu díky snížené roční dojivosti mléka (Sorensen & Knight, 2002). Například Gaillard et al. (2016) uvádějí, že inseminace prováděná v pozdější fázi laktace má významný vliv na hladinu inzulínu a růstového hormonu (IGF-1), což ale podle Lucy (2004) přispívá ke zlepšení zabřezávání, zvýšení projevu říjového chování během estru, což se

v důsledku může projevit zpřesněním detekce vhodné doby inseminace (Nielsen et al., 2010). Správná detekce říjících se plemenic a jejich zapuštění v optimálním čase je klíčovým faktorem pro ekonomickou efektivitu chovu dojníc (Shahinfar et al., 2014). Příliš dlouhé období může znamenat nižší četnost telení během života zvířete, a tedy nižší celkovou produkci, zatímco příliš krátké období může oslabit dojnici a její produkce mléka může být nevyrovnaná kvůli stresu spojenému se zabřeznutím. Ribeiro & Carvalho (2018) dále zjistili, že přibližně 40 % dojníc se setká jednou či vícekrát s klinickým onemocněním během prvních 4 až 8 týdnů laktace, což představuje až 80 % všech prvních diagnóz v dané laktaci.

## **2.2 TVAR LAKTAČNÍ KŘIVKY**

Tvar laktační křivky představuje vývoj produkce mléka v průběhu času. Laktační křivka dojníc je definována na základě parametru dynamické počáteční fáze (0-45 DIM), vrcholu (46-55 DIM) a sestupné fáze laktace (56-340 DIM) (Strucken et al., 2015). Laktační křivky umožňují vyhodnotit charakteristiky produkce mléka, jako je produkce mléka na vrcholu a doba do vrcholu laktace, ale také perzistenci laktace. Tvar křivky laktace může pomoci při řízení stáda, zejména při posuzování nutričního a zdravotního stavu krav. Záznamy nádoje v období vrcholu laktace mohou být využity k predikování dojivosti (Mohanty et al., 2022). Parametry maximální produkce mléka, perzistence a délka laktace definují rozložení produkovaného mléka v průběhu laktace. Van Knegsel et al. (2022) uvádí, že některé dojnice mohou být více vhodné pro strategii záměrně prodloužené délky laktace, s cílem snížení vlivu rizikových přechodných období. Krávy s vysokou perzistencí laktace bývají vhodnější pro prodloužené laktace. Při využití sexovaných inseminačních dávek tato strategie vede k mnohem většímu počtu samic (>50 %), čímž není v nepastevních systémech nutná intenzivní reprodukce s cílem obnovy krav (Boulton et al., 2017).

### **2.2.1 VLIV DÉLKY LAKTACE NA EKONOMIKU VÝROBY MLÉKA**

Většina příjmů mléčné farmy pochází z prodeje mléka, což úzce souvisí s délkou laktace (M'hamdi et al., 2012). Obecně platí, že míra rentability produkce mléka je nejvyšší v počátečních fázích laktace, což je zejména způsobeno zkrácením délky mezidobí. U vysokoprodukčních dojníc je toto období často spojeno s nežádoucími metabolickými poruchami a problémy s plodností. Z těchto důvodů Kadokawa & Martin, (2006) doporučují

relativně delší dobu mezidobí. Tato strategie má pozitivní dopad na reprodukční a metabolické problémy, což potvrzuje i Ukita et al. (2022) a Yamazaki et al. (2013). Tyto studie také upozorňují, že genotyp a chovné prostředí, zejména u dojnic v pozdějších stádiích laktace, ovlivňují schopnost zabřezávání v souvislosti s úrovní produkce mléka. Prodlužování délky SP a tím pádem i délky mezidobí přímo zvyšuje náklady spojené s chovem dojnic potažmo produkcí mléka (Meadows et al., 2005). Knight (2005) také potvrzuje, že prodloužení doby VWP, může snížit riziko vzniku problémů během puerperia a prohloubení z NEB po otelení. Tato strategie může přispět k lepším výsledkům reprodukce stáda (Leroy et al., 2017). Z vědeckých prací vyplývá, že více než polovinu celkových nákladů představují náklady na krmiva a steliva pro krávy. Náklady na odchov mladého dobytka začínají ihned po jeho narození, přičemž odchov telat a jalovic činí přibližně 20 % celkových nákladů, což je druhý největší podíl nákladů po krmivech a stelivech (Bach, 2011; Syrůček et al., 2017). Na druhou stranu, náklady na krmivo pro laktující krávy představují 48 až 50 % celkových nákladů na produkci, zatímco odchov zvířat pro obměnu stáda představuje téměř 23 % nákladů na výrobu mléka. Gukezhev & Gabaev (2019) uvádí, že nízká rentabilita dojnic je způsobena vysokými náklady na produkci, potažmo krátkou dobou produkce mléka nad bodem zvratu (Meadows et al., 2005). Náklady na krmivo, pracovní sílu a veterinární výdaje jsou také výrazně ovlivněny strategií managementu. To je způsobeno tím, že délka laktace, délka stání na sucho a počet inseminací potřebných k zabřeznutí silně korelují s úrovní reprodukce (Dash et al., 2018). Proto je při výběru dlouhodobé strategie reprodukce třeba zvážit všechny faktory, které přispívají k variabilitě reprodukce a ekonomiky podniku (De Vries, 2006; Galvão et al., 2013). Burgers et al. (2021) ve své studii na 4 800 dojnicích, konstatovali, že většina zdravotních problémů se vyskytuje v okoloporodním období. Na základě toho naznačují, že prodloužením doby VWP, (doba před první inseminací) se prodlouží mezidobí, ale zároveň může dojít k pozitivnímu ovlivnění plodnosti a zdravotního stavu krav. Také zdůrazňují, že některé dojnice mohou lépe reagovat na prodlouženou laktaci než jiné, v závislosti na jejich úrovni produkce mléka, perzistence laktace a zdravotním stavu. Doporučují optimální délku mezidobí od 364 do 531 dnů. Práce Seegerse (2006) se zaměřuje na ekonomické dopady nedostatečné úrovně reprodukce dojnic. Autor dále potvrzuje, různorodost přístupu chovatelů. Někteří chovatelé nemají zájem o hodnocení ekonomiky reprodukce, zatímco jiní hledají způsoby, jak analyzovat a predikovat ekonomický dopad problémů v reprodukci. Úroveň produkce mléka a míra perzistence laktace jsou základními parametry pro stanovení optimální délky mezidobí.

Prodloužení délky laktace je ekonomicky opodstatněné u prvotetek, díky zvýšení obsahu tuku a bílkovin v mléce, což je v rozporu s tvrzením, že každý den prodloužení laktace navíc stojí v přepočtu 65,4 Kč (Arbel et al., 2001). Hadad (2020) ve své práci uvádí, že prvotelky mají průměrný index perzistence laktace  $61,091 \pm 0,64$  %. Hlavní ekonomické ztráty vznikají v důsledku nežádoucího vyřazení krav kvůli reprodukčním problémům (Seegers, 2006). Inchaisri et al. (2010) při sledování špatné úrovně reprodukce v Nizozemsku zjistili průměrnou ekonomickou ztrátu v přepočtu 5 900 Kč na krávu za rok. Marquez et al. (2022) ve své práci uvádějí, že z hlediska ekonomicky udržitelné produkce mléka je optimální délka mezidobí 12. až 13. měsíců. Na základě izraelských ekonomických modelů bylo zjištěno, že prodloužení délky mezidobí ze 12 na 13 měsíců zvyšuje rozdíl mezi ziskem za prodané mléko, náklady na krmení a variabilními náklady. Případné další prodloužení na 14 nebo 15 měsíců vedlo stále ke zhoršení ekonomické situace a ve většině scénářů dokonce ke značným ztrátám (Arbel et al., 2001). Britská studie ve svých výsledcích uvádí, že až 15 % živě narozených jalovic nedosáhlo první laktace a pouze 19 % se otelilo za život jen jednou (Brickell & Wathes, 2011). Khan et al. (2007) spočítali, že před odstavením telete představuje největší podíl nákladů mléko či mléčná náhražka. Boulton et al. (2017) ve své práci ze Spojeného království uvádí, že průměrný náklad na odchov jalovic byl v přepočtu přibližně 53 000 Kč na jednu jalovici, s denním průměrným nákladem 67 Kč. Cena byla ovlivněna výší nákladů na odchov, věk při prvním otelení či délka strávená na pastvině. Všechny přímé a nepřímé náklady mohou být v případě jalovic pro chovatele velmi obtížně vyčíslitelné. Průměrná marže na jednu jalovici se pohybovala kolem 12 900 Kč. Doba ekonomické návratnosti byla většinou po druhém otelení, tedy 530 dní od 1. otelení. Závěr práce potvrzuje, že dosažení zisku je podmíněno optimalizací managementu reprodukce a celkového odchovu (Boulton et al., 2017). Balhara et al. (2021) zdůrazňují, že spolehlivost údajů pro moderní výpočetní metody, má zásadní vliv na vyhodnocení a optimalizaci reprodukci zvířat. Z tohoto důvodu se reprodukční účinnost stává jedním z klíčových prvků pro optimalizaci ekonomického úspěchu mléčných stád. V chovatelské praxi se lze setkat s podceňováním skutečných nákladů spojených s odchovem jalovic, jelikož často chybí komplexní ekonomické informace. V tuzemských stádech se dojnice obvykle dožívají v průměru od 2,5 až 4 laktací. Z výsledků dále vyplývá, že krávy se obvykle poprvé telí ve 24 měsících, což odpovídá přibližně 4,5 až 6 roků délky života. Na druhou stranu, přirozená délka života skotu se pohybuje kolem 20 let. Stále zůstává otázkou, proč chované dojnice, i

přes implementaci moderních vědeckých a technologických poznatků, se dožívají průměrně jen zhruba 6 let (Ali et al., 2019).

### **2.2.2 VLIV PERZISTENCE LAKTACE NA EKONOMIKU PRODUKCE MLÉKA**

Index perzistence laktace je definován jako schopnost udržovat stabilní mléčnou produkci i po dosažení vrcholné fáze (Cole et al., 2023). Jedná se o klíčový ukazatel efektivity a produkčního potenciálu krav (Torshizi et al., 2019). Perzistence laktace se obvykle počítá na základě poměrů parciálních a celkových nádojů mléka. Míra perzistence laktace se významnou měrou odráží na ekonomické bilanci dojnic (Fu et al., 2021). Cole & Null (2009) dodávají, že dojnice s vysokou perzistencí laktace produkuje méně mléka na počátku laktace, ale více mléka v pozdější fázi laktace (Hermiz & Hadad (2020)). Faktory ovlivňující míru perzistence laktace mohou být vlivy environmentální, genetické, efekt otce, management stáda, pořadí laktace, úroveň výživy a krmení, stupeň březosti případně sezóna telení (Koloi et al., 2018). Na základě těchto poznatků vyplývá vhodná strategie snížení perzistence laktace před vrcholem, zkrácením doby dosažení vrcholu laktace, zatímco prodloužit období po vrcholu (Togashi & Lin, 2002). Pro vyhodnocení perzistence existuje několik metod, včetně měření poklesu denní produkce mléka, matematických modelů jako je například Woodův model laktační křivky a času potřebného k dosažení poloviny maximálního výkonu. Výběr metody může ovlivnit konečné stanovení hodnoty perzistence (Canaza-Cayo et al., 2015). Tekerli et al. (2000) zjistili, že délka SP je také spojena s tvarem laktační křivky. Jejich analýza ukázala, že krávy, které zabřezly krátce po otelení, měly nižší perzistenci a že pokles sklonu laktační křivky po vrcholu klesal úměrně s prodlouženou délkou SP. Prodloužená délka SP má dle Sorensen & Knight (2002) vliv také na welfare zvířete, protože je méně vystaveno poporodnímu stresu. Míra perzistence laktace má do značné míry vliv také na náklady produkce mléka. Což lze vysvětlit náhlým poklesem produkce mléka po vrcholu laktace, čímž dojde ke zvýšení nákladů v důsledku nerovnoměrnosti produkce během laktace. Z ekonomického pohledu jsou tedy krávy s plochou laktační křivkou, které vykazují vyšší míru perzistence laktace, schopny produkovat mléko s nižšími celkovými náklady (Bouallegue & M'Hamdi, 2020). Ekonomická efektivnost dojného stáda může být vyjádřena mnoha způsoby. Obecně ekonomická bilance stáda zahrnuje příjmy, fixní náklady a variabilní náklady, což jsou údaje, které je obtížné přesně kalkulovat (Balaine et al., 2023), jelikož stádo dojnic je velmi složitý systém s četnými

mechanismy zpětné vazby (Dubey et al., 2021). Kvůli dlouhému generačnímu intervalu v chovu skotu, může uplynout několik let, než změny v užitkovosti jednotlivých zvířat např. účinky období odchovu jalovic, ovlivní finanční výkonnost stáda jako celku (Van der Heide et al., 2020). Kristensen et al. (2008) ve své práci uvádí, že pokud není hodnota aktiv zemědělského podniku dobře známa, lze použít částečné měřítko ziskovosti zemědělského podniku. V rámci hodnocení tvaru laktační křivky na ekonomiku chovu autoři definovali 8 klíčových ukazatelů efektivity stáda (KPI): tvar laktačních křivek, reprodukční efektivity, management jalovic, variace mezi kravami v perzistenci laktační křivky, mortalita u krav, mortalita u telat, dynamika tělesné kondice a počet somatických buněk (PSB) (Shalloo et al., 2004; Kristensen et al., 2008). Perzistence laktace jakožto jedna z charakteristik laktační křivky, prokazatelně zvyšuje ziskovost na úrovni krav. Tedy krávy s vyšší perzistencí laktace byly ziskovější (Burgers et al., 2021), což ve své práci naznačuje také Němečková et al. (2015). Míra perzistence laktace je ovlivněna množstvím mléčných buněk a jejich intenzitou sekrece mléka (Pal et al., 2019). Záměrná selekce pro vyšší míru perzistence laktace by mohla více zploštit a prodloužit laktační křivku, což by snížilo relativně častou potřebu zaprahování vysokoprodukčních dojnic a snížilo dobu neproduktivního času během mezidobí. Z tohoto hlediska má perzistence laktace ekonomický význam (Burgers et al., 2022). Zahraniční práce, které se zabývali selekčním potenciálem perzistence laktace uvádí, že míra heritability se pohybuje  $h^2 = 0,09 - 0,30$  (Cole & Null, 2009), oproti tomu Otwinowska-Mindur & Ptak (2015) uvádí hodnotu heritability parametrů produkce mléka  $h^2 = 0,01$  do  $0,05$ , podobně jako (Koloj & Mandal (2020).

Burgers et al. (2021) ve své práci zjistili, že prodloužením VWP, krávy dosahovaly více perzistentních laktačních křivek. Ma et al. (2022) uvádí, že prodloužení VWP zlepšuje míru zabřezávání. Prokázané diference v perzistentních laktacích, produkci mléka či BCS naznačují, že se jedná o propojený vztah distribuce energie, což může souviset také se změnami koncentrace hormonů v krvi během laktace. Pozitivní energetická bilance se u dojnic vyskytuje ve střední fázi laktace (po vrcholu) a v pozdější fázi laktace, což se následně projevuje vyšší sekrecí inzulínu (Zinicola & Bicalho, 2019), potažmo distribucí více energie směrem k tělesným rezervám pro produkci mléka (Lucy, 2008). Metodu vyhodnocení míry perzistence laktace publikovali mezi prvními Johannsson & Hansson (1940), kteří popsali výpočet:

- $P_{2:1} = (\%)$  index perzistence; nádoj (kg) za 2.100 dní laktace/1.100 dní \*100,
- $P_{3:1} = (\%)$  index perzistence; nádoj (kg) za 3.100 dní laktace/1.100 dní \*100,



- $P_{3:2}$  = (%) index perzistence; nádoj (kg) za 3.100 dní laktace/2.100 dní \*100,
- $P_{3:T}$  = (%) index perzistence; nádoj (kg) za 3.100 dní laktace/všechny dny v laktaci \*100,
- $P_{305:50}$  = (%) index perzistence; nádoj (kg) za 305 dní laktace/50. dní \*100,
- $P_{112:70}$  = (%) index perzistence; nádoj (kg) za 112 dní laktace – 70 dnů/70 dnů \*100

(Koloi et al., 2018; Shokri-Sangari et al., 2019). Autoři tyto indexy ve své práci použili pro hodnocení genetických a negenetických faktorů perzistence laktace kříženek plemene Jersey. Výsledky studie dokládají vliv otce na indexy perzistence  $P_{2:1}$ ,  $P_{305:50}$ ,  $P_{112:70}$ . Tento výsledek naznačuje, že genetické faktory jako například vliv konkrétního otce, mohou mít vliv na míru perzistence. Dále autoři uvádí, že vliv genetických skupin se sdílenými charakteristikami (plemeno, linie apod.) nebyl signifikantní, ačkoliv existuje genetická diverzita mezi těmito skupinami. Další faktory ovlivňující perzistenci laktace mohou být například doba či období otelení, pořadí laktace, což potvrzuje Arbel et al. (2001) potvrzují, že prvotelky dosahují vyšší míry perzistence laktace.

### 2.3 VYBRANÉ VLIVY PŮSOBÍCÍ NA REPRODUKCI DOJENÝCH STÁD

Moderní vědecké poznatky naznačují, že reprodukční úspěšnost je ovlivněna řadou biologických a manažerských faktorů. Mezi biologické faktory patří výživa, zdravotní stav krav, jejich genetika apod. (Negrón-Pérez et al., 2019). Mezi manažerské faktory lze řadit například management stáda, podmínky chovu, řízení kondice, techniky inseminace a monitorování reprodukčních cyklů a provádění inseminace v optimální době (Armengol et al., 2022). Kashoma et al., (2015) naznačují, že prvotelky měly významně delší dobu laktace než starší krávy. Z výzkumu vyplývá, že průměrná délka laktace odráží skutečnost, že krávy nebyly včas připraveny k zasušení a dojily se po prodlouženou dobu (Krishantan & Sinniah, 2014). Délka laktace by neměla překročit standardní délku 305 dní pro plemena dobytka, protože by to mohlo vést ke zvýšení délky mezidobí.

Arbel et al. (2001) uvádějí, že již bylo provedeno mnoho studií potvrzujících vliv parity na mléčnou užitkovost krav a v podstatě všechny studie ukázaly, že produkce mléka se zvyšuje s počtem laktací a dosahuje maxima ve čtvrté nebo páté laktaci (Sorensen et al., 2006).

### 2.3.1 VLIV VĚKU 1. OTELENÍ JALOVIC

Mezi klíčové faktory ovlivňující jak úroveň reprodukce, produkce, tak i ekonomickou bilanci odchovu zvířete je věk prvního otelení (Boulton et al., 2017). Věk jalovice při prvním otelení je přímo ovlivněn stářím, kdy byla jalovice zařazena do reprodukce. Stáří jalovice je důležitým faktorem, jelikož ovlivňuje míru efektivity chovu dojnic. Jedná se o důležitý faktor při obnově stáda dojnic a může být ovlivněn změnou rychlosti růstu (Ettema & Santos, 2004). Dále jej dle Boro et al. (2020) ovlivňuje sezóna otelení, velikost stáda, ale také management jalovic a intenzita výživy. V této souvislosti je zásadní chovatelská strategie s cílem dosáhnout požadované hmotnosti a výšky. Obecně se uvádí, že optimální věk při prvním otelení je mezi 23. až 24. měsíc věku (Nilforooshan & Edriss, 2004). Snížení věku prvního otelení může zkrátit generační interval, což může vést k rychlejšímu genetickému posunu stáda (Muiño et al., 2021). Zároveň ale příliš brzké zařazení mladých zvířat do reprodukce může zvýšit riziko během otelení, ovlivnit množství a složení mléka v laktaci a zhoršit pozdější reprodukční schopnost (Eastham et al., 2018). Ettema & Santos (2004) naznačují, že příliš nízký věk prvního otelení může negativně ovlivnit růst a dospívání (Vrhel et al., 2021), což se ve výsledku projeví ve sníženém množství produkovaného mléka na první laktaci a potažmo rychlostí vyrovnání rostoucích nákladů. Na druhou stranu prodloužení věku 1. otelení může ovlivnit dojivost, množství tuku a bílkovin či snížit riziko komplikací během porodu hlavně u prvotetek (Wathes et al., 2014). Vyšší věk při prvním otelení je také spojován se zvýšením procenta tuku a snížením procenta bílkovin v mléce. Salimiyekta et al. (2021) dodává, že dojivost rostla u prvotetek až do 28. měsíce věku prvního otelení, zároveň ale měly vyšší náklady na odchov, což snižuje zisk z prodeje mléka. Autoři ve své studii počítali, že když se věk jalovice při prvním otelení sníží z 26 měsíců na 24 měsíců, dojde ke zlepšení ekonomické bilance o přibližně 990 Kč na zvíře, což je způsobeno vyššími výnosy z prodeje mléka po odečtení nákladů na odchov. Krpálková et al. (2014) uvádějí, že s ohledem na dojivost, složky mléka, počet inseminací pro zabřeznutí, délku servis periody (SP) a délku mezidobí doporučují věk prvního otelení kratší než 700 dní pro holštýnské plemeno dojnic, k čemuž Larsson & Barglund (2000) dodávají, že inseminace jalovice místo ve 12. měsíci až v 15. měsíci věku zvýšilo inseminační index ze 1,6 na 1,9.

### 2.3.2 VLIV PORODU A JEHO PRŮBĚHU NA UŽITKOVOST

Vliv průběhu porodu může mít podstatný dopad nejen na ekonomickou efektivitu chovu, ale také na pohodu a welfare zvířat. Porod u dojného skotu představuje komplexní proces iniciovaný plodem, který je řízen sérií hormonálních účinků a fyziologických změn. Toto období je vysoce rizikové jak pro matku, tak pro potomky (Eaglen et al., 2011). Dystokie neboli porodní komplikace, je jednou z nejčastějších poruch, která souvisí s poporodními problémy (PPP). Prodloužený či obtížný porod může způsobovat nežádoucí stres, který negativně ovlivňuje plodnost, produkci mléka a welfare matky (Mee, 2008). U novorozených telat má negativní dopad na jejich životaschopnost, růst a budoucí produktivitu (Kovács et al., 2016). Takové porody mohou vést k významným ekonomickým ztrátám v důsledku snížené absorpce imunoglobulinů z kolostra, což následně zvyšuje morbiditu a mortalitu telat (Hulbert & Moisés, 2016). Délku negativního vlivu na mléčnou produkci nelze s přesností určit. Výzkum Tenhagena et al. (2007) naznačuje, že negativní důsledky se mohou projevit v rozmezí několika týdnů až šesti měsíců. Barrier & Haskell (2011) naznačuje, že komplikované porody mohou ovlivnit celou laktaci. Mainau et al. (2022) poukazují na to, že krávy, které prodělaly dystokii, mají tendenci ležet delší dobu, častěji vstávají a ulehají a celkově ujdou menší počet kroků ve srovnání s krávami, které neměly do 7. den po porodu žádné zdravotní komplikace. Závěry práce Lombard et al. (2007) naznačují, že ve Spojených státech amerických u mléčného skotu se vyskytuje dystokie v rozmezí od 10,7 do 51,2 %, zatímco v Evropě od 2 do 22 %. Výskyt úhynu telat do 48 hodin života se ve Spojených státech amerických pohybuje od 5,3 do 13,2 %, přičemž většina případů se vyskytuje u telat narozených prvotelkám (Mahnani et al., 2018). Výzkum prováděný Bahrami-Yekdangi et al. (2020) ukazuje, že krávy s obdobím stání na sucho delším než 100 dní měly nejvyšší frekvenci výskytu dystokie. Naopak krávy s dobou stání na sucho mezi 46–60 dny, vykazovaly nejnižší incidenci dystokie. Závěry zmíněné ve studii potvrzují, že délka stání na sucho, porodní hmotnost telat, délka březosti, ale také výskyt hypokalcemie jsou významnými rizikovými faktory pro výskyt komplikací při porodu.

Prevence komplikovaných porodů, zejména u jalovic, je velmi důležitou součástí úspěšného reprodukčního programu. Existuje mnoho faktorů, které mohou ovlivnit výskyt dystokie, mezi nejvýznamnější lze řadit výběr vhodného plemenného býka a jalovice. Optimální vývoj jalovic a nástup puberty v souvislosti celoživotní reprodukce, ale také vliv výživy a krmení (Funnell & Hilton (2016).

### 2.3.3 VLIV VÝŽIVY A BCS NA REPRODUKCI

Úroveň výživy má významný vliv na schopnost reprodukce skotu, potažmo na ekonomickou efektivitu výroby mléka. Nedostatečný příjem energie, zejména v období po porodu, negativně ovlivňuje nástup laktace a reprodukční funkce skotu (Cardoso et al., 2020). Nesprávně vybalancovaná výživa koresponduje s prohloubením důsledků záporné energetické bilance, což vede k poklesu hladiny hormonů, ke snížení hladiny glukózy, inzulínu a růstových faktorů (Berry et al., 2014). Důsledkem nedostatečné výživy je narušení funkce vaječnicků a obecně poruchy plodnosti. Krávy, u kterých se projevuje záporná energetická bilance, mají prodloužené období anovulace. Nedostatečná kondice v období po porodu je navíc spojena s výraznými reprodukčními problémy (Santos, 2008).

Úroveň managementu výživy a krmení může do určité míry ovlivnit také projevy říjí plemenic, a tudíž jejich vyhledávání. Je obecně známo, že nedostatek živin až podvýživa mohou zpomalit, nebo dokonce potlačit estrální expresi (Abedal-Majed et al., 2023). Souvislost energetického stavu během tranzitního období a reprodukční účinnost dojnic byla již mnohokrát prokázána (Souissi & Bouraoui, 2019; Paudel et al., 2023). Wisnieski et al. (2019) definují tranzitní období jako dobu 3 týdny před otelením a přibližně 3 týdny po otelení. Právě toto období představuje značné riziko, protože produkce mléka a den laktace (DIM) se dramaticky zvyšují, k čemuž Roelofs et al. (2005) zároveň dodává, že následný pokles nadoje mléka je také ovlivněn DIM. V tranzitním období dochází u některých krav k prohloubení záporné energetické bilance (NEB), mobilizaci energie z tukové tkáně a ke ztrátě kondice (BCS) a hmotnosti (Grummer, 2008). Je obecně známo, že krávy s nadměrnou kondicí při otelení mají sníženou chuť k příjmu krmiva, a právě u těchto krav se projeví závažnější NEB (Mann, 2022). V důsledku toho dochází k vyšší mobilizaci tělesného tuku a hromadění triglyceridů v játrech (Butler, 2003). Rozdíly v závažnosti a trvání NEB u jednotlivých krav úzce souvisí s rozdíly příjmu sušiny během první fáze laktace (Grummer, 2008). Dle Sehested et al. (2019) se kondice zvířat výrazně podílí na schopnosti zabřeznout, což ovlivní nejen úroveň reprodukce, ale také produkce mléka. Výrazné zhoršení plodnosti korespondovalo se snížením BCS po otelení o více než 1,5 bodu. V takovém případě dochází k prohloubení NEB a zpomalení první ovulace, prodloužení luteální fáze, snížení cyklicity, omezení produkce estradiolu, růstového faktoru IGF-1 a LH vlivem poklesu inzulínu v krvi (Martin et al., 2022). Výrazný pokles kondice během 30 dní po otelení oddaluje první ovulaci a negativně ovlivní míru zabřezávání. Přibližně 60 dní po otelení by

změna kondice neměla přesáhnout jeden bod na stupnici hodnocení BCS pozitivně či negativně (Souissi & Bouraoui, 2019). K výraznému zpoždění aktivity vaječníků dochází v případě nedostatečného pokrytí výživových požadavků v posledním trimestru březosti (Koşal et al., 2021). López-Gatius et al. (2003) uvádějí, že příliš nízký BCS při otelení ovlivňuje míru zabřezávání při první inseminaci a prodlužuje období poporodního anestrů. Berry et al. (2016) ve své studii uvádějí, že poruchy reprodukce jsou často přisuzovány prohloubení záporné energetické bilance v souvislosti s intenzivní selekcí pro maximální produkci mléka. Dále také tělesná kondice, tepelný stres, věk zvířete, úroveň produkce mléka či zdravotní problémy (Cabrera, 2014). Chandra et al. (2011) uvádí, že vývoj preovulačního folikulu u dojníc trvá přibližně 40 dní od rané antrální fáze do ovulace. Pokud se v této fázi u dojnice projevuje NEB, může jejím následkem dojít k ovlivnění kvality oocyty a k poruchám vývoje folikulů a luteální tkáně (CL). To následně může vést ke snížené míře zabřezávání (Harder et al., 2019). Zahraniční studie potvrzují, že klíčovými faktory zhoršující se plodnosti jsou vysoká míra prevalence časně embryonální odúmrti a snížená kvalita oocytů a embrií. Nicméně kvalita uvolněných oocytů a embrií může být těmito inzulinovými dietami negativně ovlivněna (Walsh et al., 2011). Pascottini et al. (2020) naznačuje, že fertilizace není považována za hlavní problém, ale je jí nízká kvalita oocytů a nepříznivé podmínky děložního prostředí, které jsou spojovány až se 30 % úmrtností embrií. Zdravé krávy by měly poprvé ovulovat ještě před první inseminací. Tato inseminace se obvykle provádí přibližně 60. den dle délky VWP. Obecně lze očekávat, že 1. až 2. estrální cyklus probíhá již mezi 20. – 30. dnem po otelení a obvykle trvá od 19 do 24 dní (Bruinje et al., 2023). Roelofs et al. (2005) zjistili, že ovulace nastává  $30,0 \pm 5,1$  h po nástupu estru. Nástup estru byl identifikován jako nejlepší prediktor času ovulace, projevující se  $28,7 \pm 5,3$  h před ovulací. Tento nástup se objevil se v 90 % říjí. Avšak negativní energetická bilance může způsobit nepravidelné cykly, což prodlužuje dobu do první inseminace a snižuje míru zabřezávání. Existuje všeobecná shoda, že některé problémy spojené s plodností zvířat a produkcí mléka lze řešit optimalizací výživy a krmení. Tento závěr je založen na logickém základě, nelze však problematiku takto bagatelizovat. Například dle Liebigova principu minima (von Liebig, 1840) je úroveň reprodukce ovlivněna nedostatkem konkrétního živinového faktoru, což vede k prohloubení dysbalance a snížení reprodukční funkce zvířete. Některé reprodukční strategie, jako například časované inseminace (TAI), mohou napomoci tento problém řešit. Avšak mohou také zakrýt skutečné biologické problémy krav, které vznikají v důsledku selekce pro vysokou produkci mléka (De Vries et al., 2005;

McNeill et al., 2006). Nežádoucí prohloubení NEB dojníc a s tím související endokrinní a metabolické důsledky (Leroy et al., 2008; Gilmore et al., 2011), ale také vlivy stravy bohaté na energii a bílkoviny. Strava s vyšším obsahem škrobů může zlepšit energetický stav krav a tím stimulovat aktivitu vaječníků po porodu. Hut et al. (2019) prokázali, že prvotelky jsou více náchylné k NEB než starší krávy, což potvrzuje také De Vries & Marcondes (2020). Ti dále zdůrazňují význam kvalitního managementu krmení během celého dne. Cabrera & Kalantari (2016) uvádí, že pro krávy je dostupnost správně promíchaného a homogenizovaného krmiva důležitější než skutečné množství živin. Pokud se mezi dojnícemi vyskytuje konkurenční chování o krmení či vodu, dochází ke výraznému snížení příjmu živin. Frekvence návštěv krmného žlabu se zvyšuje v době zakládání krmné dávky, která by podle Kinga et al. (2016) měla být zakládána 2x denně. Rozdělením kategorie dojníc podle nutričních požadavků na dvě stejně velké skupiny, dojde k navýšení příjmu sušiny a tím ke zlepšení užítkovosti a rentability chovu (Wu et al., 2018). Avšak rozdělení na tři a více skupin snižuje ekonomickou efektivitu Cabrera & Kalantari (2016).

### **2.3.3.1 Zdraví a užítkovost**

Zahraniční odborná literatura potvrzuje nejvyšší zdravotní rizika s důsledky na produkci mléka v poporodním období. Zvýšené riziko narůstá v kombinaci nízké úrovně výživy a metabolických změn, které nastávají po porodu. Dle Sordillo (2016) mají tyto změny za následek oslabení imunitního systému a zvýšení rizika mikrobiálních infekcí, k čemuž Sheldon et al. (2009) dodává, že zvětšená děloha krav po porodu, obsahuje zbytky plodové vody a tím představuje zvýšené riziko děložních infekcí. Ribeiro & Carvalho (2018) konstatují, že přibližně třetina dojníc trpí v prvním týdnu laktace minimálně třemi klinickými onemocněními, jako jsou metritida, mastitida, nemoci pohybového aparátu, metabolické nebo respirační onemocnění. Tato poporodní onemocnění mají negativní vliv na produkci mléka, ekonomickou bilanci a také na pohodu dojníc. Diagnostika a léčba nemocných krav, společně se sníženou tržností mléka od těchto dojníc, se významnou měrou podílejí na ekonomické bilanci podniku (Carvalho et al., 2019). Ribeiro et al. (2016) dodávají, že klinická onemocnění mají také dlouhodobý dopad na fyziologii dojníc, což snižuje jejich produktivitu i po zotavení. Dojnice, které prodělaly alespoň jedno klinické onemocnění po porodu, mají sníženou plodnost. Tyto poznatky potvrzují také Carvalho et al. (2019), kteří ve své práci uvádí, že dojnice, u nichž se vyskytlo klinické onemocnění během prvních 21 dní po otelení, došlo k

výraznému snížení jejich 305denní doживosti ve srovnání s kravami bez klinického onemocnění. Toto snížení nebylo způsobeno pouze okamžitými ztrátami během klinického projevu zdravotních problémů, ale také byl zjištěn vliv na tvar laktační křivky i po odeznění klinických příznaků.

### **2.3.4 VLIV PODMÍNEK PROSTŘEDÍ A STÁJE**

Významný vliv systému ustájení a technologických řešení na pohodu a welfare dojnic ve své práci zmiňují Krueger et al. (2020), kde dodávají, že dobré životní podmínky zvířat přímo ovlivňují užitkovost chovaných zvířat. Délka odpočinku koreluje s hodnotou Cow Comfort Indexu (CCI). Dle Dimov & Marinov (2019) existuje vliv odpočinku a doby ležení dojnic na zdraví a užitkovost. Autoři Tucker et al. (2021) upozorňují, že kulhání krav často vzniká v důsledku nepříznivých podmínek pro ležení, kdy jsou krávy dlouhou dobu nuceny stát. Kulhání následně může vést k prodloužené době ležení. Na délku a kvalitu odpočinku dojnic má vliv mnoho faktorů, jako jsou reprodukční stav, věk a produkční schopnost, ale také kvalita stájového prostředí či úroveň technologie. Mezi faktory negativně ovlivňující dobu ležení a welfare, patří dostatečná kapacita správně dimenzovaných lehacích boxů. Nedostatečné množství, ale také nevhodný stelivový materiál souvisí s ochotou dojnic ulehat, což se může mít vliv na dobu žraní a přežvykování. Wrzecińska et al. (2021) ve své práci naznačují, že technologie ustájení a koncentrace zvířat ve skupinách ovlivňuje úroveň projevů říjového chování. Toto potvrzuje ve své práci publikaci Witkowska & Poniewaź (2022), kteří uvádí, že dojnice chované například ve volném boxovém systému ustájení s plnou podlahou, vykazují vyšší míru výskytu onemocnění končetin, reprodukčních poruch a mastitid. Zatímco dojnice chované na hluboké podestýlce, která je charakterizována vrstvou materiálu (např. slámy, pilin), která je dostatečně mohutná a poskytuje pohodlné ležení, mají produkční život delší o přibližně 8 měsíců ve srovnání s dalšími typy ustájení.

#### **2.3.4.1 Vliv tepelného stresu**

Mezi významné vnější faktory ovlivňující jak reprodukci, tak také produkci dojených stád, je tepelný stres. Dle Hansena (2011) vysoká teplota může negativně ovlivnit růst a zrání oocytů, což snižuje jejich kvalitu, která se dále projeví méně výraznými projevy říje a zvýšení tichých říjí (Herbut & Angrecka, 2012). Dále bylo prokázáno, že vysoké teploty mohou nejen snížit

intenzitu projevů estru, ale také zkrátit délku estru, což komplikuje detekci říje a stanovení vhodné doby inseminace. Následkem čehož dochází k prodloužení délky servis periody a délky laktace (Liu et al., 2019; Sammad et al., 2020). V důsledku tepelného stresu dochází dále k poruchám vývoje embrya, snížené produkci interferonu tau a narušené funkci endometria, což přispívá ke zvýšené míře embryonální mortality způsobené oxidačním stresem, způsobeného produkcí reaktivních forem kyslíku (ROS) a mitochondriální dysfunkce (Fear & Hansen, 2011; Khan et al., 2020; Guo et al., 2021). Na základě poznatků v oblasti tepelného stresu se v provozních podmínkách se lze setkat s různými metodami eliminace vlivu tepelného stresu v letních měsících. Obecně uznávanou praktikou bývá kombinace metod pasivní ventilace, aktivní ventilace a skrápěče v tranzitních uzlech. Mezi další méně používané metody mohou být optimalizace výživy a krmení s ohledem na množství energie a bílkovin ve směsné krmné dávce (TMR), krmení chráněných tuků a aminokyselin, což napomáhá zvířatům vyrovnat se s vysokými teplotami a snížit negativní dopad jak na produkci, tak reprodukci zvířat (Wolfenson et al., 1995; Girma & Gebremariam, 2019).

### **2.3.5 VLIV ŠLECHTĚNÍ A SELEKCE**

Úspěšná reprodukce plemenic se významně podílí na úrovni produkce mléka, což má dopad na ekonomickou efektivnost celého chovu (Alkerwi & Hassooni, 2021). Intenzivní selekce mléčného skotu byla již od druhé poloviny 20. století zaměřena především na zvyšování produkce mléka. Asociace mezi zvýšenou produkcí a sníženou schopností reprodukce byla popsána již v 70. letech (Berry et al., 2016). V posledních letech se vlivem intenzivního šlechtění skotu výrazně zvyšovala úroveň produkce mléka. Zároveň docházelo vlivem zvyšující se dojivosti k poklesu dlouhověkosti dojnic (Abramova et al., 2018). Trend zvyšování užitkovosti výrazně souvisí s pokroky ve výživě, managementu stáda, zdravotní péči dojnic, ale také s využíváním metod genomování pro zvýšení spolehlivosti znaků spojených s reprodukcí plemenic. Těmito postupy se dosáhlo navýšení užitkovosti dojnic až na přibližně 12 000 kg mléka za laktaci (Consentini et al., 2021). Zároveň bylo prokázáno, že selekce na vyšší produkci mléka koreluje se zhoršením parametrů plodnosti a zdravotním stavem dojnic (Weigel et al., 2017; Sammad et al., 2020). Dash et al. (2016) uvádí, že plodnost je ovlivňována genetickými, výživovými, hormonálními, fyziopatologickými, managementovými nebo environmentálními faktory. Podle Thiruvankadan et al. (2010) má plodnost skotu nízkou úroveň dědivosti. Jak



uvádí Ali et al. (2019), míra heritability dosahuje  $h^2 = 0,1$  až  $0,2$ , což poukazuje na významnou roli spíše negenetických faktorů (Ricci et al., 2020). Podle Carvalho et al. (2018) patří mezi negenetické metody pro zvýšení plodnosti lepší detekce estru, synchronizace estru a časované inseminace (TAI). Bylo prokázáno, že u vysokoprodukčních krav došlo při srovnání TAI s umělou inseminací (AI) k výraznému zvýšení plodnosti. Zároveň Toledo-Alvarado et al. (2018) upozorňují, že během říje dochází k významnému snížení dojivosti mléka, což vysvětlují zvýšenou pohybovou aktivitou a příjmem krmiva. Ribeiro et al. (2018) na základě závěrů svého výzkumu doporučují, aby krávy v pozdějších laktacích s klesající perzistencí laktace a snižující se produkcí mléka byly zapuštěny dříve po otelení a dále, že při stanovení vhodné doby inseminace je vhodné vzít v úvahu individuální úroveň produkce mléka každé dojnice. Brito et al. (2021) ve své práci potvrdili vliv nadměrného šlechtění krav na vysokou mléčnou užitkovost. Autoři se zaměřili na negativní důsledky na zdraví, plodnost, dlouhověkost a senzitivitu na stájové prostředí.

## **2.4 MATEMATICKÉ MODELY LAKTAČNÍCH KŘIVEK**

Základem matematického modelování laktačních křivek je pochopení fyziologických principů laktace. Laktační křivka je determinována dobou otelení, rychlým nárůstem produkce mléka, následovaný vrcholnou fází a poté fází postupného poklesu produkce mléka až do ukončení laktace (Ferreira et al., 2015). Modelování laktačních křivek slouží jako efektivní nástroj pro sledování jednotlivých parametrů užitkovosti, plánování krmení, včasné odhalení zdravotních komplikací či chorob ještě před klinickými příznaky (Bouallegue & M'Hamdi, 2020). Modely laktačních křivek se také uplatňují pro hodnocení míry perzistence laktace. Moderní počítačové systémy fungují na bázi pokročilého statistického modelování a strojového učení a disponují schopností efektivně pracovat s velkými datovými soubory. Schopnost optimalizovat složité datové sady a aproximovat chybějící hodnoty, činí z těchto metod vhodné nástroje pro zpracování a interpretaci výsledků. V odvětví chovu dojnic se stále více uplatňuje integrace matematických funkcí do faremního softwaru s cílem optimalizovat strategie a postupy chovu (Bouallegue & M'Hamdi, 2020). Z pohledu dojnic tyto metody umožňují sledování individuální produkce, což usnadňuje efektivnější plánování a včasnou detekci nemocí ještě před výskytem klinických příznaků. Modelování laktace může sloužit například pro výběr zvířat, která mají být dále nezařazována do reprodukce či vyřazena z chovu (Lee & Park, 2022). Laktační křivka může

být popsána buď empirickými (Wood, 1967; Wilmink, 1987) nebo mechanistickými (Dijkstra et al., 1997) matematickými funkcemi (Macciotta et al., 2011), anebo funkci LiGAPS navrženou Van der Linden et al. (2019). Empirické funkce primárně slouží k popisu základních charakteristik laktační křivky. Jsou sestaveny s ohledem na flexibilitu a variabilitu datových sad. Tyto funkce se zaměřují na obecné trendy v datech, což znamená, že se méně zohledňují fyziologické a biologické vlivy. Efektivně umožňují odhadnout charakteristiky křivky jako datum a úroveň vrcholu produkce, perzistence a celková produkce mléka. Předností empirické funkce je jednoduchost analýzy laktace (Gupta et al., 2020). Oproti tomu mechanistické funkce mají podstatu v biologických a fyziologických zákonitostech laktace. Tyto funkce vysvětlují mechanismus za charakterem produkce mléka, a proto jsou komplikovanější (Muñeton et al., 2023). Schopnost modelu popsat vrcholnou fázi laktace a sestupnou fázi, je důležitá pro odhad denního nádoje během modelování prodloužených laktací (Steri et al., 2012). Pro deskripci většího množství variant tvarů laktačních křivek, jsou vhodné například Legendreovy polynomy, protože jejich matematické vlastnosti mají nižší korelaci mezi parametry (Macciotta et al., 2005). Většina moderních metod byla navržena v souvislosti automatických dojcích systémů (AMS), které umožňují získávat velké množství detailních údajů, které jsou následně zpracovány (Cogato et al., 2021). Gauthier et al. (2019) ve své práci také uvádí, že s ohledem na rostoucí objem dat, které jsou získávána v chovech dojnic, se tradiční statistické metody stávají stále více vystaveny problémům spojeným s velikostí těchto datových sad. Silvestre et al. (2005) uvádí, že díky detailnějším údajům jako individuální genetické údaje, záznamy o laktacích a denní záznamy produkce se mění zaměření matematických metod modelování k flexibilnějším lineárním funkcím jako například polynomy či spliny. Vypovídací schopnost matematického modelu do určité míry závisí na konkrétním účelu a použití. V chovatelské praxi je stále častěji zvažována strategie prodlužování laktací a s tím souvisejícími nové charakterové vlastnosti laktačních křivek. Matematické modelování laktace není novým konceptem. S rozvojem moderních výpočetních technologií a metod se stává stále efektivnější. Výběr optimálního matematického modelu závisí především na jeho schopnosti přesně nejlépe popisovat reálná data z laktace u dojnic (Mikhailov, 2020). Statistická analýza hraje klíčovou roli v hodnocení adekvátnosti a při výběru nejvhodnějšího modelu pro konkrétní zadání. Výběr modelu by neměl být ovlivněn pouze počtem parametrů, ale spíše jeho schopností předpovědět reálné chování laktace. Moderní technologie umožňují efektivně používat složitější modely, které mohou lépe popsat laktaci dojnic (Gauthier, 2021). Výskyt

prodloužených laktací a souvislost s funkčními vlastnostmi představuje nové výzvy pro matematické metody modelování. Navíc, zvyšující se počet záznamů z automatických dojicích systémů přináší další výzvy na komplexní interpretaci vyhodnocených výsledků (Mikailsov, 2020). Pro popis laktační křivky existuje řada matematických metod, přičemž jeden z nejčastěji používaných je Woodova neúplná gamma funkce. Na jejíchž základě sestaven model laktační křivky, byl poprvé prezentován ve vědecké práci již v roce 1967 (Wood, 1967). Výsledkem Woodovy práce byl model, který se dá charakterizovat jako inverzní polynom, a který je dodnes považován za vhodný pro studium a modelování laktačních křivek (Scott et al., 1996; López et al., 2015). Následně byly vyvinuty matematické modely postavené na odlišných mechanismech, každý s vlastní biologickou interpretací a omezeními pro praktické použití. Zmíněné matematické funkce pro hodnocení perzistence reflektují fyziologický průběh laktační křivky: rychlý nárůst po otelení, dosažení vrcholu během několika týdnů a následný postupný pokles. Míra perzistence je odvozená z neúplné gamma funkce (gama distribuce). Průměrná denní dojivost mléka v  $n$ -tém týdnu  $y_n$  lze popsat funkcí:

$$y_n = a t^b \exp(-ct)$$

Kde  $a$ ,  $b$  a  $c$  jsou konstanty, které charakterizují průběh laktace.

$a$  je konstanta neboli měřítko maxima vrcholu, tedy množství mléka, které kráva nadojí za den na začátku laktace.

$b$  je konstanta, potažmo rychlost nárůstu množství nádoje na začátku laktace.

$c$  je konstanta, která ovlivňuje rychlost poklesu výnosu mléka po vrcholu laktace.

Celkový nádoj mléka  $y$  za celou laktaci lze spočítat následovně:

$$y = \frac{a}{c^{b+1}} (b + 1)$$

Rovnice odhaduje celkové množství mléka za celé období laktace. Rovnice obsahuje konstanty  $a$ ,  $b$  a  $c$ , charakteristické pro průběh laktace (Li et al., 2022).

Množství mléka v týden  $t=0$  až do týdne  $t$  lze vypočítat pomocí integrálu, pro který je tvar funkce definován od  $0$  do  $t$  funkce. Tento integrál vypočítává „plochu pod křivkou“. Tuto hodnotu lze najít pomocí neúplné gama funkce.

$$y_t = a \int_0^t t^b \exp(-ct) dt$$

Kde  $y_t$ , vyjadřuje průměrný denní nádoj v daném týdnu.

Denní nádoj mléka na vrcholu laktace  $y_{max} = \frac{b}{c}$ , který dosáhne v  $n$  týdnu je roven  $\frac{b}{c}$ , neboli vrchol laktace nastane v určitém týdnu, který je definován poměrem konstant modelu  $b$  a  $c$ . Hodnota vyjadřující množství mléka na vrcholu laktace  $y_{max}$  lze vyjádřit:

$$y_{max} = a \left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b}.$$

Uvedená rovnice vyjadřuje množství mléka, produkované v týdnu, kdy bude dosaženo vrcholu, tedy nevyššího nádoje. Hodnota  $y_{max}$  je závislá na konstantách  $a$ ,  $b$  a  $c$ , vyjadřující průběh laktační křivky pro dané zvíře. Dále je možné z modelu odvodit rychlost nárůstu či poklesu produkce, dobu trvání vrcholu laktace apod. Wood (1967).

Jiné metody pro výpočet laktační křivky dojníc uvedl Jamrozik et al. (1998), jehož hlavní koncept vycházel z poměru parciálních a celkových nádojů mléka a dále variaci nádoje či tvaru laktace. Autoři definují perzistenci laktace jako schopnost dojnice udržet vysokou úroveň produkce mléka, tuku a bílkovin v průběhu laktace. Na základě množství nadojeného mléka ve testovacích dnech (TD) byly laktační křivky přizpůsobeny. Pro popis tvaru laktační křivky byla zvolena Wilminkova funkce (Wilmink 1987). Funkci lze vyjádřit následovně:

$$W_{(t)} = W_0 Z_{t0} + W_1 Z_{t1} + W_2 T_{t2}$$

Kde:

$$Z_{t0} = 1; Z_{t1} = t; Z_{t2} = \exp(-0,05t).$$

Předpokládá se podobně jako v případě rovnice Wooda, že rezidua nejsou korelována v rámci jednotlivých dojníc a mezi nimi. Rozdílné kovariance byly brány v úvahu pro různé laktace ( $N$ ) a časová období laktace ( $t$ ). Efekt prostředí byl modelován pomocí náhodných regresí, což ve své práci podrobně popsal (Jamrozik et al., 1997). Perzistence laktace byla v tomto kontextu definována jako:

$$P = p_{280} - p_{60}$$

Kde: P = rozdíl mezi celkovým množstvím nadojeného mléka (kg) mezi 280. dnem a 60. dnem laktace. Pro odhad produkce pro každou dojnici a laktaci, využil Jamrozik et al. (1998) zobecněnou metodu, koncept náhodných regresních modelů pro množství mléka z testovacích dnů (TD).

#### **2.4.1 METODY PREDIKCE LAKTAČNÍCH KŘIVEK**

Matematické modely pro reprezentaci laktace jsou velmi užitečné pro různé oblasti reprodukce, fyziologie, výživy či genetiky. Modely umožňují simulovat a predikovat různé scénáře týkající se mléčné žlázy. Jedním z progresivních využití je aplikace modelů pro potřeby predikce nadoje pro efektivnější management stáda mléčných farem (Rodriguez-Obando et al., 2022). Matematické interpretace produkce mléka dojníc poskytují velké množství informací, využitelných k efektivnějšímu řízení chovu dojníc. Laktační křivky představují reprodukovatelný matematický vzorec, kterým lze na základě času, vyjádřit množství nadojeného mléka na úrovni jednotlivých krav či celé farmy (Li, M. et al., 2022). Modely popisující laktační křivku lze obecně rozdělit na lineární a nelineární. Nelineární parametrické funkce představují vhodné nástroje k modelování (Bouallegue & M'Hamdi, 2020). Mezi často používané modely produkce mléka během laktace patří například MilkBot® (DairySight LLC, Argyle, NY; <http://milkbot.com>), který byl použit pro modelování laktační křivky z údajů automatického dojícího robota. Na základě denních záznamů produkce mléka na vrcholu laktace, počtu dnů po otelení a množství nadojeného mléka za 305 dní byla modelována laktační křivka (Bouallegue & M'Hamdi, 2020). Matematický model upravený s Levenburg-Marquardtovým algoritmem využil pro minimalizování střední kvadratické chyby ve své práci Ehrlich (2011) a také Piccardi et al. (2017), který po přidání náhodného efektu zvířete do modelu definoval míru variability mezi krávy. Tím zlepšil prediktivní potenciál modelu, při zachování vlivu na ukazatele produkce, jako je dojivost a dny do vrcholu laktace. Luna-Palomera et al. (2021) uvádí, že vyhodnotit laktační křivku lze pomocí více metod. Abdel-Salam et al. (2011) použili pro porovnání modelů Wooda (1967), Wilminka (1987), Guo & Swalve (1995), Akaikeho informační kritérium (AIC) a Schwartz-Bayesovské informační kritérium (BIC) a průměrnou kvadratickou chybu predikce (Mean Square Prediction Error – MSPE), čímž definovali vhodné modely (Palacios-Espinosa et al., 2016). Další běžně používanou metodou v

nelineární regresi je iterativní Gauss-Newtonova numerická metoda. Tato metoda je založena na rozvoji Taylorovy řady v blízkosti počátečních hodnot parametrů, jedná se o vícefázové funkce, která vypočítá množství nadojeného mléka jako výsledek akumulace více fází laktace. Například dvoufázová funkce byla zvolena pro odhad vybraných parametrů laktačních křivek, u kterých byl zjišťován vliv plemene, parity a délky laktace (Grossman & Koops, 1988). Pravděpodobně nejjednodušší metoda známá jako „*Nepoužívá derivace*“ (DUD – Does not Use Derivatives), nevyžaduje specifikaci parciálních derivací s ohledem na parametry matematického modelu, jedná se o algoritmus, který přibližuje derivace pomocí diferencí. Zřejmě nejvíce používaným modelem je Woodova gamma funkce z roku 1967, ačkoliv bylo i poté objeveno mnoho dalších modelů, tato konkrétní funkce je dosud velmi často používána pro modelování laktace skotu (Leon-Velarde et al., 1995), nebo k modelování snášky vajec u nosnic (Gavora, 1982), či k predikci produkce ovčího mléka (Groenewald et al., 1995). Na základě parametrů dle Woodova modelu sestavil Grzesiak et al. (2006) metodu predikce dojivosti pro standardizované i celkové laktace využívající neuronových sítí (NN). Základní směr jejich práce vychází z hypotézy, že krávy s nízkou perzistencí laktace, a tedy velmi vysokým vrcholem laktace nejsou schopny přijmout dostatečné množství nutričních látek k saturování jejich energetického výdeje. Následkem čehož dojde k prohloubení záporné energetické bilance (NEB) a snížení odolnosti vlivem stresu (Jakobsen et al., 2002). Oproti tomu dojnice s vyšší mírou perzistence laktace, tedy více plochou laktační křivkou vykazují vyšší míru rezistence v počáteční fázi laktace vůči metabolickému stresu z důvodu vyváženější energetické bilance, což souvisí s náklady na výživu a krmení (Dekkers et al., 1996). Moderní systémy sběru dat používané ve stádech dojnic poskytují velké množství dat na jejichž základě lze pomocí matematických a statistických metod sestavovat modelové laktační křivky. Tyto polynomické modely mohou být využity pro velmi přesné prognózování dojivosti, což umožní chovatelům efektivněji řídit svá stáda dojených krav (Dematawewa et al., 2007). Pozorování a vyhodnocování laktačních křivek slouží jako cenný nástroj pro optimalizování strategií chovu a managementu v dojených stádech (Pietersma et al., 2021). Specifické modely laktace mohou napomoci genetické selekci (Dekkers et al., 1996), predikci množství nádoje z neúplných datových sestav, důsledek změny managementu a prostředí na produkci mléka či umožňují identifikovat problematické fáze laktace (Va-Arreola et al., 2004). V současné době se v mnoha moderních chovech dojnic se lze setkat s prodlouženou délkou laktace nad 305dní (Vargas et al., 2000). Prodlužování laktace může být důsledkem problémů se zabřezáváním

plemenic (González-Recio et al., 2004). Plodnost má z významný vliv na ekonomiku stáda neboli zlepšení plodnosti krav pozitivně ovlivní zisk zvýšením příjmů z prodeje mléka a zkrátí délku mezidobí (Groën et al., 1998). Matematické modely predikují nádoj na základě omezeného množství dat na počátku laktace. Trend výzkumu je využití hlubokého učení (DL) (Adriaens et al., 2018) a neuronových sítí (NN) (Singh et al., 2022), který využívá historická data o nádoji z předchozích laktací. Nástroje DL jsou využívány k predikci sekvencí dojivosti a generování laktační křivky. Dle Liseune et al. (2021) dosahují nové modely jako například SAE (sequential auto encoder) přesnějších výsledků během prvních 26 dnů laktace, čímž se nabízí možnosti rychleji predikovat charakter, délku laktace a celkovou produkci již během prvních týdnů laktace. Hlavní výhoda modelu dle Liseune et al. (2021) spočívá v možnosti komparace predikovaného a aktuálního nádoje v průběhu celé laktace. Díky tomu bude možné rychleji detekovat zdravotní problémy. Podle publikace autorů Huang et al. (2022) mají konvoluční neuronové sítě (CNN) potenciál v analýze časových řad. Systémy monitorování skotu se s příchodem individualizovaných matematických modelů značně zlepšili. Moderní systémy v chovech mohou zahrnovat velké objemy dat, jejichž zpracování se provádí pomocí nových a vznikajících technologií, jako je mimo jiné počítačové vidění, strojové učení a umělá inteligence (AI) (Fuentes et al., 2020; Nogoy et al., 2021).

### 3. HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE

- Hypotézy práce

1. Dojnice s kratší servis periodou, potažmo laktací, mají vyšší průměrný denní nádoj a roční dojivost. Předpokládáme, že zkrácením délky servis periody dojde ke zvýšení rentability výroby mléka i celého chovu dojnic.
2. Dojnice s kratší servis periodou mohou, ale vykazovat nižší perzistenci laktace. Na základě toho lze předpokládat, že příliš krátká servis perioda nemusí být ekonomicky nejvýhodnější.

- Cíl práce

Cílem práce bylo vyhodnotit vztah mezi délkou servis periody, resp. laktace, a průměrným denním nádojem krav a jejich roční produkcí mléka. Dále byl zkoumán vliv délky a tvaru laktační křivky na rentabilitu chovu dojnic.



## 4. METODIKA PRÁCE

### 4.1 STRUKTURA DATABÁZE

Základní databáze denních nádojů krav byla shromážděna s využitím záznamů z programu FARMSOFT (Farmtec a.s., Czech Republic). Soubor dat zahrnoval údaje z 26 mléčných stád českého strakatého a holštýnského skotu v ČR, kde byly sledovány dojnice otelené od ledna 2000 do prosince 2019. Podniky byly vybírány s ohledem na úplnost záznamů, úroveň managementu a mléčnou užitkovost. Základní podmínkou zařazení stád do hodnocení byla co největší konzistentnost záznamů ve zvoleném období. Dále byla vybírána stáda s nadprůměrnou dojivostí jako předpoklad pro perspektivní využití závěrů práce při optimalizaci strategie a managementu dojených stád napříč chovy v ČR. Ve všech stádech byly dojnice ustájeny ve volných boxových stájích. Ve všech podnicích byla využívána elektronická identifikace dojnic pomocí radiofrekvenčních čipů (RFID), což umožnilo získávat data z dojírny individuálně o každé dojnici. Sledované údaje o každém zvířeti byly zaznamenávány v manažerském programu FARMSOFT.

V disertační práci byly využity záznamy od celkem 15 485 dojnic, což zahrnovalo 30 360 laktací. Záznamy byly rozděleny do dvou plemenných skupin. Dojnic s převažující krví holštýnského plemene (H) bylo 21 714 krav a českého strakatého plemene (C) 8 646 krav. Pořízené databáze obsahovaly záznamy o denních nádojích a reprodukci i údaje z kontroly užitkovosti. Základní kritéria pro zařazení dojnic do sledování bylo dokončení alespoň jedné laktace. Dále alespoň 220 záznamů denních nádojů za laktaci.

Datové záznamy z každého podniku byly strukturovány ve formátu fbk. Pomocí programovacího jazyka pro ukládání a zpracování relačních databází (SQL) byly vytvořeny 2 základní soubory pro každý podnik ve formátu txt, které byly následně zpracovány v prostředí R Core Team (v9.3; A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria), což je programovacím jazyk vhodný pro statistickou analýzu dat a jejich grafické zobrazení.

Primární datový soubor obsahoval záznamy na denní bázi včetně ID podniku, ID jednotlivých dojnic, ID druhu události (změny), případného popisu události, měsíce dané události (sezóny), počtu denních nádojů, celkového denního nádoje, součtu nádojů za období, pořadí laktace, údaje o věku zvířete a věk 1. prvního otelení.

Sekundární datový soubor obsahoval detailní záznamy o laktaci. Tyto záznamy zahrnovaly ID podniku, ID zvířete, plemennou příslušnost, pořadí laktace, nádoje a počet záznamů za prvních 100 dní laktace, nádoje a počet záznamů za druhých 100 dní laktace, nádoje a počet záznamů za třetích 105 dní, nádoje a počet záznamů za celou laktaci, dobu stání na sucho, datum otelení, délku mezidobí, délku servis periody, inseminační index, DIM (days in milk), indexy perzistence a přepočtený nádoj na den mezidobí s počtem záznamů za laktaci. Celkem byly zpracovány záznamy nádojů za více jak 8,8 milionů dnů.

Ekonomická analýza byla provedena na základě výsledků modelování laktačních křivek do 32 typizací. Typizace pro každou laktaci byly stanoveny určením 3 charakteristik, jako je plemeno, sezóna otelení a pořadí laktace. Zvolené charakteristiky jsou pro danou typovou laktaci neměnné (konstantní) a nebyly proto již zahrnuty do modelu. Typizace byly využity z důvodu omezené paměťové kapacity při výpočtech v programovacím jazyce R. V praxi se totiž ukázalo, že odhadování nelineárního Woodova modelu rozšířeného o prediktory na rozsáhlém datasetu s více než 8,8 miliony datových bodů bylo z důvodu nedostatečné paměti nerealizovatelné. Typizace tedy umožnily rozdělit data do menších skupin, což výrazně zlepšilo výpočetní efektivitu a umožnilo paralelní zpracování dat.

Pro účely ekonomického vyhodnocení byly použity údaje z dotazníkového šetření prováděného Výzkumným ústavem živočišné výroby, v.v.i. v Praze – Uhřetěvesi (VÚŽV), který každoročně získává provozní a ekonomické údaje z více než stovky zemědělských podniků s chovem dojnic v České republice.

Modelování nákladů na krmný den během laktace bylo kalkulováno pomocí proměnných v průběhu laktace, kdy se mění pouze náklady na krmiva v důsledku rozdílného příjmu krmiva či složení krmné dávky. Zatímco ostatní náklady jako například pracovní náklady, odpisy krav, odpisy majetku, veterinární a plemenářské náklady, opravy a údržba, energie, pojištění majetku a krav, režie a ostatní nákladové položky se nemění a zatěžují krmný den rovnoměrně podílem z celkových ročních nákladů. Uvedené ostatní náklady jsou jako jedna souhrnná nákladová položka dále označovány jako neměnné náklady. Ke konstantní položce denních neměnných nákladů byl pak každý den laktace přičten náklad na krmiva kalkulovaný jako cena kg sušiny krmiva násobená předpokládaným příjmem sušiny krmiva podle denního nádoje a dne laktace. Cena kg sušiny krmiva byla stanovena podle typu krmné dávky v dané fázi laktace a reálné ceny jednotlivých komponent krmné dávky. Tyto údaje byly převzaty od nezávislého odborného poradce v oblasti výživy dojnic, který působí v předních chovech dojnic. Příjem

sušiny krmiva v jednotlivých dnech laktace (DIM) byl vypočten pro jednotlivé typizace laktačních křivek podle vzorových křivek příjmu krmiva v závislosti na denní doživosti během laktace publikovaných Národním výzkumným koncillem pro výživu krav (NRC, 2001). Náklad na krmný den pro příslušný den laktace byl stanoven jako součet neměnných nákladů a nákladů na krmivo.

Tržby z prodeje mléka byly vypočteny jako součin denních nádojů v kg mléka a nákupních cen mléka, které byly převzaty ze Situační a výhledové zprávy Ministerstva Zemědělství ČR (MZe, 2022). Důvodem využití údajů z roku 2022 byla aktuálnost hodnot v době prováděných kalkulací. Důležité je poznamenat, že výše nákladů i příjmů byla ve sledovaném roce abnormální. Výsledky ekonomické analýzy byly interpretovány na základě kalkulace v online aplikaci.

## **4.2 MODELOVÁNÍ LAKTAČNÍCH KŘIVEK**

V rámci zpracování a vyhodnocení dat bylo nutné provést výběr a rozšíření Woodova modelu a integraci vybraných prediktorů a následné vylepšení přesnosti predikční schopnosti v rámci rozšířeného modelu. V první fázi byla vytvořena databáze a provedeno předzpracování dat pro zajištění kvality a relevantnosti datového souboru, který byl následně použit pro trénování a testování modelu. Model, rozšířený o prediktory (faktory ovlivňující průběh laktační křivky: věk při prvním otelení, délka předchozího mezidobí, délka servis periody a četnost dojení za den), byl poté validován. Výsledkem je dostatečně robustní a flexibilní nástroj pro modelování laktací ve formě on-line aplikace použitelné při praktickém rozhodování při řízení stáda dojnic.

#### 4.2.1 PŘÍPRAVA DATABÁZE A PREPROCESSING DAT

Z faremní databáze v programu Farmsoft byly získány kompletní databáze v zálohovaném formátu *Field book files* (.fbk) Tuto databázi bylo nutné restorovat (obnovit) pomocí jazyka SQL. Výstupem procedury byly základní datové sestavy (*data day*, *lactation*, *service period* a *first calving*) s následující datovou strukturou:

- Data day:

ID\_PODNIK, ID\_KUSU, CKUSU, SEZONA, PORADI\_LAKTACE, VEK\_DNI, DATUM,  
ID\_DRUH\_ZMENY, POPIS, POCET\_NADOJU\_ZA\_DEN\_COUNT, SUMA\_DEN\_NADOJ\_SUMA,  
DENVOBDOBI (*nápočet dní po otelení*).

- Lactation:

ID\_PODNIK, ID\_KUSU, CKUSU, SEZONA, PLEMENNA\_PRISLUSNOST, PARITA,  
NADOJ\_1\_100\_DNI, NADOJ\_1\_100\_DNI\_POCET\_ZAZNAMU, NADOJ\_2\_100\_DNI,  
NADOJ\_2\_100\_DNI\_POCET\_ZAZNAMU, NADOJ\_3\_105\_DNI,  
NADOJ\_3\_105\_DNI\_POCET\_ZAZNAMU, REALNA\_DELKA\_LAKTACE, NADOJ\_ZA\_LAKTACI,  
STANI\_NA\_SUCHO, MEZIDOBI, DIM\_OD\_OTELNI, P21, P31, P3T, MEZINADOJ,  
POCET\_ZAZNAMU\_ZA\_LAKTACI.

- Service period:

ID\_PODNIK, ID\_KUSU, DATUM\_OTELNI, SP, INS\_INDEX, PARITA.

- First calving:

ID\_PODNIK, ID\_KUSU, VEK\_DNI\_PRVNI\_OTELNI.

V dalším kroku byla data všech datových sestav očištěna o odlehlé hodnoty a byly definovány podmínky pro začlenění do analýzy. Data zahrnutá do hodnocení charakteristik laktace byly přepočteny na základě surových dat a poté filtrovány pro odstranění odlehlých dat, duplicit, položek s chybějícími hodnotami, dat mimo definiční obor a nekonzistentních či nepravděpodobných údajů. Například, pokud byly dostupné záznamy pouze pro druhých 100

dní laktace, avšak ne pro prvních 100 dní, nebyl výpočet perzistence laktace proveden. Výpočet skutečné perzistence laktace byl prováděn pouze v případě existence alespoň 90 záznamů v každém ze srovnávaných stodenních intervalů. Další podmínkou pro využití dat byla existence alespoň 220denních záznamů nádoje mléka v rámci jedné laktace. Denní nádoje byly akceptované v rozmezí hodnot od 0 do 100 kg mléka. Data mimo uvedený interval mohou zkreslit výsledky nebo způsobit numerickou nestabilitu při odhadování jednotlivých modelů. Například nádoje větší než 100 kg mléka byly pravděpodobně způsobeny technickými problémy, jako je například záznam nádoje od dvou krav pod ID jedné z nich, anebo násobením stejného nádoje v rámci jednoho dojení. Také byly odstraněny duplicitní řádky. V dalším kroku bylo dokončeno sestavení modelu s upřednostněním těch prediktorů, které měly větší vliv na jednotlivé parametry Woodova modelu. Toto upřednostnění bylo provedeno na základě odborné diskuse s odborníky v oboru.

#### 4.2.2 VÝBĚR VHODNÉHO MODELU

Matematické modely laktačních křivek obecně umožňují interpretovat a predikovat průběh laktační křivky pomocí diskretních parametrů. V této disertační práci byla využita základní parametrická gama funkce laktační křivky dle Wooda (1967). Woodova laktační křivka je matematický model používaný pro popis laktace dojníc. Tento model je zvláště známý pro svou schopnost dobře aproximovat skutečný průběh laktace (Bouallegue & M'Hamdi, 2020).

Základní Woodův model laktační křivky:

$$y = at^b e^{-ct}$$

kde:

$y$  = produkce mléka v určitém čase (nádoj),

$a, b, c$  = parametry modelu, specifické pro charakter laktace,

$a$  = parametr popisující úroveň počáteční produkce mléka po otelení až po vrchol laktace,

$b$  = parametr reprezentující rychlost nárůstu produkce mléka k vrcholu laktace,

$c$  = parametr popisující rychlost poklesu produkce mléka po dosažení vrcholu laktace,

$t$  = je nezávislá proměnná, která představuje čas od otelení (v dnech).

Na základě expertízy a konzultací se zahraničními odborníky v problematice modelování, byla Woodova nelineární funkce rozšířena o vybrané prediktory. Prediktory se rozumí faktory, které ovlivňují průběh laktační křivky. Jako prediktory byly vybrány věk při prvním otelení, délka servis periody (denní a konstantní), délka předchozího mezidobí a počet dojení za jeden den. Tímto rozšířením modelu bylo umožněno lépe analyzovat, jak uvedené faktory ovlivňují produkci mléka u dojnic i vliv prediktorů na tvar a průběh laktační křivky.

Pro fázi vrcholu (přesněji magnitudy) laktační křivky byly zvoleny následující prediktory:

- věk při prvním otelení (*FIRSTCALV*),
- délka předchozího mezidobí (*PRECL*),
- konstantní délka servis periody (*SPc*) a
- náhodný efekt každé krávy (*COW<sub>i</sub>*).

Pro vzestupnou (iniciační) fázi laktační křivky byly zvoleny:

- věk 1. otelení (*FIRSTCALV*) a
- počet denních dojení (*MILKING*).

Pro sestupnou fázi laktační křivky byly zvoleny:

- délka servis periody (*SPd*) (čímž je myšleno, že byla hodnota SP po otelení do zabřeznutí = 0 a poté pro každý den SP = 1, 2, 3. atd. den do ukončení laktace).
- délka předchozího mezidobí (*PRECL*).

Rozšířený model: (největší možná modelová rovnice pro vybrané prediktory)

$$y(t) = (a_0 + a_1 \text{FIRSTCALV} + a_2 \text{PRECL} + a_3 \text{SP}_c + \text{COW}_i) * t^{(b_0 + b_1 \text{FIRSTCALV} + b_2 \text{MILKING})} * e^{-(c_0 t + c_1 \text{SP}_d + c_2 * \text{PRECL})}$$

Koeficienty vybraných prediktorů Woodova rozšířeného modelu:

$a_0$  = base line/referenční hodnota s ohledem na magnitudu (populační průměr),

$a_1$  = efekt *FIRSTCALV* na magnitudu (vliv věku 1. otelení),

$a_2$  = efekt *PRECL* na magnitudu (vliv předchozí délky mezidobí, konstantní),

$a_3$  = efekt *SPc* na magnitudu (vliv délky Servis Perody, konstatní hodnota),

$COW_i$  = náhodný efekt *i*-té krávy pro intercept  $a_0$ ,

$b_0$  = base line, referenční hodnota s ohledem na růstovou fázi křivky (populační průměr),

$b_1$  = efekt *FIRSTCALV* na růstovou fázi křivky (vliv věku 1. otelení),

$b_2$  = efekt *MILKING* na růstovou fázi křivky (denního dojení 2x nebo 3x denně),

$c_0$  = base line, referenční hodnota s ohledem na sestupnou fázi křivky (populační průměr),

$c_1$  = efekt času ve dnech (*SPd*) uplynulého od okamžiku zabřeznutí (vliv délky Servis Perody, od porodu po zabřeznutí hodnota = 0 a poté po zabřeznutí 1, 2, 3. atd. den do ukončení laktace),

$c_2$  = vliv *PRECL* na sestupnou fázi křivky (vliv předchozí délky mezidobí, konstantní).

Statistické vyhodnocení vhodnosti modelu bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu (ANOVA).

Optimalizace koeficientů modelové rovnice byla provedena prostřednictvím zobecněných lineárních modelů (GLM) a metod pro odhad nelineárních modelových funkcí metodou nelineárních nejmenších čtverců (NLS), vhodných pro tvar rovnice Woodova modelu.

Predikční schopnost modelu byla validována na základě analýzy chyb modelu (reziduí) s ohledem jak na predikci denních nádojů, tak i na odvozené parametry laktace (celkový nádoj, indexy perzistence laktace atd.). Je nutné doplnit, že laktační křivky prezentované Woodovým modelem na vyexportovaných grafech představují modelové zjednodušení reálného průběhu. Tedy zobrazují očekávané hodnoty pro danou typizaci při zohlednění prediktorů. Jinými slovy, jedná se o průměrnou laktační křivku, která byla doplněna rozšířeným Woodovým modelem laktační křivky a uvedenými prediktory. Vlivem zahrnutí náhodného efektu do modelu je možné také odhadnout laktační křivku jedinečnou pro každé, což umožňuje přesnější a více individualizovanou predikci modelu.

Analýzou bylo prokázáno, že rozšířený model, který zahrnoval uvedené prediktory, měl významně lepší predikční schopnost než standardní Woodův model a to na hladině významnosti ( $P < 0,01$ ). To znamená, že modifikace modelu umožňuje lépe predikovat průběh laktace dojníc v závislosti na zohledněných faktorech. V rámci práce byla také analyzována omezení spojená s vyšším počtem uvažovaných prediktorů v jednotlivých fázích modelu

laktace. Neúměrné rozšiřování a tím komplikování modelu následně vedlo k nežádoucí numerické nestabilitě a zhoršení predikční schopnosti modelu.

#### **4.2.3 NUMERICKÁ PŘÍPUSTNOST ODHADU ROZŠÍŘENÉHO WOODOVA MODELU**

Numerická stabilita rozšířeného modelu byla validována na několika náhodně vybraných typizacích. Následně byl model odhadnut pro všech 32 typizací laktačních křivek. Výsledky odhadu modelu byly reportovány do tabulky 11. v kapitole výsledky. Tabulka uvádí hladiny statistické průkaznosti jednotlivých koeficientů každého z prediktoru. Tabulka 12 v kapitole výsledky (Variabilita náhodného efektu pro každou z typizací) ukazuje porovnání s ohledem na typizaci, log-likelihood (log-pravděpodobnostní funkce), Akaikeho informační kritérium (AIC), Bayesovo informační kritérium (BIC), reziduální a náhodný efekt SD.

Detailní validace modelu včetně denních záznamů byla v této práci provedena pro typizaci č. ID\_29, jelikož vykazovala největší četnost průkaznosti zvolených prediktorů. Validace s ohledem na odvozené parametry laktace (celkový nádoj, průměrný denní nádoj mléka atd.) uvádíme souhrnně pro všechny typizace dohromady. Tento krok byl důležitý pro validaci vlivu jednotlivých proměnných na predikované nádoje mléka. V dalším kroku byla provedena analýza reziduí zaměřená na denní nádoje mléka s cílem identifikovat rozdíly či nepřesnosti mezi predikovanými hodnotami a skutečnými údaji. Součástí vyhodnocení bylo porovnání denních nádojů mléka s Woodovým modelem laktace a analýza náhodných efektů laktačních křivek. Také byla provedena korelační analýza modelu s reálnou produkcí mléka v různých časových úsecích laktace – 100, 200 a 305 dní – a s indexy perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ), stejně jako s dnem dosažení vrcholu laktace a množstvím mléka na vrcholu laktace. Komplexní analýza poskytla důkladný pohled na predikční schopnost modelu, což umožnilo posoudit jeho vhodnost pro praktické využití a přesnou predikci jednotlivých parametrů laktační křivky.

#### **4.3 VYHODNOCENÍ EKONOMIKY VÝROBY MLÉKA**

Ekonomické vyhodnocení bylo založeno na porovnání nákladů na krmný den a tržeb za denní produkci mléka příslušný den laktace. Náklady na krmný den byly stanoveny jako součet tzv. neměnných nákladů, tj. nákladů, které se s dojivostí a dnem laktace (DIM) nemění a nákladů na krmiva, které byly kalkulovány pro každý DIM.



### 4.3.1 STANOVENÍ TZV. NEMĚNNÝCH NÁKLADŮ

Průměrné náklady na krmný den podle jednotlivých nákladových položek podle chovaného plemene dojníc (C a H) za rok 2022 uvádí Tabulka 1. Z tabulky jsou patrné jednotlivé nákladové položky a celková výše tzv. neměnných nákladů na jeden krmný den. Neměnné náklady pro účely použitého ekonomického vyhodnocení představují denní podíl všech ostatních nákladových položek kromě nákladů na krmivo. Pro zjednodušení výpočtů předpokládáme, že se s dojivostí a dnem laktace nemění. Z porovnání nákladů mezi plemeny vyplývá, že významně vyšší náklady jsou u holštýnských krav zjištěny v případě odpisů krav, tzn. nákladů na obměnu stáda a výdajů na veterinární péči a reprodukci ( $P < 0,05$ ), které patří mezi tzv. variabilní náklady, které se obecně s dojivostí zvyšují.

Tabulka 1. Průměrné hodnoty nákladových položek podle plemen z dotazníkového šetření VUŽV v roce 2022

Nákladové položky (Kč/den)	Český strakatý skot MEAN±SD	holštýnský skot MEAN±SD
počet podniků (n)	46	67
dojivost (l/krávu/rok)	7955±1060*	10394±1049*
pracovní náklady	34±12	37±13
odpisy krav	19±7*	23±8*
odpisy majetku	11±6	12±11
vet. a plem. náklady	13±5*	17±5*
opravy a udržování	6±3	9±9
energie	7±4	8±5
pojištění majetku	1±1	1±2
režie	27±21	34±19
ostatní náklady	20±17	19±14
<b>Neměnné náklady celkem</b>	<b>138±33*</b>	<b>161±31*</b>
krmiva a steliva	102±18*	125±26*
<b>Celkové náklady na krmný den</b>	<b>239±40*</b>	<b>286±45*</b>

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); \* statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ) mezi plemeny.

V Tabulce 2 jsou uvedeny náklady na krmný den v jednotlivých položkách podle roční dojivosti krav. Data jsou strukturována do čtyř skupin (sloupců) podle rozmezí roční tržní produkce mléka: do 8 tisíc, 8-9 tisíc, 9-10 tisíc a nad 10 tisíc litrů na krávu a rok. Toto třídění tedy ukazuje, jak se jednotlivé druhy nákladů mění v závislosti na užitkovosti stáda. Z tabulky vyplývá, že s rostoucí dojivostí dochází k nárůstu celkových neměnných nákladů. Zatímco podniky s nejnižší dojivostí (do 8 tisíc litrů na krávu ročně) vykázaly roční neměnné náklady 128 tisíc, podniky s roční dojivostí nad 10 tisíc litrů měly tyto náklady ve výši 165 tisíc Kč. Tento trend naznačuje, že vyšší dojivost je zpravidla spojena s vyššími náklady, což svědčí o zvýšených nárocích a péči u vysokoužitkových dojnic. Pracovní náklady jsou konzistentní napříč všemi kategoriemi, což naznačuje, že práce je zásadní a nezbytná součást provozu bez ohledu na výši produkce. Odpisy krav a majetku jsou proměnlivé a odrazují investiční strategie a hodnotu aktiv v čase. Významný nárůst je patrný u režijních nákladů u stád s vyšší užitkovostí, což může ukazovat na větší administrativní a logistickou zátěž spojenou s většími investicemi a náročnějším managementem.

Veterinární a plemenářské náklady se zvyšují s produkční úrovní, což odráží větší náchylnost vysokoužitkových krav a investice do prevence onemocnění a větší potřebu dražších inseminačních dávek. Energie a pojištění majetku ukazují malé variance, což naznačuje, že tyto náklady nejsou přímo spojeny s množstvím produkovaného mléka.

Tabulka 2. Průměrné hodnoty neměnných nákladů a jednotlivých nákladových položek podle roční dojivosti za rok 2022

Položka/tržní produkce (Kč/den)	do 8 tis.	8-9 tis.	9-10 tis.	nad 10 tis.
	l/krávu/rok	l/krávu/rok	l/krávu/rok	l/krávu/rok
počet podniků (n)	29	31	30	36
dojivost (l/krávu/rok)	7 002	8 544	9 522	10 955
pracovní náklady	30	38	36	36
odpisy krav	19	19	22	24
odpisy majetku	11	10	10	15
vet. a plem. náklady	12	15	16	18
opravy a udržování	6	7	9	9
energie	8	7	8	8
pojištění majetku	1	2	1	1
režie	24	25	42	32
ostatní náklady	17	19	14	22
<b>Neměnné náklady celkem</b>	<b>128</b>	<b>141</b>	<b>157</b>	<b>165</b>

V Tabulce 3 jsou prezentované ekonomické ukazatele podle průměrné a nadprůměrné dojivosti v rámci plemen. Roční produkce mléka na krávu u českého strakatého skotu je ve skupině podniků s podprůměrnou užitkovostí 6 689 l a 8 446 l mléka s nadprůměrnou užitkovostí. U holštýnského skotu jsou tyto na úrovni 9 250 l/rok pro podprůměrnou a 11 005 l/rok pro nadprůměrnou užitkovost. Z výsledků vyplývá, že i přes vyšší produkci mléka u holštýnského skotu nejsou náklady na energii a pojištění výrazně odlišné od nákladů u českého strakatého skotu. Celkové neměnné náklady, které zahrnují všechny druhy nákladů bez nákladů na krmiva, jsou pro český strakatý skot nižší (130 Kč u podprůměrné a 142 Kč u nadprůměrné dojivosti) ve srovnání s holštýnským skotem, kde dosahují hodnot 154 a 166 Kč. Tyto údaje svědčí o tom, že i přes vyšší produkci mléka jsou celkové tzv. neměnné náklady na produkci u holštýnského skotu jen mírně vyšší, což svědčí o tom, že s růstem dojivosti se výrazně zvyšují jen náklady na krmiva.

Tabulka 3. Průměrné hodnoty nákladů u podniků podprůměrnou a nadprůměrnou dojivostí krav podle plemen za rok 2022

Nákladové položky (Kč/den)	Český strakatý skot		holštýnský skot	
	podprůměrná produkce na krávu	nadprůměrná produkce na krávu	podprůměrná produkce na krávu	nadprůměrná produkce na krávu
počet podniků	20	26	33	34
dojivost (l/krávu/rok)	6 689	8 446	9 250	11 005
pracovní náklady	32	34	38	36
odpisy krav	19	19	21	24
odpisy majetku	11	10	9	16
vet. a plem. náklady	12	14	16	18
opravy a udržování	6	7	8	9
energie	8	6	8	8
pojištění majetku	1	1	2	1
režie	21	31	36	31
ostatní náklady	19	20	15	22
<b>Neměnné náklady celkem</b>	<b>130</b>	<b>142</b>	<b>154</b>	<b>166</b>

#### 4.3.2 STANOVENÍ NÁKLADŮ NA KRMIVA

Krmiva představují relativně nejvyšší výdajovou položku v chovu dojnic. Pro modelový výpočet nákladů byly použity typové krmné dávky (KD) pro 3 fáze laktace podle předpokládané denní dojivosti krav s uvedením reálných cen jednotlivých krmiv (Tabulka 4). KD byly sestavené nezávislým poradcem pro výživu a jsou reálně uplatňované v praxi. První byla KD pro rozdoj (od otelení do 40 DIM), druhá byla krmná dávka pro vrchol laktace (od 40–200 DIM) a poslední pro konec laktace (od 200 DIM do konce laktace). U dojnic českého strakatého skotu byly v rámci laktace uplatňovány všechny 3 typy KD v uvedených intervalech DIM, u holštýnských krav byly uvažovány pouze 2 KD, tj. KD pro rozdoj a KD pro vrchol laktace, která byla v souladu s praxí zkrmována až do konce laktace. V dalším kroku byly podle skutečného nádoje a teoretického příjmu sušiny dle NRC sestaveny křivky příjmu sušiny (krmné křivky). Tímto způsobem byly upřesněny náklady na krmiva v daný den laktace. V rámci disertační práce

byla pomocí online aplikace (Vrhel & Bechny, 2024) prováděna podrobná ekonomická analýza denní a kumulativní cashflow pro každý DIM s cílem zachytit dynamiku nákladů v různých fázích laktace a jejich vliv na celkovou ekonomickou efektivnost.

Tabulka 4. Krmné dávky a ceny dle denní dojivosti pro rok 2022

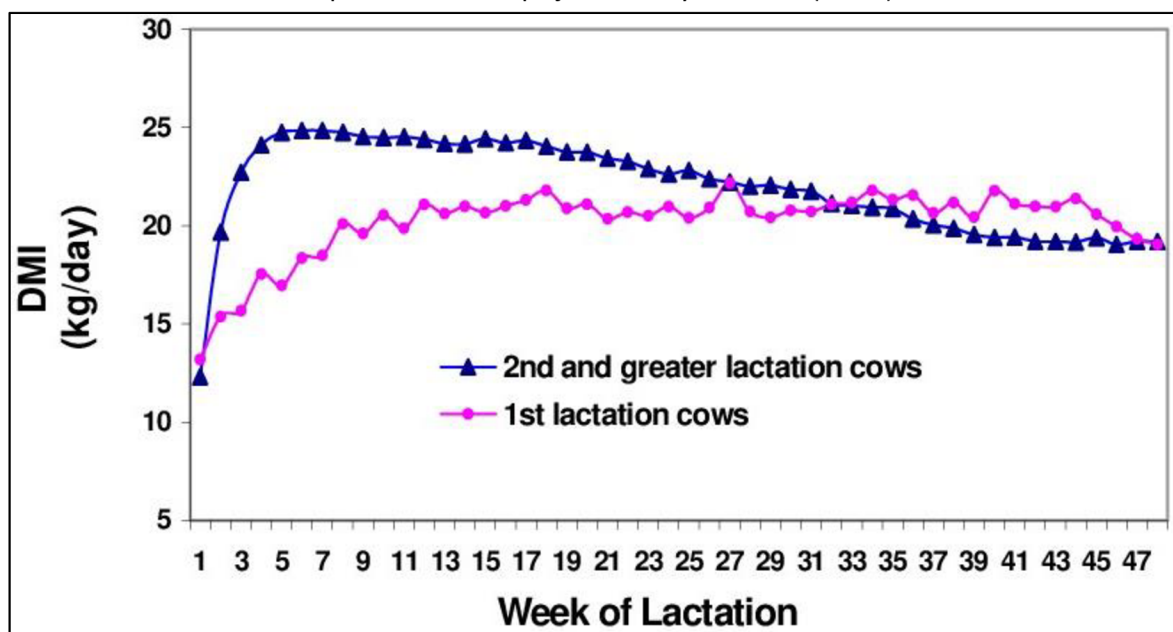
Položka	(Kč/q)	Konec laktace		Rozdoj		Vrchol laktace		Suchostojné/porod	
		30 litrů		35 litrů		40 litrů		kg/ks	Kč/KD
		kg/ks	Kč/KD	kg/ks	Kč/KD	kg/ks	Kč/KD	kg/ks	Kč/KD
Kuk.Siláž 32 %S	90	22,00	19,80	25,00	22,50	25,00	22,50	15,00	13,50
jetelotr35 % S	90	12,00	10,80	12,00	10,80	12,00	10,80	11,00	9,90
Senáž tráva	75								
DDGS	600	1,00	6,00	1,00	6,00	1,00	6,00	1,00	6,00
Sláma 2 cm	80	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	3,00	2,40
Seno TMR	180	0,50	0,90	0,50	0,90	0,50	0,90	1,00	1,80
CCM	400	2,00	8,00	2,50	10,00	2,50	10,00		
pšenice	500	4,00	20,00	3,50	17,50	3,50	17,50		
kukuřice	640			1,00	6,40	1,30	8,30		
bavlna	1300					1,00	13,00		
řepka šrot	700	4,00	28,00	4,00	28,00	4,00	28,00	2,00	14,00
soja šrot	1350			0,80	10,80	1,00	13,50	1,00	13,50
melasa	500	0,60	3,00	1,00	5,00	1,00	5,00		
MKP laktace	1900	0,30	5,70	0,30	5,70	0,35	6,70	0,30	5,70
Ca tuk	2500			0,20	5,00	0,35	8,80		
Vápenec	500								
<b>CELKEM [kg, Kč]</b>		<b>46,60</b>	<b>102,40</b>	<b>52,00</b>	<b>128,80</b>	<b>53,70</b>	<b>151,10</b>	<b>34,30</b>	<b>66,80</b>

Obsah sušiny ve směsné KD (TMR) byl cca 50 %, z čehož vyplývá, že např. dojnice, které přijaly celé množství stanovené KD pro konec laktace, přijaly cca 23,3 kg sušiny v hodnotě 102,4 Kč.

### 4.3.3 KŘIVKY PŘÍJMU SUŠINY

Příjem krmiva byl kalkulován na základě křivky příjmu sušiny publikované NRC (2001), které uvádí příjem sušiny během laktace v týdenních intervalech (Obrázek 1). Křivky příjmu krmiva jsou stanoveny pro prvotelky a pro dojnice na druhé a vyšší laktaci.

Obrázek 1. Grafická interpretace křivek příjmu sušiny dle NRC (2001)



K sestavení křivek příjmu sušiny na denní bázi bylo využito metody spline interpolation, čímž byly odhadnuty hodnoty příjmu sušiny pro každý DIM. Cílem zohlednění aktuální dojivosti při kalkulaci nákladů na krmiva byl nádoj mléka v daný DIM dle typizované laktační křivky vydělen množstvím přijaté sušiny ve stejný DIM dle křivky NRC.

Rovnice výpočtu indexu nákladů na krmiva:

$$\frac{\text{Nádoj mléka v DIM (kg)}}{\text{Přijátá sušina ve stejný DIM dle NRC (kg)}} = \text{Index krmných nákladů} * \text{cena KD}$$

Výsledkem byla hodnota indexu, kterým byla poté vynásobena cena krmné dávky uplatněné hodnocený den laktace. Postup vychází z předpokladu, že krávy s vyšší dojivostí přijmou více krmiva než krávy s nižší dojivostí. Celkové náklady na krmný den pak byly stanoveny jako součet nákladů na krmiva a neměnných nákladů (vyjádřené v Kč/krmný den).

### 4.3.3.1 Stanovení výnosů

Výnosy, přesněji tržby z prodeje mléka byly vyčísleny jako součin denních nádojů v kg a nákupních cen mléka, které byly převzaty ze Situační a výhledové zprávy Ministerstva Zemědělství ČR (MZe, 2022). Kompletní kalkulace byly prováděny pomocí vytvořené online aplikace. Aplikace umožňuje realtime kalkulaci podle zadaných parametrů v rámci typizovaných laktačních křivek.

## 4.4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ MODELOVÝCH PŘÍPADŮ

Hodnocení ekonomiky výroby mléka bylo provedeno dvěma způsoby. První způsob byl proveden na základě stanovení stejných vstupních parametrů (plemeno, pořadí laktace, věk 1. otelení, délka SP, specifická korekce nádoje, četnost dojení za den, délka předchozího mezidobí, doba stání na sucho) pro plemena C a H a doplněných výší nákladů (ekonomické šetření VUŽV a údajů KD od nezávislého poradce) a výkupní ceny mléka, odpovídající cenové hladině publikované v dokumentu aktuální cenový vývoj živočišných komodit pro rok 2022 (Syrůček, 2023). Druhý způsob ekonomického hodnocení byl proveden s cílem vyhodnotit různou délku SP. To bylo provedeno na základě stanovených stejných parametrů, ale také ekonomických vstupů (inputů). Kalkulace byla provedena pro délky SP 70, 90 a 110 dní.

### 4.4.1 PRVNÍ ZPŮSOB EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ PODLE PLEMEN

Pomocí vytvořené on-line aplikace byla nejprve vypočtena míra rentability výroby mléka pro zvolené modelové příklady krav obou plemen skotu. V prvním případě byla definována dojnice plemene České strakaté (C), na třetí laktaci, otelená na podzim a dojená 2x denně. Tomu odpovídala typizace ID\_12, která zahrnovala 394 laktací. Věk při prvním otelení byl 760 dnů, délka SP 100 dní a délka předchozího mezidobí 415 dní. Doba stání na sucho byla nastavena na 60 dní. Výkupní cena mléka za rok 2022 byla v průměru 10,40 Kč a výše dotace 0,7 Kč v přepočtu na kg prodaného mléka (MZe, 2022; Staněk, 2023). Výše neměnných nákladů byla 138 Kč a výše nákladů na krmiva byla: do 40 DIM 102,4 Kč/den, v období 40–200 DIM 128,8 Kč/den a od 200 DIM do konce laktace 102,4 Kč/den. Po zadání vstupních parametrů do vytvořené on-line aplikace a stisknutí tlačítka „Optimise SP“ se vygeneroval graf se znázorněným bodem zvratu při aktuálně nastavené délce SP a uvedením optimální délky SP pro maximální zisk. Dále se v aplikaci zobrazují základní ekonomické ukazatele a související

parametry laktace. Seznam hodnocených charakteristik je rozdělena do čtyř hlavních částí: Nádoj mléka (Milk Yield), Ekonomika (Economics), Index perzistence laktace (Perz. Index) a ukazatel IOFC (Income Over Feed Cost). V části nádoj mléka jsou uvedeny nádoje mléka za 100 dní, 200 dní, 305 dní, denní dojivosti na vrcholu laktace, den dosažení vrcholu laktace, poslední kalkulovaný nádoj mléka v rámci laktace a den posledního nádoje. Dále průměrný denní nádoj mléka v rámci všech 394 dojených krav a celkové množství mléka za laktaci. Sekce ekonomiky obsahuje údaje o nákladech a výnosech, jako jsou celkové neměnné náklady a celkové náklady na krmení za laktaci a jejich součet, náklady na kilogram vyrobeného mléka, celkové příjmy za prodané mléko, které po přičtení dotací činí celkové příjmy. Zde je také uveden výsledný příjem za prodané mléko laktaci a přepočítání na kilogram mléka. Dále v sekci Index perzistence laktace jsou uvedeny hodnoty indexů  $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$  v %. V sekci IOFC je uveden denní příjem za mléko v Kč a denní náklady na krmení. Dále hodnota IOFC za den, dále příjem za kilogram mléka, náklady na krmení na kilogram mléka a IOFC na kilogram mléka.

V druhém modelovém příkladu byla zadána dojnice plemene holštýn (H) na třetí laktaci, otelená na podzim a dojené 2x denně. Tomu odpovídá typizace ID\_28, která zahrnovala 1 093 laktací. Věk při prvním otelení byl jako v prvním případě definován na 760 dní, stejně i délka SP 100 dní a délka předchozího mezidobí byla 415 dní. Doba stání na sucho byla nastavena na 60 dní. Výkupní cena mléka za rok 2022 byla v průměru 10,40 Kč a výše dotace 0,7 Kč v přepočtu na kg prodaného mléka. Výše neměnných nákladů činila 161 Kč, což reflektuje rozdíly ve výdajích ve srovnání s plemenem C, u kterého byly náklady 138 Kč. Náklady na krmiva byly definovány následujícím způsobem: do 40 DIM byly náklady 128,8 Kč/den, v období 40–200 DIM pak 151,1 Kč/den a od 200 DIM do konce laktace činily náklady 102,4 Kč/den.

#### **4.4.2 DRUHÝ ZPŮSOB EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ PODLE DÉLKY SP**

Pro detailní vyhodnocení vlivu délky SP potažmo laktace na ekonomickou efektivitu výroby mléka byla navržena modelová situace, kdy všechny definovatelné parametry s výjimkou délky SP byly konstantní a při výpočtech byla měněna pouze délka SP. Jako modelový příklad byla stejně jako v předchozím případě definována dojnice plemene H na třetí laktaci, otelená na podzim a dojená 2x denně, tedy typizace ID\_28, která zahrnovala 1 093 laktací.



Věk při prvním otelení byl 760 dní, délka SP 70 dní, délka předchozího mezidobí 415 dní, doba stání na sucho 60 dní. Výkupní cena 8,50 Kč a výše dotace byla 0 Kč. Výše neměnných nákladů byla 110 Kč. Náklady na krmiva byly: do 40 DIM byly náklady 100 Kč/den, v období 40–200 DIM pak 130 Kč/den a od 200 DIM do konce laktace činily náklady 100 Kč/den. Následně byla hodnota délky SP změněna na hodnotu 90 dní a na posled byla délka SP nstavena na 110 dní. Poté bylo provedeno závěrečné vyhodnocení a interpretace výsledků.

## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem disertační práce bylo stanovit optimální délku SP z hlediska maximálního ekonomického výsledku. Jednou z hypotéz je to, že příliš dlouhá délka SP může zvyšovat náklady na udržení dojnice s nízkou doživostí na konci laktace. Dalším případem je i posouzení existence relevantních důvodů záměrně dojnici nepřipouštět (anglicky „Do not breed“ ve zkratce DNB). Výsledky ekonomických situací naznačují užitečnost online aplikace jako nástroje pro deskripci různých scénářů s cílem optimalizace délky servis periody potažmo rentabilitu výroby mléka.

### 5.1 ZÁKLADNÍ VYHODNOCENÍ SLEDOVANÉHO SOUBORU

V této kapitole byly prezentovány základní statistiky hodnocených krav, která poskytuje podrobné hodnocení různých specifických parametrů pro hodnocené typizace laktačních křivek. Dále byly uvedeny komplexní výsledky regresní analýzy, včetně podrobného přehledu koeficientů determinace pro 32 typizací laktace dojnic, čímž byl vytvořen ucelený přehled o vztazích a závislostech mezi různými typizacemi, což je důležité pro porozumění dynamice a efektivitě modelu v kontextu laktačních křivek dojnic.

#### 5.1.1 TYPIZACE LAKTAČNÍCH KŘIVEK

Analýza dat dále zahrnovala sestavení typizačních parametrů pro vytvoření celkem 32 různých laktačních křivek. Typizované laktační křivky interpretovaly variabilitu dat denních záznamů od 252 do 2 365 laktačních křivek v rámci dané typizace. Jednotlivé typizace laktačních křivek byly definovány neměnnými parametry v rámci dané typizované laktace, tedy nelze je v rámci jedné typizace optimalizovat. Tento typ typizačních parametrů byl zohledněn v tabulkách popisných statistikách práce.

Typizační parametry charakterizující jednotlivé skupiny v modelu:

- Pořadí laktace (**Parity**) – 1., 2., 3., +4; (4 kategorie),
- Sezona otelení (**Season**) – 12.-2.měsíc = zima (4), 3.-5.měsíc = jaro (1), 6.-8.měsíc = léto (2), 9.-11. měsíc = podzim (3); (4 kategorie),
- Plemeno (**Breed**) – H, C; (2 kategorie).

### 5.1.2 ZÁKLADNÍ STATISTIKY A VIZUALIZACE PRO TYPIZACI ID\_29

Výsledky evaluace modelu pro typizaci ID\_29 jsou uvedeny v Tabulce 5, která poskytuje statistické hodnocení různých parametrů, které charakterizují typizaci ID\_29, založené na vzorku o velikosti 603 krav. Ukazuje průměrné, mediánové a rozptylové statistiky pro různé měřené parametry, jako je inseminační index, délka servis periody, index perzistence a produkce mléka v různých časových intervalech (100 dní, 200 dní, 305 dní a za celkovou laktaci). Z tabulky vyplývá, že průměrný inseminační index je 2,09 s mediánem 2,00 a směrodatnou odchylkou 1,48, což ukazuje na relativně konzistentní hodnoty s některými variacemi (Sawa et al., 2011). Délka servis periody má průměrnou délku 112,28 dní a medián 95,00 dní, což naznačuje několik extrémních hodnot, jak naznačuje maximum délky SP 386 dní (Roman et al., 2020). Index perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ) je poměrně konzistentní s průměrem 0,96 (tedy 96 %) a mediánem 0,95. Produkce mléka v prvních 100 dnech má široký rozsah s minimem 0 kg a maximem 8 866 kg, což ukazuje na velkou variabilitu v produkci mezi dojnícemi a také na rozlišnou kvalitu dat. Podobně rozsáhlé variace lze vidět i u produkce do 200 a 305 dní i také celkové produkce za laktaci. Variabilita v produkci je také odrazem ve variačním koeficientu, který se pohybuje od 0,13 u indexu perzistence až po 0,28 u produkce mléka za laktaci, což naznačuje vyšší variabilitu v celkové produkci mléka. Interkvartilové rozpětí, které poskytuje odhad variability okolo mediánu, je také uvedeno a jeho hodnoty poukazují na to, že většina dat se nachází v relativně úzkém rozmezí, ačkoliv u některých parametrů jako celkové produkce mléka za laktaci můžeme pozorovat širší rozpětí. Denní produkce mléka má průměrnou hodnotu 37,35 kg a medián 37,61 kg, s poměrně nízkou směrodatnou odchylkou 6,51 kg, což naznačuje, že denní produkce mléka je v rámci typizace ID\_29 konzistentní. Celkově tabulka poskytuje ucelený přehled o reprodukčních a produkčních parametrech v rámci typizace ID\_29.

Tabulka 5. Tabulka základních statistik parametrů pro typizaci ID\_29

N = 603	Průměr	Medián	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Inseminační index	2,09	2,00	1,48	0,71
Servis perioda (dní)	112,28	95,00	53,19	0,47
Index perzistence (P <sub>2:1</sub> )	0,96	0,95	0,12	0,13
Produkce mléka /100 dní (kg)	4173,00	4259,00	1024,00	0,25
Produkce mléka /200 dní (kg)	8143,00	8340,00	2001,00	0,25
Produkce mléka /305 dní (kg)	11076,00	11346,00	2830,00	0,26
Produkce mléka za laktaci (kg)	11734,00	11767,00	3311,00	0,28
Den vrcholu (den)	88,62	70,00	64,23	0,72
Produkce mléka na vrcholu (kg)	63,32	62,00	12,64	0,20
Denní produkce mléka (kg)	37,35	37,61	6,51	0,17

Rozšířený statistický přehled parametrů pro typizaci ID\_29 uvádí Tabulka 6. Z tabulky je patrné, že inseminační index, se pohyboval od 1 do 10, zatímco dolní kvartil byl 1 a horní kvartil na 3, což poukazuje na to, že 75 % dojnic bylo březích po třech nebo méně inseminacích. Výsledek tedy naznačuje, že většina dojnic byla úspěšně inseminována s relativně nízkým počtem pokusů inseminací. Interkvartilové rozpětí 2 poukazuje na mírnou variabilitu v inseminační účinnosti v rámci souboru. Délka servis periody byla zjištěna od 42 do 386 dnů, s významným interkvartilovým rozpětím 64 dnů. Tato variabilita může odrážet rozdíly v úrovni reprodukce v rámci sledovaného souboru krav. Index persistence (P<sub>2:1</sub>), který měří stabilitu produkce mléka v prvních 200 dnech laktace, se pohyboval mezi 0,62 a 1,83 (Chen et al., 2023), s velmi těsným interkvartilovým rozpětím 0,12, což naznačuje poměrně konzistentní produkci mléka v této fázi laktace. Dále byla hodnocena produkce mléka v intervalových obdobích laktace, což poskytuje ucelený pohled na laktaci dojnic. V období prvních 100 dnů laktace produkce kolísala od 0 kg až po 8 866 kg, s mediánem 3 664 kg, což ukazuje, že polovina dojnic produkovala méně než 3 664 kg. Dále ve 200 dnech laktace byl rozsah ještě širší, od 0 kg do 18 308 kg, což zdůrazňuje významné rozdíly v mezi hodnocenými dojnicemi v rámci typizace ID\_29. Produkce mléka za 305 dní laktace dosahovala od 172,00 kg do 26 316,00 kg mléka, což se shoduje závěry Larsena et al. (2021). Podobně také produkce mléka za celou laktaci vykazovala minimum 172 kg a maximum 31 090 kg, s velkým interkvartilovým rozpětím 3 376 kg, což ukazuje na poměrně širokou variabilitu mezi dojnicemi nebo pravděpodobně také na

nekonzistenci záznamů nádoje mléka distribuovaných v rámci hodnocené laktace pro typizaci ID\_29, či výskytu nulových nádojů napříč širokými segmenty typizace (nemoci, problémy s daty). Den vrcholu laktace se pohyboval od 7 do 393 dnů. Interkvartilové rozpětí 68 dnů naznačuje variabilitu v čase dosažení maximální produkce. Produkce mléka na vrcholu vykázala median 54,50 kg a horní kvartil 71 kg, což poukazuje na to, že 25 % dojnic překračuje tuto produkční úroveň. Vzhledem ke zmíněné nekonzistenci surových dat bylo často obtížné definovat skutečný vrchol laktace, což je patrné z prezentovaných výsledků. Průměrná denní produkce mléka ukázala minimální hodnotu 6,75 kg a maximální 57,29 kg. Medián 33,34 kg a horní kvartil 41,87 kg ukazují na relativní konzistenci v denní produkci mléka u většiny dojnic, přestože interkvartilové rozpětí 8,53 kg upozorňuje na existenci dojnic s výrazně odlišnými produkčními profily.

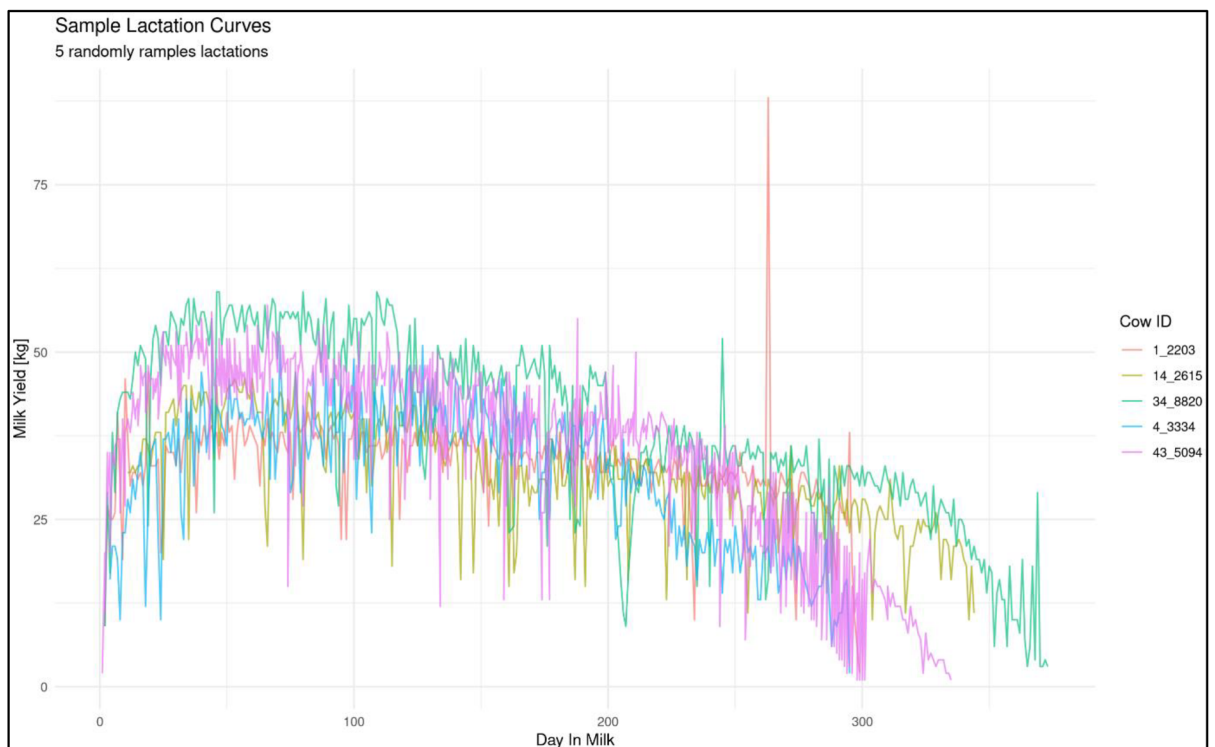
Tabulka 6. Tabulka rozšířených statistik parametrů pro typizaci ID\_29

N = 603	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Interkvartilové rozpětí
Inseminační index	1,00	10,00	1,00	3,00	2,00
Servis perioda (dní)	42,00	386,00	74,00	138,00	64,00
Index perzistence (P <sub>2:1</sub> )	0,62	1,83	0,89	1,01	0,12
Produkce mléka /100 dní (kg)	0,00	8866,00	3664,00	4729,00	1065,00
Produkce mléka /200 dní (kg)	0,00	18308,00	7133,00	9287,00	2154,00
Produkce mléka /305 dní (kg)	172,00	26316,00	9814,00	12582,00	2768,00
Produkce mléka za laktaci (kg)	172,00	31090,00	10037,00	13413,00	3376,00
Den vrcholu (den)	7,00	393,00	44,00	112,00	68,00
Produkce mléka na vrcholu (kg)	18,00	99,00	54,50	71,00	16,50
Denní produkce mléka (kg)	6,75	57,29	33,34	41,87	8,53

Na základě popsaných selekčních parametrů byl vytvořen Graf 1, který zobrazuje průběh laktace u 5 náhodně vybraných krav v rámci typizace ID\_29. Graf zobrazuje denní produkci mléka (v kilogramech) pro jednotlivé krávy z první laktace, které jsou reprezentovány různými barvami a jsou identifikovány svými jedinečnými ID čísly. Data jsou prezentována od prvního dne do 380 dnů laktace, což byla délka nejdelší laktace (ID 34\_8820). Z analýzy dat vyplývá vysoká variabilita v denní produkci mléka, což je z grafu patrné. Některé krávy, například ID

14\_2615, vykazují vysokou variabilitu nádoje, což mohlo být způsobeno individuálními vlivy zvířete, anebo potenciálními výkyvy v získaných datech. Tyto výkyvy byly důležité pro vývoj a kalibraci modelu laktace. Z Grafu 1 je rovněž patrné, že produkce mléka se s postupujícím časem snižuje, což je typické pro laktační křivky. Výsledky ukazují, že pro přesnější analýzu a modelování produkce mléka je nezbytné zohlednit jak individuální variace mezi kravami, tak variabilitu použitých dat.

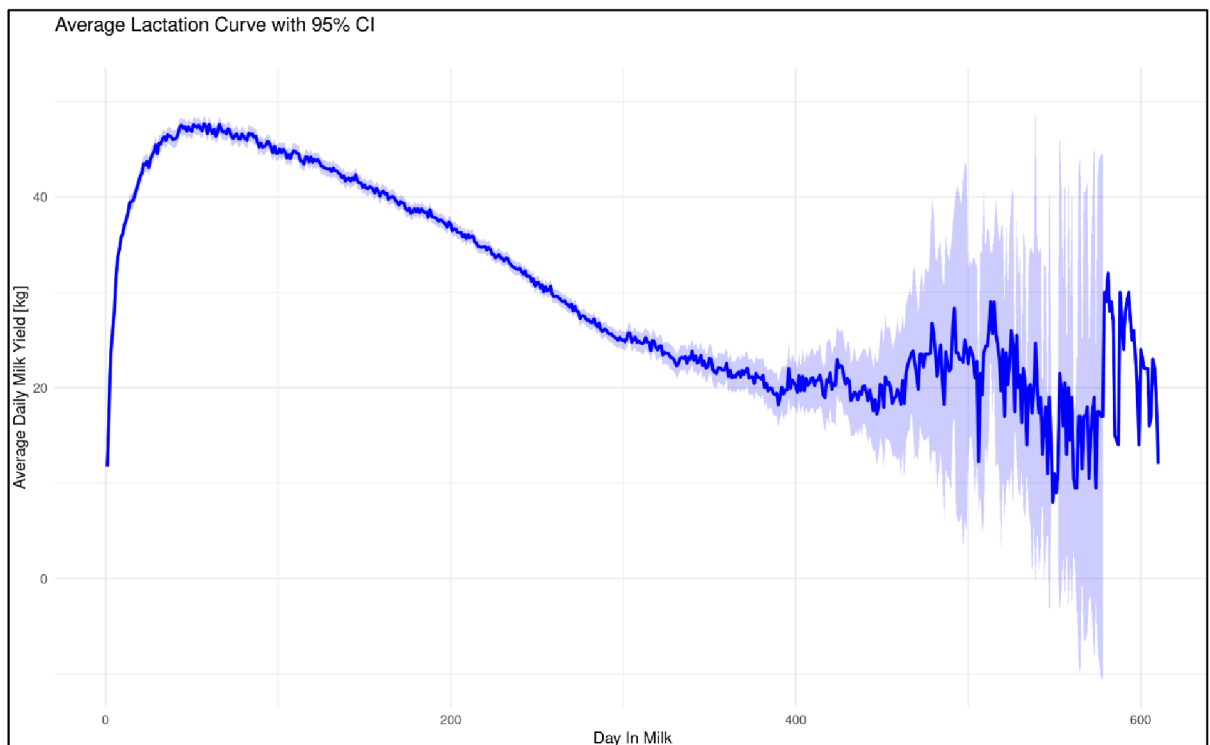
Graf 1. Denní nádoje mléka během laktace u pěti náhodně vybraných krav



Na Grafu 2 je vidět průměrná laktační křivka s 95 % konfidenčním intervalem (CI) kolem tohoto průměru, která ukazuje průměrný denní nádoj mléka během laktace. Tento graf reprezentuje výběrový průměr laktace přes jednotlivé dny bez jakéhokoli uvažování prediktorů. Nízka variabilita (úzký CI) korespondují s vysokým počtem pozorování v daných dnech a naopak. Konfidenční interval, zobrazený světlejší modrou barvou kolem tmavě modré průměrné křivky, poskytuje vizuální reprezentaci rozptylu v datech. Na začátku je křivka strmá, což ukazuje rychlý nárůst mléčné produkce po otelení. Následně křivka přechází do fáze stabilního vrcholu produkce, než začne postupně klesat, což je typický průběh laktace. Zvláště pozoruhodné je rozšíření konfidenčního intervalu po 400. dni, což naznačuje malý počet dat, vlivem, čeho se CI rozšiřuje kolem průměru, ale také zvýšenou variabilitu v produkci mléka v

pozdějších fázích laktace. Tento jev může být způsoben řadou faktorů, včetně zdravotního stavu krav, změn ve výživě, stresových faktorů nebo přechodu krav do období stání na sucho. Toto může být spojeno s různými faktory, jako jsou individuální zdravotní problémy, změny ve výživě, stres apod. (Roth,2020).

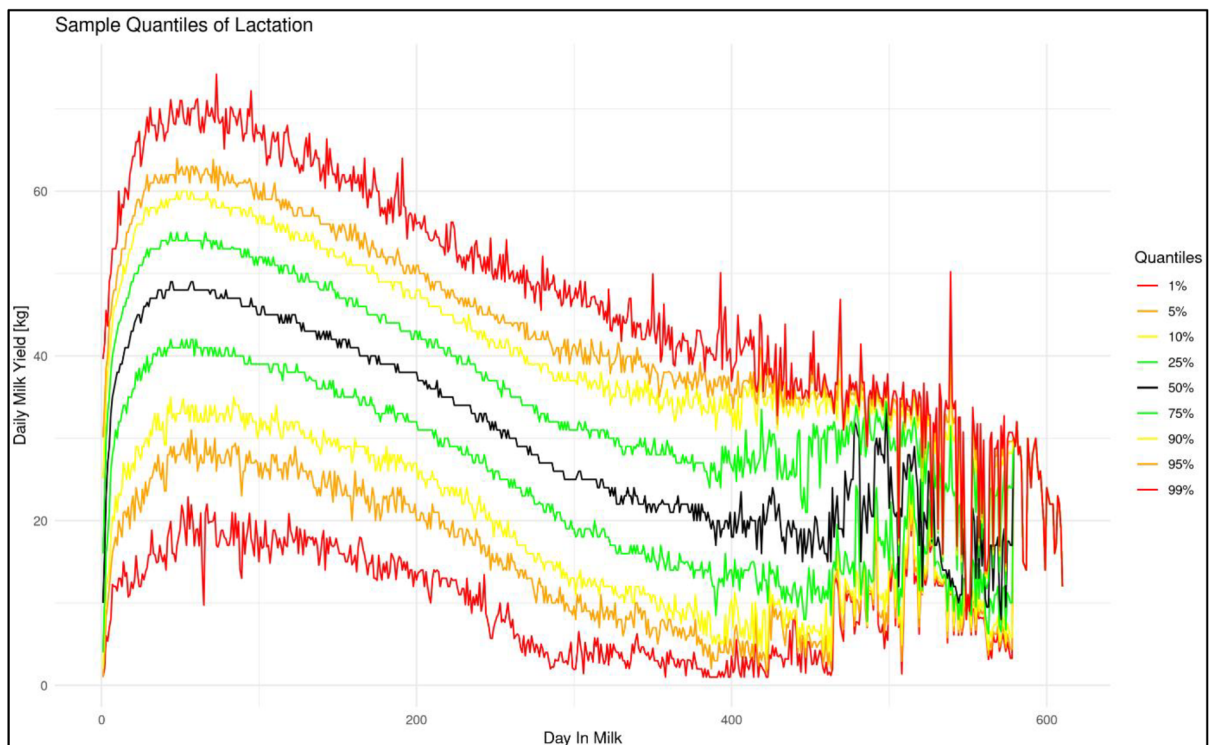
Graf 2. Průměrná laktanční křivka s 95% konfidenčním intervalem



Explorativní statistika byla dále rozšířena o Graf 3 kde je vizuální interpretace analýzy kvantilů denní mléčné produkce během laktace. Analýza poskytuje rozšířený pohled na strukturu a charakter data denních záznamů dojnic. Výstup analýzy umožňuje lépe porozumět rozložení laktací u dojnic v různém DIM. Kvantily reprezentují různé úrovně produkce mléka, kde například 5 % a 10 % kvantily ukazují na úroveň produkce mléka pro 5 a 10 % nejméně produktivních krav v hodnocené populaci, zatímco kvantily 90 % a 95 % ilustrují užitek vysokoprodukčních krav. Mediánová křivka, odpovídající 50 % kvantilu, představuje středovou krávu (mediánovou) a slouží jako referenční bod pro porovnání s ostatními kvantilovými křivkami. Analýza kvantilů poskytuje komplexní pohled na rozložení produkce mléka a umožňuje identifikovat jak běžné, tak extrémní odchylky produkce, což je klíčové pro pochopení celkové struktury a dynamiky produkce stáda. Z grafu je zřejmé, že reprezentativnost grafu je do přibližně 400 dne. Dále je z grafu patrné, že s roustoucí

hodnotou času se variabilita produkce mléka zvyšuje, což je viditelné z rozšíření mezi nižšími a vyššími kvantily. To může naznačovat rostoucí diverzitu v produkčních schopnostech krav během laktace, což může být způsobeno širokou škálou faktorů, včetně věku, genetiky, managementu stáda a individuálních zdravotních podmínek (Arya et al., 2020).

Graf 3. Analýza kvantilů denní produkce mléka během laktace



Vyhodnocení zvoleného modelu laktační křivky bylo provedeno na základě analýzy, jejímž výstupem jsou uvedené grafy. Každý grafický výstup poskytuje unikátní pohled na dynamiku laktace vybraných krav. Graf 1 prezentuje individuální laktace pěti náhodně vybraných krav, zdůrazňující variabilitu denní produkce mléka. Druhý graf ukazuje průměrnou laktační křivku s 95 % konfidenčním intervalem kolem tohoto průměru, poskytující ucelený pohled na průběh laktace se specifickým ohledem na variabilitu krav. Třetí graf, analýza kvantilů, ilustruje rozložení denní produkce mléka v celém stádu, odhalující značnou variabilitu ve výkonnosti dojnic. Naše zjištění poukazují na důležitost pochopení individuálních a skupinových rozdílů v laktaci, které mohou být klíčové pro optimalizaci managementu stáda a genetického výběru v dojném průmyslu (McMullen et al., 2021).



### 5.1.3 ZÁKLADNÍ STATISTIKY PRO VŠECHNY TYPIZACE

Výsledky evaluace modelu pro všechny typizace jsou uvedeny v Tabulce 7, která poskytuje statistické hodnocení parametrů. Výsledky základní statistiky sledovaného souboru (N = 30 357) uvedené v tabulce poskytují komplexní pohled na sledované reprodukční a produkční ukazatele dojnic. Během kalkulace parametrů pro všechny typizace nebyly zahrnuty 3 laktace u kterých nebylo možno propojit databázi denních pozorování s databází popisných charakteristik laktace. V tabulce jsou uvedeny počty laktací a základní statistické parametry u dojnic sledovaných v období od 2000 do roku 2019. Například ukazatel inseminační index se v našem souboru pohyboval okolo průměru 2,22, zatímco Mišeikienė et al., (2022) doporučují tuto hodnotu do 2,0. Maratovich et al., (2019) dodávají, že variabilita inseminačního indexu je přímo závislá na úrovni produkce krávy. Syrůček et al., (2023) uvádějí v ročence za rok 2022, že krávy dosahují dobré plodnosti při inseminačním indexu do 1,5 a délce servis periody do 100 dnů. Ve sledovaném souboru měly dojnice průměrnou délku servis periody 110,83 dne, což dle M'hamdi et al., (2012) lze v souvislosti úrovně produkce mléka hodnotit jako jako dobrou. Dále dodává, že v chovech dojnic je z ekonomického hlediska opodstatněné příliš neprodlužovat délku mezidobí, což se následně projeví na úrovni roční produkce mléka dojnice. Mišeikienė et al. (2022) ve své práci uvádí, že dojnice s délkou SP kolem 131 dní, dojí za laktaci více mléka, než krávy s délkou SP od 91 až 110 dní. Shrnutí rozsahu a variability hodnocených parametrů, je uvedeno v Tabulce 7. V této tabulce jsou patrné výsledky například pro inseminační index, který jakožto ukazatelem efektivity reprodukčního managementu, se pohyboval od minima 1,00 do maxima 23,00, s dolním kvantilem 1,00 a horním kvantilem 3,00. Tento relativně široký rozsah naznačuje značnou varianci v managementu reprodukce napříč sledovanou populací dojnic. Zatímco délka servis periody dosahovala minima 26 dní a maxima 6 620 dní, což ukazuje na extrémy v datovém souboru. Takto dlouhá maximální doba SP (skoro 18 let) poukazuje na nadiry v databázi, které mohly být způsobeny v důsledku rozsahu sledovaného období 19 let (2000 – 2019). Takto dlouhé období délky SP není reálné. Pravděpodobně tyto extrémy byly způsobeny nedůslednou evidencí záznamů do programu Farmsoft. Index persistence ( $P_{2:1}$ ), který ilustruje stabilitu produkce mléka v rámci laktace, se pohyboval v užším intervalu od 0,47 do 2,91, což napovídá o relativní konzistenci produkce mléka během prvních 200 dní laktace napříč hodnoceným soubore dojnic. Ukazatel průběhu laktace, který vyjadřuje index perzistence, dosahoval u

sledovaného souboru dojníc 0,99. Tato hodnota indexu perzistence laktace je dle Domínguez-Viveros et al., (2023) na velmi dobré úrovni což potvrzuje také Cole & Null, (2009). Autoři dále uvádí, že se jedná o důležitý selekční parametr v programech šlechtění a zdůrazňují také důležitost z hlediska ekonomické efektivity dojníc. V tabulce jsou dále uvedeny ukazatele produkce mléka, za období prvních 100 dní laktace, druhých 100 dní laktace, třetích 105 dní laktace a produkce mléka za celou laktaci. Prezentované hodnoty jednotlivých v obdobích laktace potvrzují, že sledované dojnice dosahují dobré úrovně produkce mléka. Gorelik et al., (2021) naznačují, že množství 9 266,20 kg produkovaného mléka za laktaci na dobré úrovni. Podobné závěry také potvrzují Gridina et al., (2018) a dodávají, že vzhledem k délce servis periody kolem 110,83 dní je úroveň produkce očekávatelná. Ukazatele dne dosažení vrcholu laktace a dojivost na vrcholu laktace naznačují pozdější dosažení vrcholu laktace, při průměrné dojivosti 50,96 kg mléka. Uvedené parametry potvrzuje práce dle Innes et al., (2023), kteří potvrzují, že pozdější vrchol laktace se projevil na výrazně vyšší průměrné dojivosti mléka na vrcholu laktace. Průměrná denní produkce mléka, která souvisí s dojivostí na vrcholu laktace, dosáhla ve sledovaném souboru hodnoty 30,94 kg mléka. Na základě šetření Syrůčka et al. (2023), kde uvádí průměrnou denní produkci 24,89 kg, je patrné, že průměrná denní produkce mléka ve sledovaném souboru převyšuje hodnotu produkce mléka v ČR pro rok 2022.

Tabulka 7. Tabulka základních statistik parametrů pro všechny typizace

N = 30 357	Průměr	Medián	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Inseminační index	2,22	2,00	1,60	0,72
Servis perioda (dní)	110,83	91,00	66,73	0,60
Index perzistence (P2:1)	0,99	0,98	0,13	0,13
Produkce mléka /100 dní (kg)	2939,26	3135,00	1488,27	0,51
Produkce mléka /200 dní (kg)	5985,84	6322,00	2703,22	0,45
Produkce mléka /305 dní (kg)	8567,37	8927,00	3613,86	0,42
Produkce mléka za laktaci (kg)	9266,22	9360,00	4049,87	0,44
Den vrcholu (den)	110,68	79,00	89,12	0,81
Produkce mléka na vrcholu (kg)	50,96	50,00	15,07	0,30
Denní produkce mléka (kg)	30,94	31,18	7,85	0,25

Rozšířené statistické výsledky jsou dále uvedeny v Tabulce 8. V tabulce jsou patrné výsledky pro délku servis periody, která dosahovala hodnoty dolního kvartilu 72 dní a horního kvartilu 136 dní, což naznačuje, že většina dojnic se daří zabřeznout v doporučeném intervalu, což je klíčové pro udržení efektivní produkce mléka v chovu (Mišeikienė et al., 2022). Produkce mléka / 100 dní se pohybovala od 0 do 11 630 kg, s průměrnou dojivostí 2 939,00 kg, což poukazuje na začátek laktace. Produkce mléka / 200 dní se pohybovala od 0 do 21 646 kg, s průměrnou produkcí 5 985,84 kg, což odráží pokračující produkční schopnosti během vrcholové fáze laktace. Produkce mléka / 305 dní se pohybovala od 0 do 28 996,00 kg, s průměrnou produkcí 8 567,37 kg, což jakožto standardní měřítko pro hodnocení produkce mléka, naznačuje, že některé dojnice mají mimořádně dlouhé a produktivní laktace. Celková produkce mléka za laktaci, jakožto významný ukazatel produkční úrovně dojnice, měla široký rozsah od 2 kg do 38 108 kg, což zdůrazňuje velkou variabilitu v produkčních výsledcích v rámci sledované populace. Pravděpodobně tato variabilita byla způsobena nekonzistencí záznamů nadoje mléka distribuovaných v rámci hodnocené laktace nebo onemocněním některých jedinců či jinými externími faktory. Medián produkce 9360,00 kg a velký rozdíl mezi dolním a horním kvantilem odráží různorodost produkčních profilů dojnic ve sledované populaci. Denní produkce mléka se pohybovala od 1 kg do 59,20 kg, což koresponduje s výsledky práce (Müschner-Siemens et al., 2020). Dolní kvartil dosahoval 25,74 kg a horní kvartil 36,32 kg, což naznačuje, že 50 % dojnic produkuje mezi těmito dvěma hodnotami. Ukazatel dne vrcholu laktace jakožto jeden z klíčových ukazatelů, který souvisí s naplňováním genetického potenciálu dojnic pro produkci mléka, ale také reflektuje úroveň managementu stáda v rozdojovací fázi laktace, se pohyboval v rozmezí od 1 do 623 dnů s mediánem 79 dní. Toto široké rozpětí naznačuje významnou variabilitu, což může být ovlivněno faktory jako je právě management krav po otelení, zdraví zvířat, výživa, plemenné rozdíly. Zatímco medián naznačuje, že polovina dojnic dosáhla vrcholu produkce před 79. dnem, rozsáhlé interkvartilové rozpětí od 42 do 160 dnů poukazuje na to, že dojnice v tomto souboru mají tendenci dosahovat vrcholu laktace v poměrně širokém časovém období. Nádoj na vrcholu laktace, který je definován jako nejvyšší denní produkce mléka do 200 dne, se pohyboval od 1 kg do 100 kg (definovaný treshold), s mediánem 50 kg. Směrodatná odchylka 15,07 kg spolu s interkvartilovým rozpětím 19 kg ukazuje na poměrně stabilní produkční schopnosti dojnic na vrcholu laktace, avšak stále existuje substanční skupina dojnic, která výrazně překonává medián. Tento ukazatel má vysoký význam pro hodnocení úrovně dojivosti, jelikož produkce

na vrcholu laktace souvisí s managementem dojnic po otelení a schopností dojnic přijmat dostatečné množství sušiny potažmo zdravotním stavem dojnice (Peiter et al., 2021).

Tabulka 8. Tabulka rozšířených statistik parametrů pro všechny typizace

N = 30 357	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Interkvartilové rozpětí
Inseminační index	1,00	23,00	1,00	3,00	2,00
Servis perioda (dní)	26,00	6620,00	72,00	136,00	64,00
Index perzistence (P2:1)	0,47	2,91	0,90	1,07	0,17
Produkce mléka /100 dní (kg)	0,00	11630,00	2274,00	3909,00	1635,00
Produkce mléka /200 dní (kg)	0,00	21646,00	4703,00	7698,00	2995,00
Produkce mléka /305 dní (kg)	0,00	28996,00	6589,00	10851,00	4262,00
Produkce mléka za laktaci (kg)	2,00	38108,00	6885,00	11682,00	4797,00
Den vrcholu (den)	1,00	623,00	42,00	160,00	118,00
Produkce mléka na vrcholu (kg)	1,00	100,00	41,00	60,00	19,00
Denní produkce mléka (kg)	1,00	59,20	25,74	36,32	10,58

## 5.2 STATISTICKÉ VÝSLEDKY ODHADNUTÝCH MODELŮ NAPŘÍČ TYPIZACEMI

Analýza prezentovaná v Tabulce 9 poskytuje komplexní shrnutí výsledků regresní analýzy, včetně hodnot koeficientů determinace ( $R^2$ ) pro 32 typizací laktace. Tyto typizace, označené specifickými ID, reprezentují variace mezi skupinami, jak je vidět například v Tabulce 9. Statistické údaje koeficientů prediktorů pro různé typizace laktací dojnic. Z této tabulky je zřejmé, že typizace ID\_1 až ID\_16 byla zvířata plemene C, zatímco typizace ID\_17 až ID\_32 byla plemena H. Tabulka dále uvádí skupiny podle pořadí laktace, rozdělené vždy do čtyř sad oddělených horizontálními čarami. Tyto skupiny zahrnovaly prvotelky v ID\_1 až ID\_4 a ID\_17 až ID\_20, krávy ve druhé laktaci v ID\_5 až ID\_8 a ID\_21 až ID\_24, krávy ve třetí laktaci v ID\_9 až ID\_12 a ID\_25 až ID\_28 a krávy ve čtvrté a vyšší laktaci v ID\_13 až ID\_16 a ID\_29 až ID\_32. Pro optimalizaci numerické stability systému byly, v souladu s relevantním odborným publikacemi a expertní analýzou, determinovány a implementovány centrované hodnoty prediktorů: a1 (690 dní), a2 (385 dní), a3 (90 dní), b1 (690 dní), b2 (2x denně dojení), c1 (90

dní) a  $c_2$  (385 dní). Referenční hodnoty v tabulce uvádí v případě ID\_1 parametru prediktoru a hodnotu v hektolitrech, tedy (34 litrů),  $b_0$  (19 litrů) a  $c_0$  (15 litrů). Výsledkem byla interpretace uvedených koeficientů vůči sliderům (posuvníkům) v online aplikaci, které platí pro všechny koeficienty prediktorů v defaultním nastavení. Jinými slovy, defaultní nastavení (vždy při spuštění aplikace) prediktorů na referenční hladinu, rovnu defaultnímu nádoji 34 litrů, že při jakékoliv modifikaci prediktoru, například při prodloužení věku 1. otelení ( $a_1$ ) o 100 dní (ze 385 na 485), došlo ke snížení nádoje ze 34 litrů na 32 litrů mléka. Jiný příklad, v dalším případě typizace ID\_22 by prodloužením délky SP ( $a_3$ ) o 100 dní (relativně extrémní prodloužení), došlo ke snížení nádoje o 9 litrů na 48 litrů na vrcholu laktace. Nebo v jím případě typizace ID\_15 by prodloužení věku 1. otelení ( $b_1$ ) o 100 dní vedlo ke snížení nádoje mléka o 2 litry na hodnotu 50 litrů na vzestupné fázi laktace.

Z Tabulky 9 je zřejmé, že fit modelu se mezi jednotlivými typizacemi liší, což naznačuje, že některé parametry poskytují modelu lepší schopnost vysvětlit variabilitu v datech než jiné. Tento rozdíl v kvalitě fitu modelu zdůrazňuje, že určité podmínky jsou pro modelování laktace vhodnější. Dále je patrné, že koeficient baseline neboli populační průměrná hodnota ( $a_0$ ), vykazuje pozitivní a statisticky významné výsledky ve všech typizacích, což ukazuje na konzistentní základní úroveň produkce mléka bez ohledu na typizaci. Tento konzistentní výsledek potvrzuje, že základní produkční schopnosti stáda jsou stabilní napříč různými podmínkami. Významným zjištěním je také negativní trend koeficientu efektu věku prvního otelení ( $a_1$ ) na magnitudu, v mnoha typizacích indikuje, že prodlužování věku prvního otelení, může mít za následek snižování produkce mléka, což koresponduje závěry práce Bitencourt et al. (2020). Avšak tento efekt není vždy statisticky významný, což poukazuje na možnou variabilitu vlivu věku prvního otelení na produkci. V rámci dalšího koeficientu, jako délka předchozího mezidobí ( $a_2$ ) je patrné, že pro plemeno C je efekt spíše pozitivní, zatímco pro H je spíše negativní. Dále délka servis periody ( $a_3$ ) na magnitudu laktace, prokazují různé stupně statistické významnosti, což naznačuje, že jejich vliv na produkci mléka se může lišit v závislosti na jedinečných podmínkách jednotlivých dojnic nebo stáda.

Tabulka 9. Výsledky regresní analýzy

ID	(R <sup>2</sup> )	vrchol laktace				iniciační fáze laktace			sestupná fáze laktace		
		a0 base line	a1 věk 1. otelení	a2 délka předchozího mezidobí	a3 SP konstantní	b0 base line	b1 věk 1. otelení	b2 četnost dojení za den	c0 base line	c1 SP denní	c2 délka předchozího mezidobí
1	0,63	0,34	-0,02	0,02	-0,02	0,19	-0,02	0,03	0,15	0,12	0,03
2	0,64	0,32	-0,02	0,06	-0,08	0,18	-0,02	0,03	0,17	0,09	-0,04
3	0,65	0,33	-0,03	0,06	-0,02	0,19	-0,01	0,01	0,19	0,07	0,11
4	0,68	0,33	-0,02	0,08	-0,06	0,21	-0,02	-0,02	0,20	0,06	0,04
5	0,73	0,54	-0,04	-0,03	0,07	0,20	0,00	0,05	0,38	0,05	0,08
6	0,73	0,47	-0,04	0,04	-0,11	0,16	-0,01	0,04	0,29	0,09	-0,15
7	0,70	0,44	-0,04	0,08	0,00	0,14	0,00	0,01	0,28	0,05	0,19
8	0,72	0,45	-0,04	0,05	0,00	0,16	0,00	0,04	0,29	0,07	0,09
9	0,74	0,55	-0,05	0,13	-0,11	0,19	0,00	0,06	0,36	0,09	0,06
10	0,74	0,55	-0,06	0,06	-0,15	0,15	0,01	0,02	0,33	0,08	-0,23
11	0,72	0,48	-0,06	0,03	-0,02	0,12	-0,01	-0,02	0,23	0,12	0,01
12	0,74	0,54	-0,06	0,00	0,05	0,15	0,01	0,03	0,31	0,06	0,12
13	0,74	0,58	-0,06	0,11	-0,09	0,21	0,00	0,03	0,37	0,07	0,11
14	0,75	0,58	-0,07	0,36	-0,30	0,20	0,00	0,13	0,43	0,00	0,02
15	0,74	0,59	-0,08	-0,09	0,15	0,20	-0,02	0,02	0,38	-0,02	0,13
16	0,74	0,58	-0,08	-0,02	0,08	0,18	0,01	0,03	0,35	0,04	0,15
17	0,51	0,40	0,00	0,01	-0,03	0,19	-0,01	0,04	0,16	0,08	-0,03
18	0,53	0,40	-0,01	0,02	-0,04	0,19	-0,02	0,02	0,15	0,06	-0,07
19	0,53	0,39	-0,01	-0,01	0,02	0,19	-0,01	0,01	0,13	0,06	0,01
20	0,52	0,41	-0,01	0,00	-0,01	0,21	-0,01	0,02	0,16	0,06	-0,02
21	0,62	0,58	-0,01	-0,04	-0,02	0,19	0,00	0,05	0,29	0,07	-0,10
22	0,63	0,57	-0,01	-0,03	-0,09	0,16	0,00	0,04	0,27	0,05	-0,28
23	0,61	0,53	-0,02	-0,01	-0,03	0,17	0,00	0,02	0,25	0,06	-0,08
24	0,61	0,57	-0,02	-0,02	-0,05	0,18	0,01	0,04	0,28	0,05	-0,15
25	0,65	0,66	-0,02	-0,05	-0,03	0,22	0,01	0,04	0,36	0,05	-0,14
26	0,63	0,60	-0,01	-0,01	-0,12	0,17	-0,01	0,04	0,30	0,05	-0,26
27	0,63	0,57	-0,02	-0,03	0,01	0,17	0,00	0,04	0,28	0,05	-0,05
28	0,63	0,62	-0,02	-0,02	0,00	0,20	0,01	0,04	0,32	0,05	-0,06
29	0,64	0,68	-0,02	-0,07	0,11	0,24	-0,01	0,02	0,36	0,07	0,08
30	0,6	0,62	-0,02	-0,02	-0,02	0,17	0,00	0,04	0,30	0,06	-0,07
31	0,61	0,60	-0,02	-0,01	-0,01	0,19	0,00	0,01	0,30	0,05	-0,03
32	0,61	0,67	-0,02	0,00	-0,10	0,24	0,00	0,01	0,37	0,03	-0,15

Doplňené směrodatné odchylky parametrů prediktorů pro všechny typizace jsou uvedeny v Tabulce 10. Data jsou uspořádána podle typizačního ID a rozdělena do několika kategorií označených dle parametrů prediktorů ( $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_0$ ,  $c_1$  a  $c_2$ ). Například pro ID\_1 jsou hodnoty v rozmezí 0,00 až 0,06, zatímco pro ID\_9 se zvyšují až na rozmezí 0,00 až 0,08. V rámci validované typizace ID\_29 se hodnota SD pohybuje od 0,00 ( $b_1$ ,  $b_2$ ) až pod 0,02 a 0,02 ( $a_3$ ,  $c_2$ ). Zaznamenání nulové hodnoty SD může být považováno za statistickou anomálii, způsobenou zaokrouhlováním vypočítaných hodnot na tři desetinná místa. V případě, zaokrouhlování na více desetinných míst, je pravděpodobné, že by byla směrodatná odchylka ne-nulová, což by odhalilo skutečnou variabilitu v datech. Nicméně, přesnost na úrovni vyššího počtu desetinných míst již nebyla prakticky významná. Tabulka slouží jako doplnění regresní analýzy, zda existují nějaké významné odlišnosti mezi jednotlivými ID.

Tabulka 10. Tabulka směrodatných odchylek (SD) parametrů prediktorů pro všechny typizace

Typizace_ID	a0	a1	a2	a3	b0	b1	b2	c0	c1	c2
1	0,004	0,003	0,014	0,024	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002	0,063
2	0,005	0,003	0,021	0,025	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,060
3	0,005	0,003	0,028	0,030	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,040
4	0,005	0,003	0,021	0,024	0,002	0,001	0,014	0,002	0,002	0,057
5	0,010	0,005	0,057	0,064	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002	0,068
6	0,009	0,005	0,044	0,050	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,061
7	0,007	0,004	0,035	0,039	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,061
8	0,009	0,004	0,049	0,054	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002	0,065
9	0,012	0,006	0,051	0,069	0,002	0,001	0,004	0,003	0,002	0,084
10	0,011	0,007	0,045	0,059	0,002	0,001	0,003	0,003	0,003	0,086
11	0,010	0,005	0,049	0,058	0,002	0,001	0,005	0,002	0,002	0,077
12	0,012	0,006	0,073	0,082	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,079
13	0,013	0,008	0,013	0,015	0,002	0,001	0,005	0,003	0,003	0,015
14	0,015	0,009	0,029	0,030	0,003	0,001	0,005	0,004	0,003	0,017
15	0,011	0,007	0,008	0,011	0,002	0,001	0,005	0,003	0,003	0,013
16	0,011	0,007	0,003	0,011	0,002	0,001	0,004	0,004	0,003	0,018
17	0,004	0,002	0,018	0,025	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,041
18	0,005	0,002	0,022	0,027	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,040
19	0,004	0,002	0,019	0,024	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,038
20	0,002	0,002	0,001	0,016	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,039
21	0,005	0,004	0,016	0,027	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,042
22	0,005	0,003	0,016	0,023	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,035
23	0,005	0,003	0,017	0,028	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,045
24	0,006	0,003	0,025	0,033	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,041
25	0,006	0,005	0,021	0,040	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,057
26	0,005	0,005	0,015	0,027	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,046
27	0,005	0,004	0,013	0,034	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,059
28	0,005	0,005	0,016	0,040	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,062
29	0,006	0,007	0,004	0,012	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,015
30	0,006	0,008	0,003	0,015	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,026
31	0,006	0,006	0,007	0,010	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,015
32	0,005	0,006	0,005	0,011	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,015

Tabulka 11 uvádí typizační parametry modelu reprezentují diskrétní faktory, na základě, kterých bylo vytvořeno celkem 32 typizovaných laktačních křivek. Mezi selekční parametry bylo třídění dle plemene, parity a sezóny otelení. Data dojníc byla validována v různých fázích jejich laktace, což umožnilo komplexní přehled o produkčních schopnostech. Například



nejpočetnější typizace byla ID\_20 N= 2 359 laktací. Jedná se dojnice na 3 laktaci, holštýnského plemene, otelené v podzimním období. Analýza byla zaměřena na srovnání a hodnocení různých parametrů prediktorů pro vrchol laktační křivky ( $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) a iniciační fázi laktační křivky ( $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ) koeficientů a sestupnou fázi ( $c_0$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ). Modelování bylo provedeno s použitím prediktorů reprezentovaných proměnnými. Tyto parametry prediktorů byly vyhodnoceny na základě statistické významnosti označeny. Výsledky ukázaly, že mezi jednotlivými skupinami dojnic došlo k významným rozdílům ve významnosti prediktorů, což naznačuje variabilitu ve vlivu jednotlivých faktorů na produkci mléka. Například, v případě prvotek plemene C, otelených ve 4 sezóně (ID\_1), byly všechny parametry s výjimkou  $a_2$ ,  $a_3$  a  $c_2$  statisticky významné. Výsledek tedy naznačuje, že pro typizaci ID\_1, nebyl vliv předchozí délky mezidobí a vliv konstantní délky servis periody na magnitudu (vrcholu) laktace, stejně jako předchozí délky mezidobí na sestupnou fázi laktace statisticky významné. Zatímco v typizaci ID\_29, definované plemenem H, na 4 a vyšší laktaci, otelené ve 4 sezóně, byly všechny parametry významné, což ukazuje na odlišný vliv genetických a environmentálních faktorů v závislosti na pořadí laktace a plemeni. Sezóna otelení měla zjevný vliv na produkci mléka, přičemž výsledky naznačovaly, že určité sezóny jsou spojeny s fluktuacemi hodnot prediktorů, což odráží sezónní proměnlivost ve užitkovosti dojnic. Z tabulky vyplývá, že parametry prediktorů ( $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$ ), které slouží jako referenční hodnoty, byly statisticky významné pro všechny typy typizace. Na druhou stranu prediktory  $a_2$ ,  $a_3$  a  $c_2$  u většiny typizací vykazovaly spíše statistickou nevýznamnost, což může otevřít možnosti pro výběr statisticky významnějších prediktorů pro typizované laktací křivky v rámci Woodova modelu pro dané fáze laktace, anebo naopak nezahrnutí některých prediktorů a tím zjednodušení modelu. Z tabulky je také zřejmé, že žádná typizace nedisponovala všemi neprůkaznými parametry prediktorů. Nejvíce neprůkazných vztahů měla typizace ID\_5; ID\_8 a ID\_17, které byly celkem ve 4 prediktorech nesignifikantní. Oproti tomu nejvyšší hladinu signifikance disponovaly typizace ID\_15 a ID\_16. Je zásadní poznamenat, že i přes statistickou nevýznamnost některých vybraných prediktorů se predikční schopnost modelu nezhoršuje v důsledku nesignifikantních výsledků.

Tabulka 11. Statistické údaje koeficientů prediktorů pro různé typizace laktací dojníc

Typizace_ID	Sezóna otelení	Pořadí laktace	Plemeno	N	Parametry prediktorů									
					a0	a1	a2	a3	b0	b1	b2	c0	c1	c2
1	4	1	C	725	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
2	1	1	C	864	***	***	**	**	***	***	***	***	***	NS
3	2	1	C	852	***	***	*	NS	***	***	**	***	***	**
4	3	1	C	747	***	***	***	*	***	***	NS	***	***	NS
5	4	2	C	596	***	***	NS	NS	***	NS	***	***	***	NS
6	1	2	C	637	***	***	NS	*	***	***	***	***	***	*
7	2	2	C	728	***	***	*	NS	***	***	NS	***	***	**
8	3	2	C	625	***	***	NS	NS	***	NS	***	***	***	NS
9	4	3	C	401	***	***	*	NS	***	***	***	***	***	NS
10	1	3	C	364	***	***	NS	*	***	***	***	***	***	**
11	2	3	C	433	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
12	3	3	C	394	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
13	4	≥4	C	326	***	***	***	***	***	NS	***	***	***	***
14	1	≥4	C	252	***	***	***	***	***	NS	***	***	NS	NS
15	2	≥4	C	357	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
16	3	≥4	C	345	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
17	4	1	H	2143	***	NS	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
18	1	1	H	2042	***	**	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
19	2	1	H	2160	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
20	3	1	H	2359	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
21	4	2	H	1639	***	*	*	NS	***	***	***	***	***	*
22	1	2	H	1513	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***
23	2	2	H	1665	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
24	3	2	H	1720	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	***
25	4	3	H	961	***	***	*	NS	***	***	***	***	***	*
26	1	3	H	850	***	*	NS	***	***	***	***	***	***	***
27	2	3	H	1157	***	***	*	NS	***	***	***	***	***	NS
28	3	3	H	1093	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	NS
29	4	≥4	H	603	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***
30	1	≥4	H	437	***	**	***	NS	***	*	***	***	***	*
31	2	≥4	H	705	***	***	NS	NS	***	***	***	***	***	*
32	3	≥4	H	667	***	**	NS	***	***	NS	***	***	***	***

Hladina významnosti: \* >0,01 – <0,05; \*\* >0,001 – <0,01; \*\*\* <0,001; NS Nesignifikantní.

Tabulka 12 poskytuje podrobný přehled statistických dat pro různé typizace. Obsahuje frekvence denních pozorování pro jednotlivé typizace, což umožňuje hlubší analýzu datových sad a předpovědních modelů pro každou kategorii. Nejmenší počet denních pozorování byl zaznamenán u typizace ID\_14 (N = 71 042), naproti tomu nejvyšší zastoupení měla typizace ID\_17 (N = 695 422), celkem bylo do hodnocení zahrnuto N = 8 850 660 denních záznamů. Log-likelihood (log-pravděpodobnostní funkce) je úměrný tomu, jak model dokáže popisovat data dané typizace, a také narůstá s počtem pozorování. Pozorované hodnoty log-likelihood modelů se pohybovaly v rozmezí 105 728,70 u typizace ID\_14 až po 994 980,24 u typizace ID\_20. Dále bylo provedeno vyhodnocení statistického modelu s přihlédnutím k počtu odhadovaných parametrů metodou AIC (Akaikeho informační kritérium), kde nižší hodnota AIC značí lepší predikční schopnost modelu. Hodnoty se pohybovaly od -211 433,41 u typizace ID\_14 až po -1 989 936,47 u typizace ID\_20. Vyhodnocení metodou BIC (Bayesovo informační kritérium) naznačuje, že hodnoty v tabulce jsou velmi podobné AIC hodnotám, což ukazuje na konzistentní velikost modelu.

Reziduální směrodatná odchylka modelu kvantifikuje míru náhodné variability, která zůstává nevysvětlená po aplikaci modelu. Z výsledků je patrné, že pro typizaci ID\_29, ID\_30 a ID\_32, kde reziduální SD dosahoval hodnoty 0,075, lze tedy očekávat, že přibližně 95 % reziduálních hodnot bude oscilovat v rozmezí  $\pm 15$  kg od predikovaného trendu a zároveň tyto typizace mají vyšší absolutní nádoj (viz  $a_0$ ). S narůstající magnitudou dat často narůstá SD, tj. vyšší hodnoty, mají většinou ve své přirozenosti vyšší SD, což naznačuje, že s rostoucí velikostí dat můžeme očekávat vyšší variabilitu v reziduálních hodnotách. Tento závěr je patrný z trendu, který popisuje reziduální SD. Oproti tomu fluktuace individuální krávy vůči base line byla vizualizována v Tabulce 12. Variabilita náhodného efektu pro každou z typizací. Je důležité poznamenat, že fluktuaci vůči trendu lépe popisuje reziduální SD, zatímco náhodné efekty poskytují informace o tom, jak individuální krávy fluktuují ve vztahu k základní (baseline) křivce. Souvislost reziduální směrodatné odchylky s empirickou kumulativní distribuční funkcí (ECDF) poskytuje další perspektivu kvality modelu. ECDF grafy umožňují vizuální posouzení rozdělení reziduálních hodnot, což dále potvrzuje interpretaci reziduální SD jako míry, do jaké jsou denní pozorování v souladu s modelem. Toto je klíčové pro identifikaci a pochopení rozsahu přirozené variability, kterou do predikce modelu nelze zahrnout. Důležitým závěrem patrným z tabulky byla variabilita

náhodného efektu SD, který model vysvětluje. Naproti tomu, reziduální SD reprezentuje variabilitu toho, co model nevysvětlil. Tedy, na základě náhodného efektu SD ukazuje možné efekty, které model není schopen vysvětlit. Z tabulky dále vyplývá, že přibližně 95 % krav se nacházelo v rozmezí  $\pm 2SD$  od průměru, což odpovídalo přibližně 20 kg mléka. Tento rozsah byl integrován do online aplikace jako slider imput (Cow-Specific Effect) v rozsahu  $\pm 20$  kg mléka, čímž byl zohledněn náhodný vliv inter-individuální variability v maximu predikovaného nádoje, čímž se umožnilo naznačovat, jaký rozsah predikované hodnoty lze očekávat.

Tabulka 12. Variabilita náhodného efektu pro každou z typizací

Typizace ID	Denní pozorování (n)	Log-likelihood	AIC	BIC	Reziduální SD	Náhodný efekt SD
1	202 126	353 169,62	-706 315,23	-706 192,63	0,042	0,059
2	225 948	390 776,03	-781 528,07	-781 404,13	0,042	0,063
3	222 865	397 384,76	-794 745,52	-794 621,75	0,040	0,065
4	199 036	357 624,07	-715 224,13	-715 101,72	0,040	0,069
5	164 323	256 686,19	-513 348,37	-513 228,26	0,050	0,095
6	172 932	270 383,54	-540 743,08	-540 622,35	0,050	0,092
7	194 773	308 552,91	-617 081,82	-616 959,66	0,049	0,084
8	173 542	278 742,95	-557 461,90	-557 341,13	0,048	0,089
9	113 520	170 941,18	-341 858,36	-341 742,68	0,053	0,100
10	101 452	151 525,19	-303 026,38	-302 912,05	0,054	0,101
11	123 718	190 141,42	-380 258,84	-380 142,13	0,052	0,084
12	114 941	175 725,43	-351 426,86	-351 311,04	0,052	0,096
13	91 048	135 245,59	-270 467,18	-270 354,15	0,054	0,109
14	71 042	105 728,70	-211 433,41	-211 323,36	0,054	0,106
15	102 921	156 263,45	-312 502,90	-312 388,40	0,053	0,096
16	98 057	145 409,38	-290 794,76	-290 680,84	0,054	0,102
17	622 757	881 153,98	-1 762 283,96	-1 762 147,86	0,058	0,070
18	583 931	828 955,61	-1 657 887,21	-1 657 751,88	0,058	0,071
19	619 819	898 631,49	-1 797 238,98	-1 797 102,94	0,056	0,068
20	695 422	994 980,24	-1 989 936,47	-1 989 799,05	0,057	0,069
21	481 279	603 051,31	-1 206 078,61	-1 205 945,60	0,069	0,097
22	448 435	563 977,58	-1 127 931,15	-1 127 798,99	0,068	0,095
23	493 640	635 568,34	-1 271 112,67	-1 270 979,36	0,066	0,093
24	513 849	648 059,23	-1 296 094,47	-1 295 960,67	0,068	0,097
25	293 492	355 645,91	-711 267,82	-711 140,75	0,071	0,104
26	265 772	319 058,82	-638 093,64	-637 967,75	0,072	0,095
27	356 732	442 203,39	-884 382,78	-884 253,36	0,069	0,100
28	338 625	407 668,83	-815 313,65	-815 184,86	0,072	0,103
29	189 767	220 694,18	-441 364,37	-441 242,53	0,075	0,108
30	138 374	160 223,39	-320 422,77	-320 304,72	0,075	0,092
31	225 868	268 474,20	-536 924,40	-536 800,47	0,073	0,102
32	210 654	245 506,90	-490 989,80	-490 866,70	0,075	0,098

### 5.3 EVALUACE MODELU NA TYPIZACI ID\_29

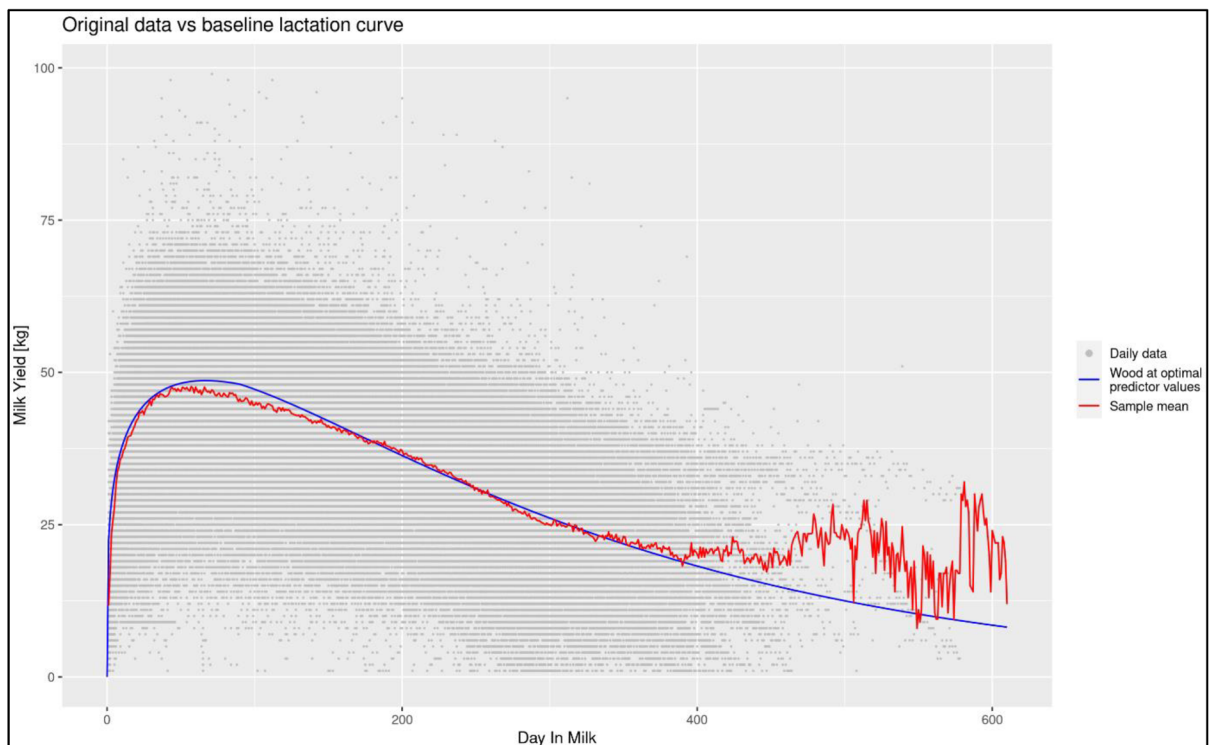
Validace prediktivní schopnosti modelu a správnosti zvolených prediktorů bylo evaluováno na vybrané typizaci ID\_29, jelikož kompletní databáze všech 32 typizací činí přes 8,8 milionů denních záznamů, což by bylo z kapacitních důvodů náročné zpracovat. Dalším důvodem byla zjištěna statistická průkaznost na hladině významnosti ( $P < 0,001$ ) pro většinu prediktorů s výjimkou vlivu věku prvního otelení na magnitudu křivky ( $a_1$ ), kde byla zjištěna statistická průkaznost na hladině ( $P > 0,001 - P < 0,01$ ). Z těchto důvodů byla evaluována typizace ID\_29, která představuje v rámci prediktivního modelu specifickou skupinu krav holštýnského plemene na 4. a vyšší laktaci, otelené v zimních měsících. Validace typizace obsahuje celkem 603 krav. Plemeno, jakožto zásadní proměnná, ovlivňuje genetický potenciál pro produkci mléka, který se liší mezi jednotlivými plemeny. Jak uvádí Kashoma et al. (2015) pořadí laktace, je důležitým indikátorem, protože produkce mléka se obvykle zvyšuje od první k třetí laktaci a může se stabilizovat nebo mírně snížit ve vyšších laktacích. Sezóna otelení může ovlivňovat produkci mléka kvůli sezónním rozdílům v kvalitě krmiva, klimatickým podmínkám (Boro et al., 2020).

#### 5.3.1 VÝSLEDKY EVALUACE MODELU

Vyhodnocení modelu bylo dále provedeno na základě porovnání denních dat produkce mléka s rozšířeným Woodovým modelem laktace. Následující Graf 4, ilustruje porovnání mezi skutečnými denními daty produkce mléka a referenční laktační křivkou modelovanou pomocí Woodova modelu. Na ose y je uvedeno množství mléka vyjádřené v kilogramech a osa x představuje čas ve dnech od začátku laktace. Skutečná denní data jsou zobrazena jako šedé body, které ukazují velkou variabilitu a rozptyl skutečných denních záznamů mléka mezi jednotlivými kravami a jednotlivými DIM. Modrá křivka reprezentuje predikce Woodova rozšířeného modelu při zafixovaných prediktorech v jejich referenčních (optimálních) hodnotách (např. SP = 90 dní). Referenční křivka slouží jako baseline, proti které se hodnotí skutečná produkce v rámci laktace. Z analýzy grafu vyplývá, že v počáteční fázi laktace Woodův model dobře odpovídá průměrným hodnotám, což naznačuje, že model je schopný efektivně predikovat začátek laktace. Avšak v průběhu střední a pozdější fáze laktace dochází k významné variabilitě ve skutečných datech, zejména po 400. dni laktace, kdy se rozptyl mezi skutečnými hodnotami a predikcemi modelu výrazně zvětšuje. Tento jev je pravděpodobně

způsobený nejen charakteristikami modelu, ale také klesajícím počtem dostupných dat o laktacích nad 400. dni, což snižuje reprezentativnost červené křivky v grafu. Vzhledem k těmto okolnostem se zdá, že modrá křivka, představující Woodův model, lépe vystihuje skutečný trend klesající fáze laktace (Angeles-Hernandez et al., 2021).

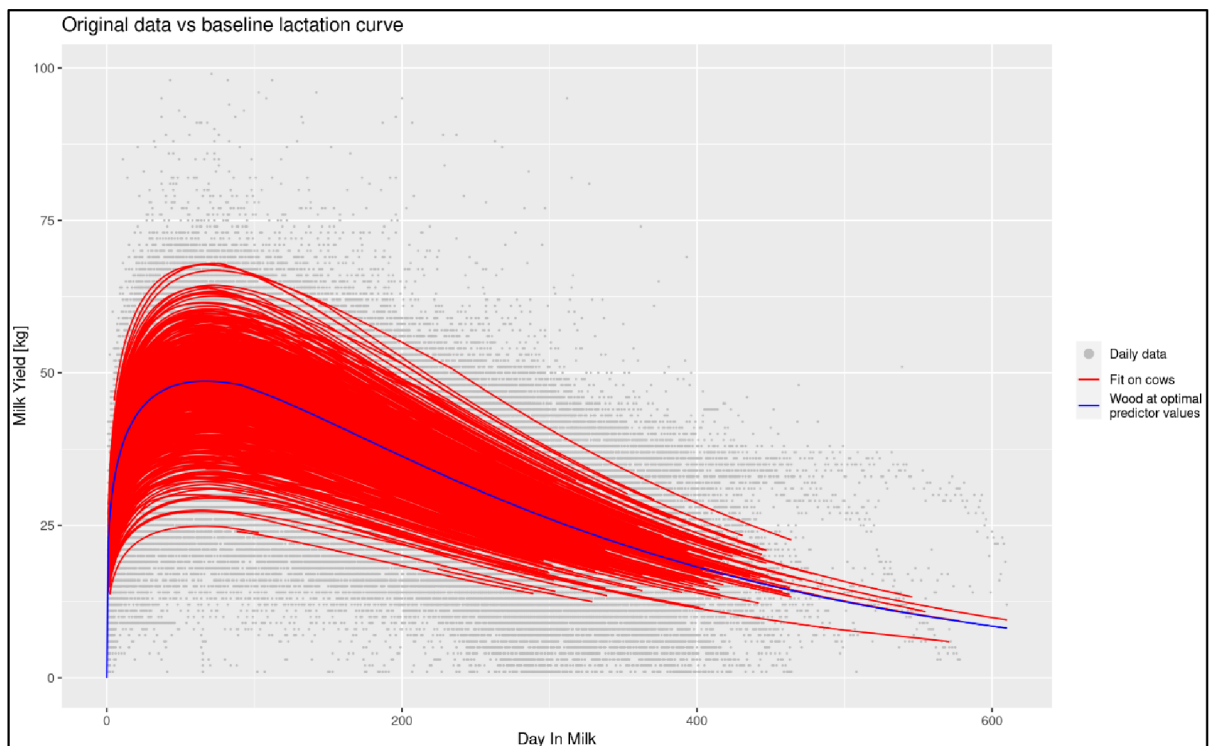
Graf 4. Porovnání denních dat produkce mléka s Woodovým modelem laktace



Vyhodnocení náhodného efektu fitovaných laktačních křivek (přizpůsobení matematického modelu skutečným datům jednotlivých krav) a rozšířeného Woodova modelu je uvedeno v Grafu 5. V grafu byly porovnány jednotlivé laktace, reprezentované červenými křivkami specifické pro každé zvíře, s baseline laktací křivkou modelovanou pomocí Woodova modelu, znázorněnou modrou barvou. Modrá křivka vyjadřuje baseline neboli referenční hodnotu parametrů modelové rovnice ( $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$ ) pro danou typizaci při optimalních hodnotách prediktoru (například  $SP = 90$  dní). Červené křivky reprezentují laktaci jednotlivých krav, kde každá křivka odpovídá fitu modelu s náhodnými efekty pro danou krávu. Křivky tedy odpovídají individuálním laktacím a jsou výsledkem integrace náhodných efektů, které zohledňují individuální variabilitu mezi kravami. Tyto křivky ukazují rozmanitost produkce mléka v průběhu laktace pro každou krávu a jsou kontrastní s predikovanými hodnotami. Woodův

model, prezentovaný modrou křivkou, slouží jako referenční křivka pro srovnání a odhaduje obecný průběh laktace v populaci. Tato křivka slouží jako benchmark pro porovnání s individuálními průběhy laktací a umožňuje odhadnout, jak blízko nebo daleko jsou jednotlivé krávy od ideálního laktačního profilu daného modelem. Šedé tečky v grafu představují skutečná denní data produkce mléka, která interpretují skutečné denní záznamy bez aplikace modelu. Disperze těchto bodů kolem fitovaných křivek a baseline modelu poukazuje na variability v denní produkci mléka, které mohou být ovlivněny mnoha faktory, včetně zdravotního stavu, výživy a genetiky krav (Zavadilová, et al., 2021). Výsledky tak nabízejí hluboký pohled na složitost a heterogenitu produkčních parametrů v populaci dojnic. Výsledky analýzy tedy naznačují, že ačkoliv Woodův model poskytuje baseline pro porovnání, musí být doplněn o modely s náhodnými efekty, aby se zohlednila individuální variabilita mezi jednotlivými dojnicemi.

Graf 5. Náhodné efekty fitů laktačních křivek a Woodova modelu

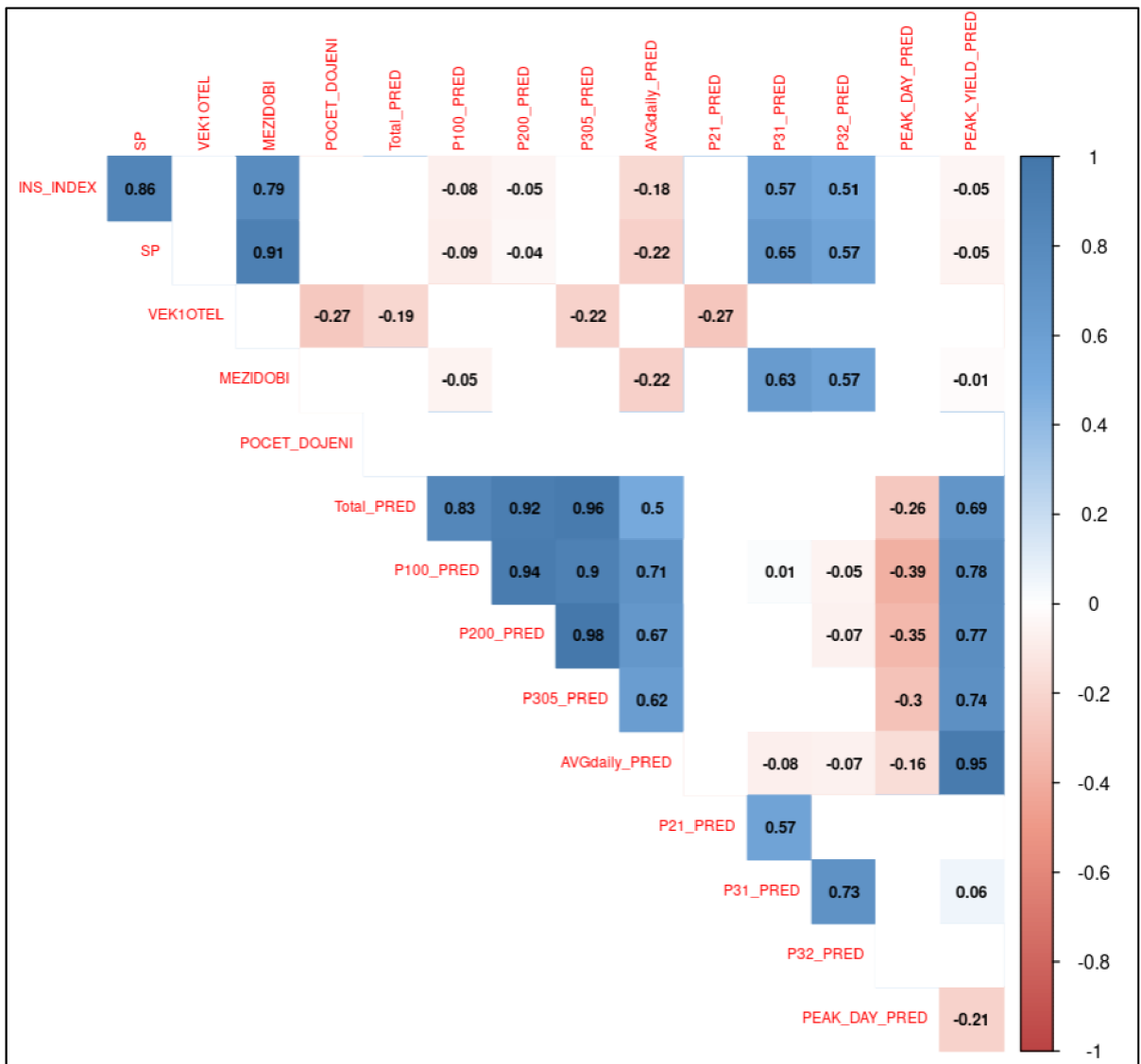




### 5.3.2 VÝSLEDKY KORELAČNÍ ANALÝZY PRO TYPIZACI ID\_29

Výsledky korelační analýzy jsou uvedeny v Tabulce 13, která zobrazuje korelační koeficienty mezi různými charakteristikami dojníc (například inseminační index, SP) a predikovanými hodnotami produkce mléka (PRED). Korelace jsou barevně kódované podle jejich síly, od silně pozitivních (modrá) až po silně negativní (červená). Prázdná místa, kde není uvedena hodnota výsledku korelace, nebyla statisticky průkazná. Z tabulky jsou zřejmé, vysoké pozitivní korelace inseminačního indexu se SP ( $r = 0,86$ ), což naznačuje, že tyto parametry jsou úzce provázány a mohou ovlivňovat reprodukční úspěšnost. Korelace mezi SP a mezidobím dosáhla hodnoty  $r = 0,91$ , což jak lze předpokládat je indikace vysoké vzájemné závislosti. Výrazný vztah byl také pozorován mezi inseminačním indexem a délkou mezidobí, s korelačním koeficientem  $r = 0,79$ . Naopak, negativní korelace byly zjištěny mezi věkem prvního otelení a řadou ukazatelů mléčné užitkovosti, což koresponduje s odhadnutými koeficienty (např. narůstající věk 1. otelení měl většinou negativní efekt na magnitudu (vrchol laktace)). Věk prvního otelení a počet dojení měly negativní korelaci  $r = -0,27$ . Dále, věk prvního otelení ukázal negativní korelaci s celkovým nádojem mléka ( $r = -0,19$ ), indexem perzistence ( $r = -0,27$ ), a nádojem za posledních 105 dnů normované laktace ( $r = -0,22$ ). Tyto vztahy naznačují, že příliš rané otelení může mít negativní vliv na dojivost v první laktaci. Negativní korelace byly také identifikovány mezi nádojem za prvních 100 dní laktace a dnem vrcholu laktace s koeficientem  $r = -0,39$ , stejně jako mezi nádojem za druhých 100 dní laktace a dnem vrcholu laktace s koeficientem  $r = -0,35$ . Tato zjištění poukazují na možný antipodální vztah mezi DIM při dosažení vrcholu laktace a dojivostí v prvních 200 dnech laktace, což je z hlediska optimalizace a managementu důležité. Také byly zjištěny pozitivní korelace mezi celkovým nádojem mléka a nádojem za jednotlivé fáze laktace ( $r = 0,83$  pro prvních 100 dní,  $r = 0,92$  pro druhých 100 dní a  $r = 0,96$  pro třetích 105 dní) podtrhují význam těchto raných fází pro celkovou užitkovost dojnice. Zvláště silný vztah mezi celkovým nádojem a nádojem za třetích 105 dní laktace může naznačovat, že právě tento interval je kritický pro odhad celkového nádoje za laktaci dojnice během laktace. Závěrem, korelace  $r = 0,95$  mezi průměrným denním nádojem a nádojem na vrcholu laktace zdůrazňuje, že vysoká dojivost v den vrcholu laktace je významným prediktorem vysoké průměrné denní produkce mléka, což je klíčový ukazatel pro management chovu a predikci užitkovosti dojníc během laktace.

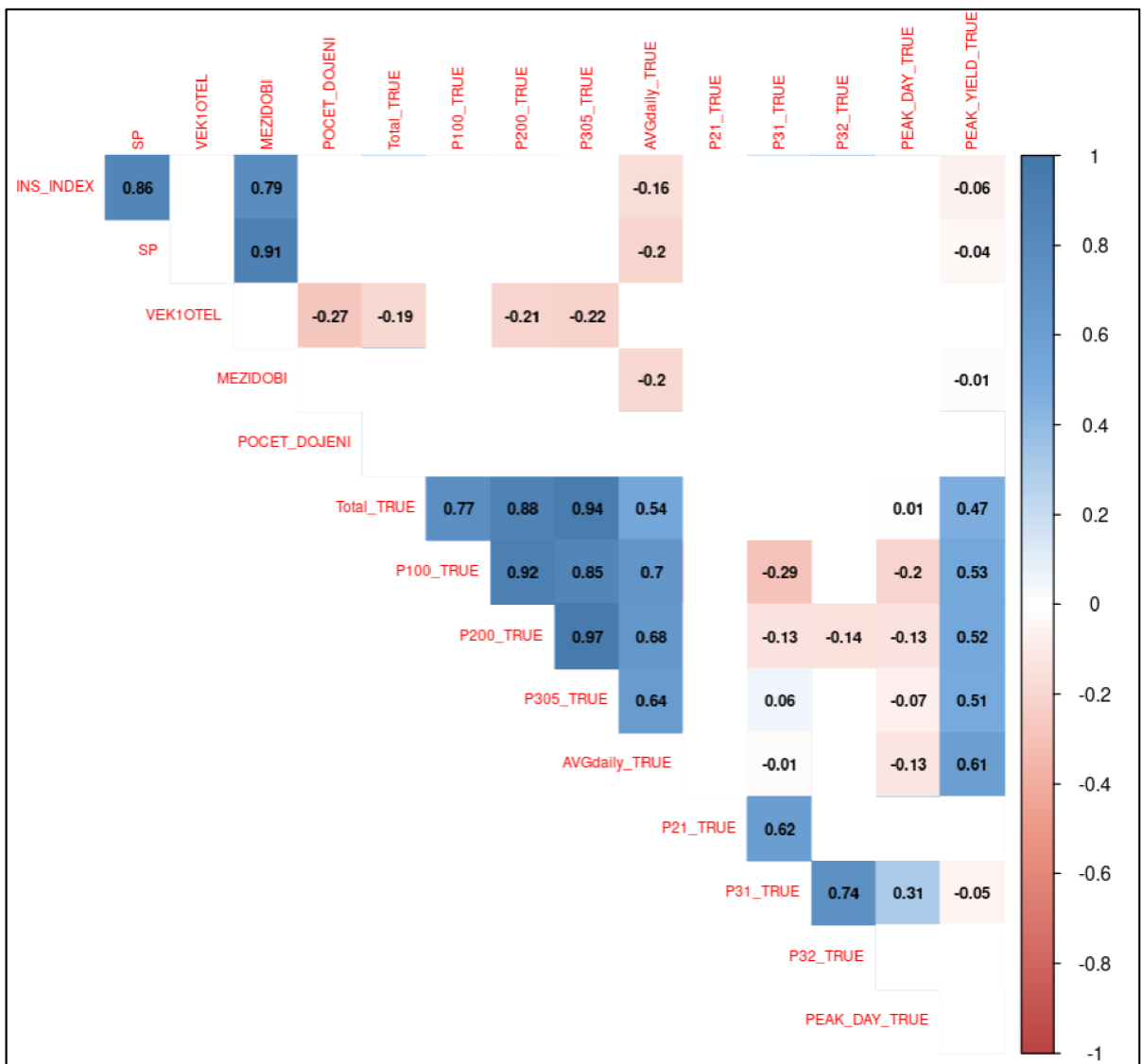
Tabulka 13. Korelace predikovaných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29



Tabulka 14 ukazuje korelační koeficienty mezi různými charakteristikami a skutečnými hodnotami produkce mléka. V tabulce je uvedena korelační analýza dat získaných ze systému Farmsoft, která se zaměřila na vztahy mezi reprodukčními a produkčními charakteristikami v rámci typizace ID\_29. Byla zjištěna významná pozitivní korelace mezi inseminačním indexem a servis periodou s koeficientem  $r = 0,86$ , což potvrzuje, že dojnice s vyšším inseminačním indexem mají delší servis periodu. Tento vztah ukazuje, že pro efektivní reprodukční management je klíčové správně načasovat inseminaci. Konkrétněji, pokud kráva nezabřežne po první inseminaci, je větší pravděpodobnost, že úspěšně zabřežne po další inseminaci provedené v pozdějším čase. Dále byla uvedena velmi významná korelace ( $r = 0,91$ ) mezi servis periodou a délkou mezidobí, což značí, že dojnice s delší servis periodou mají často také delší

celkovou délkou mezidobí. Inseminační index byl rovněž silně korelován ( $r = 0,79$ ) s mezidobím, což potvrzuje skutečnost, že dojnice s vyšším inseminačním indexem mají tendenci k delším laktacím. Tento vztah ukazuje, že pro efektivní reprodukční management je klíčové správně načasovat inseminaci. Konkrétněji, pokud kráva nezabřezne po první inseminaci, je větší pravděpodobnost, že úspěšně zabřezne po další inseminaci provedené v pozdějším čase. Naopak negativní korelace byly pozorovány mezi věkem prvního otelení a počtem denních dojení. To naznačuje souvislost mezi dojením třikrát denně a nižšího věku při prvním otelení, které je charakteristické zejména pro holštýnské krávy. Lze tedy uvést, že negativní korelace byly pozorovány mezi věkem prvního otelení a různými aspekty produkce mléka. Konkrétně, věk prvního otelení vykázal negativní korelaci s počtem dojení ( $r = -0,27$ ), celkovým nádojem mléka za laktaci ( $r = -0,19$ ), nádojem za 2.100 dní laktace ( $r = -0,21$ ), a nádojem za 3.105 dní laktace ( $r = -0,22$ ). Tyto vztahy mohou ukazovat na možný negativní vliv příliš brzkého 1. otelení na dlouhodobý produkční potenciál dojnic. Dále byla zjištěna negativní korelace mezi nádojem za prvních 100 dní laktace a indexem perzistence (P3:1), kde koeficient  $r = -0,29$  naznačuje, že vysoká dojivost v rané fázi laktace nemusí nutně znamenat udržení perzistence produkce během celého období laktace. Na druhé straně byly pozitivní korelace zaznamenány mezi celkovým nádojem mléka a nádojem za prvních 100 dní laktace ( $r = 0,77$ ), druhých 100 dní laktace ( $r = 0,88$ ), a posledních 105 dní normované laktace ( $r = 0,94$ ). Tyto výsledky opět potvrzují, že výkony dojnic v prvních fázích laktace jsou dobrými prediktory celkového nádoje mléka, což může být užitečné pro hodnocení a selekci dojnic z hlediska jejich produkčního potenciálu. Také kladná korelace na úrovni  $r = 0,54$  mezi celkovým nádojem mléka a průměrným denním nádojem naznačuje, že i když denní nádoje mohou být proměnlivé, mají stále významný vliv na celkovou dojivost za laktaci.

Tabulka 14. Korelace skutečných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29

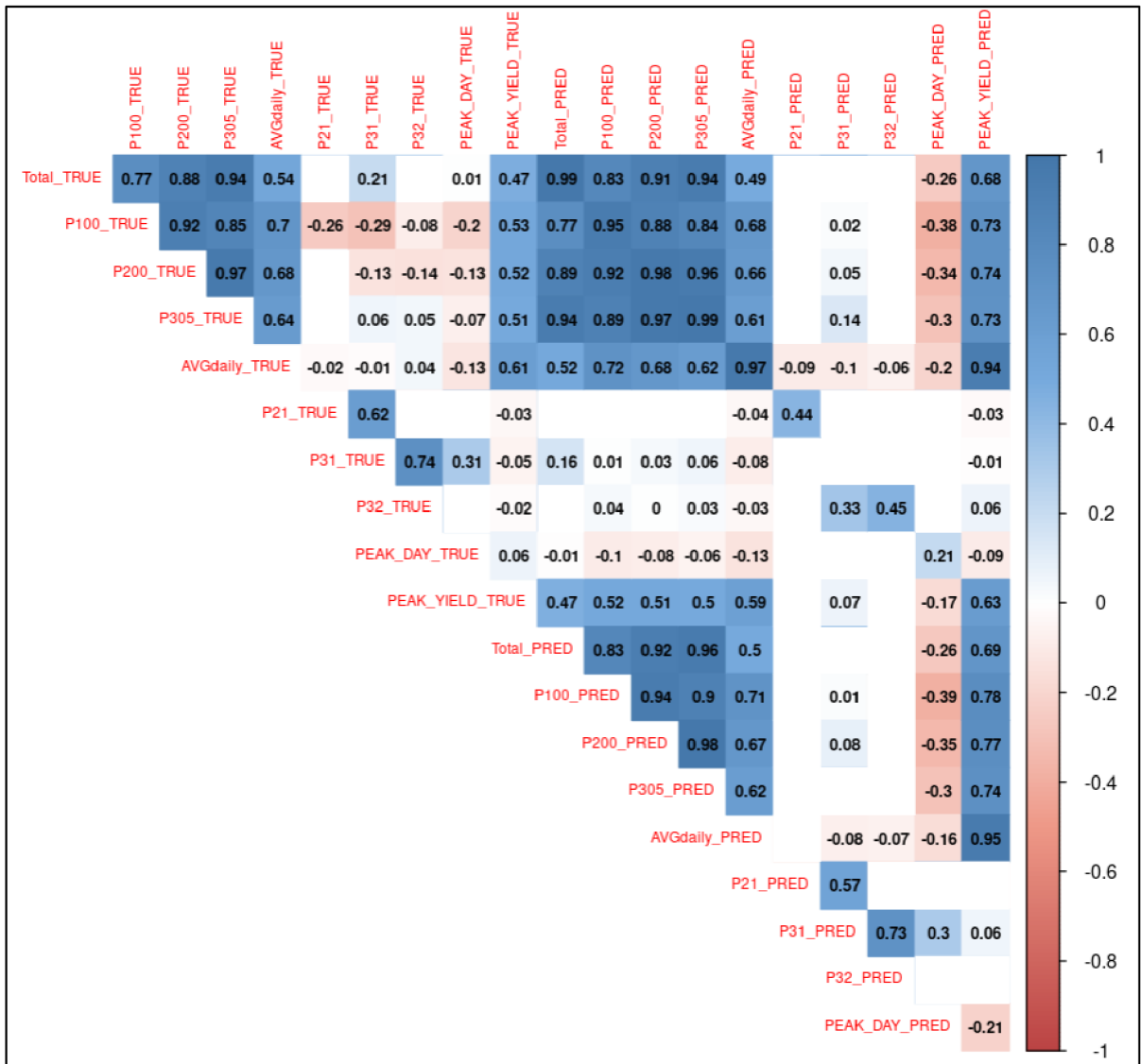


V dalším kroku byla provedena korelační analýza skutečných a predikovaných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29. Predikce byly získány na základě Woodovy funkce, zatímco skutečné údaje pocházely z informačního systému Farmsoft. Tyto skutečné údaje byly přepočítány dle vyfiltrovaných dat. Nejvýznamnější a zároveň nejvíce žádoucí korelace byla pozorována mezi celkovým nadojem mléka skutečným a predikovaným, dosahující hodnoty  $r = 0,99$ , což ukazuje na vysokou přesnost prediktivního modelu. Zajímavé je, že korelace mezi celkovým nadojem za laktaci a nadojem v jednotlivých 100denních intervalech laktace skutečných ( $r = 0,77$  a  $0,88$ ) i predikovaných dat ( $r = 0,77$  a  $0,89$ ) také ukazuje na silnou vazbu mezi celkovou produkcí mléka a dojivostí v daných úsecích laktace. To naznačuje, že dojivost v počáteční fázi laktace je dobrým indikátorem celkové produkční úrovně mléka (Angeles-

Hernandez et al., 2021). V rámci skutečných dat byla odhalena těsná korelace mezi nádojem v prvních a druhých 100 dnech laktace ( $r = 0,94$ ), což poukazuje na konzistenci produkce v těchto obdobích. Stejná korelace mezi intervaly laktace byla zjištěna i v predikovaných datech (0,95), což značí, že Woodova funkce účinně zachycuje dynamiku produkce během různých fází laktace. Zvláště významná byla vysoká korelace mezi skutečným průměrným denním nádojem a predikovaným průměrným denním nádojem ( $r = 0,97$ ), jakož i mezi skutečným nádojem a predikovaným nádojem na vrcholu laktace ( $r = 0,94$ ). To naznačuje, že model efektivně předpovídá jak denní, tak maximální úroveň produkce mléka. Na druhé straně, negativní korelace mezi nádojem v prvních 100 dnech laktace a indexem perzistence ( $P_{2:1}$  a  $P_{3:1}$ ) ve skutečných datech ( $r = -0,26$  a  $-0,29$ ) naznačuje, že vyšší produkce v rané fázi laktace může být spojena s rychlejším poklesem produkce mléka v pozdějších fázích. Tento trend byl potvrzen i negativními korelacemi mezi nádojem ve specifických intervalech laktace a nádojem na vrcholu laktace v predikovaných datech ( $r = -0,38$ ,  $-0,34$ ,  $-0,3$ ). Zvláště zajímavý jev v Tabulce 15 byla tzv. diagonála vztahů mezi skutečnými a predikovanými hodnotami. Počátek této diagonály lze pozorovat hodnotou korelace skutečného (Total\_TRUE) a predikovaného nádoje za laktaci (Total\_PRED), kde byla hodnota 0,99. Diagonála vztahu dále pokračovala přes korelaci skutečného (AVGdaily\_TRUE) a predikovaného (AVGdaily\_PRED) průměrného denního nádoje ( $r = 0,97$ ). Pomyslnou diagonálu popisující korelaci zakončuje hodnota skutečného (PEAK\_YIELD\_TRUE) a predikovaného (PEAK\_YIELD\_PRED) nádoje na vrcholu laktace ( $r = 0,63$ ). Interpretaci výsledků v rámci diagonály lze pozorovat také v následující interpretaci korelační analýzy pomocí scatter plotů, kde jsou uvedeny analogické hodnoty korelační analýzy.

Závěrem, data ukazují, že prediktivní model založený na rozšířené Woodově funkci poskytuje vysokou přesnost při predikci celkového nádoje mléka a jeho distribuce v průběhu laktace. Negativní korelace mezi nádojem v první fázi laktace a indexem perzistence však poukazuje na možný trade-off mezi počáteční vysokou produkcí a dlouhodobou udržitelností produkce mléka.

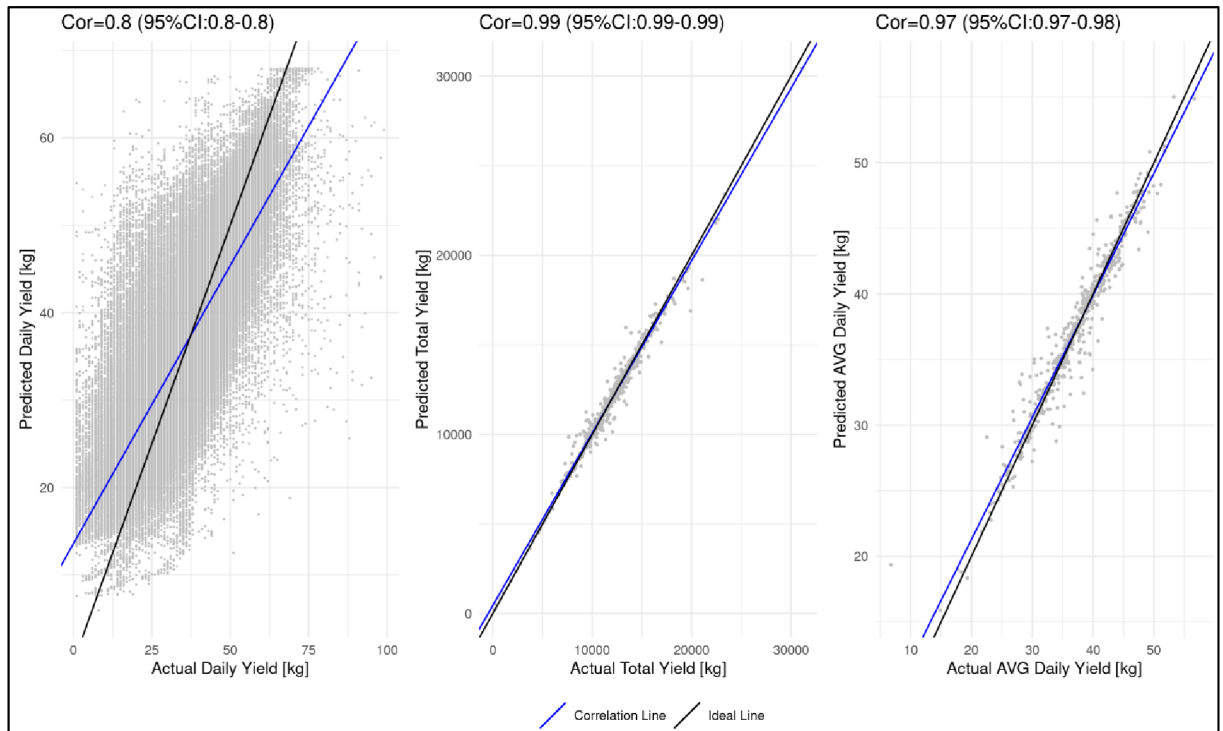
Tabulka 15. Korelace skutečných a predikovaných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29



Hodnocení výsledků evaluace modelu byla dále rozšířena prostřednictvím tří scatter plotů v Grafu 6, které porovnávají skutečné nádoje mléka (na horizontálních osách) s hodnotami predikovanými Woodovým rozšířeným modelem (na vertikálních osách). Každý z grafů zahrnuje regresní přímku (Correlation Line) a ideální přímku (Ideal Line), která by představovala dokonalou shodu mezi predikovanými a skutečnými hodnotami. První graf vlevo (Actual Daly Yield), ukazuje denní predikce nádoje mléka s korelací  $r = 0,8$ , což naznačuje mírnější shodu mezi skutečnými a predikovanými hodnotami, jak je patrné z širšího rozptylu datových bodů okolo regresní přímky. Korelační koeficient spolu s 95 % intervalem spolehlivosti (CI) poskytuje statistickou spolehlivost o shodě predikce s reálnými daty. Druhý

graf uprostřed představuje celkový predikovaný nádoj mléka a vykazuje vysokou korelaci 0,99 s velmi úzkým 95 % CI. Tyto výsledky korespondují s výsledky Grafu 1, denní produkce mléka u pěti náhodně vybraných krav. V grafu je patrný šum (noise) v denních datech na konci laktace a jejich silná variabilita. Vzhledem k těmto faktorům je predikce založená na denních datech složitější, což dokládá korelace ve výši  $r = 0,8$ , v porovnání s metodami založenými na agregovaných datech za celou dobu laktace, kde model vykazuje vynikající schopnost predikovat. Současně bylo pozorováno, že vrchol predikovaných hodnot nikdy nedosahuje maximálních hodnot, jako tomu bylo u skutečných dat. Dále byly zaznamenány významně vysoké korelační koeficienty, dosahující hodnoty  $r = 0,99$ , což svědčí o vysoké přesnosti modelu. Tento závěr je dále podpořen vizuální analýzou grafu, která ilustruje silnou shodu mezi predikovanými hodnotami (modrá linie) a skutečnými hodnotami (černá linie). Důležité je poznamenat, že pozitivní korelace vyjadřuje úměrnost predikce vůči referenci, ale nezaručuje přesnost predikce. Tu lze případně validovat vizuálně jako diskrepanci mezi černou a modrou linií v grafu. Téměř všechny datové body jsou blízké ideální přímce, což ukazuje na vysokou spolehlivost modelu v této metrice. Třetí graf napravo zobrazuje predikovaný průměrný denního nádoje mléka s korelací  $r = 0,97$ , což také ukazuje na vysokou přesnost v predikci nádoje mléka. Interval spolehlivosti dosahoval hodnoty 0,97 až 0,98, což poskytuje statistickou spolehlivost modelu. Všechny tři grafy demonstrují schopnost modelu spolehlivě predikovat různé aspekty mléčné produkce, od denní produkce až po celkovou dojivost během delšího časového období laktace.

Graf 6. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot denního nadoje, průměrného denního nadoje a nadoje za laktaci pro typizaci ID\_29

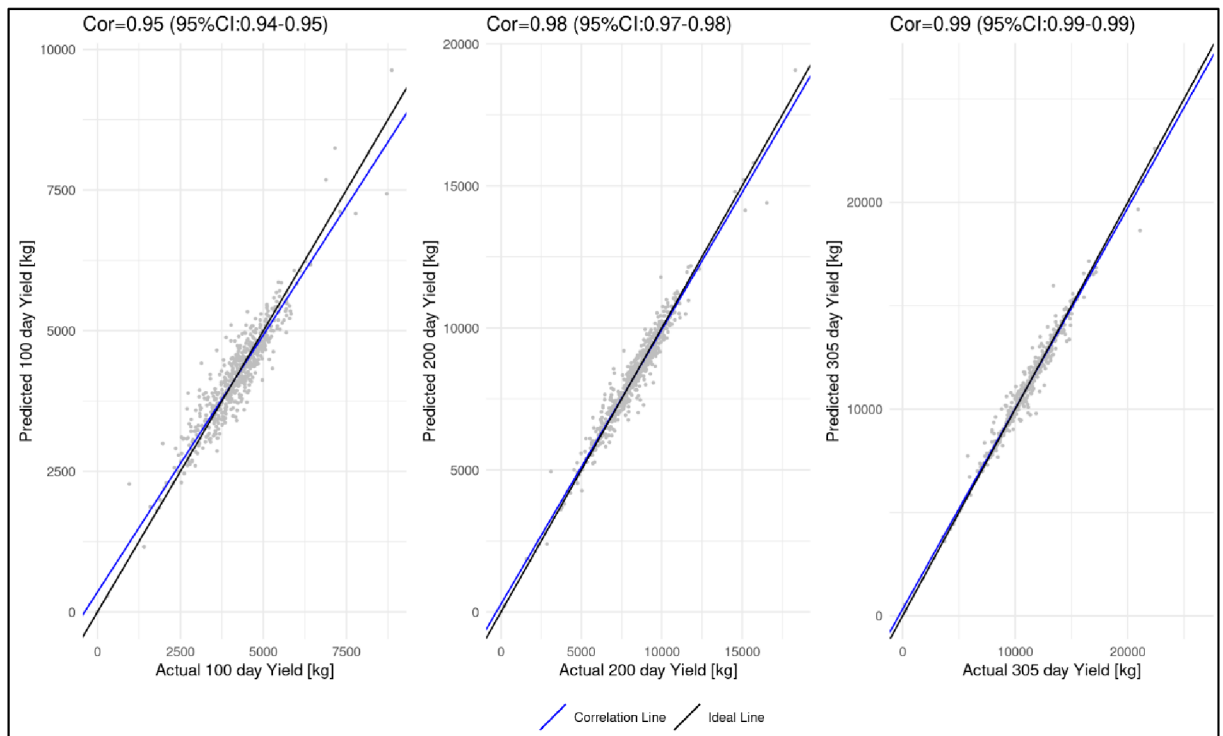


Výsledky hodnocení modelu porovnávající predikované hodnoty produkce mléka s hodnotami skutečně naměřenými v různých časových úsecích jsou uvedeny v Grafu 7. V uvedených grafech šedé tečky vyjadřují jednotlivé naměřené hodnoty, modré čáry představují korelační přímky, které by měly ideálně odpovídat černé přímce pro správnou predikci množství nadojeného mléka. Graf na levé straně ukazuje výsledky porovnání skutečného a predikovaného nadoje mléka za prvních 100 dní laktace s korelačním koeficientem  $r = 0,95$ . Zjištěná hodnota korelačního koeficientu a úzký 95 % interval spolehlivosti (CI) naznačují, že model je schopen s vysokou přesností predikovat produkci mléka v první fázi (iniciační) laktace. Druhý graf zobrazuje data pro prvních 200 dní laktace. Korelační koeficient v tomto případě dosahoval hodnoty  $r = 0,98$ , což značí vysokou shodu mezi modelovanými predikcemi a skutečností. Úzký CI potvrzuje spolehlivost modelu v predikci nadoje za toto období 200 dní. Třetí graf ilustruje produkci mléka za 305 dní laktace s korelačním koeficientem  $r = 0,99$ . Na základě výsledků je zřejmé, že model dosahuje vynikající přesnosti při predikci dlouhodobých trendů v produkci mléka. Opět je zde velmi úzký konfidenční interval, což podporuje statistickou důvěryhodnost modelu jako nástroje pro rozhodování při zohlednění požadované produkce mléka. Celkově grafy demonstrují vysokou úroveň shody mezi predikovanými a



skutečnými daty v průběhu celého období laktace a potvrzují vysokou prediktivní schopnost zvoleného modelu pro různé časové úseky laktace.

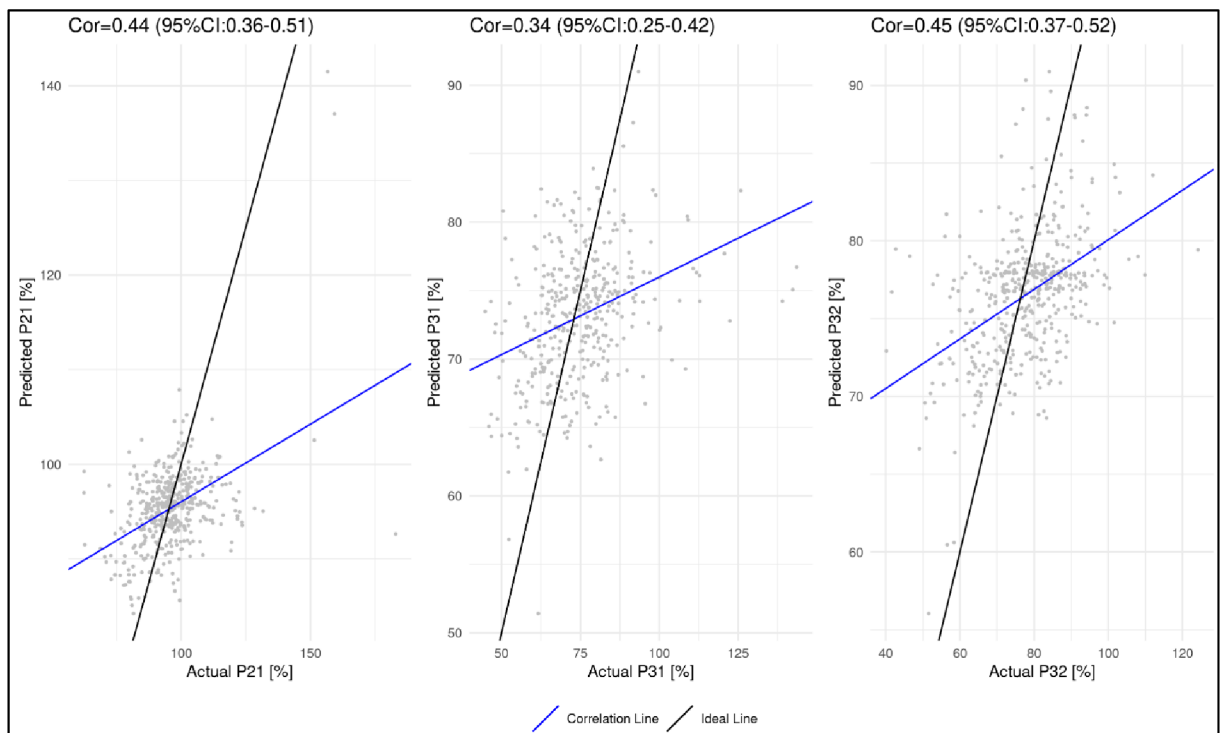
Graf 7. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce mléka za 100, 200 a 305 dní pro typizaci ID\_29



Dále byla v Grafu 8 hodnocena schopnost modelu pro parametry vybraných indexů perzistence laktace porovnáním skutečné procentuální hodnoty indexů s hodnotami predikovanými modelem. Tyto hodnoty indexu perzistence jsou reprezentovány v procentech jako  $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$  (Index perzistence laktační křivky  $P_{2:1}$  = (nádoj za 200 dní / nádoj za 100 dní); Index perzistence  $P_{3:1}$  = (nádoj za 305 dní / nádoj za 100 dní); Index perzistence  $P_{3:2}$  = (nádoj za 305 dní / nádoj za 200 dní). Na každém grafu je zobrazena sada datových bodů (šedé tečky) spolu s korelační přímkou (modrá čára) a ideální přímkou (černá čára). Korelační přímka ukazuje trend predikovaný modelem a ideální přímka reprezentuje situaci, kdy by predikce modelu byly optimálně přesné. V levém grafu je korelační koeficient  $r = 0,44$  s 95 % konfidenčním intervalem (CI) mezi 0,36 a 0,51, což naznačuje slabší korelaci mezi predikovanými a skutečnými hodnotami. Střední graf ukazuje ještě nižší korelační koeficient 0,34 s CI mezi 0,25 a 0,42, což naznačuje, že model má omezenou prediktivní schopnost

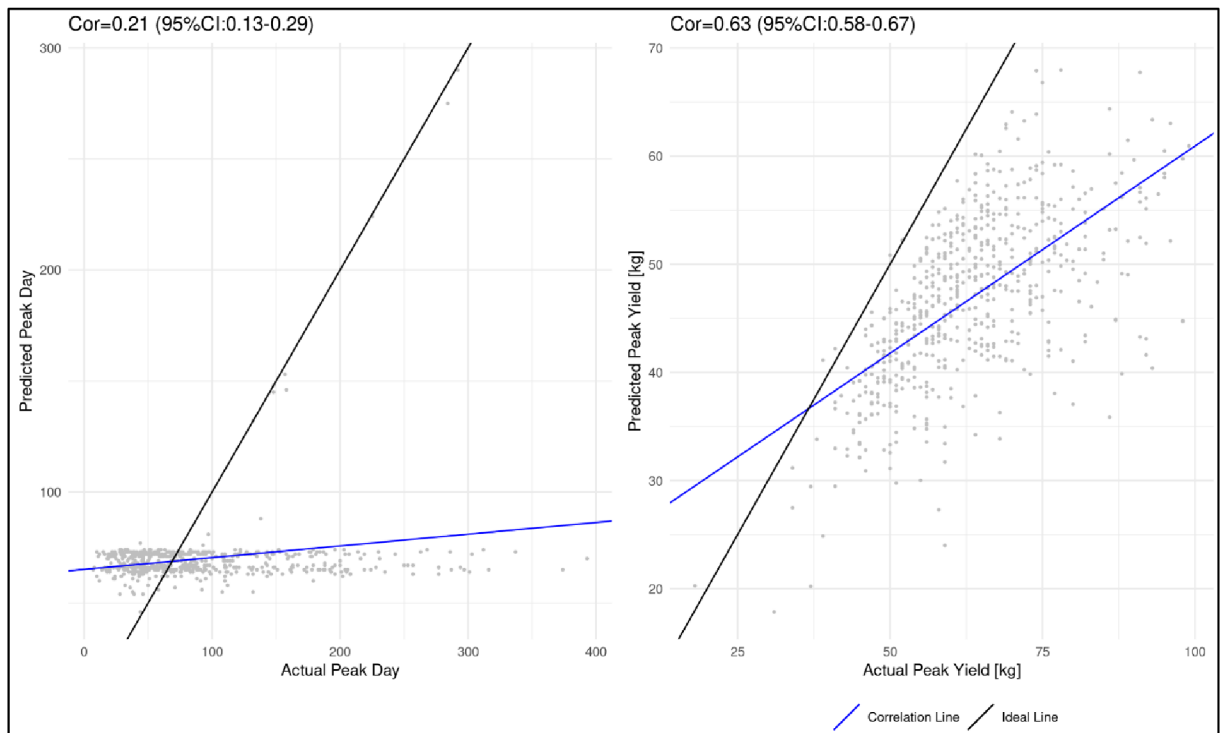
vzhledem k hodnocenému parametru. Pravý graf ukazuje korelaci ve výši 0,45 s konfidenčním intervalem mezi 0,37 a 0,52. Tyto výsledky naznačují, že model v tomto případě vykazuje nižší přesnost při předpovídání daných parametrů. Korelační analýza mezi skutečnými hodnotami indexu perzistence a predikovaným hodnotami naznačuje nižší přesnost modelu, která mohla být důsledkem absence dat v některých fázích laktace. Tato nepřítomnost dat negativně ovlivňuje spolehlivost výpočtu perzistence laktace. Dalším faktorem komplikujícím přesnost modelu je použití indexů perzistence jako zlomků. Tyto indexy byly vytvářeny dosažením korespondujících predikcí do čitatele a jmenovatele, a jejich následným vydělením. Což mohlo zvyšovat variabilitu v predikcích potažmo vést k další nepřesnosti. Ve výpočtu indexu perzistence byla aplikována dvojitá agregace původních predikcí z Woodova modelu pro denní data jako sumu přes určitý počet dní (například prvních 100 dní oproti druhým 100 dnům laktace), a poté dělením těchto agregovaných hodnot. Tento postup mohl být zdrojem snížené přesnosti modelu při predikci těchto specifických veličin.

Graf 8. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů perzistence laktace (P<sub>2:1</sub>, P<sub>3:1</sub> a P<sub>3:2</sub>) pro typizaci ID\_29



V dalším kroku byla hodnocena schopnost modelu predikovat den dosažení vrcholu laktace a nádoj na vrcholu laktace, což je ilustrováno v Grafu 9. V uvedeném grafu jsou patrné dvě grafická vyhodnocení, porovnávající skutečná data s daty predikovanými pomocí rozšířeného Woodova modelu. Porovnání bylo zaměřeno na dvě specifické ukazatele: den dosažení vrcholu laktace mléka (levý graf) a množství vyprodukovaného mléka v den vrcholu laktace (pravý graf). Výsledky uvedené v levém grafu zobrazují velmi nízkou korelaci  $r = 0,21$  mezi predikovaným a skutečným dnem dosažení vrcholu produkce mléka, což je znázorněno 95 % konfidenčním intervalem (CI) od 0,13 do 0,29. Široký CI a nízká hodnota korelačního koeficientu poukazují na omezení modelu v přesnosti předpovídání konkrétního časového údaje dosažení vrcholu laktace. Modrá korelační čára je téměř horizontální, což naznačuje, že model nedokázal identifikovat žádný signifikantní trend ve skutečných datech. Na pravém grafu je znázorněna korelace mezi predikovaným a skutečným nádojem mléka na vrcholu laktace při korelačním koeficientu  $r = 0,63$  a užším CI od 0,58 do 0,67. V tomto případě modrá korelační linka lépe sleduje černou ideální přímkou, což naznačuje lepší schopnost modelu předpovídat množství nadojeného mléka na vrcholu laktace. Výsledky prezentované analýzy také korespondují se závěry Grafu 1. Denní produkce mléka u pěti náhodně vybraných laktací krav. Z grafu vyplývá, že maximum vždy koresponduje k outlieru, který je vzdálen od průměrné křivky minimálně o míru variability dat. Fit na datech jednotlivých krav je vždy přibližně uprostřed tohoto šumu, a maximum bude vždy nad fitem. Z tohoto důvodu model vždy trochu podhodnocuje den vrcholu (viz graf vlevo) a zejména nádoj na vrcholu laktace (vpravo).

Graf 9. Korelace a validace skutečných a predikovaných dne a nádoje na vrcholu laktace pro typizaci ID\_29



### 5.3.3 EVALUACE CHARAKTERISTIK LAKTACE PRO TYPIZACI ID\_29

Vyhodnocení charakteristik laktace pro kategorie SP v rámci typizaci ID\_29 je uvedena v Tabulce 16, kde byla data rozdělena do několika kategorií (<75; 76 – 120; > 120) v rámci délky servis periody. Tabulka poskytuje srovnání ukazatelů spočítaných na základě skutečných záznamů (Sku.) z databáze Farmsoft, jedná se tedy o empiricky zaznamenané údaje z provozu v podnicích. Dále jsou v tabulce uvedeny predkované (Pre.) ukazatele spočtené na základě modelované laktační křivky, tyto hodnoty reprezentují teoretické výstupy pomocí modelu. V tabulce jsou tyto dvě sady údajů umístěny pod sebou pro přímé porovnání přesnosti modelu predikovat konkrétní hodnoty vybraných ukazatelů. Z tabulky je patrné, že rozšířený model laktační křivky dle Wooda, dokáže predikovat skutečnosti blízké hodnoty produkce mléka a další související parametry. Například pro produkci mléka v různých obdobích laktace lze analyzovat, zda predikované hodnoty efektivně odhadují skutečné výstupy a zda je potřeba model upravit nebo kalibrovat pro lepší shodu s empirickými daty.

Z Tabulky 16 jsou dále patrné systematické rozdíly mezi predikovanými a skutečnými hodnotami, což by mohlo poukázat na specifické charakteristiky či podmínky stáda, které nebyly v modelu dostatečně zohledněny. Jeden z klíčových ukazatelů, denní produkce mléka v rámci skupiny do 75 dnů SP, byla kalkulována skutečná hodnota  $38,82 \pm 5,79$  kg ( $P < 0,001$ ) a predikovaná hodnota pomocí modelu byla  $38,91 \pm 5,64$  kg mléka. Pro skupinu délky SP mezi 76 a 120 dny byly tyto hodnoty pro Sku.  $37,38 \pm 6,86$  kg a pro Pre.  $37,50 \pm 6,46$  kg mléka ( $P < 0,001$ ). Ve skupině s délkou SP nad 120 dnů byly hodnoty denní produkce pro Sku.  $35,87 \pm 6,44$  a pro Pre.  $35,88 \pm 6,13$  kg mléka ( $P < 0,001$ ), což naznačuje velmi přesnou schopnost modelu predikovat množství nadojeného mléka. Inseminační index a servis perioda vykazují výraznou statistickou významnost (AB, AC, BC) pro některé kategorie, což naznačuje silné vztahy mezi těmito proměnnými. Naproti tomu například produkce mléka za laktaci vykazuje proměnlivé úrovně významnosti od nesignifikantních (NS) až po velmi významné (AC, BC), což ukazuje na variabilní vztahy mezi délkou laktace a množstvím produkovaného mléka. Zatímco den vrcholu laktace nemá statisticky významný vztah s žádnou z ostatních proměnných, což je naznačeno jako 'NS'. To znamená, že nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi produkcí mléka na vrcholu laktace a ostatními proměnnými.

Tabulka 16. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle délky SP pro typizaci laktační křivky ID\_29

Ukazatel	Servis perioda (dní)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 75		76 - 120			> 120	
	četnost (n)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
	187			227			189		
Inseminační index			1,09		1,62		3,67		AB,AC,BC
Servis perioda (dní)			68,20		95,01		176,62		AB,AC,BC
P2:1 (Sku.)			95,94	12,20	95,19	11,01	96,02	13,31	NS
P2:1 (Pre.)			94,16	5,90	94,65	3,08	97,39	3,57	
P3:1 (Sku.)			71,17	12,56	73,11	13,63	79,58	15,19	AC,BC
P3:1 (Pre.)			69,7	4,76	72,07	3,38	76,99	3,47	
P3:2 (Sku.)			25,87	2,69	26,54	2,96	25,06	2,73	ac,BC
P3:2 (Pre.)			25,92	1,28	26,39	0,80	24,52	1,44	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			4306	930	4105	895	4122	1230	ab
Produkce za 1.100dní (Pre.)			4311	878	4104	871	4103	1194	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			4052	1045	3901	1092	3974	1276	NS
Produkce za 2.100dní (Pre.)			4008	990	3895	1021	4042	1263	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			2684	931	2894	937	3224	1128	ab,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			2754	805	2876	847	3167	1033	
Produkce za laktaci (Sku.)			11188	2617	11133	2684	12995	4165	AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			11201	2514	11154	2642	12977	4035	
Denní produkce (Sku.)			38,82	5,79	37,38	6,86	35,87	6,44	ab,AC,bc
Denní produkce (Pre.)			38,91	5,64	37,50	6,46	35,88	6,13	
Den vrcholu laktace (Sku.)			78,16	54,02	91,1	69,81	95,97	65,53	ab,AC
Den vrcholu laktace (Pre.)			67,74	7,73	70,13	17,53	71,58	19,74	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			63,63	11,9	62,87	12,78	63,54	13,21	NS
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			47,81	6,87	46,43	8,02	46,47	8,06	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

V Tabulce 17 byla je uvedena analýza produkce mléka za laktaci v rámci typizace ID\_29. Hodnoty byly rozděleny do tří skupin na základě produkce mléka: méně než 7 500 kg, mezi 7 500 až 10 500 kg a více než 10 500 kg za laktaci. V prvním sloupci byly uvedeny hodnocené ukazatele, jako inseminační index, servis perioda, různé produkce mléka za specifické období prvních sto dní (1.100dní), druhých sto dní (2.100dní) a třetích stopět dní (3.105dní) atd. denní produkce, nebo produkce mléka na vrcholu laktace. Pro každou skupinu jsou pak uvedeny průměrné hodnoty (MEAN) a směrodatné odchylky (SD), které poskytují informace o variabilitě daného údaje. Z Tabulky 17 je patrné, že s rostoucí produkcí mléka se zvyšuje i inseminační index, což může naznačovat negativní vztah ukazatelů produkce mléka s reprodukci, který je více patrný u vysokoužitkových krav (Shi et al., 2021). Tento závěr potvrzují výsledky uvedené v tabulce, kde je patrné, že délka servis periody se také prodlužuje s rostoucí produkcí mléka. Zajímavé je, že směrodatné odchylky pro většinu parametrů narůstají společně s vyšší produkcí mléka, což může odrážet větší variabilitu užitkovosti u těchto dojnic. Tento trend je patrný napříč většinou sledovaných parametrů, včetně produkce mléka v různých obdobích laktace a denní produkce. Dále například u denní produkce mléka (Denní produkce (Sku.) a Denní produkce (Pre.)) lze vidět, že s rostoucí celkovou produkcí mléka se zvyšuje i průměrná denní produkce, což lze považovat za očekávaný výsledek. Z výsledků je také patrné, že produkce mléka na vrcholu laktace (Produkce mléka na vrcholu (Sku.) a Produkce mléka na vrcholu (Pre.)) je vyšší u krav s celkově vyšší produkcí mléka. Bórawski et al. (2020) ve své práci naznačují, že vrchol laktace je kritickým obdobím, od kterého se odvíjí celková produkce mléka během laktace. Směrodatné odchylky pro tuto kategorii jsou relativně nízké ve srovnání s jinými proměnnými, což naznačuje, že vrchol laktace je stabilnějším ukazatelem produkční schopnosti krav než jiné měřené parametry. V tabulce jsou patrné také záznamy statistických signifikancí, které odkazují statisticky významné rozdíly mezi skupinami.

Tabulka 17. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za laktaci pro typizaci ID\_29

Ukazatel	Produkce mléka za laktaci (kg)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 7500		7500 - 10500			> 10500	
	četnost (n)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
Inseminační index			1,95		1,71		2,24		BC
Servis perioda (dní)			100,93		98,73		118,05		ac,BC
P2:1 (Sku.)			87,28	17,46	96,01	15,45	95,79	10,73	NS
P2:1 (Pre.)			92,42	3,50	94,50	3,29	95,65	4,85	
P3:1 (Sku.)			58,37	13,40	75,89	19,69	74,80	12,53	ab
P3:1 (Pre.)			68,33	4,99	71,77	4,10	73,55	4,89	
P3:2 (Sku.)			23,25	4,04	26,67	3,78	25,70	2,55	bc
P3:2 (Pre.)			26,11	1,15	26,14	1,09	25,49	1,49	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			2547	1498	3477	613	4574	756	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			2456	1435	3509	469	4565	729	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			1420	1251	3366	483	4434	802	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			1463	1265	3379	381	4433	744	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			746	723	2308	543	3365	741	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			920	826	2367	419	3324	634	
Produkce za laktaci (Sku.)			4780	2461	9343	847	13251	2419	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			4914	2549	9485	911	13197	2339	
Denní produkce (Sku.)			30,74	8,58	32,01	4,14	39,85	5,26	AC,BC
Denní produkce (Pre.)			31,65	7,62	32,49	4,22	39,71	5,21	
Den vrcholu laktace (Sku.)			97,83	81,07	89,28	69,88	87,46	60,30	NS
Den vrcholu laktace (Pre.)			88,60	56,35	67,00	4,64	68,94	3,71	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			52,02	12,89	56,20	11,91	66,89	11,09	AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			36,36	7,83	40,04	4,51	50,26	5,85	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.



Vyhodnocení charakteristik laktace pro kategorie produkce mléka za 100 dní laktace rámci typizace ID\_29 je uvedeno v Tabulce 18. Tabulka je rozdělena podle produkce mléka za 100 dní do tří skupin (<3 000 kg, 3 000 – 4 000 kg, >4 000 kg). Výsledky uvedené v tabulce naznačují, že inseminační index je vyšší u krav s nižší produkcí mléka, což by mohlo naznačovat souvislost mezi reprodukční schopností a úrovní produkce mléka u těchto dojnic. Naopak, u krav s vyšší produkcí mléka je tento index nižší. Tento závěr je v souladu s výsledky práce De Vries (2020), který uvádí, že vyšší produkce mléka může být asociována s lepší reprodukční efektivitou. Dále je z tabulky patrné, že skutečné hodnoty (Sku.) ukazují na výrazné rozdíly mezi skupinami, predikované hodnoty (Pre.) tyto rozdíly zobrazují méně výrazně. To může naznačovat, že model Wooda je schopen odhadnout obecný trend, ale může nedostatečně zachytit variabilitu mezi jednotlivými zvířaty nebo podmínkami v různých podnicích.

Tabulka 18. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 100 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29

Ukazatel	Produkce mléka /100 dní (kg)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 3000		3000 - 4000			> 4000	
	četnost (n)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
InsemináčnÍ index			2,55		2,04		2,05		NS
Servis perioda (dnÍ)			128,30		111,72		110,15		ac
P2:1 (Sku.)			113,59	21,65	97,65	12,74	93,97	10,04	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)			96,28	2,89	95,56	5,38	95,19	4,33	
P3:1 (Sku.)			99,46	25,48	77,61	13,40	72,24	11,58	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)			73,55	3,77	72,95	4,59	73,16	4,96	
P3:2 (Sku.)			29,36	4,56	26,18	2,61	25,51	2,62	AB,AC,bc
P3:2 (Pre.)			25,84	1,65	25,53	1,55	25,64	1,38	
Produkce za 1.100dnÍ (Sku.)			2128	1015	3594	271	4734	635	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dnÍ (Pre.)			2337	1127	3656	367	4668	670	
Produkce za 2.100dnÍ (Sku.)			2614	1664	3456	878	4402	863	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dnÍ (Pre.)			2579	1576	3482	839	4404	807	
Produkce za 3.105dnÍ (Sku.)			2043	1265	2546	853	3236	910	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dnÍ (Pre.)			1974	1191	2535	720	3248	763	
Produkce za laktaci (Sku.)			7270	3796	10223	2387	13070	2663	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			7377	3836	10259	2212	13048	2586	
DennÍ produkce (Sku.)			28,33	6,50	33,03	3,82	40,63	4,88	AB,AC,BC
DennÍ produkce (Pre.)			28,97	5,79	33,22	3,66	40,57	4,73	
Den vrcholu laktace (Sku.)			118,34	78,16	94,96	73,76	81,37	55,41	AC,bc
Den vrcholu laktace (Pre.)			85,80	48,70	66,76	4,09	68,86	3,91	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			48,70	9,74	57,82	11,40	67,94	10,79	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			35,44	6,55	41,71	4,68	50,87	5,60	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Tabulka 19 uvádí vyhodnocení vybraných charakteristik laktace pro kategorie produkce mléka za 200 dní rámci typizace ID\_29. Z analýzy dat vyplývá, že průměrná produkce mléka i další sledované charakteristiky laktace vykazují variabilitu v závislosti na celkovém množství vyprodukovaného mléka. Produkce mléka je rozdělena do tří kategorií: méně než 5 500 kg, mezi 5 500 až 7 000 kg, a více než 7 000 kg v průběhu 200 dnů laktace. Při porovnání skutečných a predikovaných hodnot je patrný trend, kde skutečné hodnoty (Sku.) obecně překračují predikované hodnoty (Pre.) ve všech kategoriích produkce. To může naznačovat, že model Woodovy laktace může podceňovat skutečný výkon v praxi, což je důležité zjištění pro případné další kalibrace a úpravy modelu. V kategorii s produkcí nižší než 5 500 kg je průměrná hodnota inseminačního indexu 2,53, zatímco ve vyšších kategoriích (5 500-7 000 kg a >7 000 kg) je tato hodnota nižší (2,01 a 2,08), což by mohlo naznačovat lepší reprodukční výsledky u krav s vyšší produkcí mléka. Tento závěr je v souladu s prací (Sammad et al., 2020), kteří naznačují vztah mezi vyšší produkcí mléka a reprodukčními parametry. Průměrné hodnoty produkce mléka za specifické období prvních sto dní (1.100dní), druhých sto dní (2.100dní) a třetích stopět dní (3.105dní), ukazují s rostoucím množstvím celkové produkce mléka také zvýšení denní produkce. Například, průměrná produkce mléka za prvních 100 dnů laktace se zvyšuje z 2 089 kg u kategorie <5 500 kg na 4 535 kg u kategorie >7 000 kg ( $P<0,001$ ). Zajímavé výsledky lze pozorovat pro denní produkci mléka a den dosažení vrcholu, kde skutečné hodnoty jsou konzistentně vyšší než predikované hodnoty napříč všemi kategoriemi produkce. To ukazuje na potenciální odchylky mezi modelovými předpověďmi a reálnými výsledky. Statistická významnost, označená písmeny A, B a C ( $P<0,001$ ), a, b a c ( $P<0,01 - <0,05$ ), naznačuje, že rozdíly mezi některými skupinami jsou významné.

Tabulka 19. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 200 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29

Ukazatel	Produkce mléka /200 dní (kg)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 5500		5500 - 7000			> 7000	
	četnost (n)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
Inseminační index			2,53		2,01		2,08		NS
Servis perioda (dní)			123,53		109,65		111,98		NS
P2:1 (Sku.)			96,80	13,52	98,64	19,01	95,17	10,44	NS
P2:1 (Pre.)			94,39	3,57	95,09	3,45	95,38	4,74	
P3:1 (Sku.)			88,45	23,63	81,83	20,61	73,38	12,29	BC
P3:1 (Pre.)			71,93	5,57	73,07	4,49	73,17	4,87	
P3:2 (Sku.)			27,49	4,69	27,26	3,60	25,61	2,63	BC
P3:2 (Pre.)			24,96	1,90	25,83	1,29	25,61	1,44	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			2089	1403	3255	427	4535	720	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			2134	1376	3355	376	4503	718	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			1225	1192	3127	479	4368	791	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			1276	1218	3184	429	4359	742	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			1126	1052	2265	808	3218	832	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			1135	977	2235	624	3221	693	
Produkce za laktaci (Sku.)			4795	2938	9060	1528	12858	2548	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			4887	2967	9191	1489	12829	2456	
Denní produkce (Sku.)			28,89	8,86	30,51	3,44	39,51	5,10	AC,BC
Denní produkce (Pre.)			29,69	7,94	30,98	3,52	39,45	4,98	
Den vrcholu laktace (Sku.)			117,33	92,45	92,44	65,35	85,55	60,84	ac
Den vrcholu laktace (Pre.)			93,31	59,65	67,39	4,67	68,57	3,96	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			50,25	13,77	53,18	9,96	66,55	11,18	AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			34,94	7,97	38,38	3,70	49,66	5,88	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Vyhodnocení charakteristik laktace pro různé kategorie produkce mléka během 305 dnů je uvedeno v Tabulce 20. Data byla rozdělena do tří skupin na základě produkce mléka: méně než 8 000 kg, mezi 8 000 až 10 000 kg, a více než 10 000 kg. Z dat je patrné, že inseminační index se mírně zvyšuje s rostoucí produkcí mléka, což je trend potvrzený (Gherissi & Djaout, 2023). Délka SP se s rostoucí produkcí mléka zvyšuje až na délku 113,40 dne. Tento výsledek však není v rámci skupin průkazný. Hodnoty inseminačního indexu se pohybují v rozmezí od 2,05 u skupiny s produkcí mléka méně než 8 000 kg do 2,12 u skupiny s produkcí nad 10 000 kg, což poukazuje na relativní uniformitu tohoto parametru napříč produkčními skupinami. Analýza produkce mléka ukazuje značné rozdíly mezi jednotlivými skupinami.

Například, průměrná celková produkce mléka za laktaci (Sku.) se zvyšuje z  $5\,710 \pm 2\,557$  kg pro skupinu pod 8 000 kg na  $9\,531 \pm 945$  kg pro skupinu mezi 8 000 a 10 000 kg, a dosahuje až  $13\,119 \pm 2\,459$  kg pro skupinu nad 10 000 kg. Tento vzestupný trend je ještě zřetelnější při pohledu na denní produkci a den vrcholu laktace, kde se průměrné hodnoty pohybují od  $29,66 \pm 7,70$  kg/den do  $39,95 \pm 4,92$  kg/den. Den dosažení vrcholu laktace pro skupinu pod 8 000 kg byl  $94,08 \pm 76,23$  den, pro skupinu mezi 8 000 a 10 000 kg, se jednalo o  $91,02 \pm 66,52$  den a pro skupinu nad 10 000 kg to byl den  $87,25 \pm 61,92$  den. Průměrná celková produkce mléka za laktaci (Pre.) se zvyšuje z  $5\,885 \pm 2\,668$  kg pro skupinu pod 8 000 kg na  $9\,660 \pm 998$  kg pro skupinu mezi 8 000 a 10 000 kg, a dosahuje až  $13\,071 \pm 2\,379$  kg pro skupinu nad 10 000 kg. Stejný trend je patrný také v rámci denní produkce a dne vrcholu laktace, kde se průměrné hodnoty pohybují od  $30,59 \pm 6,99$  kg/den do  $39,82 \pm 4,87$  kg/den. Den predikovaného dosažení vrcholu laktace pro produkci pod 8 000 kg byl  $81,78 \pm 48,64$  dne, zatímco pro skupinu s produkcí mezi 8 000 a 10 000 kg to bylo  $68,83 \pm 3,85$  dne, což opět koreluje s očekáváními založenými na laktaci. Statistická významnost mezi hodnocenými skupinami nebyla průkazná. Podobné výsledky byly zjištěny také v případě inseminačního indexu, kde je patrná tendence mírně stoupat s vyššími kategoriemi mléčné produkce, i když změna není statisticky významná.

Tabulka 20. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 305 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29

Ukazatel	Produkce mléka /305 dní (kg)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 8000		8000 - 10000			> 10000	
	četnost (n)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
Inseminační index			2,05		2,01		2,12		NS
Servis perioda (dní)			106,36		111,03		113,40		NS
P2:1 (Sku.)			85,88	17,06	97,37	15,41	95,77	10,78	ab,ac
P2:1 (Pre.)			93,10	3,57	95,05	3,17	95,49	4,83	
P3:1 (Sku.)			69,80	23,62	76,19	16,82	74,7	13,36	NS
P3:1 (Pre.)			70,71	5,26	72,80	4,38	73,28	4,88	
P3:2 (Sku.)			25,19	4,79	26,43	3,42	25,77	2,67	NS
P3:2 (Pre.)			25,73	1,65	25,90	1,27	25,57	1,46	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			2624	1316	3441	502	4571	735	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			2568	1236	3480	361	4562	705	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			1794	1232	3339	366	4430	780	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			1873	1259	3354	287	4422	729	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			1104	872	2385	516	3321	772	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			1245	882	2417	414	3290	652	
Produkce za laktaci (Sku.)			5710	2557	9531	945	13119	2459	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			5885	2668	9660	998	13071	2379	
Denní produkce (Sku.)			29,66	7,70	31,33	3,31	39,95	4,92	AC,BC
Denní produkce (Pre.)			30,59	6,99	31,76	3,56	39,82	4,87	
Den vrcholu laktace (Sku.)			94,08	76,23	91,02	66,52	87,25	61,92	NS
Den vrcholu laktace (Pre.)			81,78	48,64	67,48	4,38	68,83	3,85	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			51,25	11,79	55,94	11,95	66,85	11,01	ab,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			36,01	6,98	39,52	3,59	50,24	5,62	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Evaluace charakteristik laktace pro kategorie indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) v případě typizace ID\_29 je uvedena v Tabulce č. 21. Tabulka je také rozdělena do tří kategorií indexu perzistence:  $\leq 0,93$ ,  $0,93 - 1,00$  a  $> 1,00$ , s odpovídajícími četnostmi vzorku ( $n$ ) 185, 149 a 130. Z tabulky je patrné, že inseminací index je poměrně konzistentní napříč všemi kategoriemi indexu perzistence, zároveň ale lze pozorovat neprůkazný vztah mezi kategoriemi indexu perzistence laktace. Dále je patrné, že s rostoucí perzistencí je tendence ke růstu celkové produkci mléka za laktaci (Sku.), zatímco denní produkce mléka má trend stoupající v rámci první kategorie ( $< 0,93$ )  $37,48 \pm 6,16$  kg mléka, poté v kategorii ( $0,93 - 1,00$ )  $39,13 \pm 5,90$  kg, ale v rámci třetí kategorie ( $> 1,00$ ) byl zjištěn statisticky průkazný pokles na  $36,95 \pm 6,28$  kg mléka. V případě predikovaného výsledku denní produkce (Pre.) v rámci první kategorie ( $< 0,93$ )  $37,57 \pm 5,94$  mléka, poté v kategorii ( $0,93 - 1,00$ )  $39,01 \pm 5,86$  kg, ale v rámci třetí kategorie ( $> 1,00$ ) byl zjištěn statisticky průkazný pokles na  $36,94 \pm 6,11$  kg mléka, tedy stejný trend také pro obě porovnávané hodnoty. Zajímavé je, že predikované hodnoty pro den vrcholu jsou konzistentnější pro kategorii ( $< 0,93$ ) byla hodnota  $67,90 \pm 4,09$  dne, pro kategorii ( $0,93 - 1,00$ )  $69,21 \pm 3,77$  dne a v rámci třetí kategorie ( $> 1,00$ )  $69,29 \pm 4,02$  dne, což může naznačovat, že model mírně podceňuje den dosažení vrcholu laktace u krav vyšší perzistencí laktace. Navíc směrodatné odchylky naznačují značnou variabilitu v rámci těchto kategorií, což je zvláště patrné u skutečných hodnot produkce mléka na vrcholu. Výsledky také ukazují, že skutečná data (Sku.) vykazují vyšší variabilitu, jak naznačují směrodatné odchylky, ve srovnání s predikovanými daty (Pre.), což je očekávaný výsledek vzhledem ke kontrolované povaze prediktivních modelů oproti různým biologickým a fyziologickým faktorům ovlivňujícím skutečnou produkci mléka.

Tabulka 21. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) pro typizaci laktační křivky ID\_29

Ukazatel	Index perzistence ( $P_{2:1}$ )								
	interval hodnot		< 0,93		0,93 - 1,00		> 1,00		Významnost rozdílu
	četnost (n)		185		149		130		
parametr		MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD		
Inseminační index			2,08		2,05		2,07		NS
Servis perioda (dní)			109,03		108,17		113,97		NS
P2:1 (Sku.)			85,67	6,22	96,46	1,87	109,09	11,95	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)			93,76	3,61	95,59	3,23	97,25	6,04	
P3:1 (Sku.)			67,80	10,55	73,73	9,20	85,73	17,32	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)			72,27	4,79	73,47	4,24	73,86	5,28	
P3:2 (Sku.)			25,21	2,70	25,74	2,38	26,87	3,33	AC,BC
P3:2 (Pre.)			25,61	1,30	25,70	1,37	25,56	1,67	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			4567	745	4538	782	3976	914	AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			4327	717	4511	754	4313	945	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			3918	727	4376	759	4315	1020	AB,AC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			4057	690	4315	766	4197	969	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			2921	790	3184	847	3201	930	AB,AC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			2995	633	3190	749	3052	788	
Produkce za laktaci (Sku.)			11972	2504	12750	2645	12331	3384	AB
Produkce za laktaci (Pre.)			11989	2380	12713	2645	12299	3200	
Denní produkce (Sku.)			37,48	6,16	39,13	5,90	36,95	6,28	ab,BC
Denní produkce (Pre.)			37,57	5,94	39,01	5,86	36,94	6,11	
Den vrcholu laktace (Sku.)			72,41	55,30	85,79	58,18	113,96	76,52	ab,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)			67,90	4,09	69,21	3,77	69,29	4,02	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			64,28	11,94	64,54	10,91	63,78	14,03	NS
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			47,17	7,42	48,94	6,86	46,46	7,70	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.



Vyhodnocení charakteristik laktace pro kategorie dne vrcholu laktace rámci typizace ID\_29 je uvedeno v Tabulce 22. Tabulka ukazuje, že produkce mléka se v den vrcholu laktace s délkou trvání vrcholu laktace zvyšuje. Výsledky pro inseminační index a servis periodu lze interpretovat, že s delším obdobím vrcholu laktace (>120 dní) se zvyšuje průměrný inseminační index a také servis perioda. Tento závěr naznačuje, že dojnice v, které dosáhly vrchol laktace později, mohou vykazovat vyšší reprodukční úroveň, což je v souladu se závěry práce (Ruban et al., 2022). Specificky, inseminační index se pohybuje od 1,99 v období <50 dní na 2,44 v období nad 120 dní, zatímco servis perioda se zvyšuje z průměrně 105,73 dne na 123,83 den.

Produkce mléka, jak je uvedeno v tabulce, je analyzována jak pro skutečná data (Sku.), tak pro predikované hodnoty (Pre.). Zajímavostí je, že produkce mléka za 3.105 dní, stejně jako celková produkce za laktaci, je nejvyšší u skupiny s vrcholem laktace mezi 50 – 120 dnem laktace, což koresponduje s očekáváním založeným na laktační křivce dle Wooda. Tento vzorec je konzistentní ve skutečných i predikovaných hodnotách, což naznačuje robustnost modelu Wooda v predikci mléčné užitkovosti dojnic. Průměrné hodnoty produkce za laktaci se pohybují od 11 264±2 785 kg pro skutečná data a pro 11 263±2 689 kg pro predikovaná data, až po 12 168±2 852 kg a 12 224±2 810 kg mléka, což ukazuje na malý rozdíl mezi očekávanou a pozorovanou hodnotou. Výsledky statistické průkaznosti mezi skupinami naznačují, že celková produkce mléka za laktaci (Sku.) mezi skupinou ≤50 dní a skupinou 50-120 dní není statisticky významně průkazná, zatímco porovnání mezi skupinou ≤50 dní a >120 dní je významné. Toto naznačuje, že prodloužené období vrcholu laktace může mít významný vliv na celkovou produkci mléka.

Tabulka 22. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle dne vrcholu laktace pro typizaci laktační křivky ID\_29

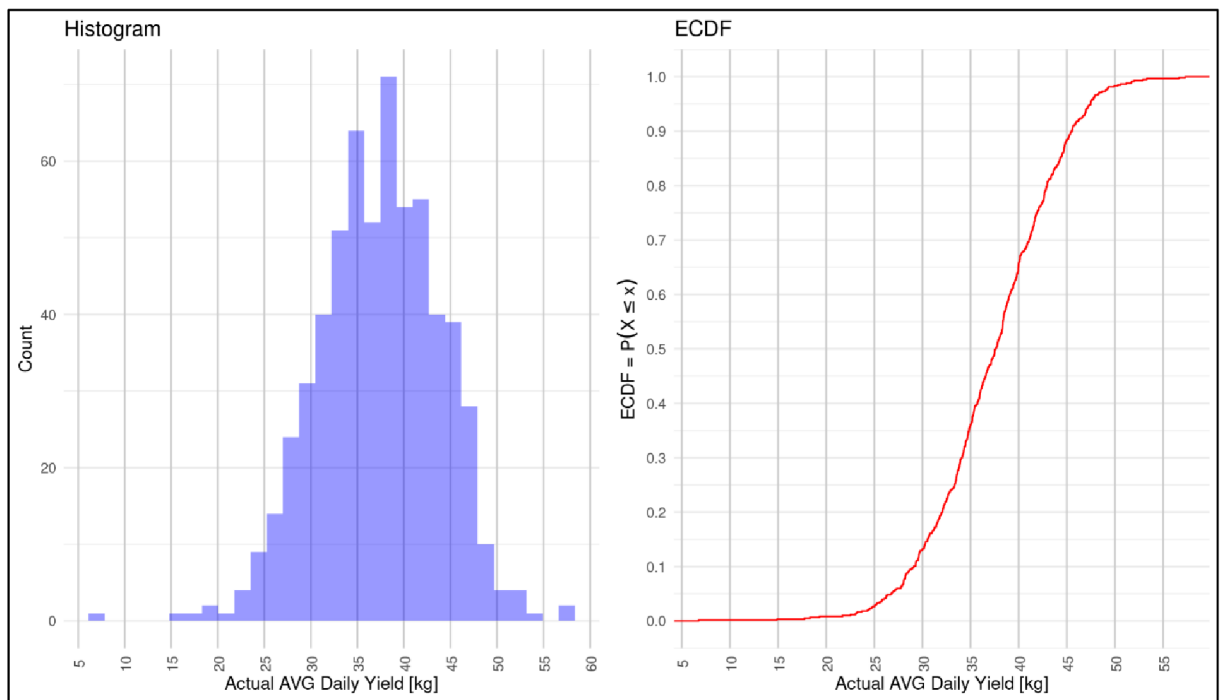
Ukazatel	Den vrcholu laktace (den)						Významnost rozdílu
	< 50		50 - 120		> 120		
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
interval hodnot četnost (n) parametr	202		266		135		
Insemináční index	1,99		2,00		2,44		ac,bc
Servis perioda (dní)	105,73		111,38		123,83		AC,bc
P2:1 (Sku.)	91,52	9,33	96,78	12,75	99,95	12,81	AB,AC,bc
P2:1 (Pre.)	94,81	3,46	95,75	5,57	95,28	3,66	
P3:1 (Sku.)	71,33	11,51	73,68	13,16	81,83	17,41	AC,BC
P3:1 (Pre.)	72,79	4,66	73,33	5,26	73,25	4,18	
P3:2 (Sku.)	25,70	2,65	25,65	2,82	26,46	3,22	bc
P3:2 (Pre.)	25,82	1,29	25,63	1,36	25,33	1,72	
Produkce za 1.100dní (Sku.)	4229	772	4335	906	3769	1403	AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)	4110	737	4326	857	3942	1420	
Produkce za 2.100dní (Sku.)	3778	984	4198	1033	3813	1443	AB,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)	3823	940	4178	994	3807	1397	
Produkce za 3.105dní (Sku.)	2747	964	3038	938	3001	1210	AB,ac
Produkce za 3.105dní (Pre.)	2792	857	3063	847	2874	1071	
Produkce za laktaci (Sku.)	11264	2785	12168	2852	11581	4561	AB
Produkce za laktaci (Pre.)	11263	2689	12224	2810	11499	4383	
Denní produkce (Sku.)	37,01	5,82	38,43	6,44	35,75	7,25	ab,BC
Denní produkce (Pre.)	37,04	5,62	38,60	6,24	35,71	6,59	
Den vrcholu laktace (Sku.)	35,32	10,35	78,52	18,58	188,26	56,59	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)	67,85	4,66	68,45	4,00	75,58	32,42	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	61,64	11,23	64,20	12,31	64,08	14,91	ab
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	46,12	6,92	48,33	7,63	45,12	8,47	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

### 5.3.4 ANALÝZA DISTRIBUCE NÁDOJE A CHYB PRO TYPIZACI ID\_29

Z uvedeného Grafu 10 je patrná distribuce skutečného nádoje mléka v rámci typizace ID\_29. Výsledky byly interpretovány dvěma metodami histogramem a empirickou kumulativní distribuční funkcí (ECDF). Histogram, znázorněný v odstínech modré, ukázal frekvenci výskytu jednotlivých hodnot skutečného průměrného denního nádoje mléka. Výška každého sloupce odpovídá počtu pozorování, které spadají do daného rozsahu denního nádoje. Bylo pozorováno, že data vykazovala jednomodální distribuci se středem v okolí nejčastější hodnoty denního nádoje, což naznačuje převážně stabilní produkci s menším množstvím výrazných odchylek. Na druhé straně, ECDF reprezentovala proporce datových bodů. Červená křivka na ECDF grafu stoupala strmě ve středovém rozsahu osy x, což svědčilo o těsném seskupení většiny hodnot. Míru růstu této křivky vysvětluje koncentrace datových bodů, s menším počtem pozorování v extrémních hodnotách. Z histogramu byla dále odhalena mírná pravá šikmost distribuce, což indikovalo přítomnost výjimečných nádojů mléka na vyšším konci rozsahu. Empirická kumulativní distribuční funkce poskytla přehled o rozložení mediánu a kvartilů, které naznačují relativně malou variabilitu ve středu distribuce. Dle autorů Wu et al. (2023) mohla být distribuce ovlivněna specifickými faktory, jako jsou sezónní vlivy nebo individuální rozdíly mezi jednotlivci v populaci zvířat. Výsledky byly interpretovány s ohledem na tyto možné vlivy, aby se zajistila přesná kalibrace a úprava modelu v souladu s pozorovanými daty.

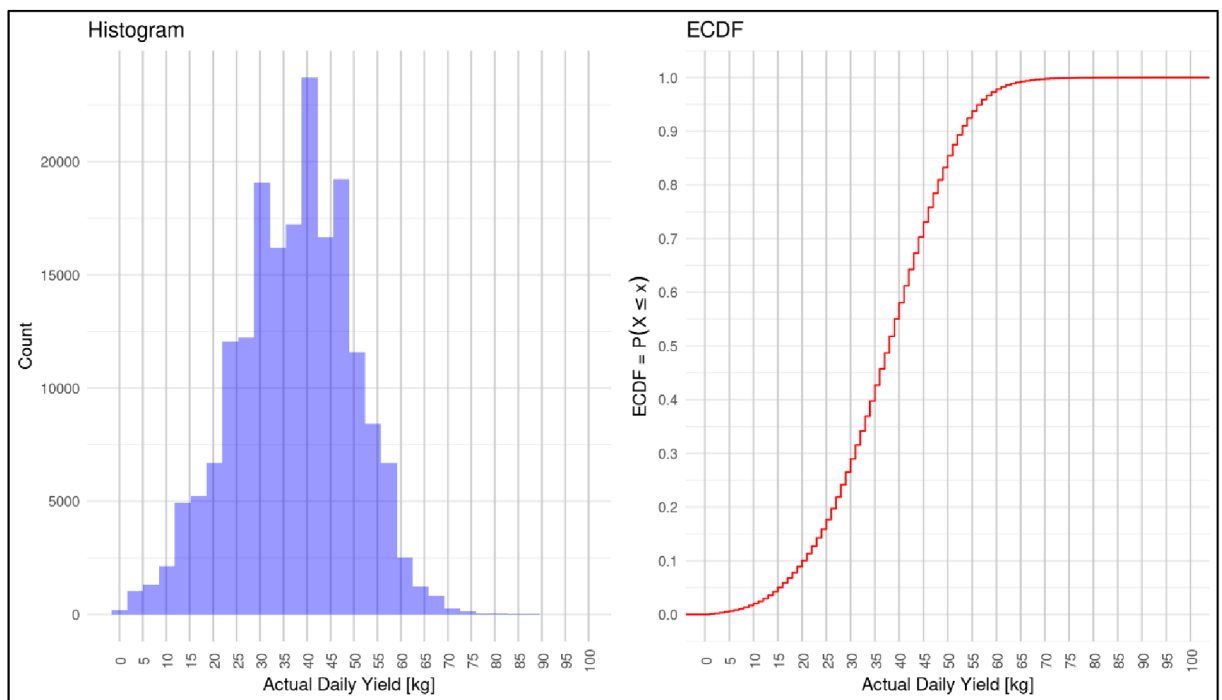
Graf 10. Distribuce skutečného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Graf 11 ilustruje distribuci skutečného denního nádoje mléka v kontextu typizace ID\_29. Histogram zobrazuje frekvenci hodnot denního nádoje v kilogramech mléka. Z grafu je zřejmé, že rozložení hodnot má přibližně symetrický tvar s největším výskytem v určitém středním rozsahu a se snižujícími se frekvencemi směrem k vyšším a nižším hodnotám. Toto rozložení naznačuje, že denní nádoje se nejčastěji vyskytují okolo střední hodnoty a méně často dosahují extrémních výsledků. ECDF graf, představuje kumulativní procento všech pozorování, která mají hodnotu menší nebo rovnou daným hodnotám na ose x. Křivka prudce stoupá a ukazuje rychlou akumulaci hodnot v určitém rozsahu, což odpovídá oblasti, kde histogram vykazuje největší frekvenci. Zároveň ECDF pomalu konverguje k hodnotě 1, což značí, že všechna pozorování byla zahrnuta. Tento kombinovaný přístup umožňuje hlubší porozumění distribuci denního nádoje v rámci validace typizace ID\_29. Z histogramu je možné také získat přehled o variabilitě a symetrii distribuce, zatímco ECDF poskytuje celkový pohled na distribuci dat a ukazuje, jak velký podíl pozorování souvisí s určitým rozsahem nádoje. Symetrie histogramu naznačuje, že odchylky od střední hodnoty jsou relativně symetrické v obou směrech, což je znakem, že typizace nepředvádí systematickou chybu ve směru podhodnocování nebo přeceňování. V rámci této analýzy je důležité zmínit, že plochá část vrcholu histogramu může indikovat, že nádoje nejsou omezené na jedinou nejčastější hodnotu, ale jsou distribuovány

kolem několika hodnot. Toto může být důsledkem heterogenity v datech nebo přítomnosti několika rozdílných podskupin v populaci. Naopak, hladký a monotónní průběh ECDF křivky naznačuje, že extrémní hodnoty jsou vzácné a většina dat je koncentrována ve středu rozsahu. Celkově tato grafická analýza poskytuje podrobný vhled do chování denního nádoje mléka v rámci zvolené typizace. Interpretace těchto výsledků může výrazně přispět k optimalizaci predikce denního nádoje a může napomoci lépe reflektovat reálné podmínky a variability v inherentních datech (Giannuzzi et al., 2022).

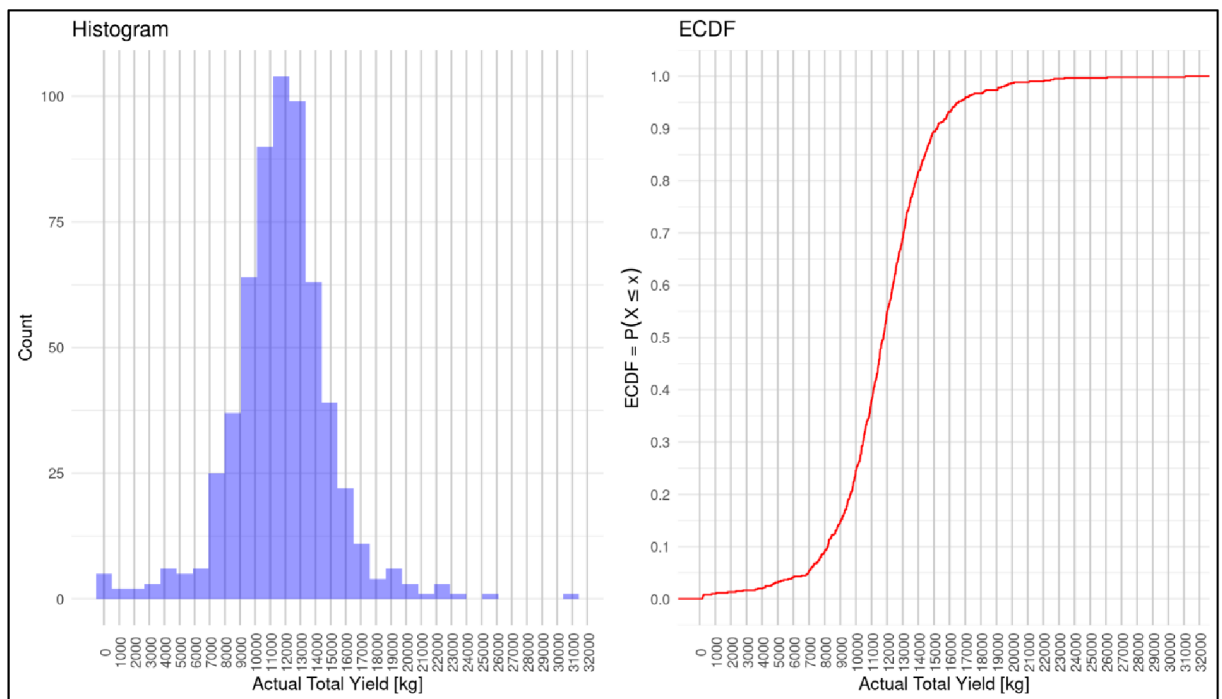
Graf 11. Distribuce skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Grafická interpretace výsledku distribuce celkového nádoje za laktaci je uvedena v Grafu 12. Tento graf zobrazuje rozložení množství mléka pro typizaci ID\_29. Histogram ukazuje počet pozorování odpovídajících různým rozsahům celkového nádoje. Modré sloupce histogramu naznačují frekvenci výskytu specifických hodnot nádoje, přičemž nejvyšší sloupce odpovídají hodnotám, které se vyskytují nejčastěji. Rozdělení je zřetelně jednomodální, s vrcholem rozdělení umístěným v prostřední části grafu, a postupně klesajícími počty ve směru k nižším i vyšším hodnotám. Tato vizualizace naznačuje, že většina celkových nádojů mléka se soustředí kolem určité střední hodnoty, s menší frekvencí výskytu extrémních hodnot nádoje mléka. Na pravé části je zobrazen graf ECDF, který zobrazuje pravděpodobnost, že skutečný celkový nádoj nepřekročí určité hodnoty. Křivka rychle stoupá a přibližuje se hodnotě 1, což ukazuje,

že většina celkových nádojů je soustředěna v nižším rozsahu a jen malá část přesahuje vyšší hodnoty. Tento prudký nárůst křivky v určitém bodě naznačuje, že distribuce má ostrý vrchol, což může odrážet homogenitu v dojivosti nebo specifické charakteristiky zkoumané typizace. Histogram a ECDF graf ilustrují komplexní pohled na variabilitu celkového nádoje a umožňují identifikovat oblasti, kde model může podávat nepřesné predikce. Výsledky z ECDF také napomáhají určit prahové hodnoty, při kterých model přestává být přesný.

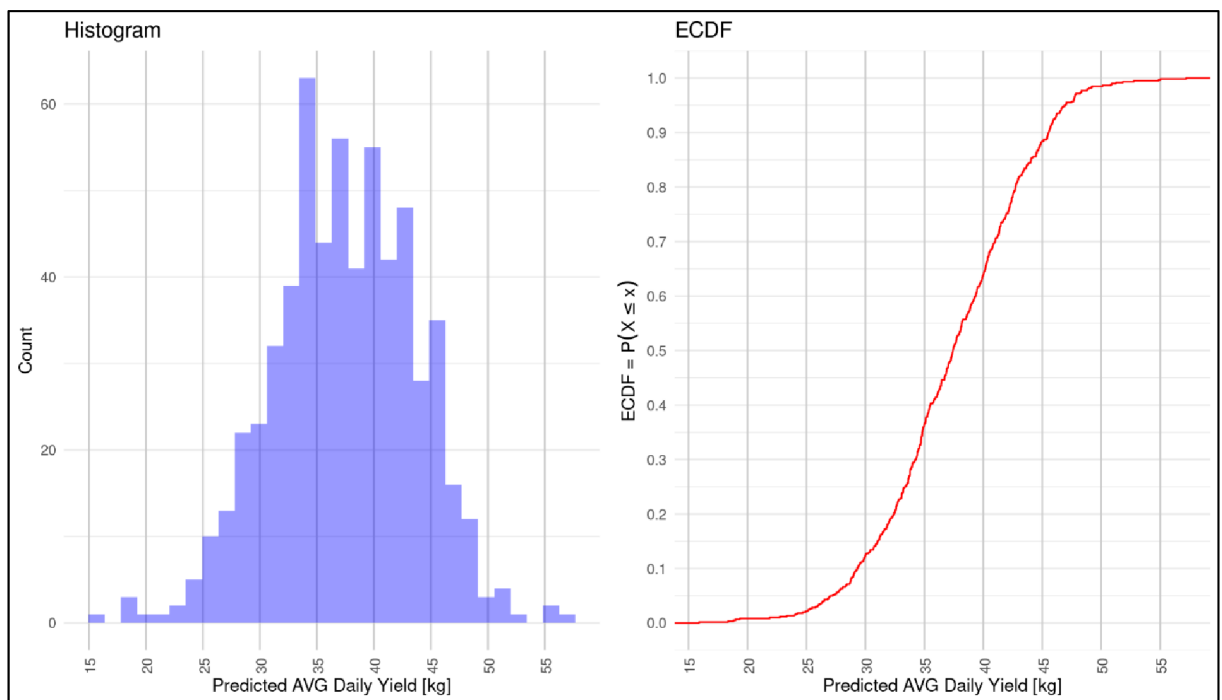
Graf 12. Distribuce skutečného nádoje mléka za laktaci pro typizaci ID\_29



Grafická interpretace výsledku rozložení průměrného denního nádoje mléka za laktaci je uvedena v Grafu 13. Uvedený graf ilustruje frekvence různých predikovaných hodnot denního nádoje mléka. Vrcholy histogramu naznačují nejčetnější nádoje mají „zvonovitý“ tvar, což je typické pro normální distribuci. To značí, že většina predikovaných hodnot denního nádoje je soustředěna kolem střední hodnoty, což může naznačovat dobrou konzistenci a přesnost modelu v predikcích pro standardní podmínky. Graf ECDF představuje kumulativní pravděpodobnost, že predikovaná hodnota denního nádoje nepřekročí danou hodnotu na ose x. Jak je patrné, tak křivka grafu ECDF prudce stoupá a asymptoticky se přibližuje k hodnotě jedna, což znamená, že téměř všechny hodnoty denního nádoje jsou zahrnuty v datové sadě. Tento graf je užitečný pro určení pravděpodobnosti výskytu určitých úrovní predikovaného nádoje a pro identifikaci rozsahu, ve kterém se většina predikovaných hodnot nachází.

Symetrický tvar histogramu může také naznačovat, že model nemá systematickou chybu ve směru nadhodnocení nebo podhodnocení množství nadojeného mléka. Důležitým poznatkem z ECDF grafu je také rychlost, s jakou křivka dosahuje vysokých pravděpodobností v nižším rozsahu predikovaných hodnot. To může naznačovat, že model je spolehlivý při predikci běžných denních nádojů, ale může být méně přesný při predikci extrémních hodnot. Vzhledem závěrům v rámci uvedeného grafu je zřejmé, že typizace ID\_29 byla vhodný validační subjekt z hlediska distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka. Toto hodnocení bylo důležité pro potvrzení adekvátnosti modelu a pro použití v praktických aplikacích s ekonomickými výstupy.

Graf 13. Distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

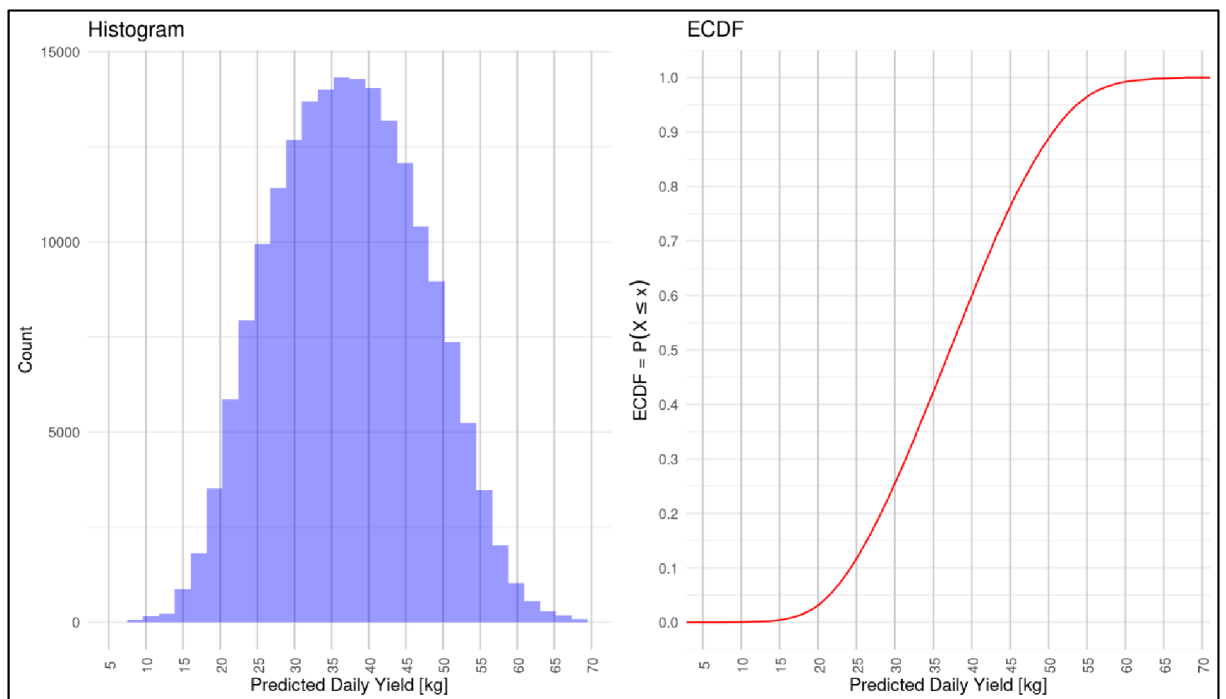


Graf 14, níže prezentován, ilustruje distribuci predikovaného denního nádoje pro typizaci ID\_29. Na levé straně je histogram, který ukazuje počet výskytů predikovaných hodnot denního nádoje v kilogramech. Na pravé straně je empirická kumulativní distribuční funkce (ECDF), která poskytuje kumulativní pravděpodobnost, že predikovaný denní nádoj nepřekročí danou hodnotu. Z grafu je také patrný „zvonovitý“ (konkávní) tvar, který indikuje, že většina predikovaných hodnot se soustředí kolem středové hodnoty, s postupným snižováním frekvence výskytu směrem k nižším i vyšším hodnotám. Tento tvar je typický pro normální distribuci dat a naznačuje konzistenci predikce modelu bez výrazného zkreslení. Graf ECDF na

pravé straně prudce stoupá a postupně se srovnává, což ukazuje na to, že hodnoty jsou dobře rozloženy a překrývají široký rozsah možných denních nádojů mléka. Křivka ukazuje, že většina hodnot měla nižší než vrcholové hodnoty, což může pomoci identifikovat případné výkyvy nebo anomálie v predikovaných nádojích mléka (Marín-Veites & Bach, 2022).

Uvedený graf poskytuje užitečný základ pro hodnocení, zda jsou predikce modelu v souladu s reálnými nádoji, nebo zda jsou přítomny systematické chyby. Tyto výsledky mohou vést k případnému dalšímu finetuningu modelu, aby lépe odpovídal realitě a zlepšila se tak celková spolehlivost modelu.

Graf 14. Distribuce predikovaného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

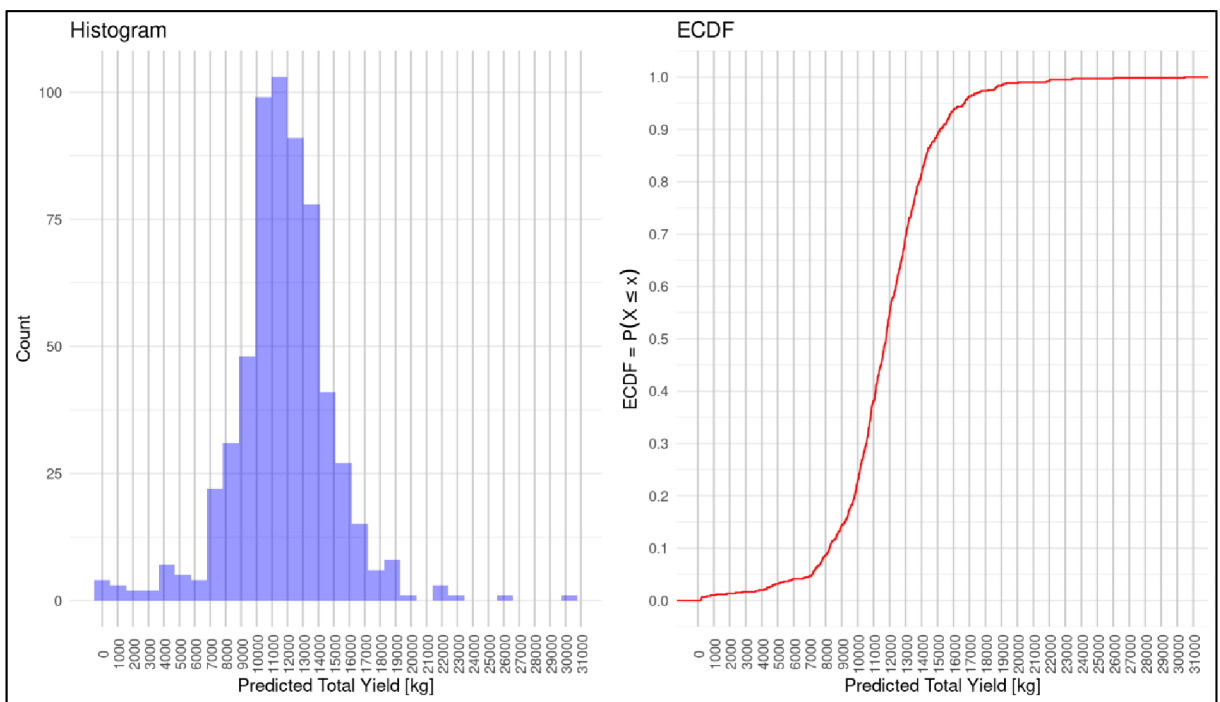


Graf 15 poskytuje analytický pohled na distribuci predikovaného celkového produkovaného mléka pro typizaci ID\_29. Histogram predikovaných hodnot celkové produkce v kg představuje frekvenci výskytu různých rozsahů predikovaného množství mléka, s počty reprezentovanými modrými sloupci. Vrchol histogramu, nejvyšší bod, naznačuje nejčastější rozsah hodnot, který je obklopen nižšími sloupci ukazujícími méně frekventované produkce mléka. Je zřejmé, že distribuce má jednododální charakter s vrcholem v centrální oblasti a snižujícími se frekvencemi na obou koncích, což naznačuje, že většina predikovaných hodnot produkce mléka se shromažďuje kolem střední hodnoty. Graf ECDF zaznamenává kumulativní pravděpodobnost výskytu predikovaných hodnot celkového nádoje. Červená křivka ukazuje



hladký, monotónní růst od nižších k vyšším hodnotám, což signalizuje, že většina predikovaných hodnot byla koncentrována v nižší části spektra. Graf dosahuje asymptoty u hodnoty 1, což potvrzuje, že byly zaznamenány všechny predikované hodnoty. Uvedený histogram poskytuje vhled do distribuce a variability predikovaných hodnot, zatímco ECDF poskytuje pochopení celkové tendence a akumulace predikovaných hodnot. Analytický pohled pomáhá určit, zda model má tendenci být v určitých rozsazích přesnější a zda jsou předpovědi konzistentní. Plynulý průběh křivky bez výrazných skoků nebo lomů naznačuje, že model byl schopen predikovat celkové množství mléka s rovnoměrnou přesností napříč celým spektrem hodnot.

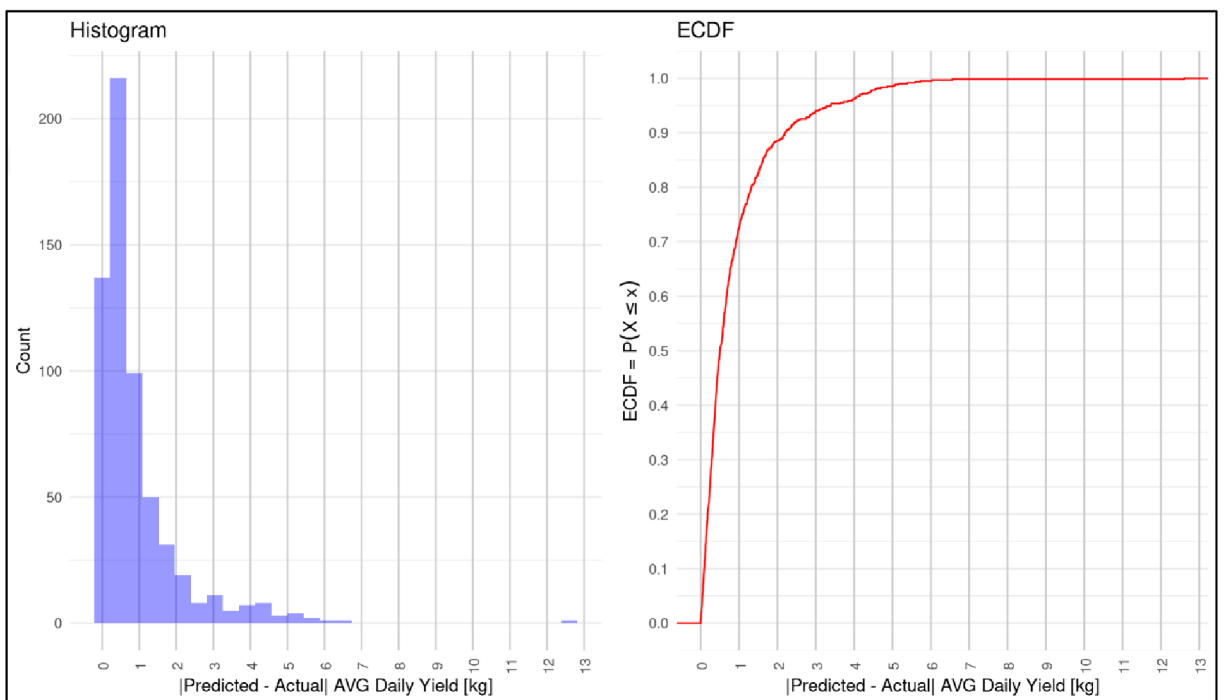
Graf 15. Distribuce predikovaného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Prezentovaný Graf 16 poskytuje analytický vhled do distribuce absolutních chyb predikce denního nádoje pro typizace ID\_29. Histogram ilustruje frekvenci absolutních chyb v predikci, přičemž výška jednotlivých sloupců reprezentuje počet výskytů v daném rozmezí chyb. Modrá barva histogramu ilustruje rozložení chyb od nejnižších až po nejvyšší, s největším počtem výskytů blízko nuly, což ukazuje, že model má tendenci být přesný v mnoha případech. Z grafu je dále patrné, že frekvence rychle klesá s rostoucí velikostí chyby, což naznačuje, že velké predikční chyby jsou méně běžné. Graf ECDF představuje kumulativní pravděpodobnost, že velikost predikční chyby přesáhne danou hodnotu, jinými slovy, že většina predikcí má nízkou

absolutní chybu, což je pozitivním indikátorem přesnosti modelu. Křivka rychle stoupá a pak se asymptoticky vyrovnává blízko hodnotě jedna, což značí, že i ty největší chyby jsou zahrnuty v analyzovaných datech. Výsledky tak naznačují, že model je dobře kalibrován a schopen spolehlivě předpovídat denní nádoje. Nicméně, i při malém počtu větších chyb je důležité dále analyzovat příčiny těchto odchylek a zvážit možné úpravy modelu, aby se minimalizovaly i tyto výjimky a zvýšila se celková přesnost predikcí.

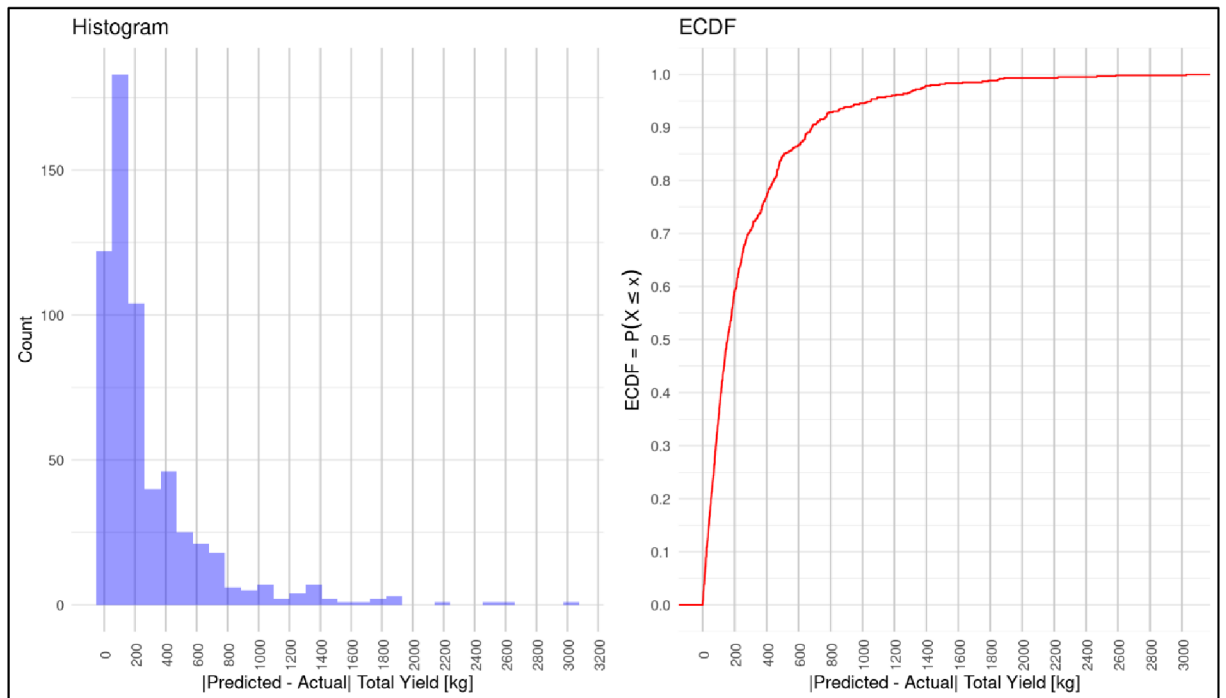
Graf 16. Distribuce absolutní chyby predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Následující Graf 17. poskytuje vizualizaci distribuce absolutních chyb mezi predikovanými a skutečnými hodnotami celkového nádoje pro validovanou typizaci ID\_29. Graf zobrazuje počet pozorování, které odpovídají různým rozsahům absolutních chyb (na ose x uvedené jako rozdíl mezi predikovanými a skutečnými hodnotami celkového nádoje). Nejvyšší sloupce histogramu, které jsou umístěné nejbližší k nule, indikují, že nejčastější chyby v predikcích jsou malé, což svědčí o vysoké přesnosti modelu. Rozložení dále ukazuje, že frekvence chyb klesá s jejich rostoucí velikostí, což naznačuje, že velké predikční chyby jsou v datasetu méně běžné. V grafu ECDF je patrné, že křivka rychle stoupá a ukazuje, že většina predikovaných hodnot je velmi blízko skutečným hodnotám, což je indikováno strmým nárůstem ECDF blízko nuly. Křivka se postupně srovnává a postupně dosahuje k pravděpodobnosti na úrovni hodnoty

jedna, což potvrzuje, že v datasetu byly zahrnuty všechny chyby až do nejvyšší zaznamenané. Proces identifikace a korekce těchto chyb může zahrnovat revizi inputů modelování, zkoumání datových sad na přítomnost outlierů, nebo aplikaci sofistikovanějších metod pro zlepšení přesnosti predikcí.

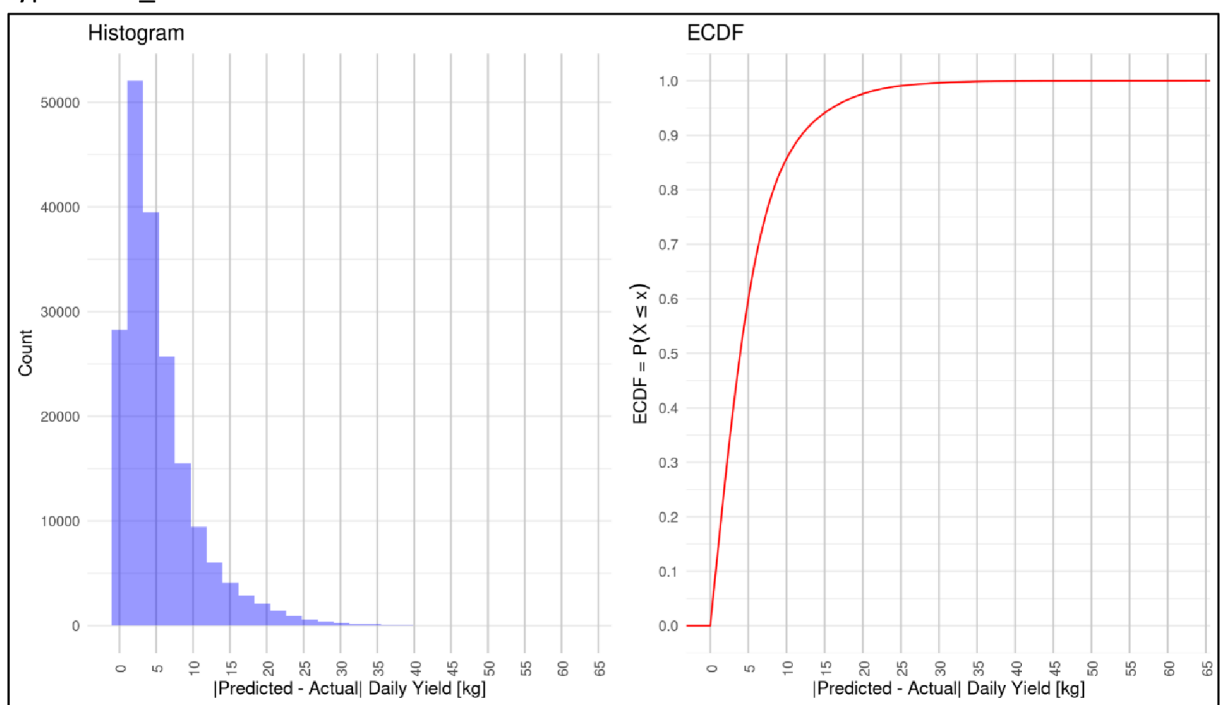
Graf 17. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Grafická interpretace výsledku rozložení predikovaného a skutečného denního nádoje mléka je uvedena v Grafu 18. Sloupce histogramu reprezentují počet případů, kde predikovaná hodnota se od skutečné lišila o určité množství kilogramů. Výrazný vrchol histogramu blízko nule ukazuje, že většina predikcí je velmi přesná s minimální chybou. Frekvence chyb postupně klesá, což naznačuje, že velké chyby jsou méně časté. Tento trend je pozitivním indikátorem kvality modelu, kde většina predikcí má pouze malou chybu ve srovnání s aktuálními hodnotami. Graf ECDF zobrazuje kumulativní pravděpodobnost, že absolutní chyba predikce denního nádoje nepřesáhne danou hodnotu. Červená křivka ECDF rychle stoupá u nízkých hodnot chyb, což naznačuje, že velká většina predikcí má chybu menší než určité nízké množství. Vysoká koncentrace hodnot kolem nuly v histogramu a strmý počáteční vzestup ECDF křivky ukazují, že model je schopen s vysokou přesností predikovat denní nádoj, s většinou chyb koncentrovaných blízko nule. To je známkou toho, že predikční model dobře

koresponduje s reálnými daty a může být spolehlivým nástrojem pro odhad denního nádoje mléka. Dále analýza ukazuje, že extrémní odchylky od skutečných hodnot jsou vzácné, což je znázorněno dlouhými okraji histogramu směrem k vyšším hodnotám chyb a pomalým přiblížením ECDF křivky k hodnotě jedna. Zde se také potvrzuje závěr, že model může potřebovat úpravy pro zlepšení odhadů v krajních případech případně, že data mohou obsahovat některé outliery, které by měly být dále zkoumány. Celkově poskytuje zobrazení graf distribuce chyb (error distribution) cenné informace pro optimalizaci modelu.

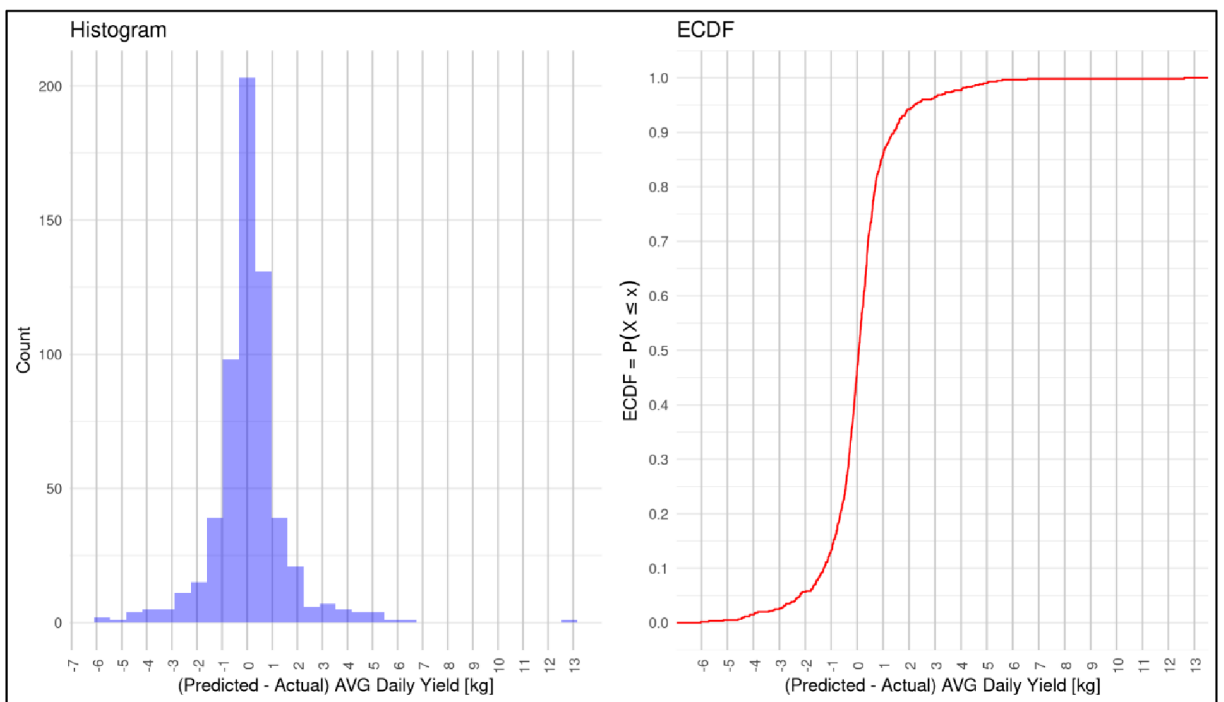
Graf 18. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Graf 19 ilustruje rozdělení absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka. Z grafu je patrné, že většina chyb se také koncentruje blízko nule, což naznačuje, že predikované hodnoty jsou velmi blízké skutečným hodnotám, a že model má tendenci být velmi přesný. ECDF graf na pravé straně zobrazuje kumulativní pravděpodobnost, tedy že chyba predikce průměrného denního nádoje nepřekročí určité hodnoty. Červená křivka ECDF rychle stoupá, což ukazuje, že většina predikcí je relativně přesná, a pak se pomalu vyrovnává u hodnoty jedna, což značí, že všechny predikované hodnoty byly taktéž zaznamenány. Distribuce chyb odhalená histogramem pro typizaci ID\_29 ukazuje, že model je schopen předpovídat denní nádoj s vysokou mírou přesnosti a že velké chyby jsou méně časté. ECDF

graf podporuje tento závěr tím, že ukazuje kumulativní frekvenci chyb, které jsou většinou soustředěny kolem nižších hodnot. Tato analýza je zásadní pro validaci schopnosti modelu přesně předpovídat denní nádoje. ECDF graf dále poskytuje další dimenzi analýzy ilustrací kumulace chyby napříč celým spektrem predikovaných hodnot. Rychlý vzestup a postupné vyrovnání křivky naznačuje, že model je schopen konzistentně předpovídat s malými chybami pro většinu datových bodů, což je znakem jeho spolehlivosti v rámci průměrného denního nádoje mléka.

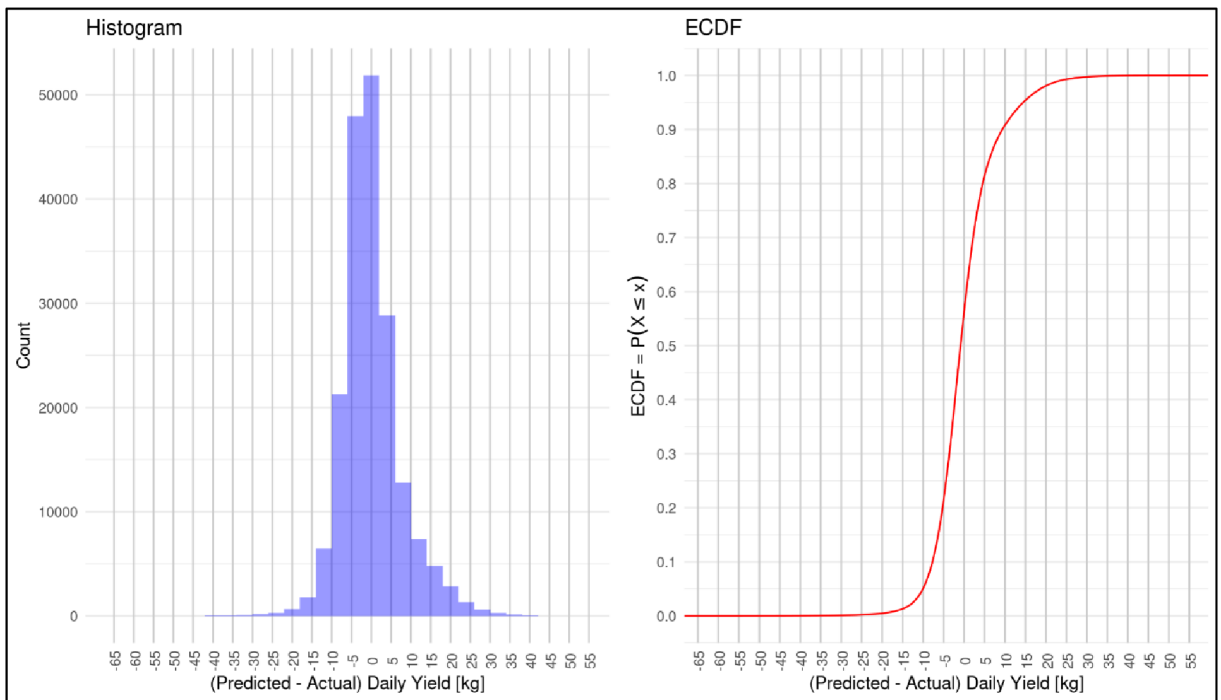
Graf 19. Distribuce chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Graf 20 také ilustruje histogram a empirickou kumulativní distribuční funkci, které analyzují distribuci chyb predikce denního nádoje pro typizaci ID\_29. Z histogramu je patrný počet výskytů rozdílů mezi predikovanými a skutečnými hodnotami denního nádoje mléka. Vrchol blízko nuly ukazuje, že model nejčastěji predikuje malé chyby, a tedy že je velmi přesný. Dále histogram ukazuje, že frekvence chyb klesá s jejich rostoucí hodnotou tedy, že velké chyby jsou méně časté. ECDF graf na pravé straně ukazuje kumulativní pravděpodobnost, že chyba predikce denního nádoje mléka nepřekročí určité hodnoty. Červená křivka, která rychle stoupá a pak se vyrovnává, naznačuje, že velká většina predikcí má pouze malou chybu a pouze malý

počet případů vykazuje větší chyby (Ji et al., 2022). Tento závěr potvrzuje výsledek analýzy predikční přesnosti, který naznačoval, že pouze 20 % záznamů vykazuje odchylku v predikci, kde je podhodnocení více než -5 kg a nadhodnocení více než +5 kg. To znamená, že u 60% denních pozorování se chyba predikce nacházela v intervalu  $\pm 5$  kg, což naznačuje, že většina predikcí byla relativně přesná s minimální odchylkou od skutečných hodnot.

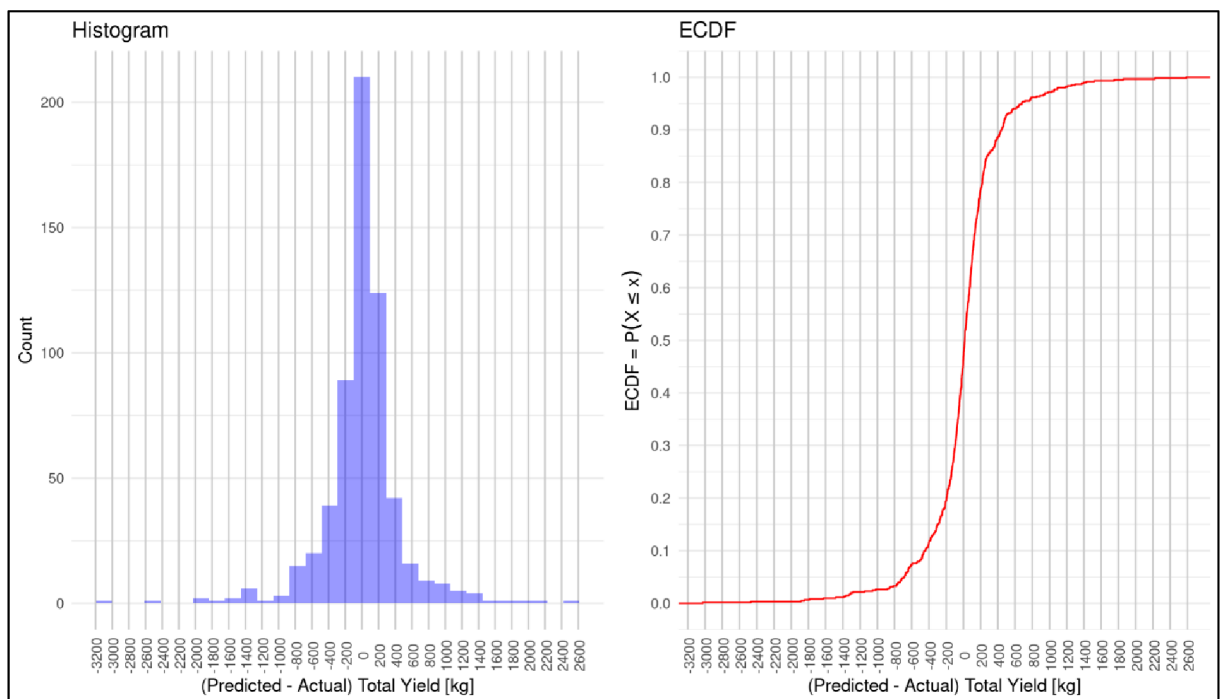
Graf 20. Distribuce chyby predikovaného a skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Prezentovaný Graf 21 ukazuje frekvenci chyb mezi predikovanými a skutečnými hodnotami celkového nádoje, a na pravé straně je funkce, zobrazující kumulativní pravděpodobnosti těchto chyb. Histogram ukazuje, že většina predikovaných chyb se taktéž vyskytuje v těsné blízkosti nuly, což svědčí o tom, že predikce skutečného celkového nádoje mléka, jsou často velmi blízké skutečným hodnotám. Výška sloupců histogramu rychle klesá, což naznačuje, že extrémní chyby v predikci jsou méně časté. Tento vzor je pozitivním ukazatelem přesnosti a spolehlivosti modelu, ačkoliv je stále přítomna určitá šířka distribuce, což značí variabilitu v predikčních chybách. ECDF graf zobrazuje, že velká většina predikčních chyb (přibližně 80% a více) je nižší než určitý prah, což opět podporuje vysokou úroveň přesnosti modelu. Křivka ECDF se dále postupně vyrovnává k hodnotě jedna, což značí, že v datasetu byly zahrnuty všechny chyby. Pozvolný přechod k vyšším hodnotám pravděpodobnosti ukazuje, že i větší

chyby jsou součástí predikcí, avšak s nižší frekvencí. Histogram odhaluje, jak přesně model predikuje celkový nádoj mléka a jaké velikosti chyb lze očekávat. Zatímco většina predikcí je přesná, histogram také ukazuje, že existuje několik významných odchylek, které by mohly vyžadovat další pozornost a analýzu. ECDF umožňuje analytikům rychle odhadnout, jaké procento predikcí spadá do určitého rozmezí chyby, a identifikovat prahové hodnoty pro nejčastější velikost chyb. Tento pohled je zásadní pro posouzení, zda model vykazuje systémové tendence k nadhodnocování nebo podhodnocování a zda jsou jeho predikce rovnoměrně rozloženy kolem skutečných hodnot. Závěrem bylo zjištěno, že přibližně 60 % laktací má celkový nádoj mléka v rozmezí chyby  $\pm 200$  kg. Tento výsledek je považován za dostatečně přesný, vezmeme-li v úvahu, že celkové množství mléka produkované během laktace se měří v rádech tisíců kilogramů.

Graf 21. Distribuce chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29



## 5.4 VYHODNOCENÍ CHARAKTERISTIK LAKTACE PRO VŠECHNY TYPIZACE

Vyhodnocení produkčních a reprodukčních charakteristik laktace pro definované kategorie SP v rámci všech typizací je uvedeno v Tabulce 23. Evaluovaný soubor byl kategorizován do tří skupin na základě délky servis periody: do 75 dní (N = 9 678), 76-120 dní (N = 11 030) a více než 120 dní (N = 9 649). Z tabulky je patrné, že tyto skupiny vykazují signifikantní rozdíly v několika klíčových parametrech. Pro skupinu délky SP do 75 dní byl průměrný inseminační index 1,15, zatímco pro skupinu s obdobím delším než 120 dní to bylo 3,82 ( $P < 0,001$ ). Tento trend je v souladu s prací (De Vries & Marcondes, 2020), kteří naznačují, že delší servis perioda může být spojena s vyššími počty potřebných inseminací k dosažení zabřeznutí plemence. Dále tabulka ukazuje, že s prodlužující se SP, roste jak skutečná, tak také predikovaná celková produkce mléka za laktaci a skutečná i predikovaná produkce mléka na vrcholu laktace. Nejvyšší produkce mléka za laktaci byla zaznamenána u skupiny délky SP více než 120 dní. Zatímco nejvyšší denní produkce mléka byla jak skutečná, tak predikovaná hodnota v rámci skupiny SP mezi 76-120 dnem laktace. Den vrcholu laktace a produkce mléka na vrcholu laktace se lišily v závislosti na skupině SP. To naznačuje, že ačkoliv SP může ovlivnit den dosažení vrcholu laktace a množství produkce na vrcholu, existují pravděpodobně další faktory, které hrají roli v určování těchto specifických produkčních ukazatelů. Z výsledků tedy vyplývá, že management délky SP je klíčový pro optimalizaci reprodukčních a produkčních ukazatelů. Zatímco krátká SP je obvykle preferována, neboť indikuje rychlý návrat dojníc po porodu. Závěrem lze konstatovat, že dojnice s delší SP mají potenciál pro vyšší produkci mléka během dané laktace. Zatímco, dojnice s kratší SP mohou dosahovat vyšší roční dojivosti v důsledku nižšího průměrného počtu dnů v mléce (DIM), většího počtu krav ve fázi laktace blízko vrcholu a následně vyšší ekonomické efektivity chovu. Přestože kratší délka SP může signalizovat lepší reprodukční úroveň, je třeba tuto výhodu vyvážit s důsledky možnými zdravotními a reprodukčními problémy (Sørensen & Ostergaard, 2003).



Tabulka 23. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle délky SP pro všechny typizace

Ukazatel	Servis perioda (dní)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 75		76 - 120			> 120	
	četnost (N)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
	9678			11030			9549		
Inseminační index			1,15		1,75		3,82		AB,AC,BC
Servis perioda (dní)			63,41		94,45		177,11		AB,AC,BC
P2:1 (Sku.)			97,59	12,85	99,46	13,18	99,18	13,86	AB,AC
P2:1 (Pre.)			97,54	8,43	100,04	8,23	101,79	8,41	
P3:1 (Sku.)			80,29	17,92	87,02	19,62	90,25	20,40	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)			79,82	12,22	85,35	13,35	88,10	13,91	
P3:2 (Sku.)			28,23	3,68	29,14	3,58	26,16	2,99	AB,AC,BC
P3:2 (Pre.)			28,32	2,41	28,78	2,38	25,59	2,05	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			2896	1442	2998	1434	2915	1589	AB,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			2878	1429	2987	1423	2889	1567	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			2982	1275	3112	1271	3037	1431	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			2975	1257	3134	1266	3112	1456	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			2163	1069	2715	1122	2848	1243	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			2202	1012	2686	1033	2787	1167	
Produkce za laktaci (Sku.)			8065	3388	9116	3609	10643	4672	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			8077	3375	9125	3593	10637	4635	
Denní produkce (Sku.)			30,89	8,12	31,29	7,79	30,59	7,62	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)			30,98	8,01	31,37	7,64	30,62	7,44	
Den vrcholu laktace (Sku.)			96,36	73,01	106,41	81,57	129,92	106,95	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)			80,87	43,52	89,04	46,85	106,55	71,96	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			49,26	14,58	51,49	15,20	52,05	15,26	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			35,81	9,80	36,67	9,54	37,18	9,87	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

V Tabulce 24 byly prezentovány výsledky vybraných charakteristik produkce a reprodukce dojnic v rámci produkce mléka za laktaci pro všechny hodnocené typizace. Data byla tříděna do tří skupin na základě celkové produkce mléka: pod 7 500 kg (N = 9 159), mezi 7 500 a 10 500 kg (N = 9 906) a nad 10 500 kg (N = 11 292) za laktaci. Ukazatele zahrnuté v analýze byly inseminační index, servis periodu a množství mléka produkovaného v prvních sto dnech (1.100dní), druhých sto dnech (2.100dní) a třetích stopěti dnech (3.105dní), stejně jako denní produkce mléka a den či produkce mléka na vrcholu laktace. Z tabulky vyplývá, že inseminační index byl pro skupinu pod 7 500 kg (2,02), mezi 7 500 a 10 500 kg (1,95) a nad 10 500 kg (2,61) ( $P < 0,001$ ), což ukazuje na nejvyšší úroveň zabřezávání dojnic při užitkovosti mezi 7 500 – 10 500 kg ( $P < 0,001$ ) mléka za laktaci. Oproti tomu délka SP vykazovala stejnou tendenci jako produkce mléka za laktaci. Dále je z Tabulky 24 patrné, že rostoucí produkce za laktaci mléka rostla i průměrná denní produkce. Stejný trend byl pozorovaný také v případě produkce mléka na vrcholu laktace, což koresponduje s prací (Ferreira et al., 2020), kteří uvádí, že vrchol laktace je důležitý pro celkovou produkci mléka v průběhu laktace. Výsledky v tabulce jsou doplněny o statistickou signifikanci, mezi skupinami. Výsledky ukazují, že rozdíly skupiny produkce pod 7 500 kg a produkce nad 10 500 kg je statisticky významný u většiny ukazatelů.

Tabulka 24. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za laktaci pro všechny typizace

Ukazatel	Produkce mléka za laktaci (kg)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 7500		7500 - 10500			> 10500	
	četnost (N)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
Inseminační index			2,02		1,95		2,61		AB,AC,BC
Servis perioda (dní)			97,95		98,20		132,34		AC,BC
P2:1 (Sku.)			93,36	14,50	99,47	13,52	100,02	12,31	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)			95,98	8,26	100,29	8,53	100,64	8,26	
P3:1 (Sku.)			78,63	20,55	85,92	21,20	88,90	18,67	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)			80,78	13,17	86,13	14,08	85,63	13,39	
P3:2 (Sku.)			27,46	4,15	28,55	3,97	27,51	3,31	AB,BC
P3:2 (Pre.)			27,86	2,59	28,58	2,68	26,83	2,53	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			1394	1193	3058	757	4089	1013	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			1358	1149	3022	701	4100	974	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			1591	1042	3148	482	4139	850	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			1607	1040	3159	440	4195	830	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			1413	902	2503	594	3598	802	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			1444	871	2525	503	3506	714	
Produkce za laktaci (Sku.)			4682	2250	9053	847	13171	2651	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			4706	2259	9081	858	13142	2619	
Denní produkce (Sku.)			23,06	5,92	30,67	4,08	37,57	5,31	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)			23,28	5,73	30,76	4,11	37,49	5,25	
Den vrcholu laktace (Sku.)			140,90	108,39	94,73	73,04	100,16	77,90	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)			121,01	88,27	78,49	25,13	80,33	25,20	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			37,93	10,91	50,51	10,44	61,92	12,65	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			26,64	6,54	35,93	5,00	45,15	6,69	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Výsledky hodnocených charakteristik laktace pro kategorie produkce za 100 dní v rámci všech typizací jsou uvedeny v Tabulce 25. Hodnoty byly roztrženy do tří kategorií na základě produkce mléka: méně než 3 000 kg, mezi 3 000 až 4 000 kg a více než 4 000 kg za 305 dní laktace. Z tabulky je zřejmé, že inseminační index byl pro skupinu pod 3 000 kg (2,25), mezi 3000 a 4 000 kg (2,17) a nad 4 000 kg (2,22) ( $P < 0,001$ ), což také ukazuje na nejnižší hodnotu inseminačního indexu pro dojnice užítkovosti během 100 dní laktace mezi 3 000 – 4 000 kg. Výsledky pro ukazatele délky servis periody ukazují přibližně stejné hodnoty v rámci skupin do 3 000 kg, mezi 3 000 až 4 000 kg, zatímco délka SP nad 4 000 kg během prvních 100 dní byla 115,35 dne ( $P < 0,001$ ). Zajímavé je, že u skutečné denní produkce mléka a predikované denní produkce je zřejmé, že s vyšší celkovou produkcí mléka roste i průměrná denní produkce, což potvrzuje požadovanou úroveň predikční schopnosti zvoleného modelu. Pozorovaný trend produkce mléka na vrcholu laktace a predikovaná produkce mléka na vrcholu koresponduje s výsledky také u krav s vyšší produkcí mléka za laktaci, což také potvrzuje závěry, že vrchol laktace je klíčový pro celkovou produkci mléka za laktaci. Směrodatné odchylky byly pro denní produkce mléka relativně nízké ve srovnání se směrodatnými odchylkami pro produkci mléka na vrcholu laktace, což naznačuje, že hodnoty denní produkce mléka mají nižší míru statistické disperze. V tabulce jsou také patrné záznamy statistické významnosti, které signalizují statisticky významné rozdíly mezi skupinami.

Tabulka 25. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 100 dní pro všechny typizace

Ukazatel	Produkce mléka /100 dní (kg)						Významnost rozdílu
	< 3000		3000 - 4000		> 4000		
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
interval hodnot četnost (N) parametr	13687		9826		6844		
Inseminační index	2,25		2,17		2,22		AB,bc
Servis perioda (dní)	109,43		109,63		115,35		AC,BC
P2:1 (Sku.)	103,03	15,88	99,38	12,45	94,23	10,08	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)	101,88	9,38	100,43	9,02	97,10	6,02	
P3:1 (Sku.)	96,82	22,21	88,51	19,06	78,46	15,03	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)	91,45	14,47	86,88	14,60	79,43	8,86	
P3:2 (Sku.)	29,31	3,73	28,12	3,64	26,50	3,08	AB,AC,BC
P3:2 (Pre.)	28,51	2,87	27,75	2,83	26,49	2,04	
Produkce za 1.100dní (Sku.)	1685	1121	3475	286	4679	779	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)	1703	1141	3459	383	4585	812	
Produkce za 2.100dní (Sku.)	2115	1188	3427	573	4364	911	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)	2128	1180	3458	536	4425	897	
Produkce za 3.105dní (Sku.)	1991	1084	2781	882	3476	1086	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)	1960	1019	2765	747	3482	927	
Produkce za laktaci (Sku.)	6367	3136	10381	2140	13464	3209	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)	6370	3118	10388	2084	13472	3153	
Denní produkce (Sku.)	25,08	6,07	33,04	4,12	39,63	4,98	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)	25,19	5,86	33,08	3,99	39,67	4,79	
Den vrcholu laktace (Sku.)	140,08	102,00	91,91	72,25	78,83	60,65	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)	114,53	74,47	76,75	24,80	68,84	12,02	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	41,31	11,86	54,35	11,18	65,39	11,65	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	28,91	6,92	39,06	4,52	48,26	5,76	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Výsledky hodnocených charakteristik laktace pro kategorie produkce za 200 dní v rámci všech typizací jsou uvedeny v Tabulce 26. Hodnoty jsou rozčleněny do tří kategorií produkce mléka: méně než 5 500 kg (N = 10 747), mezi 5 500 až 7 000 kg (N = 8 373) a více než 7 000 kg (N = 11 237) za 200 dní laktace. Sledované parametry zahrnovaly ukazatel inseminační index, délku servis periody, produkci mléka za specifická období prvních sto dní (1.100dní), druhých sto dní (2.100dní) a třetích stopět dní (3.105dní), produkci za celou laktaci, denní produkci a den dosažení a produkci mléka na vrcholu laktace. Zajímavé je, že inseminační index je relativně konzistentní napříč všemi třemi skupinami produkce mléka. Výsledky pro ukazatele délky servis periody stejně jako v případě předchozí tabulky ukazují stejný trend hodnot v rámci prvních dvou skupin, zatímco délka SP nad 7 000 kg byla v průměru 114,63 dne ( $P < 0,001$ ), což také ilustruje predikční schopnost modelu. V případě produkce mléka za specifické časové období (1.100 dní, 2.100 dní, 3.105 dní), data naznačují, že krávy ve skupině mezi 5 500 až 7 000 kg mají tendenci mít stabilnější produkční hodnoty, což je indikováno nižšími směrodatnými odchylkami v porovnání s ostatními dvěma skupinami. Tento trend je patrný i u denní produkce a produkce na vrcholu laktace. Z hlediska statistické signifikance jsou většina rozdílů mezi skupinami, což ukazuje na důležité rozdíly v produkci a reprodukčních charakteristikách závislých na množství produkovaného mléka.

Tabulka 26. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 200 dní pro všechny typizace

Ukazatel	Produkce mléka /200 dní (kg)						Významnost rozdílu
	< 5500		5500 - 7000		> 7000		
	četnost (N)		četnost (N)		četnost (N)		
parametr	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
Inseminační index	2,27		2,18		2,20		AB,AC
Servis perioda (dní)	108,94		108,15		114,63		AC,BC
P2:1 (Sku.)	97,86	16,06	100,71	13,75	97,93	11,69	AB,BC
P2:1 (Pre.)	99,19	9,20	101,60	9,16	98,88	7,62	
P3:1 (Sku.)	90,42	23,44	91,29	20,98	83,68	17,53	AC,BC
P3:1 (Pre.)	87,55	14,72	89,40	14,91	82,53	11,87	
P3:2 (Sku.)	28,55	3,90	28,60	3,85	27,25	3,35	AC,BC
P3:2 (Pre.)	28,04	2,83	28,20	2,91	26,97	2,44	
Produkce za 1.100dní (Sku.)	1413	1110	3112	397	4270	816	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)	1403	1094	3093	372	4245	796	
Produkce za 2.100dní (Sku.)	1756	1075	3163	388	4195	783	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)	1782	1082	3193	371	4226	783	
Produkce za 3.105dní (Sku.)	1727	1042	2584	773	3397	966	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)	1716	988	2574	649	3367	830	
Produkce za laktaci (Sku.)	5413	2733	9496	1707	12781	2898	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)	5422	2722	9508	1662	12778	2851	
Denní produkce (Sku.)	23,56	5,77	30,62	3,16	38,23	4,68	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)	23,72	5,55	30,68	3,08	38,23	4,54	
Den vrcholu laktace (Sku.)	144,67	107,04	96,82	75,28	88,49	67,34	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)	120,39	82,02	80,74	26,63	73,24	18,67	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	39,00	11,17	50,43	9,85	62,78	12,05	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	27,25	6,56	35,82	3,63	46,01	5,74	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Výsledky hodnocených charakteristik laktace pro kategorie produkce za 305 dní v rámci všech typizací jsou uvedeny v Tabulce 27. Hodnoty jsou rozříděny do tří kategorií produkce mléka: méně než 8 000 kg (N = 11 693), mezi 8 000 až 10 000 kg (N = 7 797) a více než 10 000 kg (N = 10 867) za 305 dní laktace. Z tabulky jsou patrné pozorované podobné trendy jako v předchozích tabulkách. Tedy prostřední skupina, v tomto případě produkce mezi 8 000 až 10 000 kg mléka vykazuje nejnižší hodnoty ukazatele inseminačního indexu. Zatímco v případě skutečných a predikovaných indexů perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ) byly v této skupině hodnoty naopak nejvyšší ve srovnání se ostatními dvěma skupinami ( $P < 0,001$ ). Produkce za různá časová období a denní produkce ukazují rostoucí trend v rámci skupin produkce mléka za 305 dní. Tento trend byl pozorován také v případě denní produkce, kde docházelo ke zvyšování jak skutečné, tak predikované průměrné denní produkce mléka ze  $23,92 \pm 5,77$  kg, respektive  $24,11 \pm 5,60$  kg na  $38,36 \pm 4,59$  kg a  $38,30 \pm 4,51$  kg mléka ( $P < 0,001$ ). Podobný trend byl také zjištěn v případě skutečné a predikované produkce mléka na vrcholu laktace, kde množství mléka stoupalo se zvyšující se skupinou nádoje mléka. V tabulce lze pozorovat, že skutečné hodnoty produkce mléka na vrcholu laktace jsou výrazně vyšší než hodnoty predikované, kdy v rámci skutečných hodnot lze pozorovat vyšší hodnotu směrodatné odchylky, což může indikovat větší variabilitu produkce.



Tabulka 27. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 305 dní pro všechny typizace

Ukazatel	Produkce mléka /305 dní (kg)						Významnost rozdílu
	< 8000		8000 - 10000		> 10000		
	četnost (N)		četnost (N)		četnost (N)		
parametr	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
Inseminační index	2,18		2,16		2,29		AC,BC
Servis perioda (dní)	104,64		107,99		119,52		AB,AC,BC
P2:1 (Sku.)	95,14	15,15	100,34	13,34	99,54	12,02	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)	97,46	8,84	101,27	8,84	99,98	7,92	
P3:1 (Sku.)	83,13	22,61	88,74	21,59	87,18	18,02	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)	84,00	14,47	88,22	14,77	84,28	12,61	
P3:2 (Sku.)	27,53	4,10	28,26	3,92	27,73	3,35	AB,ac,BC
P3:2 (Pre.)	27,70	2,77	28,14	2,81	27,12	2,57	
Produkce za 1.100dní (Sku.)	1608	1209	3160	575	4213	902	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)	1573	1166	3131	504	4220	860	
Produkce za 2.100dní (Sku.)	1828	1056	3230	348	4226	783	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)	1850	1056	3252	306	4270	774	
Produkce za 3.105dní (Sku.)	1610	934	2631	589	3591	825	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)	1636	894	2637	486	3510	724	
Produkce za laktaci (Sku.)	5470	2533	9623	1212	13095	2757	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)	5491	2536	9642	1194	13073	2721	
Denní produkce (Sku.)	23,92	5,77	31,13	3,17	38,36	4,59	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)	24,11	5,60	31,20	3,19	38,30	4,51	
Den vrcholu laktace (Sku.)	134,66	105,57	96,65	74,50	94,93	72,14	AB,AC
Den vrcholu laktace (Pre.)	113,60	81,03	80,68	25,97	76,89	21,19	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	39,61	11,15	51,38	9,92	62,86	12,23	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	27,79	6,57	36,54	4,11	46,01	5,91	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Výsledky hodnocení charakteristik laktace pro kategorie indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) v rámci všech typizací jsou uvedeny v Tabulce 28. Výsledky byly rozděleny do tří kategorií podle  $P_{2:1}$ : nízká perzistence ( $\leq 0,93$ ;  $N = 6\,442$ ), střední perzistence ( $0,93 - 1,00$ ;  $N = 4\,396$ ) a vysoká perzistence ( $> 1,00$ ;  $N = 8\,322$ ). InsemináčnÍ index byl zjištěn konzistentní napříč všemi skupinami s hodnotami kolem 2,18 a 2,16, zjištěné rozdíly nebyly statisticky průkazné. Ukazatel délky servis periody byl zjištěn delší u krav s vyšší perzistencí laktace, s průměrnými hodnotami od 107,29 dní pro nízkou  $P_{2:1}$ , 109,13 dní pro střední a 111,57 dní pro vysokou perzistenci laktace. Tato zjištění byla statisticky průkazná ( $P < 0,001$ ) což naznačuje, že s vyšší perzistencí laktace může souviset delší servis perioda. Například průměrná produkce za 1.100 dní byla  $3\,807 \pm 1\,065$  kg pro nízkou perzistenci,  $3\,815 \pm 1\,023$  kg pro střední a  $3\,319 \pm 871$  kg pro vysokou perzistenci. U produkce za 2.100 dní jsou hodnoty  $3\,254 \pm 959$  kg,  $3\,679 \pm 984$  kg a  $3\,644 \pm 919$  kg, což ukazuje na významné rozdíly ( $P < 0,001$ ) mezi nízkou a střední perzistencí a mezi nízkou a vysokou perzistencí. Skutečná denní produkce mléka ukazuje průměrné hodnoty  $31,16 \pm 7,57$  kg,  $33,87 \pm 7,46$  kg a  $33,01 \pm 6,83$  kg, kde byly rozdíly statisticky signifikantní ( $P < 0,001$ ). Zatímco predikované hodnoty denní produkce mléka byly zjištěny  $31,35 \pm 7,52$  kg,  $33,83 \pm 7,40$  kg a  $32,93 \pm 6,75$  kg, což jsou rozdíly statisticky signifikantní. Skutečný den dosažení vrcholu laktace se významně nelišil od predikovaného dne vrcholu, kdy pro první skupinu ( $64,58 \pm 55,65$  dní,  $84,15 \pm 65,94$  dní a  $116,91 \pm 77,08$  dní pro nízkou, střední a vysokou perzistenci, což bylo znovu potvrzeno statistickou signifikancí ( $P < 0,001$ ).

Tabulka 28. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) pro všechny typizace

Ukazatel	Index perzistence ( $P_{2:1}$ )						Významnost rozdílu		
	interval hodnot		< 0,93		0,93 - 1,00			> 1,00	
	četnost (N)	parametr	MEAN	SD	MEAN	SD		MEAN	SD
Insemináční index			2,18		2,17		2,16		NS
Servis perioda (dní)			107,29		109,13		111,57		AC
P2:1 (Sku.)			85,32	6,54	96,45	2,02	110,43	9,70	AB,AC,BC
P2:1 (Pre.)			94,04	5,88	98,25	6,48	105,05	7,98	
P3:1 (Sku.)			70,45	13,31	82,67	12,30	100,98	16,65	AB,AC,BC
P3:1 (Pre.)			77,05	9,20	82,06	11,40	93,01	13,24	
P3:2 (Sku.)			25,56	3,24	27,45	3,01	29,59	3,28	AB,AC,BC
P3:2 (Pre.)			26,39	2,03	27,02	2,47	28,48	2,87	
Produkce za 1.100dní (Sku.)			3807	1065	3815	1023	3319	871	AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)			3588	1019	3788	1042	3457	922	
Produkce za 2.100dní (Sku.)			3254	959	3679	984	3644	919	AB,AC
Produkce za 2.100dní (Pre.)			3377	992	3706	998	3610	911	
Produkce za 3.105dní (Sku.)			2418	1055	2952	1016	3139	955	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)			2532	976	2910	927	3020	872	
Produkce za laktaci (Sku.)			10013	3412	11153	3426	10972	3257	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)			10069	3389	11137	3401	10942	3220	
Denní produkce (Sku.)			31,16	7,57	33,87	7,46	33,01	6,83	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)			31,35	7,52	33,83	7,40	32,93	6,75	
Den vrcholu laktace (Sku.)			64,58	56,65	84,15	65,94	116,91	77,08	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)			63,31	14,42	72,13	18,61	88,98	24,05	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)			53,52	13,80	55,09	14,28	53,61	14,62	AB,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)			38,19	9,31	40,61	9,46	38,00	8,64	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Tabulka 29. prezentuje hodnocené ukazatele laktace pro všechny typizace u krav rozdělených podle dne dosažení vrcholu laktace. Kategorie byly rozděleny do tří skupin: do 50 dní, 50 - 120 dní a více než 120 dní. Průměrné hodnoty inseminačního indexu naznačují rostoucí se trend společně s pozdějším dosažením vrcholu laktace od 2,11 v kategorii do 50 dní na 2,36 ve skupině s více než 120 dny, což může naznačovat vyšší reprodukční zátěž u krav s delším vrcholem laktace ( $P < 0,001$ ). Servis perioda se rovněž prodlužovala s pozdějším dosažením vrcholu laktace z průměrných 104,94 dní v kategorii do 50 dní na 118,37 dní ve skupině s více než 120 dny ( $P < 0,001$ ). Zajímavý trend byl zjištěn v případě ukazatele průměrné denní produkce mléka, kde v první skupině byla zjištěna skutečná hodnota  $31,07 \pm 7,69$  kg pro kategorii do 50 dní, následně ve skupině mezi 50 -120 dní bylo  $32,43 \pm 7,48$  kg a pro poslední skupinu nad 120 dní se jednalo o  $29,41 \pm 8,05$  kg. Podobné výsledky byly zjištěny také pro predikovanou hodnotu průměrného denního nádoje mléka, kde v rámci první skupiny bylo  $31,17 \pm 7,61$  kg, následně ve skupině mezi 50 -120 dní bylo  $32,49 \pm 7,41$  kg a pro poslední skupinu nad 120 dní činila denní produkce  $29,46 \pm 7,77$  kg mléka.

Tabulka 29. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle dne vrcholu laktace pro všechny typizace

Ukazatel	Den vrcholu laktace (den)						Významnost rozdílu		
	interval hodnot četnost (N) parametr		< 50		50 - 120			> 120	
			9840		9972			10545	
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD			
Inseminační index	2,11		2,17		2,36		AB,AC,BC		
Servis perioda (dní)	104,94		108,66		118,37		AB,AC,BC		
P2:1 (Sku.)	93,35	11,38	99,03	12,20	106,00	13,76	AB,AC,BC		
P2:1 (Pre.)	97,36	7,90	99,91	8,19	103,00	8,70			
P3:1 (Sku.)	79,57	17,60	85,71	17,99	97,96	20,23	AB,AC,BC		
P3:1 (Pre.)	81,60	12,65	85,04	12,97	90,53	14,18			
P3:2 (Sku.)	26,97	3,57	27,73	3,49	29,09	3,60	AB,AC,BC		
P3:2 (Pre.)	27,10	2,51	27,52	2,67	27,96	2,92			
Produkce za 1.100dní (Sku.)	3427	1079	3319	1210	2125	1699	AB,AC,BC		
Produkce za 1.100dní (Pre.)	3328	1056	3293	1196	2189	1741			
Produkce za 2.100dní (Sku.)	3191	1059	3410	1049	2568	1613	AB,AC,BC		
Produkce za 2.100dní (Pre.)	3247	1058	3426	1043	2585	1620			
Produkce za 3.105dní (Sku.)	2460	1106	2728	1076	2557	1325	AB,AC,BC		
Produkce za 3.105dní (Pre.)	2499	1022	2725	988	2472	1244			
Produkce za laktaci (Sku.)	9614	3469	10112	3506	8142	4723	AB,AC,BC		
Produkce za laktaci (Pre.)	9639	3445	10124	3484	8122	4687			
Denní produkce (Sku.)	31,07	7,69	32,43	7,48	29,41	8,05	AB,AC,BC		
Denní produkce (Pre.)	31,17	7,61	32,49	7,41	29,46	7,77			
Den vrcholu laktace (Sku.)	31,99	11,42	79,31	19,78	213,76	70,98	AB,AC,BC		
Den vrcholu laktace (Pre.)	69,37	20,51	76,69	21,72	127,60	79,26			
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	50,83	13,54	53,25	14,52	48,91	16,56	AB,AC,BC		
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	37,31	9,42	38,51	9,45	34,01	9,77			

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

Výsledky hodnocení ukazatele produkce mléka na vrcholulaktace je uvedena v Tabulce 30. Hodnoty v tabulce byly rozděleny do třech skupin podle množství produkovaného mléka na vrcholu laktace: méně než 30 kg, mezi 30 a 45 kg a více než 45 kg. Z tabulky vyplývá, že inseminační index byl nejnižší pro skupinu produkce mléka do 30 kg, zatímco pro ostatní dvě skupiny od 30 kg do 40 kg a více byla hodnota stejná 2,22 ( $P > 0,01 - < 0,05$ ). Délka servis periody se zvyšovala s množstvím vyprodukovaného mléka na vrcholu laktace, z 103,90 dní v kategorii pod 30 kg na 114,07 dní ve skupině nad 45 kg ( $P < 0,001$ ), může naznačovat možný vliv vyšší produkce na vrcholu na delší potřebný čas pro obnovu po porodu a tím prodloužení zabřezávání. Výsledky ukazatele perzistence laktace naznačují v zásadě konzistentní trend skutečných a predikovaných hodnot hodnocených indexů perzistence laktace. Dále výsledky jak skutečné, tak predikované produkce mléka za úseky laktace prvních sto dní (1.100dní), druhých sto dní (2.100dní) a třetích stopět dní (3.105dní) potvrzují stejný trend pozorovaný také v u denní produkce mléka. Tedy, že s rostoucí produkcí mléka na vrcholu laktace roste také produkce mléka za úseky laktace a denní produkce ( $P < 0,001$ ). Například produkce mléka za 1.100 dní se zvyšuje z 729 kg pro skupinu s nejnižší produkční vrcholovou hodnotou na 3 609 kg pro skupinu s nejvyšším nádojem mléka na vrcholu laktace. Produkce mléka za laktaci rovněž stoupala s rostoucí produkcí na vrcholu laktace, kde průměrné hodnoty byly 2 776 kg, 6 872 kg a 11 175 kg pro jednotlivé kategorie ( $P < 0,001$ ). Co se týče směrodatných odchylek, tyto hodnoty jsou relativně nízké ve srovnání s průměrnými hodnotami, což svědčí o určité konzistenci v produkčních schopnostech krav v rámci každé kategorie. Nízká variabilita hodnot byla pozorována v rámci jak skutečných, tak predikovaných denních nádojů či produkce mléka na vrcholu napříš třemi skupinami produkce mléka na vrcholu laktace.

Tabulka 30. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce na vrcholu laktace pro všechny typizace

Ukazatel	Produkce mléka na vrcholu (kg)						Významnost rozdílu
	< 30		30 - 45		> 45		
	2007		9547		18803		
interval hodnot četnost (N) parametr	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
Inseminační index	2,15		2,22		2,22		ab,ac
Servis perioda (dní)	103,90		105,90		114,07		AC,BC
P2:1 (Sku.)	98,69	13,04	98,97	14,24	98,71	12,95	NS
P2:1 (Pre.)	99,13	6,65	99,74	9,63	99,83	8,11	
P3:1 (Sku.)	86,46	15,73	89,40	20,88	86,29	19,64	AB,BC
P3:1 (Pre.)	85,93	10,19	87,54	15,31	84,70	13,13	
P3:2 (Sku.)	28,31	2,95	28,40	3,75	27,67	3,61	AC,BC
P3:2 (Pre.)	28,08	2,18	28,03	2,87	27,32	2,65	
Produkce za 1.100dní (Sku.)	729	885	2085	1169	3609	1208	AB,AC,BC
Produkce za 1.100dní (Pre.)	722	873	2075	1165	3585	1188	
Produkce za 2.100dní (Sku.)	934	916	2278	1046	3662	1019	AB,AC,BC
Produkce za 2.100dní (Pre.)	938	915	2296	1041	3701	1012	
Produkce za 3.105dní (Sku.)	892	735	2009	929	3052	1034	AB,AC,BC
Produkce za 3.105dní (Pre.)	896	713	2001	864	3027	920	
Produkce za laktaci (Sku.)	2776	2294	6872	2794	11175	3302	AB,AC,BC
Produkce za laktaci (Pre.)	2787	2289	6882	2782	11177	3265	
Denní produkce (Sku.)	17,35	4,18	25,66	4,79	35,07	5,92	AB,AC,BC
Denní produkce (Pre.)	17,96	3,81	25,72	4,73	35,09	5,82	
Den vrcholu laktace (Sku.)	183,10	122,50	114,34	93,09	101,09	78,50	AB,AC,BC
Den vrcholu laktace (Pre.)	170,60	114,80	98,57	61,58	80,28	30,77	
Produkce mléka na vrcholu (Sku.)	25,38	4,86	38,98	4,24	59,77	11,60	AB,AC,BC
Produkce mléka na vrcholu (Pre.)	19,86	4,25	29,83	5,41	41,75	7,54	

MEAN = průměr; SD = Směrodatná odchylka (standard deviation); Sku. = Skutečná hodnota spočítaná z primárních dat; Pre. = predikovaná hodnota na základě modelování. Hladina významnosti: A, B, C = <0,001; a, b, c, = >0,01 – <0,05; NS = Nesignifikantní.

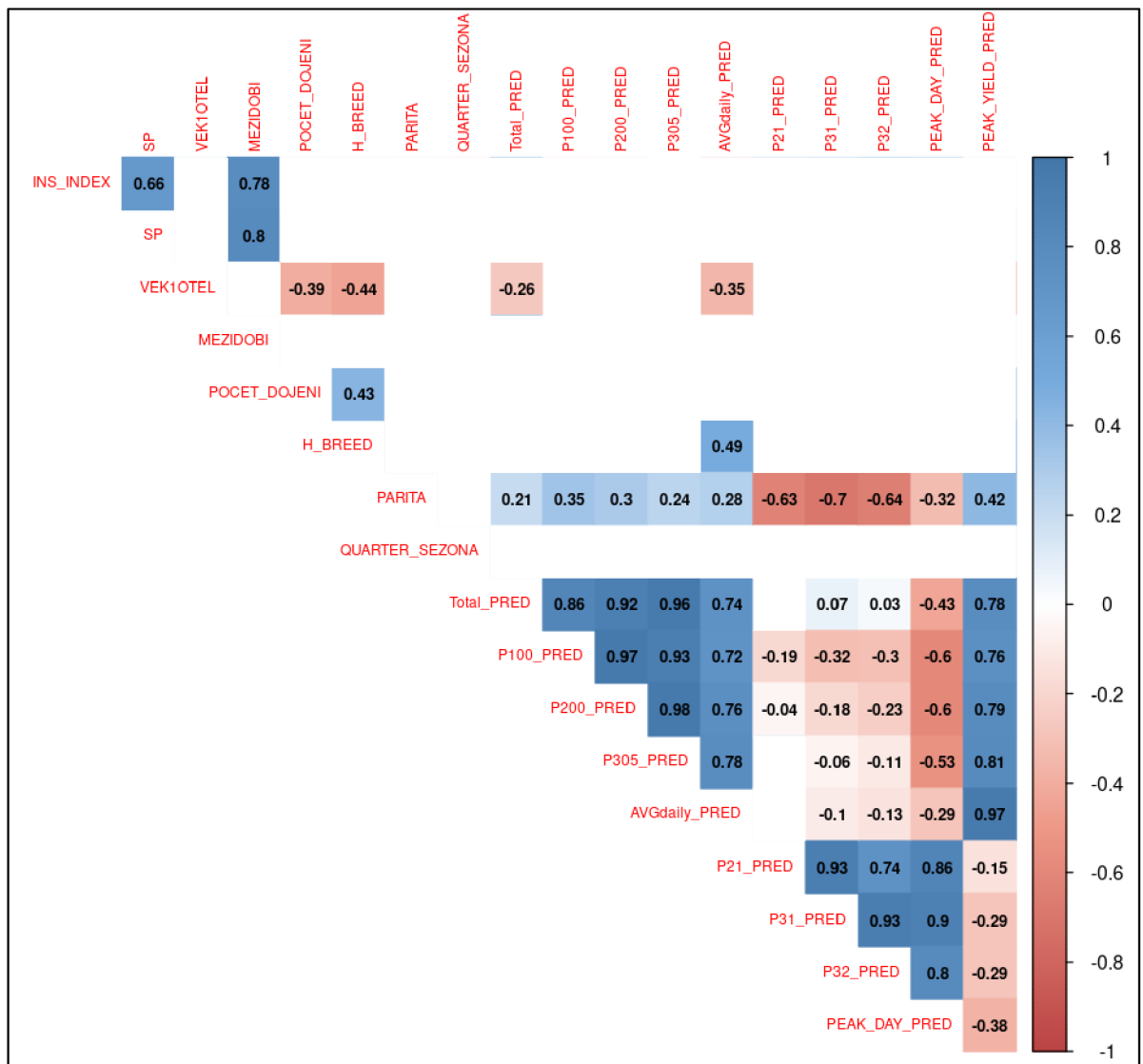
### 5.4.1 VÝSLEDKY KORELAČNÍ ANALÝZY PRO VŠECHNY TYPIZACE

Výsledky korelační analýzy ukazují vztahy mezi prediktory a produkčními charakteristikami u kompletního souboru dojnic. Vizualizace výsledků korelační analýzy byla zpracována do Tabulky 31. Bylo zjištěno, že délka servis periody pozitivně korelovala s inseminačním indexem (0,66), což naznačuje, že vyšší inseminační index souvisí s délkou servis periody, což potvrzuje také Sitko et al., (2023), který naznačuje, že tento ukazatel souvisí s efektivitou reprodukce. Dále věk prvního otelení vykazuje silnou pozitivní korelaci (0,8) s délkou mezidobí, což naznačuje, že prodlužování věku 1. otelení současně prodlužuje délku mezidobí. Zajímavé je, že počet denních dojení má negativní korelaci s věkem prvního otelení (-0,39), což by mohlo naznačovat, že častější dojení může vést k dřívějšímu prvnímu otelení. Plemeno má také negativní korelaci s věkem prvního otelení (-0,44), což může souviset s genetickými dispozicemi potažmo zkrácení věku 1. otelení. Při hodnocení pořadí laktace a indexu perzistence bylo zjištěno, že pořadí laktace negativně koreluje s indexy perzistence laktace (-0,63 pro  $P_{2:1}$ , -0,70 pro  $P_{3:1}$ , -0,64 pro  $P_{3:2}$ ). což naznačuje že starší dojnice dosahují méně perzistentních tvarů laktační křivky. Závěry práce korespondují s Dekkers et al. (1998), kteří uvádí, že u dojnic s kratší délkou laktace, konkrétně méně než 305 dnů, docházelo ke snížení produkce mléka za laktaci v důsledku snížené perzistence laktace. Což potvrzuje Burgers et al. (2021) kteří dodávají, že vyšší perzistence laktace je důsledkem pozdějšího zabřeznutí, což často souvisí s problémy se zabřezáváním a vyšším inseminačním indexem, což v důsledku vede k prodloužené laktaci a délce mezidobí. Specificky, kratší laktace, které skončí dříve než v 305 dnech, mohou vést k nižšímu průměrnému dennímu nádoji během laktace, než je tomu u delších laktací. V případě kratší SP, která vede k dřívějšímu ukončení laktace, může docházet ke snížení produkce mléka za laktaci. Velmi silné pozitivní korelace byly zjištěny mezi celkovým nádojem mléka a nádoji za prvních 100 dní laktace (0,86), druhých 100 dní laktace (0,92) a za 105 dní laktace (0,96). To jasně ukazuje, že velká část celkové produkce mléka je dosažena v prvních fázích laktace. Korelace mezi celkovým nádojem mléka a průměrným denním nádojem (0,74) a nádojem na vrcholu laktace (0,78) také podporuje závěr, že iniciační fáze laktace je významné pro celkovou produkci mléka. Na druhé straně, den dosažení vrcholu laktace má negativní korelaci s celkovým nádojem mléka (-0,43), což může naznačovat, že vrchol laktace není vždy nejvýhodnějším ukazatelem pro celkovou produkci mléka. Toto může být způsobeno tím, že zvířata dosahující vrcholu laktace později mohou mít dlouhodobě stabilnější produkci.



Z hlediska korelace mezi predikovanými a skutečnými hodnotami na základě modelu Woodovy funkce lze pozorovat, že modely dobře korespondují s reálnými daty. Nejvyšší korelace mezi predikovanými a skutečnými hodnotami byly u celkového nádoje mléka za laktaci a nádoje v různých časových intervalech laktace, což ukazuje na vysokou přesnost predikce modelu. Je důležité poznamenat, že korelace, které nejsou v tabulce uvedeny, byly neprůkazné.

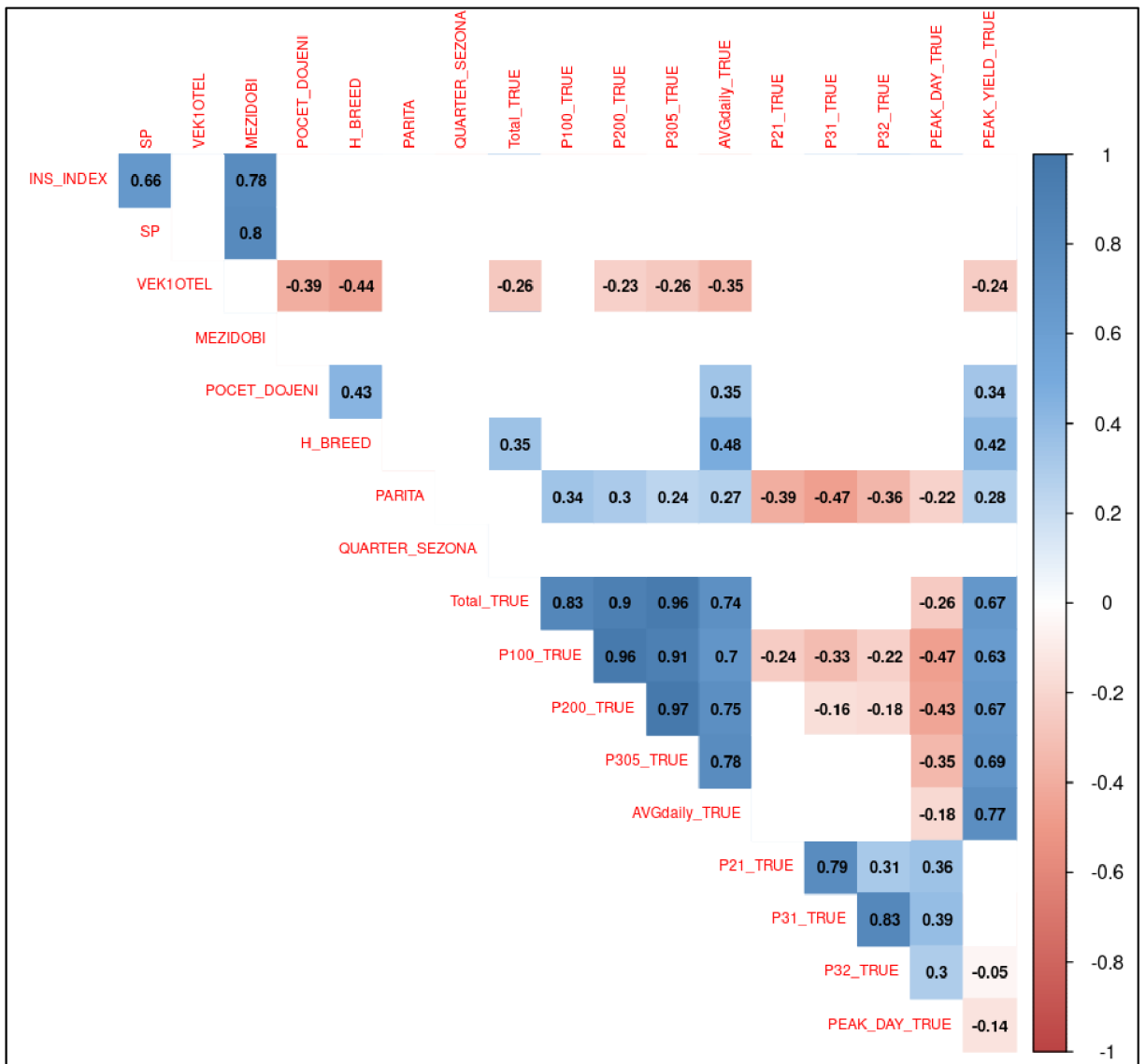
Tabulka 31. Korelace predikovaných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace



Tabulka 32 ukazuje výsledky analýzy korelací vybraných prediktorů a skutečných parametrů produkce. Z tabulky je patrná poměrně silná korelace mezi prediktorem SP a parametrem a inseminačním indexem, který vykazuje silnou pozitivní korelaci (0,66), což naznačuje již potvrzený fakt, že délka krátká SP souvisí s inseminačním indexem. Stejně tak věk prvního

otelení a délka mezidobí ukazují vysokou korelaci (0,8), což poukazuje na tendenci starších prvotetek dosahovat delší délky mezidobí. Inseminační index rovněž koreluje s délkou mezidobí (0,78), což podtrhuje význam správného načasování inseminace v rámci reprodukčního cyklu. Zajímavé byly také negativní korelace věku prvního otelení s plemenem (-0,44) a počtem denních dojení (-0,39). Tento vztah naznačil, že častější dojení může být spojeno s pozdějším věkem prvního otelení. Počet denních dojení také vykazuje pozitivní korelaci (0,43) s plemenem, což by mohlo znamenat, že například holštýnské plemeno je dojeno 3x denně zatímco český strakatý skot pouze 2x denně. Výsledky vztahu pořadí laktace a indexu perzistence laktace ( $P_{2:1}$  a  $P_{3:1}$ ), ukazují negativní korelace (-0,39 a -0,47), což naznačuje, již sledovaný vztah v přechozích výsledcích, že starší dojnice mají nižší perzistenci, což naznačuje, že u starších dojnic produkce mléka potažmo tvar laktační křivky po vrcholu rychleji klesá v porovnání s mladšími dojnicemi. Dále, analýza ukázala velmi silnou korelaci mezi celkovým nádojem mléka za laktaci a nádojem za prvních 100 dní (0,83), druhých 100 dní laktace (0,9) a třetích 105 dní laktace (0,96). To potvrzuje, že vzestupná fáze laktace má významný vliv na množství produkovaného mléka za laktaci.

Tabulka 32. Korelace skutečných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace

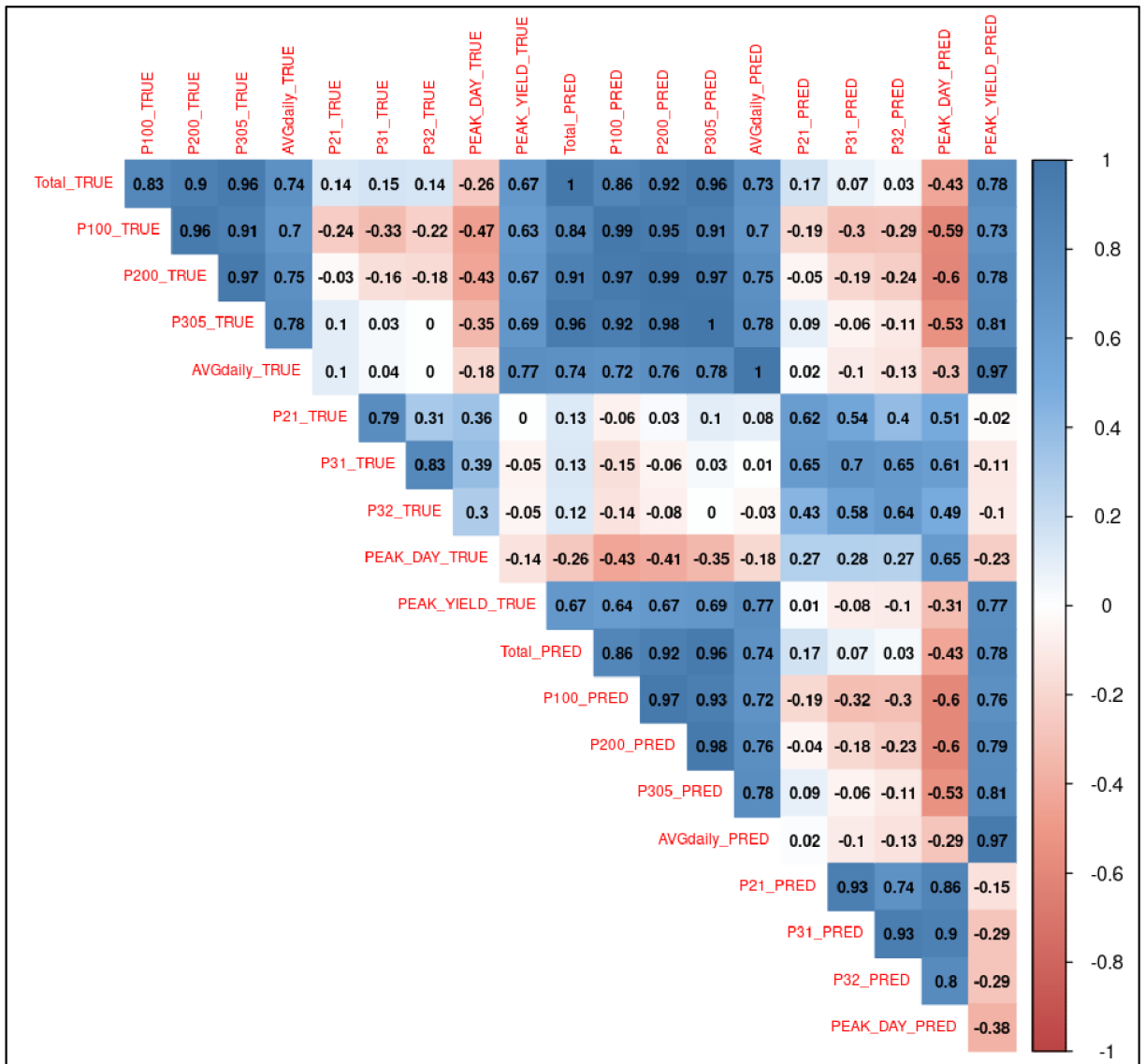


Výsledky korelační analýzy uvedené v Tabulce 33 ilustrují vztahy skutečných a predikovaných produkčních a reprodukčních parametrů sledovaného souboru dojníc. Z údajů je patrné, že skutečný nádoj za laktaci má silnou pozitivní korelaci s nádojem za prvních 100 dnů laktace (0,83), stejně jako s nádojem mléka za druhých 100 dnů (0,9) a za 305 dnů laktace (0,96). Toto naznačuje, že vzestupná fáze laktace může být dobrým indikátorem celkové produkce v dané laktaci. Mezi jednotlivými časovými intervaly laktace (například mezi prvními 100 dny a dalšími 100 dny laktace) byly rovněž zaznamenány vysoké pozitivní korelace (0,96), což naznačuje, že užitek krav v jednom časovém intervalu může sloužit jako spolehlivý indikátor pro množství produkovaného mléka v následujících intervalech. Zvláště pozoruhodná je diagonála

vztahů mezi skutečnými a predikovanými hodnotami začínající korelací skutečných a predikovaných nádojů za laktaci (1,0), přes korelaci skutečného a predikovaného průměrného denního nádoje (1,0). Pomyslnou diagonálu popisující korelaci zakončuje hodnota skutečného a predikovaného nádoje na vrcholu laktace (0,77). Interpretaci výsledků v rámci diagonály lze pozorovat také v následující interpretaci korelační analýzy pomocí scatter plotů, kde jsou uvedeny analogické hodnoty korelační analýzy.

U nádoje mléka za laktaci a nádoje za jednotlivé intervaly prvních sto dní (1.100dní), druhých sto dní (2.100dní) a třetích stopět dní (3.105dní) byla korelace silně pozitivní (hodnoty 0,99 až 1). Tyto výsledky významně potvrzují zjištění uvedená v předchozích pozorováních, že predikce Woodovy funkce velmi přesně reflektují skutečné hodnoty. Je třeba však poznamenat, že vztah mezi nádojem v prvních fázích laktace a dnem vrcholu laktace byl negativní (hodnoty -0,47 až -0,6), což naznačuje, že s narůstajícím nádojem v prvních fázích laktace se den dosažení vrcholu laktace může posouvat. Výsledky pro indexy perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$ ,  $P_{3:2}$ ) ukazují středně silné až silné korelace v rozmezí 0,62 až 0,7 mezi skutečnými a predikovanými hodnotami, což naznačuje, že modely jsou poměrně dobře schopné zachytit míru perzistence laktace s ohledem na časový parametr a množství mléka.

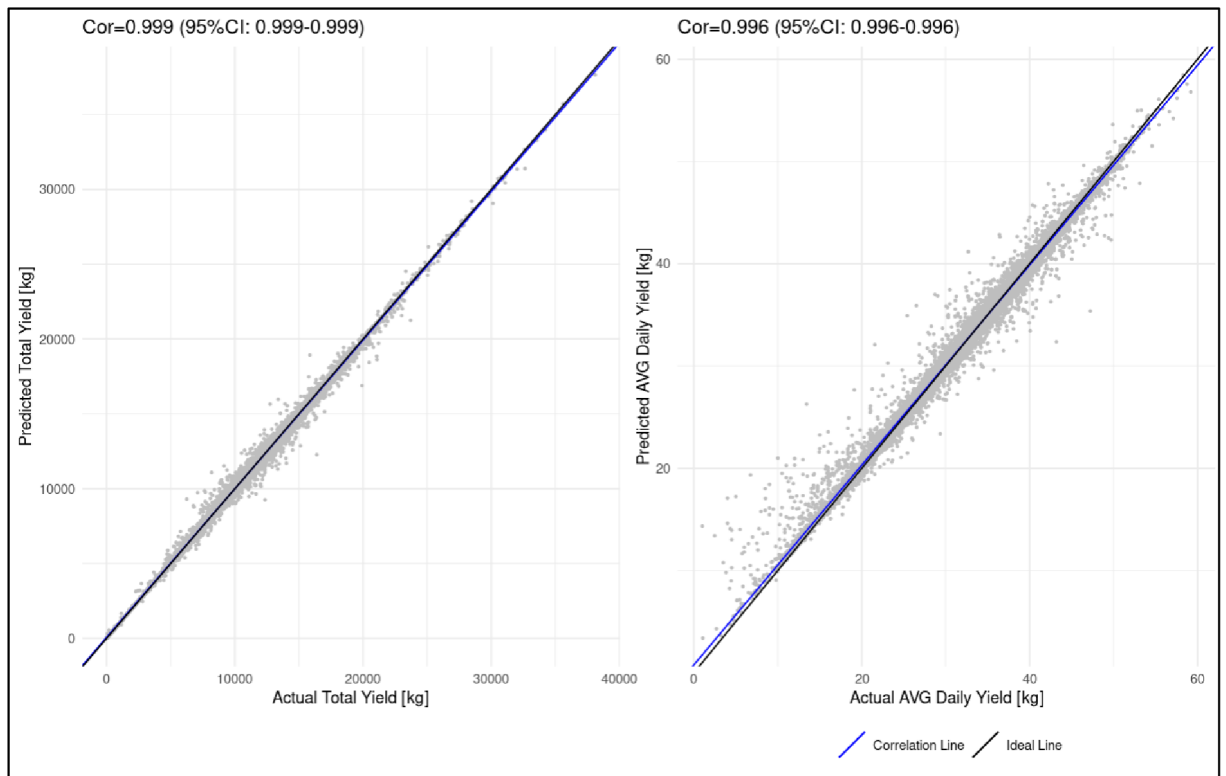
Tabulka 33 Korelace skutečných a predikovaných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace



Hodnocení výsledků bylo dále rozšířeno o interpretaci korelační analýzy pomocí scatter plotů (viz Graf 22), které validují korelaci mezi predikovanými a skutečnými hodnotami nádoje mléka za laktaci a průměrné denní dojivosti. Oba grafy ilustrují body, které reprezentují data pro jednotlivé záznamy produkce mléka za laktaci. Všechny vyobrazené body jsou velmi blízko diagonální čáře (Ideal Line). To znamená, že skutečné hodnoty jsou velmi blízko k hodnotám predikovaným. Kromě toho korelace byla zjištěna velmi vysoká s hodnotou  $r = 0,999$  a 95 % konfidenčním intervalem, což ukazuje extrémně silnou korelaci. Druhý graf v pravo ukazuje body velmi blízko diagonální čáře, což naznačuje, že model velmi přesně predikuje skutečné hodnoty. Hodnoty korelace na tomto grafu dosahují 0,996 s 95 % konfidenčním intervalem

0,996, což je opět ukazatel silného lineárního vztahu mezi predikovanými a skutečnými hodnotami denního nádoje mléka. Pouze mírné odchylky okolo regresní přímky mohou znamenat, že model má vysokou přesnost.

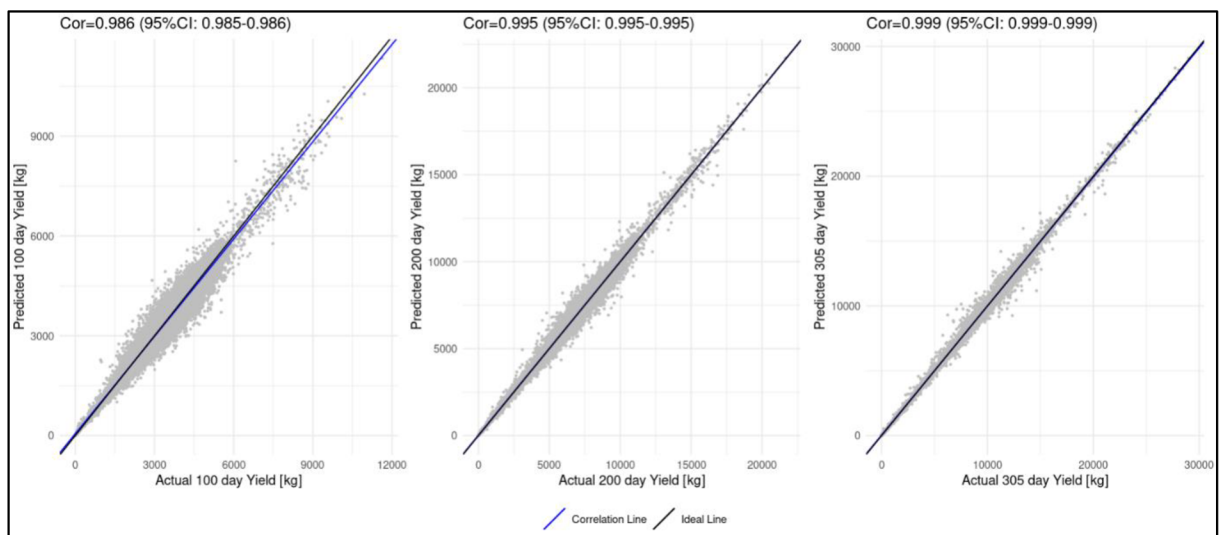
Graf 22. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot celkové a průměrné denní produkce mléka pro všechny typizace



Graf 23 zobrazuje také korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce mléka za 100, 200 a 305 dní pro všech 32 typizací laktačních křivek. Všechny tři grafy ukazují také velmi vysokou korelaci mezi skutečnou a predikovanou produkcí mléka, jak je vidět z hodnot korelace u každého grafu. Graf na levé straně skutečné produkce mléka za 100 dní laktace uvádí hodnoty korelace 0,986 (95 % CI: 0,985-0,986). Uvedená hodnota korelace naznačuje, že model velmi přesně predikuje skutečnou produkci mléka za 100 dnů laktace. Data byla koncentrována kolem korelační linie, což potvrzuje, že odhady modelu jsou velmi blízké skutečným hodnotám. Prostřední graf ilustruje skutečnou produkci mléka za 200 dnů laktace. V tomto případě byla zjištěna také vysoká hodnota korelace 0,995 (95 % CI: 0,995-0,995). Dokonce v tomto případě lze pozorovat ještě silnější korelaci než u 100 dnů, což

naznačuje, že model je ještě přesnější při predikci produkce mléka za delší časový interval. Stejně jako u prvního grafu, i zde jsou data těsně kumulována kolem korelační linie, což ukazuje vysokou úroveň přesnosti predikce. Třetí prezentovaný graf vyjadřuje skutečnou produkci mléka za 305 dnů. Také v tomto případě je patrná velmi silná korelace 0,999 (95 % CI: 0,999-0,999). Tento graf také ilustruje extrémně vysokou korelaci, což naznačuje, že model je téměř dokonale schopen predikovat skutečnou produkci mléka za 305 dní. Distribuce bodů je velmi těsná a přiléhá k ideální linii, což ukazuje, že model v tomto časovém rámci velmi přesně odhaduje skutečné množství produkovaného mléka.

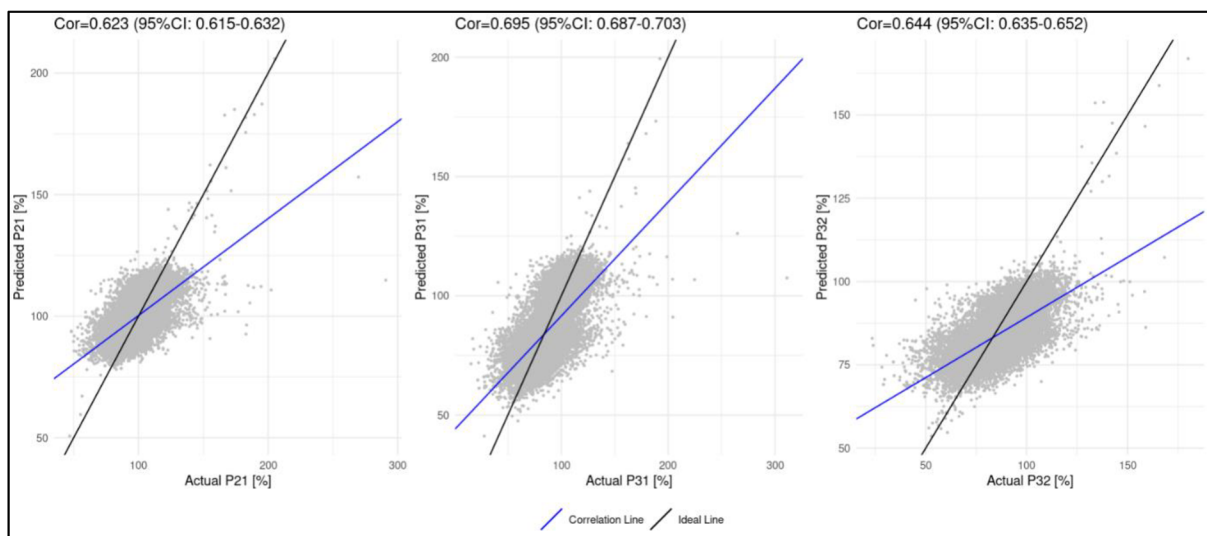
Graf 23. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce mléka ta 100, 200 a 305 dní pro všechny typizace



Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů perzistence laktace pro všechny typizace je uvedena v Grafu 24. Zde jsou uvedeny 3 tři rozptylové grafy, které ilustrují výsledky korelace mezi prediktivním modelem a ukazateli perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ) napříč všemi typizacemi. Grafy porovnávají predikované hodnoty se skutečnými hodnotami těchto ukazatelů, vyjádřených v procentech. Graf vyjadřující index perzistence ( $P_{2:1}$ ) naznačuje středně silný pozitivní vztah mezi predikovanými a reálnými hodnotami 0,623 (95 % interval spolehlivosti se pohyboval od 0,615 do 0,632). Tyto výsledky naznačují určitou variabilitu predikční schopnosti modelu, avšak stále v rámci střední úrovně predikovatelnosti skutečné hodnoty indexu perzistence laktace. Prezentované hodnoty ilustrované tečkami jsou

rozptýleny kolem korelační linie, což ukazuje odchylku od ideální linie a naznačuje, že predikce indexu perzistence mohou být méně přesné ve srovnání s modelem pro produkci mléka na předchozích grafech. Druhý graf vyjadřující index perzistence ( $P_{3:1}$ ) uvádí hodnotu koeficientu korelace 0,695 (95 % CI se pohyboval od 0,687 do 0,703), což je silnější pozitivní lineární vztah mezi predikovanými a reálnými hodnotami oproti předchozímu výsledku. Avšak střední stupeň predikovatelnosti, naznačuje, že mohou existovat některé faktory způsobující variabilitu predikce, které nejsou zachyceny modelem. Graf vyjadřující index perzistence ( $P_{3:2}$ ) uvádí hodnotu korelace 0,644 (95 % CI: 0,635 do 0,652), což naznačuje také středně silnou pozitivní korelaci. Rozmístění bodů ukazuje střední rozptyl kolem korelační linie. Celkově tyto grafy ukazují, že predikce modelu v tomto případě nejsou dokonalé a že mohou existovat proměnné ovlivňující indexy perzistence laktace, které nejsou plně zohledněny v modelu.

Graf 24. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ) pro všechny typizace

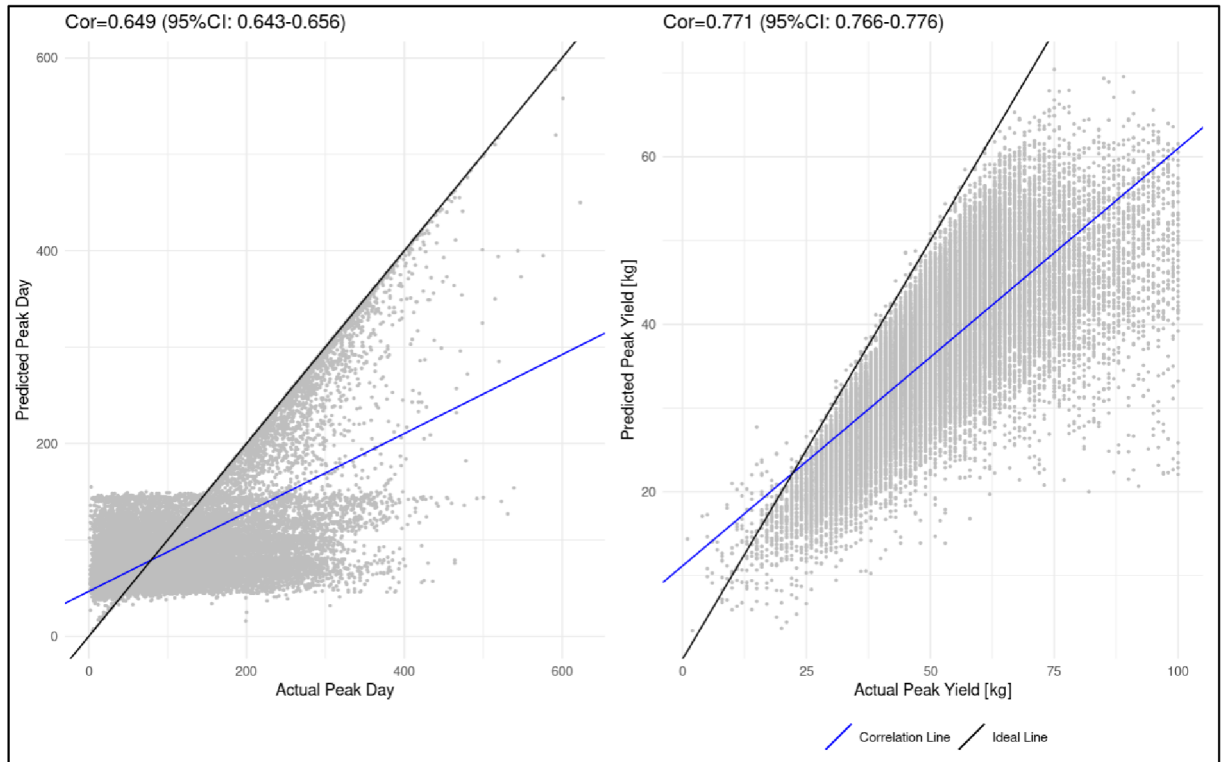


Graf 25 uvádí výsledky korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot dne a nádoje mléka na vrcholu laktace. Z grafu vyplývá, že korelační koeficient pro den dosažení vrcholu laktace byl 0,649 při 95 % CI od 0,643 do 0,656, což indikuje středně silnou pozitivní korelaci. Druhý graf ilustruje predikovaný nádoj mléka na vrcholu laktace ve srovnání se skutečným nádojem. V tomto případě byl korelační koeficient vyšší (0,771) s 95 % CI mezi 0,766 a 0,776, což signalizuje silnější pozitivní korelaci, a tedy vyšší přesnost modelu v predikci. V obou grafech je prezentována korelační přímka (Correlation Line), která reprezentuje nejlepší fit



regrese dat a pomáhá vizualizovat trend predikce modelu, a také ideální přímka (Ideal Line), která ukazuje, kde by se data vyskytovala v případě dokonalé přesnosti predikce modelu.

Graf 25. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů dne a nádoje na vrcholu laktace pro všechny typizace

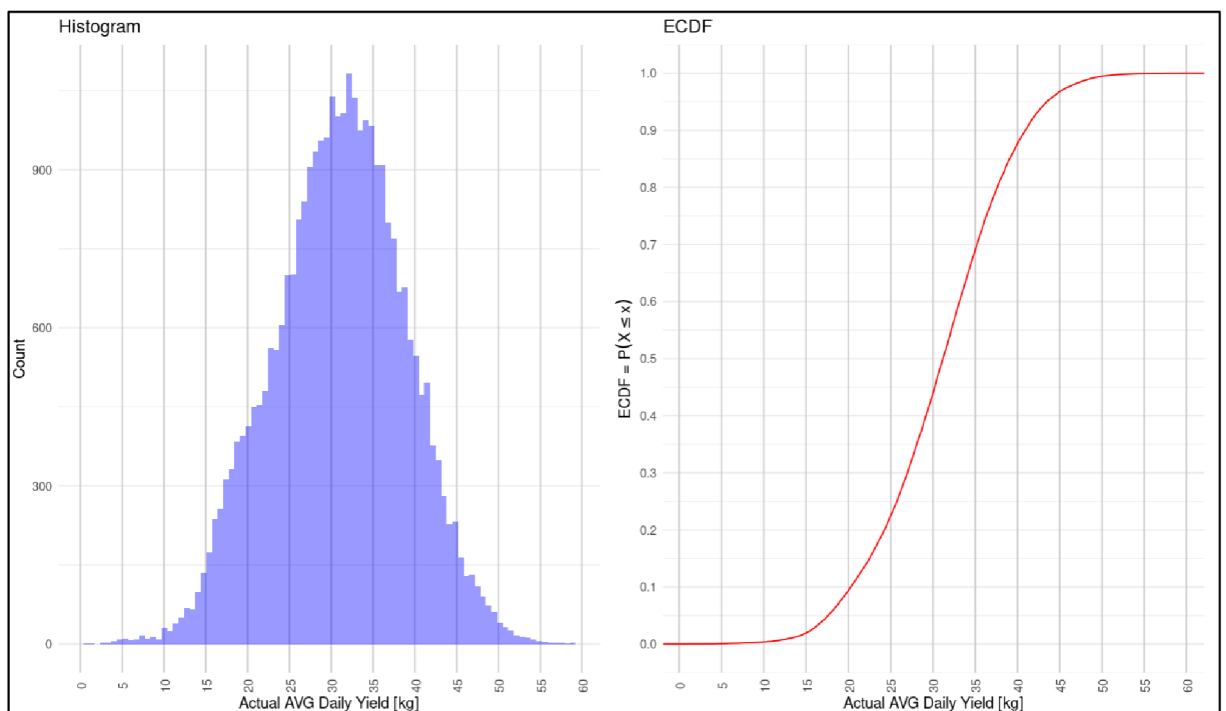


#### 5.4.2 ANALÝZA DISTRIBUCE NÁDOJE A CHYB PRO VŠECHNY TYPIZACE

Z uvedeného Grafu č 26 lze vidět grafickou interpretaci distribuce napříč všemi typizacemi prostřednictvím histogramu a empirické kumulativní distribuční funkce (ECDF). Z uvedeného histogramu je patrné, že data mají normální rozdělení (zvonovitý). Vrchol histogramu ilustruje nejčastější hodnoty průměrného denního nádoje mléka, které se vyskytují v okolí střední hodnoty na ose x. Bary histogramu se snižují směrem k oběma koncům rozsahu, což ukazuje, že extrémní hodnoty jsou méně časté. Vrchol histogramu, tedy modus, se nachází přibližně mezi 30 a 35 kg. To znamená, že nejběžnější denní nádoj mléka se pohyboval v tomto rozmezí. Výskyt (count) v histogramu naznačuje své maximum přibližně ve 1 050, což uvádí, že přibližně uvedený počet laktací v rámci typizace ID\_29 dosahoval kolem 32 kg mléka. Křivka ECDF je typického tvaru S, což je obvyklé u dat, která mají normální rozdělení nebo jiné spojité

rozdělení. Začíná u nuly, pomalu stoupá v oblasti nižších hodnot denního nádoje, pak rychleji stoupá kolem střední hodnoty, a nakonec se zplošťuje, během konvergence k hodnotě 1,0, což znamená, že 100 % pozorování má hodnotu menší nebo rovnou maximální hodnotě denní produkce mléka v datovém souboru. V kontextu prezentovaných výsledků testování všech typizací může histogram také pomoci identifikovat výskyt atypických hodnot či odhalit abnormální trendy v datech.

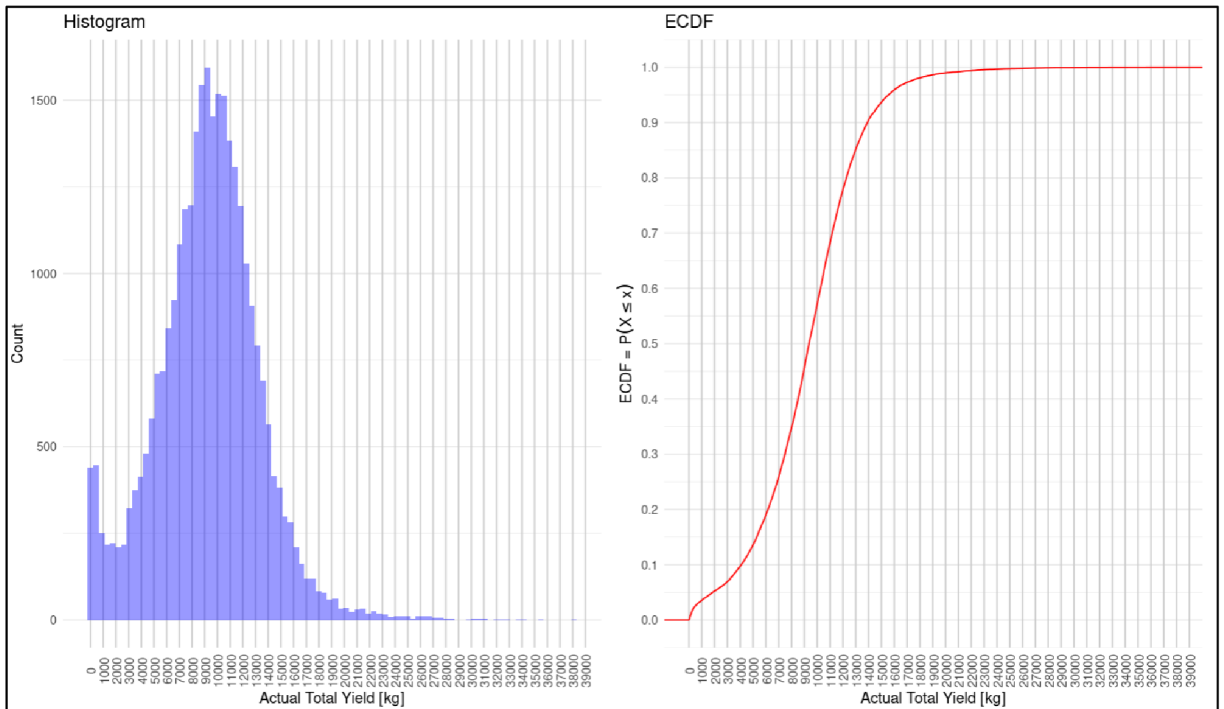
Graf 26. Distribuce skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace



Graf 27 prezentuje distribuci pro všechny typizace. Na histogramu je zřetelný výrazný vrchol okolo hodnoty 10 000 kg mléka, kde se vyskytovala největší četnost laktací zahrnutých do vyhodnocení. Výskyt pozorování klesá s rostoucími a klesajícími hodnotami. Z grafu je dále možné vyčíst, že počet pozorování s produkcí mléka nad 20 000 kg je již velmi nízký. Nízké hodnoty pod 4 000 kg jsou rovněž méně časté, což je důvodem bimodálního tvaru histogramu. ECDF graf ukazuje, že přibližně 80 % pozorování dosáhlo produkce mléka menší než 15 000 kg za laktaci. Graf také ukazuje, že přibližně 20 % hodnot je nižších než 7 500 kg, což ukazuje na poměrně rychlý nárůst kumulativní pravděpodobnosti v nižších hodnotách produkce mléka. V oblasti kolem 10 000 kg je křivka ECDF méně strmá, což indikuje, že v této oblasti se nachází většina záznamů. Z ECDF grafu lze dále odvodit, že téměř všechna pozorování (blížící se 100

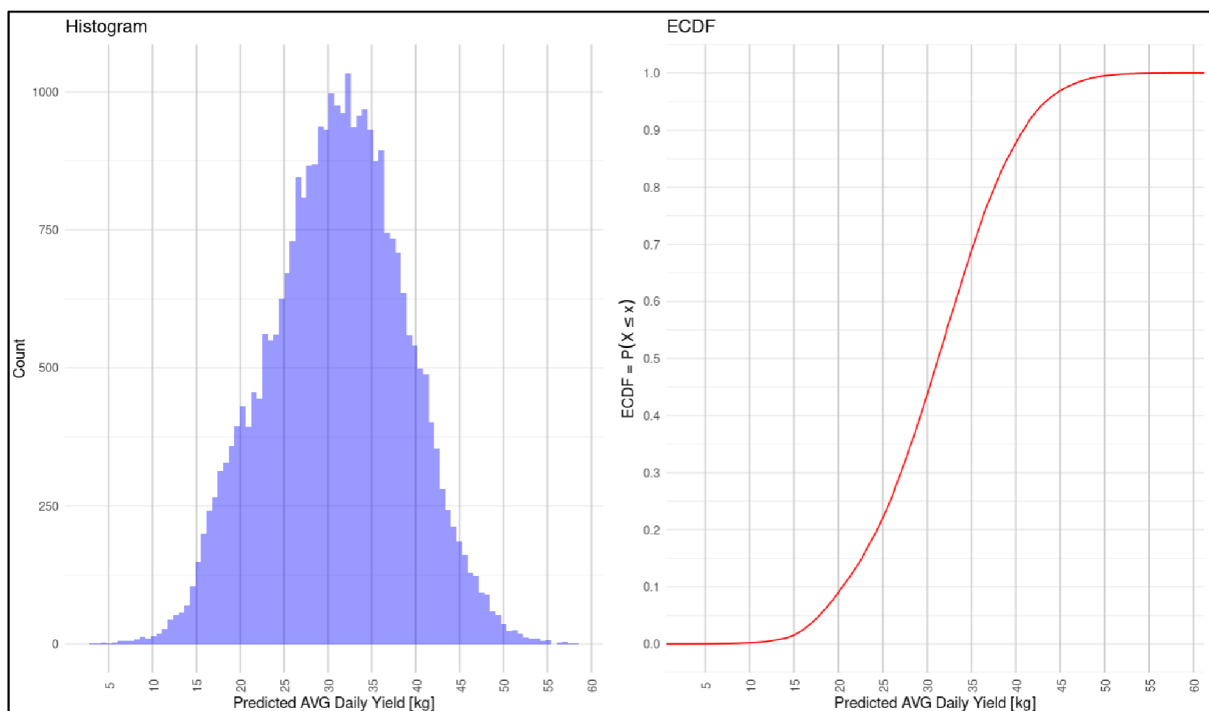
%) mají produkci mléka menší než 20 000 kg z laktaci, což naznačuje, že hodnoty nad touto hranicí jsou velmi vzácné.

Graf 27. Distribuce skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace



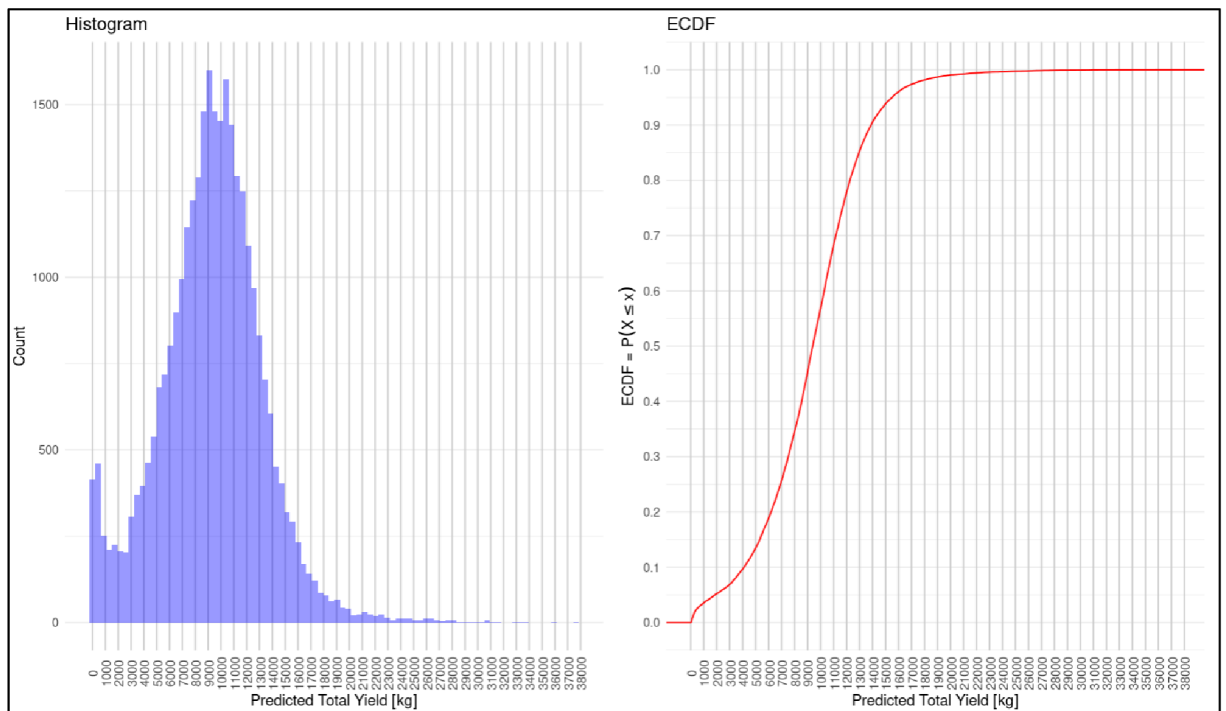
Graf 28 prezentuje výsledky analýzy distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace hodnoceného souboru laktací. Tvar histogramu naznačuje normální rozdělení dat, s nejvyšší četností kolem rozsahu a menším počtem hodnot směrem k oběma koncům. Histogram ukazuje rozdělení s vrcholem přibližně kolem hodnot 30–35 kg. Nejvyšší četnosti dosahuje vrchol histogramu k počtu 1 000 záznamů hodnocených laktací. Počet pozorování klesá s narůstajícími a klesajícími hodnotami od vrcholu, což je indikací toho, že extrémní denní nádoje mléka jsou méně obvyklé. Hodnoty outlierů na ose x se pohybují od nuly do přibližně 58 kg mléka průměrného denního nádoje. ECDF graf křivka ukazuje procento pozorování. Křivka má sigmoidní tvar, což je typické pro distribuce, které mají tendenci se koncentrovat kolem středních hodnot. Z grafu ECDF můžeme vyčíst, že asi 50 % pozorování má denní množství nadojeného mléka menší nebo rovno přibližně 33 kg. Prezentovaná kombinace histogramu a ECDF umožňuje lépe pochopit charakter dat, který doplňuje histogram jasnou vizualizací frekvence různých hodnot, zatímco ECDF poskytuje globální pohled na distribuci a ukazuje, jak velký podíl souboru leží pod danou hodnotou.

Graf 28. Distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace



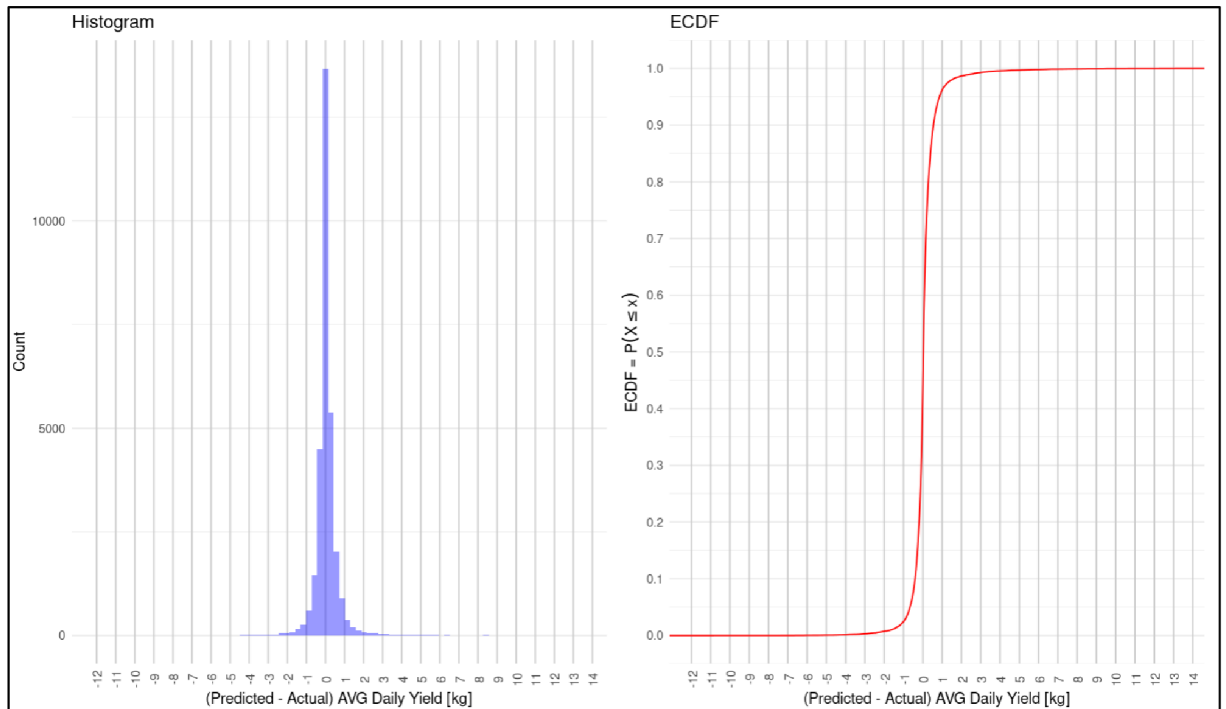
Prezentované výsledky distribuce predikovaného celkového nádoje mléka pro všechny typizace jsou uvedeny v Grafu 29. Histogram ukazuje bimodální rozdělení s magnitudou kolem hodnoty 10 000 kg mléka za laktaci. Vrchol histogramu, představující nejčastější rozsah produkce mléka, naznačuje, že většina hodnot se vyskytuje právě okolo 10 000 kg. Na základě uvedeného histogramu je zřejmá bimodalita tvaru histogramu, což souvisí s poměrně vyšší četností výskytu laktací s velmi malým množstvím produkovaného množství mléka. Z ECDF grafu lze vyčíst, že přibližně 50 % laktací mělo produkci mléka za laktaci kolem 10 000 kg. Sigmoidní tvar křivky ECDF naznačuje, že data se vyskytovala kolem středních hodnot a extrémní hodnoty byly méně časté.

Graf 29. Distribuce predikovaného celkového nádoje mléka pro všechny typizace



Graf 30 prezentuje histogram a empirickou distribuční funkci (ECDF) rozdílů mezi distribucí absolutní chyby predikovaných a skutečných hodnot průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace. Z grafu je patrné, že většina rozdílů leží velmi blízko nule, což ukazuje na vysokou přesnost predikce. Histogram ilustruje leptokurtický charakter distribuce, který je výrazně koncentrován kolem mediánu, odpovídajícího nulové hodnotě. Frekvence datových bodů, které se odchyľují o více než  $\pm 2$  kg od mediánu, je minimální, což naznačuje omezenou variabilitu a nízkou pravděpodobnost extrémních odchylek. Graf ECDF demonstruje, že více než 90 % predikovaných hodnot je s chybou menší než 1 kg od skutečných hodnot, což naznačuje, že prediktivní model je velmi přesný pro většinu případů laktací. Skutečnost, že křivka ECDF je téměř vertikální v oblasti blízké nule, dále podporuje závěr, že chyby predikce jsou minimální.

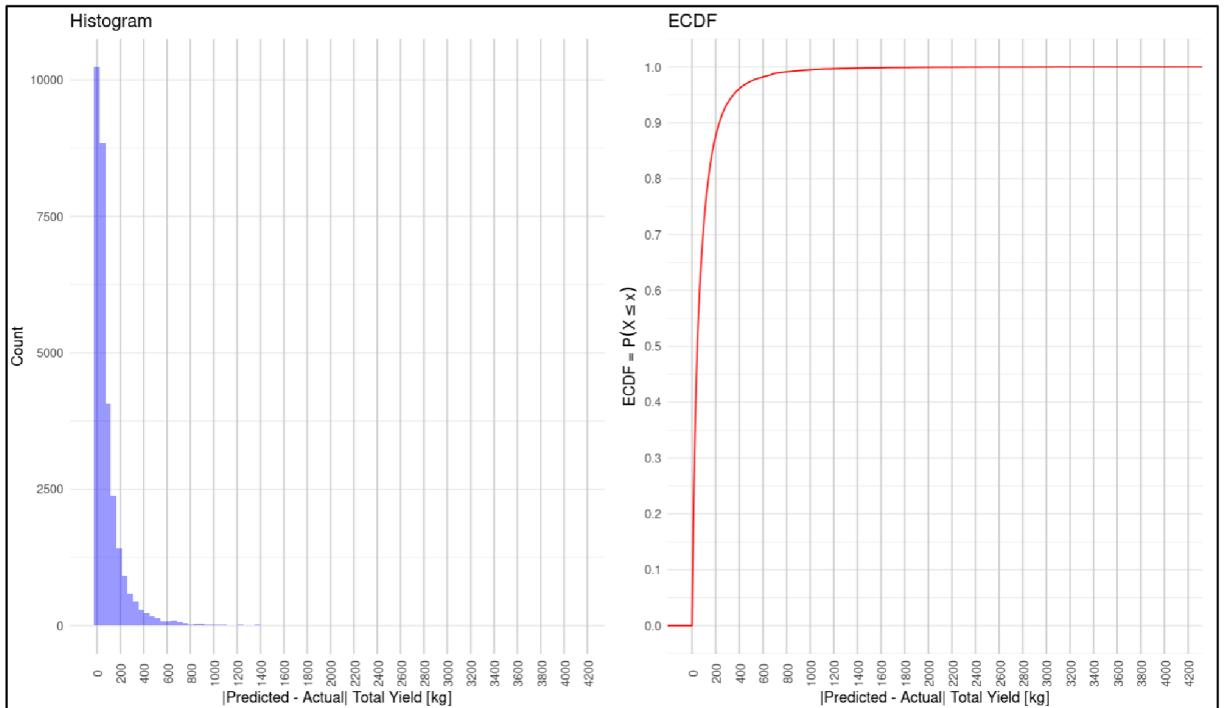
Graf 30. Distribuce chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace



Graf 31 uvádí výsledek analýzy distribuce chyby predikovaného a skutečného nádoje mléka za laktaci pro všechny typizace. Histogram na levé straně ilustruje distribuci chyby, kde osa x reprezentuje rozdíl mezi predikovaným a skutečným celkovým nádojem mléka za laktaci v kilogramech. Většina hodnot chyby se soustřeďuje v okolí nuly, což naznačuje, že predikční model má tendenci být přesný. Výskyt chyb nad 2 kg je výrazně nižší, což naznačuje, že extrémní odchylky od skutečných hodnot jsou vzácné. Empirická kumulativní distribuční funkce (ECDF) na pravé straně zobrazuje, že vysoký procentuální podíl predikcí (přesahující 90 %) má velmi malou chybu, což je patrné z rychlého nárůstu ECDF těsně při nízkých hodnotách chyby. ECDF se stabilizuje těsně pod hodnotou 1,0, což potvrzuje, že téměř všechny předpovědi jsou v rozmezí stanovených hodnot. Vzhledem k horizontálnímu asymptotickému chování ECDF blízko hodnoty 1,0 lze usoudit, že předpovědi s velkou chybou byly zanedbatelné. Vizualizace distribuce chyb mezi predikovanými a skutečnými hodnotami nádoje mléka za laktaci ukázala, že většina predikcí je soustředěna kolem nulové chyby, s rychlým poklesem frekvence pro hodnoty větší než  $\pm 2$  kg, což svědčí o vysoké přesnosti modelu. ECDF poskytuje další důkaz robustnosti modelu, s asymptotickým přiblížením k

hodnotě 1,0 a rychlým nárůstem na počátku, což značí, že podstatná část predikcí má minimální chybu.

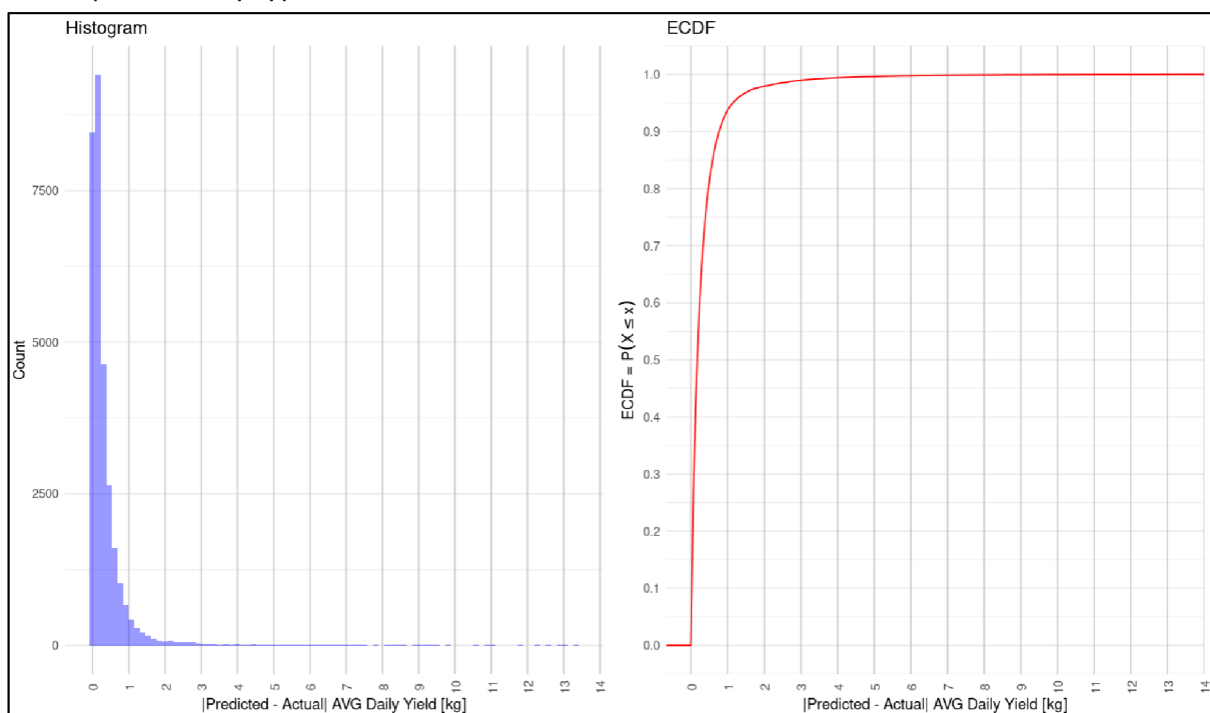
Graf 31. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace



Graf 32 ilustruje výsledek analýzy distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace. Histogram ukazuje, že většina kalkulovaných laktací má nízkou absolutní chybu, s výrazným vrcholem blízko nuly a rychlým poklesem frekvence chyb při zvyšujících se hodnotách. Empirická distribuční funkce (ECDF) potvrzuje tento trend, ukazuje rychlý nárůst pravděpodobnosti na hodnotě blízké nule a asymptoticky se blíží k hodnotě 1, což naznačuje, že téměř všechny hodnoty chyb jsou koncentrované v nižším konci spektra. Dále je z histogramu patrné, že absolutní chyby jsou silně koncentrované na levé straně spektra, což svědčí o tom, že predikce jsou většinou velmi blízko skutečným hodnotám s jen minimálními odchylkami. Málokterá hodnota přesahuje například 4 kg chyby, což značí, že extrémní odchylky jsou vzácné. Tato distribuce naznačuje, že model je robustní a spolehlivý při predikování průměrného denního nádoje mléka. Z ECDF grafu vyplývá, že asi 90 % hodnot má absolutní chybu menší než 2 kg, což naznačuje velmi dobrou přesnost predikčního modelu. Tento výsledek poukazuje na to, že predikční algoritmus je schopen s vysokou spolehlivostí odhadnout skutečný průměrný denní nádoj mléka.



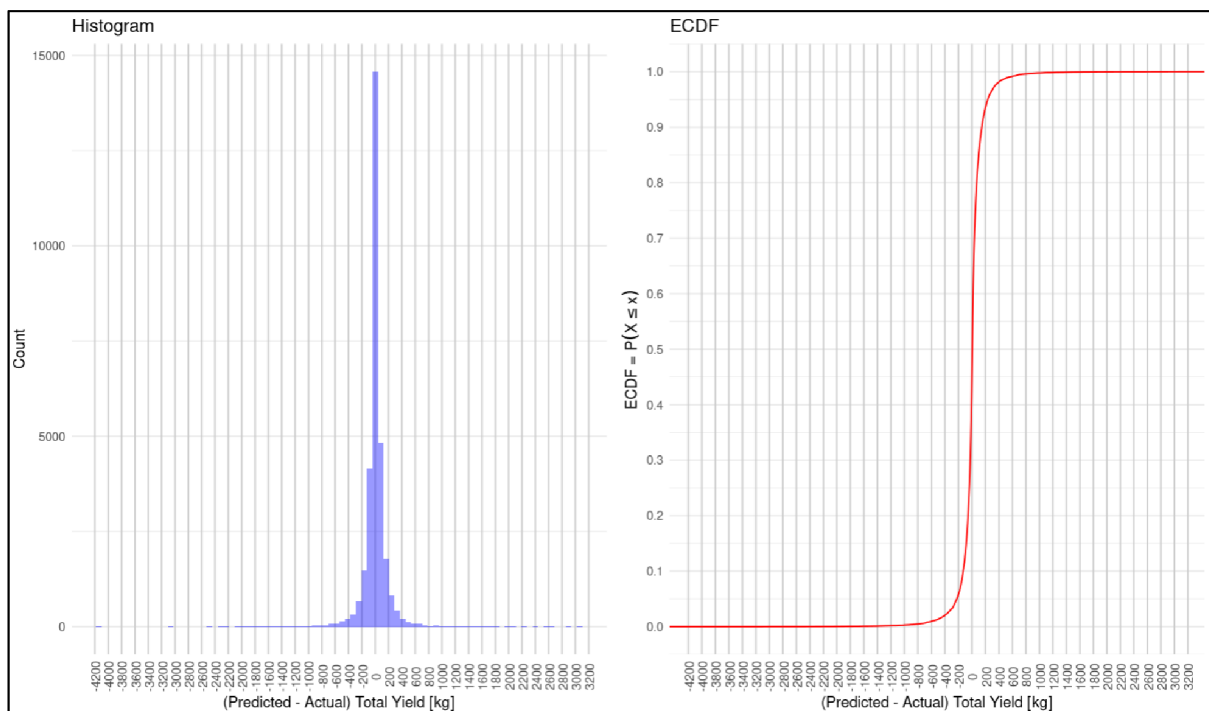
Graf 32. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace



Výsledky hodnocení distribuce chyby predikovaného a skutečného množství produkovaného mléka za laktaci pro všechny typizace je uvedena v Grafu 33. Z prezentovaného histogramu je patrné rozdělení chyby mezi predikovaným a skutečným celkovým nádojem mléka pro všechny typizace. Distribuce je těsně seskupena blízko nuly, což také indikuje, že většina predikcí byla velmi blízko skutečným hodnotám nádoje mléka za laktaci. Histogram zřetelně ilustruje distribuci chyb s vysokým štíhlým vrcholem koncentrovaným kolem nulového rozdílu, což naznačuje vysokou přesnost predikce množství produkovaného mléka za laktaci. Značný počet pozorování se nachází v těsné blízkosti nuly, přičemž frekvence odchylek klesá s rostoucí hodnotou chyby. Je patrné, že odchylky větší než  $\pm 2$  kg jsou velmi vzácné, což poukazuje na spolehlivost predikcí modelu. Empirická kumulativní distribuční funkce (ECDF) grafu představuje rozdělení hodnot menších nebo rovných každé hodnotě chyby. ECDF graf rychle roste a asymptoticky se blíží hodnotě 1, což ukazuje, že většina pozorování leží v malém rozsahu blízko nuly. Stabilizace ECDF blízko hodnoty 1 při relativně nízké hodnotě chyby naznačuje, že téměř všechny predikce mají velmi malou chybu. ECDF dosahuje téměř 1 (což značí 100 % pozorování) již při nízké hodnotě chyby.



Graf 33. Distribuce chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace



## 5.5 EKONOMICKÁ VYHODNOCENÍ

Ekonomické vyhodnocení bylo provedeno na základě 30 357 laktačních křivek tříděných dle plemene, pořadí laktace a sezóny otelení do 32 typizací. Validovaný model rozšířené Woodovy laktační křivky byl integrován do vytvořené online aplikace, která umožnila modelovat specifické situace, které přispěli ke splnění cílů disertační práce. Online aplikace umožňuje na základě specifikace charakteristik dojnice (plemeno, parita, sezóna otelení) a odhadnutých koeficientů vybraných prediktorů Woodova rozšířeného modelu ( $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  atd.) vykreslení laktačních křivek a výpočet ukazatelů výroby mléka.

Pro posouzení ekonomické efektivity výroby mléka byly do online aplikace stanoveny ekonomické parametry, jako jsou výkupní cena mléka, výše dotací, neměnné náklady za den, které se lišily v závislosti na zvoleném plemeni zvířete, dále denní náklady na krmiva, jež byly specifikovány podle jednotlivých krmných kategorií dle DIM. K těmto ekonomickým parametrům byly přidány podrobné charakteristiky krav, včetně plemene, parity, délky mezidobí, věku při prvním otelení a dalších relevantních údajů. Rovněž také individualní náhodný efekt každého zvířete. Dále byly definovány náklady v rámci třech krmných skupin dle dne laktace: do 40 DIM, 40 – 200 DIM a od 200 DIM do konce laktace. Definována byla také doba stání na sucho, která ovlivňuje délku laktace. Po nastavení těchto hodnot bylo možné provést kalkulaci „Optimise SP“, čímž došlo k zobrazení grafu pro vyhodnocení optimální délky SP s ohledem na ekonomickou efektivitu produkce mléka.

### 5.5.1 VÝSLEDEK KALKULACE EKONOMIKY PRODUKCE MLÉKA DLE ÚDAJŮ ZA ROK 2022

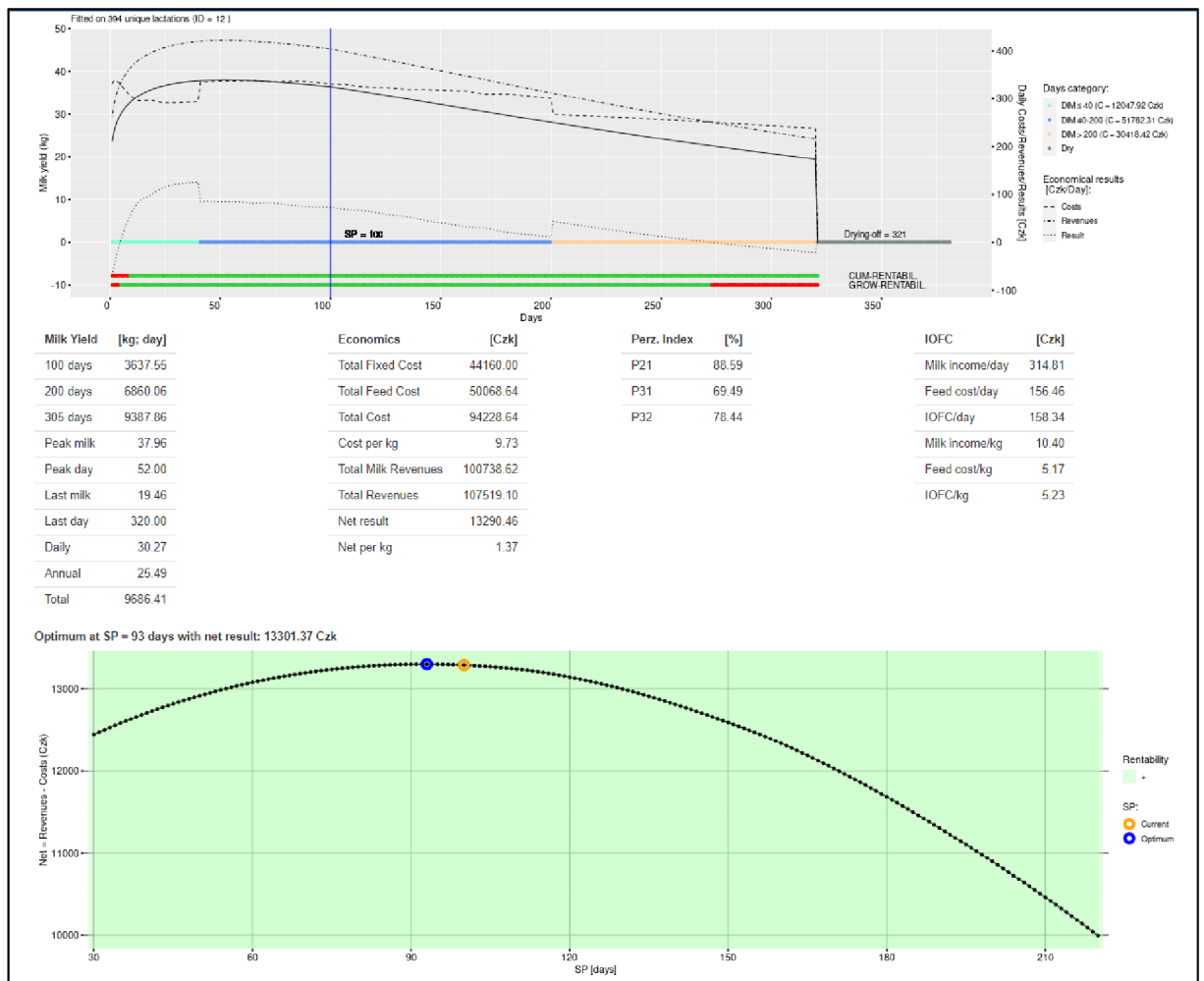
V rámci ekonomického hodnocení rentability výroby mléka byl v online aplikaci vytvořen konkrétní případ. Jak je patrné ze snímku 1, definovaná dojnice zvolenými parametry odpovídá typizaci ID\_12 zahrnující 394 laktací. Jedná se o zvíře plemene C na třetí laktaci, otelené na podzim a dojené 2x denně. Zjištěný věk při prvním otelení byl 760 dní s délkou SP 100 dní a délkou předchozího mezidobí 415 dní. Specifická korekce nádoje, tj. náhodný efekt zvířete odražející konzistenci v denní dojivosti, byla nastavena na nulu. Ekonomické hodnocení bylo provedeno s ohledem na ostatní laktace v dané typizaci na základě poskytnutých ekonomických údajů za rok 2022. Průměrná výkupní cena mléka byla 10,40 Kč/kg mléka, s dotací v přepočtu 0,7 Kč za kg prodaného mléka. Neměnné náklady byly určeny na 138 Kč za

den, náklady na krmiva pro plemeno Český strakatý skot byly diferencované podle DIM v rámci laktace. Do 40 DIM 102,4 Kč/den, 40 – 200 DIM 128,8 Kč/den a od 200 DIM do konce laktace 102,4 Kč/den. Doba stání na sucho byla stanovena na 60 dní. Poté stisknutím tlačítka „Optimise SP“ byl vygenerován graf ilustrující bod zvratu a optimální délku SP pro maximální zisk v porovnání s aktuálně nastavenou délkou SP.

V uvedeném snímku 1 je patrný graf, který prezentuje dynamiku denní produkce mléka (v kg) v závislosti na čase (DIM). Křivka produkce mléka (plná černá čára) naznačuje typický tvar laktační křivky definovaný rychlým nárůstem dojivosti po porodu, dosažením vrcholu a následným pomalým poklesem. Vrcholu laktace bylo dosaženo okolo 52. dne laktace, při produkci kolem 37,96 kg mléka. Po vrcholu laktace je zřejmé, že denní dojivost za laktaci postupně klesala v důsledku fyziologických a zootechnických faktorů (Angeles-Hernandez et al., 2021). Součástí Snímku 1 je také graf, ve kterém byla zvýrazněna osa x 4 barvami dle krmné kategorie a doby stání na sucho. Dále je v grafu zobrazena čárkovaná křivka nákladů, na které jsou patrné různé hladiny nákladů na krmiva pro různé krmné kategorie (do 40 DIM, 40 – 200 DIM a 200 - konec laktace). Náklady na krmiva pro každý DIM byly stanoveny prostřednictvím kalkulace indexu nákladů na krmiva viz kapitola 5.5.1.1 Krmné křivky. Druhá čerchovaná křivka vyjadřuje příjmy, jejichž hodnota je úměrná množství nadojeného mléka a výše dotací.

Na snímku je dále patrné překřížení nákladové a příjmové křivky, což ilustruje bod zvratu, tedy den, kdy se náklady rovnají příjmům. V tomto případě k bodu zvratu došlo přibližně 275. den laktace. Tento ukazatel byl v online aplikaci vyjádřen pouze touto formou, jelikož v některých situacích může docházet k více bodům protnutí nákladové a příjmové křivky. K tomu také došlo přibližně po prvním týdnu. Bod zvratu je možné identifikovat pomocí linie (GROW-RENTABIL.), kde se v místech bodu zvratu potkává zelená s červenou barvou. Třetí tečkovaná křivka v dolní části grafu ilustruje rozdílovou bilanci. Tato křivka je rozdělena nulovou osou x, která vyjadřuje rozdílovou hladinu pro kladnou (nad) a zápornou (pod) ekonomickou bilanci. Dále je patrná modrá svislá linka, která značí právě dosaženou nebo spíše uživatelem stanovenou délku servis periody (v tomto případě 100 dní) pro definovanou typizaci laktace. Z grafu ve spodní části jsou patrné dvě zelenočervené osy označené jako (CUM-RENTABIL.), vyjadřující kumulativní míru rentability, tedy od kterého dne se dojnice v rámci této jedné laktace zaplatí a začne generovat zisk. Oproti tomu osa (GROW-RENTABIL.), ilustruje pro každý den ekonomickou bilanci. Tedy zda se náklady rovnají příjmu (označí zeleně) a dny kdy je zjištěn záporný ekonomický výsledek je (označen červeně), což koresponduje s interpretací tečkované křivky.

## Snímek 1. Simulace konkrétní ekonomické situace v online aplikaci pro plemeno C



V rámci evaluace ekonomické efektivity a produkčních parametrů hodnoceného případu byly zjištěny ukazatele mléčné produkce. Nádoj mléka za 100 dnů dosahoval 3 637,55 kg, za 200 dnů 6 860,06 kg a za 305 dnů na 9 387,86 kg. Dojivost na vrcholu laktace byla 37,96 kg. Vrcholu bylo dosaženo 52 DIM. Nádoj mléka poslední 320. den laktace dosahoval 19,46 kg na den. Průměrná denní produkce mléka se pohybovala na úrovni 30,27 kg, s průměrnou roční dojivostí 25,49 kg. Celková produkce mléka za laktaci dosahovala 9 686,41 kg. Pro doplnění byly zjištěny také procentní podíly nákladů. V případě nákladů na krmiva bylo zjištěno procentní zastoupení 53,14 % a v případě neměnných nákladů 46,86 %.

Ekonomické ukazatele pro uvedený případ byly následující. Celkové neměnné náklady činily 44 160,00 Kč, náklady na krmiva dosahovaly 50 068,64 Kč, což tvořilo významnou část celkových nákladů ve výši 94 228,64 Kč, což v přepočtu na kilogram mléka činilo 9,73 Kč/kg produkovaného mléka. Celkové příjmy z prodeje mléka byly 100 738,62 Kč bez dotací. Celkové příjmy dosahovaly 107 519,10 Kč s výsledkem 13 290,46 Kč za laktaci, tedy v přepočtu na

kilogram mléka 1,37 Kč/kg, což dle výsledků publikace Staňka (2023) bylo v rámci očekávatelného trendu. Autor publikoval ekonomickou bilanci nákladů na výrobu 1 kg mléka mezi lety 2015 až 2022. Z výsledků je patrné, že v roce 2015 činil zisk 0,09 Kč/kg, v roce 2016 byl zisk 0,58 Kč/kg, v roce 2017 dosahoval zisk 0,65 Kč/kg, v roce 2015 byla ztráta -0,02 Kč/kg a v roce 2022 činil zisk 1,29 Kč/kg, což koresponduje se závěry provedené kalkulace.

Výsledky ukazatele indexu perzistence laktace byly zjištěny  $P_{2:1} = 88,59 \%$ . Další hodnocené indexy perzistence byly  $P_{3:1} = 69,49 \%$  a  $P_{3:2} = 78,44 \%$ . Důležitým hodnoceným ekonomickým ukazatelem byl IOFC (Income Over Feed Cost), který byl v tomto případě 158,34 Kč na den. Tento ukazatel vyjadřuje příjem nad náklady na krmení a kalkulován byl jako podíl částky za prodané mléko v tomto případě 314,81 Kč a náklady na krmení, které činil 156,46 Kč. Dále Snímek 1 uvádí hodnoty příjmu z prodeje mléka, který dosahoval v konstantních 10,40 Kč/kg mléka pro obě hodnocená plemena. Oproti tomu náklady na krmiva dosahovaly v přepočtu 5,17 Kč/kg. Pro doplnění byl spočten ukazatel IOFC v přepočtu na kg prodaného mléka 5,23 Kč/kg. Výsledkem lze uvést, že nastavené prediktory měly jednoznačný vliv na tvar laktační křivky, což ovlivnilo i ekonomický dopad.

Snímek dále ilustruje ve spodí části druhý grafický výstup online aplikace, který se vykresluje vždy po stisknutí „Optimise SP“. Z grafu je patrný tvar bilanční křivky průběhu délky servis periody, na které byly vyobrazeny dva body. Oranžový bod vyjadřuje právě definovanou délku SP pomocí slideru na levé straně (v tomto případě tedy SP = 100 dní), a modrý bod, který vyjadřuje právě optimum délky SP. Popisovaný graf se také barevně mění (zelená a červená barva). Zelená znázorňuje kladný a červená záporný ekonomický výsledek pro danou délku SP, což umožní snadnou orientaci při ekonomickém modelování v rámci možnosti nastavování různých délek servis periody. Výstupem simulace vzhledem k navoleným parametrům bylo doporučení ekonomicky nejvýhodnější délky SP 98 dnů, s nejvyšším ekonomickým výsledkem 13 301,37 Kč za laktaci.

Ekonomické hodnocení uvedené na Snímku 2, bylo provedeno v rámci typizace ID\_28 zahrnující 1 093 laktací. Tato typizace byla definována plemenem holštýn na třetí laktaci, otelené na podzim a dojené 2x denně. Věk při prvním otelení byl nastaven na 760 dní s délkou SP 100 dní a délkou předchozího mezidobí 415 dní. Specifická korekce denního nádoje byla také nastavena na nulu jako u předešlého plemene. Ekonomická analýza byla také založena na aktuálních výkupních cenách za rok 2022, přičemž výkupní cena mléka byla stanovena na

10,40 Kč/kg mléka, za přispění dotace v přepočtu 0,7 Kč na kilogram prodaného mléka. Neměnné náklady byly stanoveny ve výši 161 Kč/den, zatímco náklady na krmiva se lišily v závislosti na fázi laktace. V období do 40 dnů po otelení byly náklady na krmení určeny na 128,8 Kč za den, v období od 40 do 200 dnů laktace na 151,1 Kč za den a po 200. dni laktace byly náklady stanoveny na 102,4 Kč za den. Délka stání na sucho byla 60 dnů. Zajímavé bylo, že podíl nákladů na krmiva byl 57,05 % a podíl neměnné náklady byl 42,95 %.

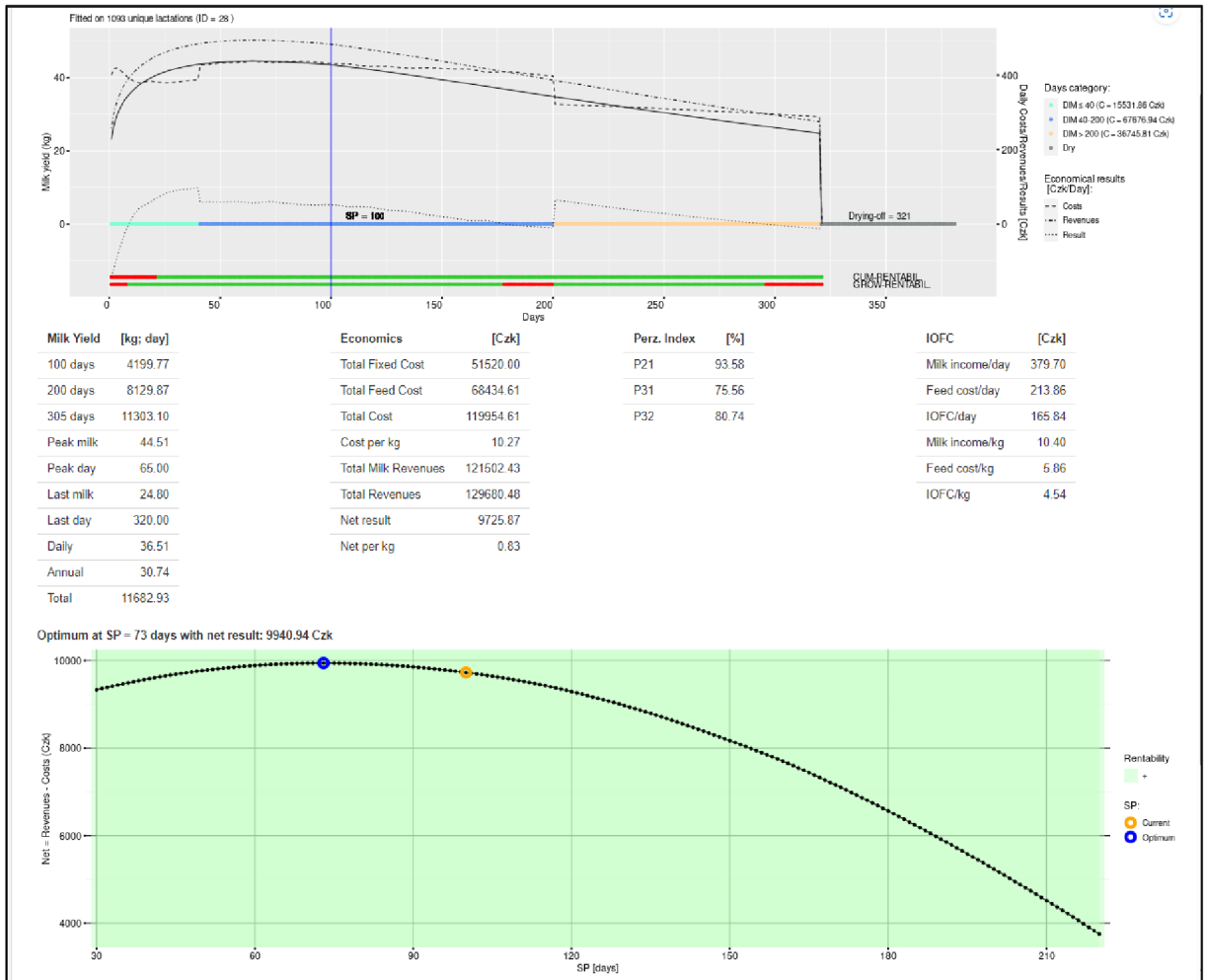
Na snímku 2 ilustrujícím ekonomické výsledky pro plemeno H byl také patrný bod zvratu (překřížení nákladové a příjmové křivky). V tomto případě k bodu zvratu došlo kolem 200. dne laktace. Následně však lze pozorovat také druhé překřížení nákladové a příjmové křivky kolem 300. dne. To mohlo být způsobeno rychlejším poklesem dojivosti potažmo příjmy za mléko oproti nákladům v rámci krmné kategorie. Křivka ekonomického výsledku (tečkovaná) v dolní části grafu ilustruje rozdílovou bilanci. Z grafu ve spodní části je patrná křivka kumulativní rentability a denní ekonomická bilance, která naznačuje, zda se náklady rovnají příjmu za prodej mléka, v tomto případě byla zbarvena zeleně a dny kdy byl zjištěn záporný ekonomický výsledek byl zbarvena červeně, což koresponduje s interpretací tečkované křivky.

Prezentované výsledky v rámci ekonomického hodnocení produkce mléka uvádí hodnoty nadoje mléka za 100 dnů 4 199,77 kg, za 200 dnů 8 129,87 kg a za 305 dnů na 11 303,10 kg. Množství nadojeného mléka na vrcholu laktace bylo 44,51 kg, kterého bylo dosaženo ve 65. DIM. Nádoj mléka poslední 320. den laktace dosahoval 24,80 kg/den. Průměrná denní produkce mléka se pohybovala na úrovni 36,51 kg, s průměrnou roční dojivostí 30,74 kg. Celková produkce mléka za laktaci dosahovala 11 682,93 kg mléka, což je výrazně více ve srovnání s 9 668,41 kg pro předchozí případ (ID\_12). Souhrně lze uvést, že kalkulované ukazatele produkce mléka byly vyšší pro plemeno H tedy typizaci ID\_28, což bylo předpokládáno vzhledem k např. genetickému založení plemene.

Ukazatel indexu perzistence laktace neboli tvaru laktačí křivky, dosahoval v rámci  $P_{2:1} = 93,58$  %. Další hodnocené indexy perzistence byly  $P_{3:1} = 75,56$  % a  $P_{3:2} = 80,74$  %. Výsledky ukazatele IOFC byly v tomto případě 165,84 Kč na den, zatímco na kilogram mléka 4,54 Kč/kg. Tento ukazatel byl kalkulován jako podíl částky za prodané mléko 379,70 Kč a náklady na krmení, které činil 213,86 Kč. Snímek dále uvádí výši nákladů na krmiva v přepočtu na kilogram mléka 5,86 Kč/kg. Pro doplnění byl spočten ukazatel IOFC v přepočtu na kg prodaného mléka 4,54 Kč/kg. Druhý grafický výstup v online aplikaci, který vykresluje ekonomicky nejvýhodnější délku SP, což v uvedeném případě činilo 73 dní s výsledkem 9 940,94 Kč za laktaci. Závěrem je

z obrázku patrné, že doporučená délka SP 73 dní, by vedla ke zkrácení délky laktace na přibližně 294 dní, což je právě den, kdy došlo k druhému překřížení nákladové a příjmové křivky, jak bylo popisováno výše.

Snímek 2. Simulace konkrétní ekonomické situace v online aplikaci pro plemeno H



Výsledky uvedené v Tabulce 34 naznačují, že dojnice plemene C dosáhly v parametrech produkce mléka za stejné období (100, 200 a 305 dní) nižších hodnot, což bylo očekávané. Z výsledků je dále patrné, že plemeno H dosahovalo vyšší produkce mléka, což mohlo být dáno genetickými faktory, lepšími podmínkami chovu, efektivnějším managementem výživy a krmení, ale také úrovně reprodukce. Nádoj mléka v den vrcholu laktace koresponduje s výsledky produkce za celé období laktace, ačkoliv den dosažení vrcholu byl odlišný o 13 dní. Tedy plemeno H nadojilo na vrcholu laktace o 6,55 kg mléka více při stejných parametrech ve srovnání s plemenem C. Oproti tomu plemeno C dosáhlo vrcholu o 13 dní dříve než H. Doba dosažení a produkce mléka na vrcholu laktace, mohou být ovlivněny úrovní managementu

stáda v okolooporodním období a v rozdojovací fázi laktace (Atashi et al., 2021). Výsledná ekonomická analýza naznačila, že vyšší dojivost krav plemene H je v dostatečné míře kompenzována příjmy, což je patrné i na hodnotě IOFC (C = 158,34 Kč, H = 165,84 Kč). I při stejné délce laktace 320 dní (SP 100 dní) plemeno H dosahovalo vyššího nádoje v poslední den laktace (24,80 kg). U krav holštýnského plemene byly také vyšší všechny indexy perzistence laktace. Plemeno H, mělo také významě vyšší průměrnou denní (36,51 kg) i roční dojivost (30,74 kg), což poukazuje na konzistentnější produkci během celého roku. Celkově výsledky ukazují jasný rozdíl v produkci mezi oběma plemeny v průběhu sledování, přičemž plemeno H vykazuje trvale vyšší produkci mléka i při vyšších nákladech na krmiva na kg mléka (C = 5,17 Kč/kg a H = 5,85 Kč/kg).

Zajímavé bylo, že vzhledem ke stanoveným cenovým hladinám vycházela kalkulace příjmu za prodaný kg mléka lépe pro C = 1,37 Kč/kg, zatímco H = 0,83 Kč/kg. Z porovnání plemene C a H vyplývá, že obě plemena dosahují míry profitability (uvedená typizace za celou laktaci generuje zisk). Z porovnání obou plemen lze vyvodit závěr, že u krav českého strakatého plemene je z důvodu nižší dojivosti i nižší perzistence laktace výhodnější dřívější zabřeznutí krav oproti holštýnským dojnícím.



Tabulka 34. Výsledky kalkulace ekonomiky produkce mléka dle údajů za rok 2022

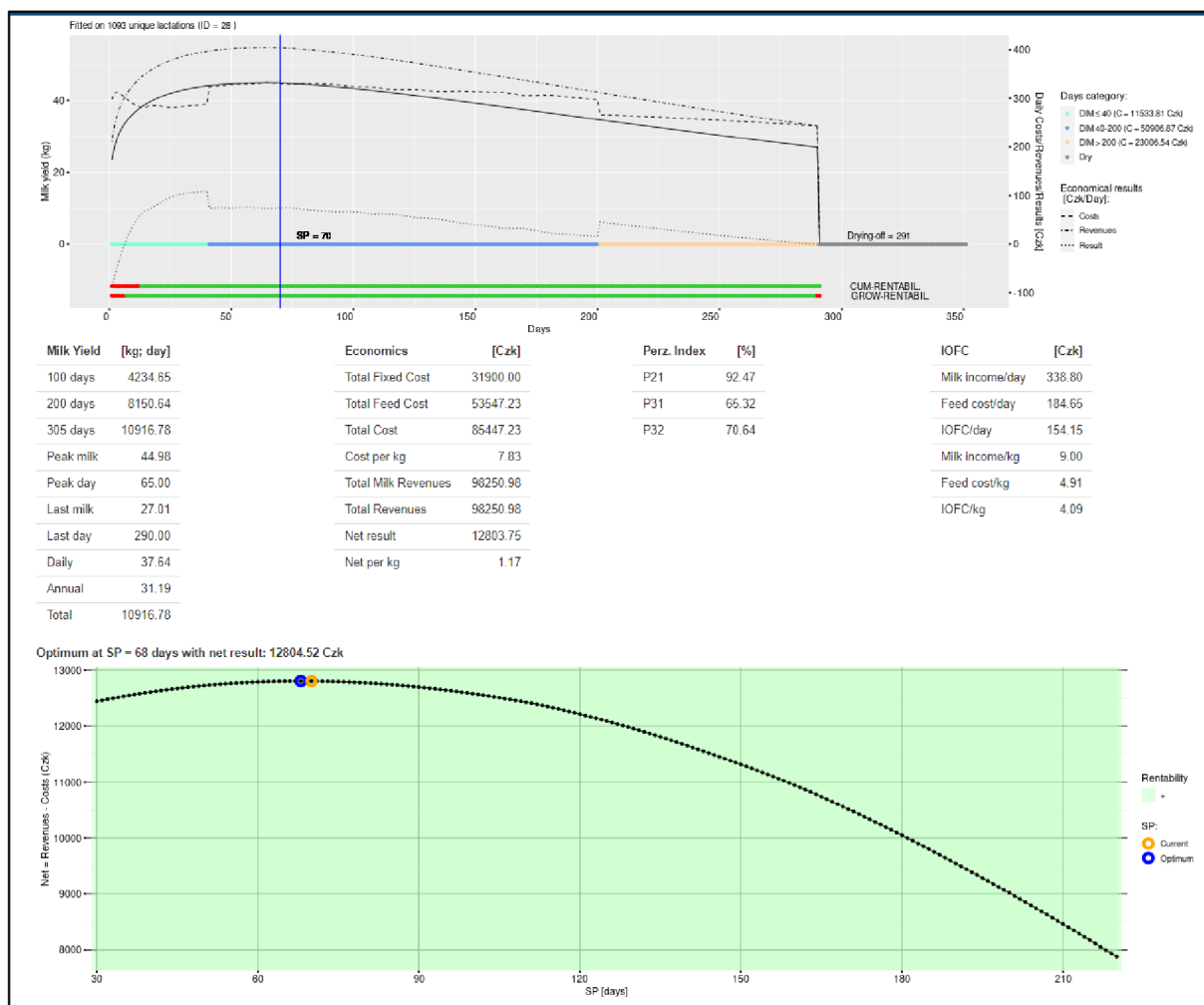
<b>Produkční ukazatele (kg; den)</b>	Český strakatý skot	Holštýn
Produkce za 100 dní	3 637,55	4 199,77
Produkce za 200 dní	6 860,06	8 129,87
Produkce za 305 dní	9 387,86	11 303,10
Nádoj na vrcholu laktace	37,96	44,51
Den vrcholu laktace	52	65
Nádoj poslední den laktace	19,46	24,80
Poslední den laktace	320	320
Průměrná denní dojivost za lak.	30,27	36,51
Průměrná denní dojivost za rok	25,49	30,74
Produkce mléka za laktaci	9 686,41	11 682,93
<b>Ekonomické ukazatele (Kč)</b>		
Celkové neměnné náklady	44 160,00	51 520,00
Celkové náklady na krmiva	50 068,64	68 434,61
Celkové náklady	94 228,64	119 954,61
Náklady na kg mléka	9,73	10,27
Celkové příjmy (bez dotací)	100 738,62	121 502,43
Celkové příjmy	107 519,10	129 680,48
Zisk	13 290,46	9 725,87
Zisk na kg mléka	1,37	0,83
<b>Index perzistence (%)</b>		
P2:1	88,59	93,58
P3:1	69,49	75,56
P3:2	78,44	80,74
<b>IOFC (Kč)</b>		
Příjmy za prodej mléka/den	314,81	379,70
Náklady na krmiva /den	156,46	213,86
IOFC/den	158,34	165,84
Příjem za prodej mléka/kg	10,40	10,40
Náklady na krmiva /kg	5,17	5,86
IOFC/kg	5,23	4,54

## 5.5.2 POROVNÁNÍ RENTABILITY PŘI RŮZNÝCH DÉLKÁCH SP

Pro relevantní srovnání ekonomické efektivity dojníc s variabilní délkou servis periody (SP) bylo provedeno hodnocení za použití online aplikace, kde byla definována dojnice v rámci typizace (ID\_28), tedy plemene H na třetí laktaci a otelení v podzimním období, s dojením dvakrát denně. Věk při prvním otelení byl 760 dnů a délka předchozího mezidobí 415 dnů. Délka SP byla v prvním případě 70 dní potom 90 dní a poslední hodnocení bylo provedeno pro SP 110 dní. Relevantní ekonomické srovnání bylo založeno na základě stanovení všech volitelných proměnných na stejnou hodnotu. Náklady na krmiva byly stanoveny na 100 Kč/den do 40 DIM, 120 Kč/den od 40 do 200 DIM a po 200 DIM opět na 100 Kč/den. Neměnné náklady byly určeny na 110 Kč/den a příjmy z prodeje mléka byly nastaveny na 9,00 Kč/kg, bez započítání dotací. Doba stání na sucho byla určena na 60 dní. Specifická korekce nádoje byla nastavena na nulu. Zajímavé bylo zjištění, že procentní zastoupení nákladů na krmiva činilo 62,67 %, zatímco neměnné náklady se podílely 37,33 %.

Analýza ekonomické efektivity a produkčních parametrů při SP 70 dní je uvedena v snímku 3 a zobrazuje výsledky produkce mléka za 100 dnů 4 234,65 kg, za 200 dnů 8 150,64 kg a za laktaci trvající 305 dnů 10 916,78 kg mléka. Dojivost na vrcholu laktace dosahovala 44,98 kg mléka a byla zaznamenána 65. den po otelení. Na konci laktace, tj. 290. den, byl denní nádoj 27,01 kg. Uvedené výsledky lze porovnat se závěry práce Campos et al. (2023), kteří publikovali ve Virginii na holštýnských dojnicích výsledky množství nadojeného mléka na vrcholu laktace 39,7 kg/den (134. DIM) a v sestupné fázi laktace 31,1 kg/den (257. DIM). Průměrná denní dojivost byla 37,64 kg, s průměrnou denní dojivostí za rok 31,19 kg. Celková produkce mléka za laktaci dosáhla 10 916,78 kg. Ekonomické výsledky pro tuto situaci ukázaly, že celkové neměnné náklady činily 31 900,00 Kč, náklady na krmiva činily 53 547,23 Kč a celkové náklady dosáhly 85 447,23 Kč. To představuje 7,83 Kč/kg produkovaného mléka. Příjmy z prodeje mléka byly 98 250,98 Kč bez dotací se ziskem 12 803,75 Kč za laktaci v přepočtu 1,17 Kč/kg mléka. Indexy perzistence laktace byly  $P_{2:1}$  na 92,47 %,  $P_{3:1}$  na 65,32 % a  $P_{3:2}$  na 70,64 %. Důležitým hodnoceným ekonomickým ukazatelem byl IOFC, který dosahoval 154,15 Kč/den. Tento ukazatel reflektoval rozdíl mezi příjmem z prodeje mléka ve výši 338,80 Kč a náklady na krmení 184,85 Kč na den. Příjem z prodeje mléka byl 9,00 Kč/kg a náklady na krmiva byly 4,91 Kč/kg, což dává IOFC 4,09 Kč/kg.

### Snímek 3. Ekonomická efektivnost při SP 70 dnů

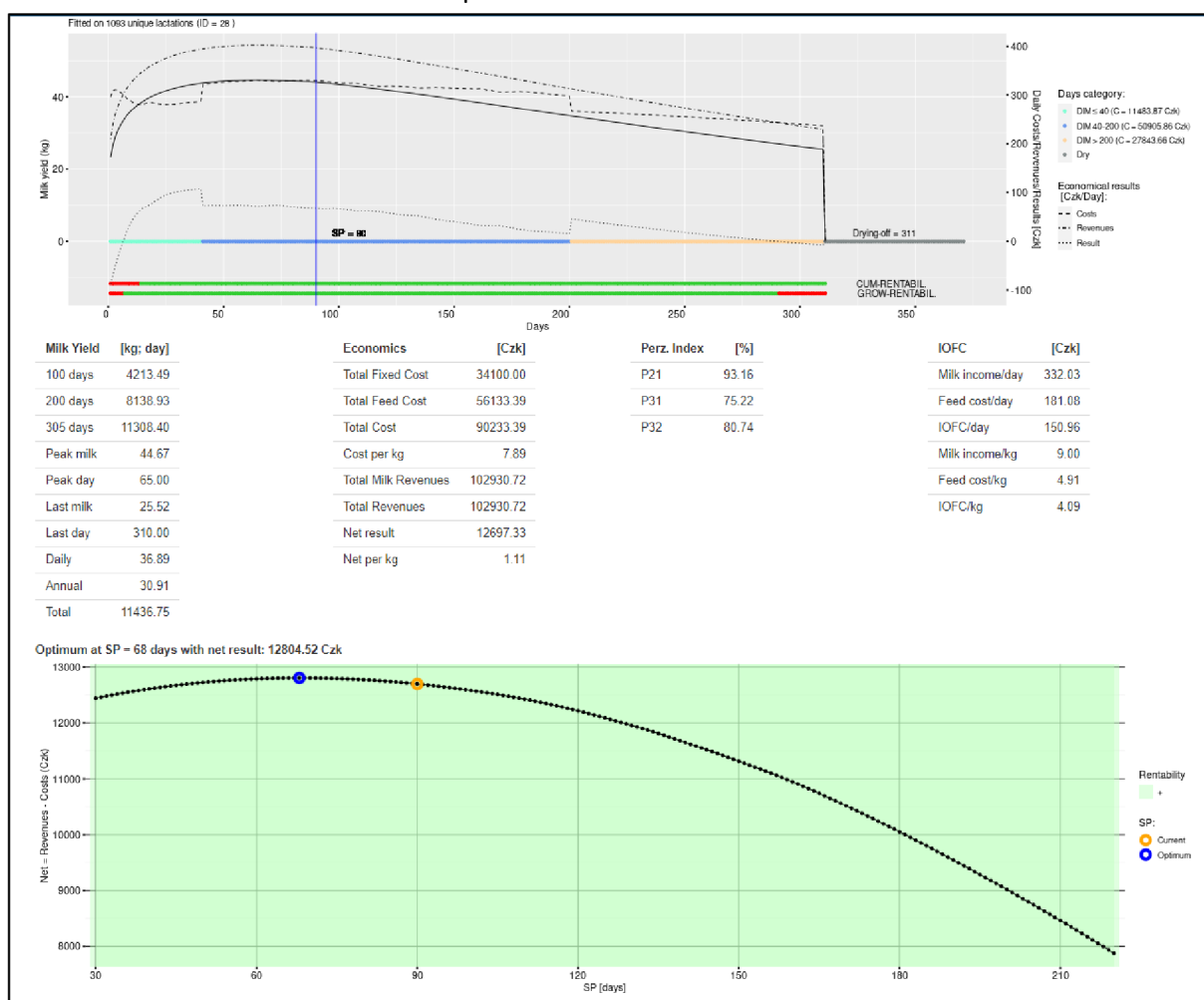


Zhodnocení ekonomické efektivnosti délky SP 90 dní, ilustruje Snímek 4. Nejprve byla specifikována typizace ID\_28 plemene H u dojnice na třetí laktaci, otelené na podzim. Dojnice byla dojena dvakrát za den, věk při 1. otelení byl 760 dnů a délka předchozího mezidobí 415 dnů. Pro adekvátní ekonomickou analýzu byly všechny vstupní proměnné stejné jako v předchozím případě. Neměnné náklady byly nastaveny na 110 Kč/den. Náklady na krmiva byly nastaveny na 100 Kč/den do 40 dnů po otelení, mezi 40. a 200. dnem po otelení na 120 Kč/den a po 200. dni až do konce laktace opět na 100 Kč/den. Příjmy z prodeje mléka byly stanoveny na 9,00 Kč/kg, bez zahrnutí dotací. Doporučená doba stání na sucho byla 60 dnů. Specifická korekce nádoje byla nastavena na nulu.

V rámci analýzy ekonomické úrovně výroby mléka pro délku SP 90 dní byly zaznamenány následující hodnoty produkce mléka: za prvních 100 dnů laktace 4 213,49 kg, za 200 dnů 8 138,93 kg a za 305 dnů 11 308,40 kg. Dojivost na vrcholu laktace byla 44,67 kg a byla

dosažena 65. den laktace. Nádoj poslední den laktace (310. den) byl 25,52 kg. Průměrná denní dojivost byla 36,89 kg a průměrná denní dojivost za rok 30,91 kg. Celková produkce mléka za laktaci činila 11 436,75 kg. Neměnné náklady dosáhly 34 100,00 Kč, náklady na krmiva byly 56 133,39 Kč, a celkové náklady 90 233,39 Kč. To představuje 7,89 Kč/kg produkovaného mléka. Pro doplnění lze uvést, že procentní zastoupení nákladů na krmiva činilo 62,21 %, zatímco neměnné náklady se podílely 37,79 %. Příjmy z prodeje mléka byly 102 930,72 Kč bez dotací, což po odečtení nákladů vedlo k výsledku 12 697,33 Kč za laktaci, což je na úrovni 1,11 Kč/kg mléka. Indexy perzistence laktace dosahovaly následujících hodnot:  $P_{2:1}$  byl 93,16 %,  $P_{3:1}$  činil 75,22 % a  $P_{3:2}$  dosahoval 80,74 %. Významný ekonomický indikátor IOFC byl tomto případě roven 150,96 Kč na den. Denní příjmy z prodeje mléka byly ve výši 332,03 Kč a denní náklady na krmiva 181,08 Kč. Náklady na krmiva byly také 4,91 Kč/kg, což odráží hodnotu IOFC 4,09 Kč/kg.

Snímek 4. Ekonomická efektivnost při SP 90 dnů

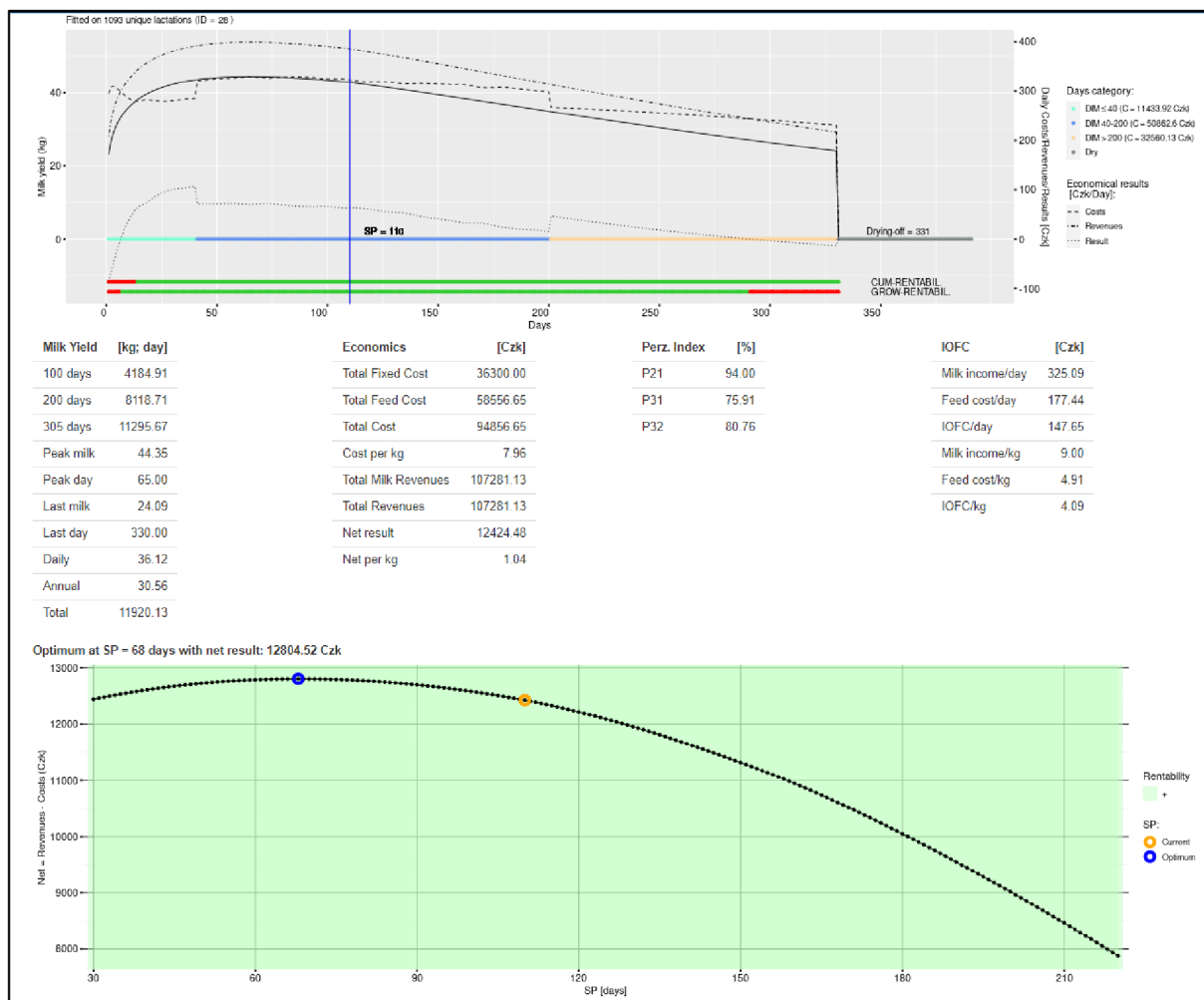


Výsledky ekonomické efektivity dojníc při délce SP je uvedena na snímku 5, kde byla aplikována typizace ID\_28 v online aplikaci se stejnými parametry jako v předchozích případech. V rámci posouzení ekonomické efektivity a produkčních parametrů dojníc s délkou SP 110 dní byly zaznamenány následující produkční údaje: Produkce mléka za prvních 100 dnů byla 4 184,91 kg, za 200 dnů bylo dosaženo 8 118,71 kg a produkce za 305 dnů byla 11 295,67 kg. Dojivost na vrcholu laktace činila 44,35 kg, což bylo dosaženo 65. den laktace. Poslední 330. den laktace byl nádoj 24,09 kg. Průměrná denní dojivost byla 36,12 kg a průměrná denní dojivost za rok byla 30,56 kg. Produkce mléka za laktaci dosáhla 11 920,13 kg. Ekonomické ukazatele pro SP 110 byly následující: neměnné náklady dosáhly 36 300 Kč, náklady na krmiva byly 58 556,65 Kč a celkové náklady činily 94 856,65 Kč, což odpovídá 7,96 Kč/kg produkovaného mléka. Celkové příjmy z prodeje mléka dosáhly 107 281,13 Kč, což po odečtení nákladů vedlo k výsledku 12 424,48 Kč za laktaci, což je 1,04 Kč/kg mléka. Procento nákladů na krmiva činilo přibližně 61,73 %, zatímco neměnné náklady se podílely přibližně 38,27 %.

Indexy perzistence laktace dosahovaly  $P_{2:1}$  na úrovni 94 %,  $P_{3:1}$  na 75,91 % a  $P_{3:2}$  na 80,76 %.

Důležitým ukazatelem hospodaření byl IOFC, který činil 147,65 Kč/den. Příjmy z prodeje mléka byly 325,09 Kč a denními krmnými náklady 177,44 Kč, což v přepočtu činilo 4,91 Kč/kg, potažmo IOFC 4,09 Kč/kg.

### Snímek č. 5. Ekonomická efektivnost při SP 110 dnů



Tabulka 35 obsahuje prezentovaná data týkající se produkčních ukazatelů ve třech sloupcích, které odpovídají různým délkám servis periody: 70, 90 a 110 dnů. Z výsledků je zřejmé, že s prodlužující se délkou SP se prodlužuje také délka laktace, zatímco produkce mléka za 100 dní se mírně snižuje. Podobné závěry byly zjištěny také v případě produkce za 200 dní, i zde byl trend mírného snižování produkce s prodlužující délkou SP. Zajímavé bylo, že v rámci 305denní produkce mléka byla v případě SP 90 dní nejvyšší. Výsledky nadoje na vrcholu laktace vykazovaly mírný pokles s prodlužující se délkou SP. Den dosažení vrcholu byl v rámci různých délek SP stejný (65 den laktace). Tato konzistence naznačuje, že vrchol produkce mléka není ovlivněn délkou laktace, ale spíše jinými faktory Bouallegue & M'Hamdi (2020).

V rámci hodnocení roční dojivosti bylo zjištěno, že s prodlužováním délky SP docházelo k nárůstu průměrné roční dojivosti mléka, zatímco průměrná denní dojivost za laktaci klesala,

což dle Kopečka & Martínkové (2012) může mít vliv na zvýšení ekonomického zisku na dojnici za rok. Z tabulky lze pozorovat, že zkrácením délky SP ze 110 dní na 90 dní, došlo ke zvýšení hodnoty IOFC ze 147,65 Kč/den na 150,96 Kč/den, což koresponduje se závěry práce (Campos et al., 2023), kteří uvádí hodnotu IOFC pro dojnici v rozdoji 6,91 (US\$/cow/d). Pro dojnici na vrcholu laktace 5,61 (US\$/cow/d) a pro dojnici v sestupné fázi laktace 3,79 (US\$/cow/d). Dále také došlo ke zvýšení příjmů za mléko ze 1,04 Kč/kg na 1,17 Kč/kg, což je vyšší hodnota zisku za prodané mléko, než Kvapilík et al. (2015) uvedli v ročence, kdy v průměru bylo dosaženo zisku 0,76 Kč za litr mléka.

Vyhodnocení ekonomické efektivity naznačuje, že vyšší produkce za 100 dní a 200 dní ve pro délku SP 70 dní znamenalo vyšší efektivitu krmení v počáteční fázi laktace. Nicméně s prodlužující se délkou laktace (SP 110 dní) docházelo ke snížení efektivity využití krmiva, což zvyšuje náklady na produkci mléka. Z tabulky dále vyplývá, že zkrácení délky SP z 110 na 90 dní vedlo k poklesu celkových nákladů na krmiva z 58 556,65 Kč na 56 133,39 Kč. Tato změna se projevila i v nákladech na kg vyrobeného mléka, kde došlo ke snížení z 7,96 Kč/kg na 7,89 Kč/kg. Tato zjištění korespondují s výzkumem provedeným Kvapilíkem et al. (2015), kteří uvádějí náklady na krmiva ve výši 69tis. Kč, což odpovídá 8,75 Kč na kilogram mléka. Příjmy za produkci mléka byly zásadně ovlivněny hladinou výkupní ceny. Pokud tržní cena mléka klesá, může to znamenat, že i přes vyšší produkci v pozdějších fázích laktace (SP 90 a SP 110 dní), bude celkový příjem nižší než při vyšší tržní ceně mléka a nižší produkci v rané fázi laktace (Cabrera & Kalantari, 2016).

Z výsledků analýzy vyplývá, že příjmy za prodej mléka pro SP 70 dní byl 338,80 Kč/den, pro SP 90 dní to bylo 332,03 Kč/den a pro SP 110 dní dokonce 325,09 Kč/den, což naznačuje negativní korelaci mezi délkou SP a denními příjmy. Přestože cena mléka na kilogram zůstala stabilní na úrovni 9,00 Kč/kg, celkové příjmy (včetně dotací) se zvyšovaly s prodlužující se délkou SP od 98 250,98 Kč pro SP 70 dní až na 107 281,13 Kč pro SP 110 dní. Absolutní hodnoty příjmů byly nejvyšší pro SP 70 dní (12 803,75 Kč). Průměrná denní dojivost za laktaci byla nejvyšší v případě délky SP 70 dní (37,64 kg), a i když průměrná denní dojivost za rok se zvyšovala s prodlužující se délkou SP, z hlediska rentability bylo zjištěno, že delší SP vede k nižšímu zisku na jednotku kg mléka. Míra rentability, vypočítaná jako poměr příjmu k celkovým nákladům, se ukázala být nejvyšší pro SP 70 dní s hodnotou přibližně 13,03 %, zatímco pro SP 90 dní to bylo 12,34 % a pro SP 110 dní 11,58 %. To poukazuje na to, že i přes vyšší celkové produkci a denní dojivost

za rok, delší SP intervaly nejsou nutně neefektivnější z hlediska ziskovosti. Oproti tomu Kvapilík et al. (2013), kalkuloval zisk na 1 L mléka ( $-1,58 \pm 0,37$  Kč) při průměrných nákladech 8,73 Kč/litr mléka. Z těchto poznatků vyplývá, že optimalizace délky SP je klíčová pro maximalizaci ziskovosti. Je důležité najít rovnováhu mezi celkovou produkcí mléka a efektivním generováním zisku, což vyžaduje pečlivou analýzu specifických podmínek. Prodlužování laktace vede k prodlužování neefektivní fáze laktace, navýšení pozitivní energetické bilance, nárůstu tělesné kondice, vyššímu riziku zdravotních problémů. To může zvýšit náklady na veterinární péči a snížit celkovou produktivitu dojnic, což má důsledky pro celkovou ekonomiku farmy (Peiter et al., 2021). Lze tedy uvést, že kratší délka SP může vyžadovat vyšší náklady na inseminaci, ale zároveň mají dojnice vyšší průměrnou denní dojivost v laktaci, což podporují také výsledky modelu, které prokazují vyšší nádoje ( $a_0$  – koeficienty) pro krávy na vyšších laktacích pro obě hodnocená plemena.



Tabulka 35. Výsledky kalkulace ekonomiky pro různé SP

<b>Produkční ukazatele (kg; den)</b>	SP 70 dní	SP 90 dní	SP 110 dní
Produkce za 100 dní	4 234,65	4 213,49	4 184,91
Produkce za 200 dní	8 150,64	8 138,93	8 118,71
Produkce za 305 dní	10 916,78	11 308,40	11 295,67
Nádoj na vrcholu laktace	44,98	44,67	44,35
Den vrcholu laktace	65	65	65
Nádoj poslední den laktace	27,01	25,52	24,09
Poslední den laktace	290	310	330
Průměrná denní dojivost za lak.	37,64	36,89	36,12
Průměrná denní dojivost za rok	31,19	30,91	30,56
Produkce mléka za laktaci	10 916,78	11 436,75	11 920,13
<b>Ekonomické ukazatele (Kč)</b>			
Celkové neměnné náklady	31 900,00	34 100,00	36 300,00
Celkové náklady na krmiva	53 547,23	56 133,39	58 556,65
Celkové náklady	85 447,23	90 233,39	94 856,65
Náklady na kg mléka	7,83	7,89	7,96
Celkové příjmy (bez dotací)	98 250,98	102 930,72	107 281,13
Celkové příjmy	98 250,98	102 930,72	107 281,13
Zisk	12 803,75	12 697,33	12 424,48
Zisk na kg mléka	1,17	1,11	1,04
<b>Index perzistence (%)</b>			
P2:1	92,47	93,16	94,00
P3:1	65,32	75,22	75,91
P3:2	70,64	80,74	80,76
<b>IOFC (Kč)</b>			
Příjmy za prodej mléka/den	338,80	332,03	325,09
Náklady na krmiva /den	184,65	181,08	177,44
IOFC/den	154,15	150,96	147,65
Příjem za prodej mléka/kg	9,00	9,00	9,00
Náklady na krmiva /kg	4,91	4,91	4,91
IOFC/kg	4,09	4,09	4,09

## 6. ZÁVĚR

Cílem disertační práce bylo vyhodnotit vztah mezi délkou servis periody, resp. laktace na průměrný denní nádoj krav a jejich roční produkci mléka, vlivu délky a tvaru laktační křivky na rentabilitu chovu dojníc a mírou rentability výroby mléka.

Pro splnění stanoveného cíle byl použit rozšířený model Woodovy laktační křivky aplikovaný na 32 skupin dat (typizací), rozdělených dle neměnných charakteristik v rámci jedné laktace (plemeno, sezóna otelení, pořadí laktace), čímž byly zachyceny potenciaální genetické a environmentální faktory ovlivňující výkonnost individuální dojnice. Rozšířený model Woodovy laktační křivky byl dále rozšířen o vybrané prediktory (věk při prvním otelení, délka předchozího mezidobí, délka servis periody, náhodný efekt počtu dojení doplněný u každé krávy). Po experimentálním ověření numerické stability, byl model úspěšně otestován na všech 32 typizacích. Následně byla ověřena schopnost modelu predikovat denní nádoje, ale také vybrané charakteristiky laktace. Výsledky byly ilustrovány na vybrané typizaci (ID\_29), ale také na agregovaných výsledcích všech 30 357 laktací.

Z výsledků práce vyplývá, že dojnice s kratší servis periodou, potažmo laktací, měly vyšší průměrný denní nádoj a roční dojivost. Vyhodnocení délky SP 70 dní, což odpovídá délce laktace 290 dní, naznačilo, že denní nádoj při SP 70 dosahoval 37,64 kg, při SP 90 dní to bylo 36,89 kg a při SP 110 dní 36,12 kg mléka. Výsledky práce tedy potvrzují hypotézu, že dojnice s kratší délkou servis periody dosahovaly vyššího průměrného denního nádoje.

Rovněž, platí, že kratší délka SP znamená i vyšší průměrnou denní dojivost během kalendářního roku, tj. včetně příslušné doby stání na sucho. Při délce SP 70 dní činila průměrná denní dojivost během celého roku 31,19 kg, při SP 90 dní 30,91 kg a SP 110 dní 30,56 kg mléka, tedy s kratší délkou SP se průměrná denní dojivost během roku zvyšovala.

Naopak opačný trend byl zjištěn v případě produkce mléka za laktaci (330 dní), kde nejvyšší produkce mléka byla zaznamenána při SP 110 dní a celkem 11 920,13 kg mléka. Tento závěr lze vysvětlit výskytem kratších laktací ukončených před 305. dnem, což mohlo vést ke zdánlivě nižšímu celkovému množství mléka ve srovnání s delšími laktacemi. Dále byla potvrzena hypotéza, že dojnice s kratší servis periodou vykazují nižší perzistenci laktace. Tento závěr byl potvrzen v rámci všech hodnocených indexů perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$ ,  $P_{3:2}$ ), kde nejnižší hodnota byla zjištěna vždy pro délky SP 70 dní. Z toho lze usoudit, že v případě kratší (SP), při

nichž docházelo k dřívějšímu zabřeznutí krav, a tedy i ukončení laktace, mohlo dojít k poklesu perzistence laktace, a tím i k celkové produkci mléka za celou laktaci. To vede k prodloužení laktace a délky mezidobí. Kratší laktace mohou mít za následek nižší průměrný denní nádoj ve srovnání s delšími laktacemi. Na základě toho lze také uvést, že příliš krátká servis perioda nemusí být ekonomicky nejvýhodnější. Z ekonomického hlediska je tedy důležité zvážit jak denní produkci mléka, tak roční dojivost. Ekonomická analýza potvrdila, že délka SP ovlivňuje také dosažený zisk na kg mléka. Při pevně stanovené výkupní ceně mléka bylo zjištěno, že kratší SP 90 dní měla nejnižší náklady 7,83 Kč/kg mléka a nejvyšší zisk za laktaci. Při výkupní ceně mléka 9,00 Kč/kg činil zisk na 1 kg mléka při délce SP 70 dní 1,17 Kč; při SP 90 dní 1,11 Kč a při SP 110 dní 1,04 Kč. Zisk za laktaci byl nejvyšší také v případě kratší délky SP 70 dní = 12 803,75 Kč.

Zajímavým výsledkem ekonomické analýzy bylo také zjištění, že hodnota IOFC (Income Over Feed Cost) v rámci skupin podle délky SP měla nejkratší SP 70 dní nejvyšší hodnotu IOFC = 154,15 Kč. Tento výsledek koresponduje s tím, že nejvyšší IOFC bývá dosahován v první polovině laktace z důvodu vyšší denní dojivosti a relativně nižšího příjmu krmiva potřebného k produkci 1 kg mléka oproti konci laktace, kdy příjem krmiva převyšuje potřebu živin na produkci mléka, protože část přijaté energie je využita pro obnovu tělesných zásob tuku. Z provedené ekonomické analýzy vyplývá, že délka servis periody má významný vliv na ekonomickou efektivnost výroby mléka a že správné nastavení délky SP je klíčové pro maximalizaci ekonomického výnosu v chovech dojných krav.

Závěrem lze konstatovat, že stanovený cíl disertační práce byl na základě dosažených výsledků splněn a vyslovené hypotézy potvrzeny.

## 7. PRAKTICKÝ VÝSTUP DISERTAČNÍ PRÁCE

- Z výsledků disertační práce vyplývá, že optimalizace délky servis periody zvyšuje průměrný denní nádoj, což je ekonomicky výhodné z hlediska krátkodobého cash flow. Avšak je důležité si uvědomit, že příliš krátká SP nemusí být vždy nejlepší volbou, jelikož může vést k nižší celkové roční doživosti z důvodu nižší perzistence laktace.
- Pro analýzu a predikci nádoje mléka a ekonomického dopadu lze využít nově vytvořenou online aplikaci s názvem: „[Wood-Profit-Curve for optimal service period](#)“ (Vrhel & Bechny, 2024) a podobné nástroje umožňují chovatelům dobytka lépe porozumět a optimalizovat výrobu mléka.

## 8. PUBLIKAČNÍ AKTIVITA

### Vědecké práce s IF indexem:

- Vrhel, M.**, Ducháček, J., Gašparík, M., Vacek, M., Codl, R., & Pytlík, J. (2021). Milkability differences based on lactation peak and parity in Holstein cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 30(3), 206-213.
- Stádník, L., Ducháček, J., Pytlík, J., Gašparík, M., Codl, R., & **Vrhel, M.** (2022). Cow metabolic status assessed from fat/protein ratio in milk affected ovarian response and number of transferable embryos after superovulation. *Czech Journal of Animal Science*, 67(2), 39-46.
- Pytlík, J., Savvulidi, F. G., Ducháček, J., Codl, R., **Vrhel, M.**, Nagy, S., & Stádník, L. (2022). Effect of extender on the quality and incubation resilience of cryopreserved Holstein bull semen. *Czech Journal of Animal Science*, 67(3), 75-86.
- Gašparík, M., Stádník, L., Ducháček, J., & **Vrhel, M.** (2022). Milkability of Holstein cows is significantly affected by the incidence of clinical mastitis for weeks after diagnosis. *Journal of Dairy Research*, 89(1), 71-74.
- Gašparík, M., Ducháček, J., Stádník, L., **Vrhel, M.**, & Ptáček, M. (2022). Milkability characteristics of Jersey cows throughout the lactation and their effect on milking induced teat prolongation. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 72(2), 114-122.
- Codl, R., Ducháček, J., Vacek, M., Pytlík, J., Stádník, L., & **Vrhel, M.** (2022). Relationship between daily activities duration and oestrus in dairy cows over the year. *Acta Veterinaria Brno*, 91(1), 11-16.
- Ducháček, J., Codl, R., Pytlík, J., Gašparík, M., Ptáček, M., Stádník, L., & **Vrhel, M.** (2022). Growth ability of Czech Fleckvieh bulls in modern cattle fattening stable. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 316-321.
- Pytlík, J., Codl, R., Ducháček, J., Savvulidi, F. G., **Vrhel, M.**, & Stádník, L. (2023). Low-density lipoprotein supplementation improves the quality of Holstein bulls' insemination doses. *Czech Journal of Animal Science*, 68(2).
- Gašparík, M., Szencziová, I., Ducháček, J., Tóthová Tarová, E., Stádník, L., Nagy, M., Kejdová Rysová, L., **Vrhel, M.**, & Legarová, V. (2023). Complex Relationships between Milking-Induced

Changes in Teat Structures and Their Pre-Milking Dimensions in Holstein Cows. *Animals*, 13(6), 1085.

Codl, R., Ducháček, J., Vacek, M., Pytlík, J., Stádník, L., & **Vrhel, M.** (2023). The influence of eating and rumination time on solids content in milk and milk yield performance of cows. *Czech Journal of Animal Science*, 68(4), 161-168.

Smolík, P., **Vrhel, M.**, Smutný, L., Šoch, M. (2024). Modern systems for monitoring the movement activity of cows and their use for checking vital functions: a review. *Journal of Central European Agriculture*.

**Vrhel, M.**, Ducháček, J., Gašparík, M., Vacek, M., Codl, R., & Pytlík, J. (2024). Association between production and reproduction parameters based on parity and breed of dairy cows in the Czech Republic. *Archives Animal Breeding*, 67(2), 197-205.

#### **Vědecké práce publikované v databázi SCOPUS:**

Codl, R., Ducháček, J., Pytlík, J., Stádník, L., Vacek, M., & **Vrhel, M.** (2020). Evaluation of the Level of Length of Eating Time, Chewing and Parameters of Daily Increased Activity Depending on the Breed, the Lactation Number and the Period of the Year. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68, 659-667.

Codl R, Ducháček J, Pytlík J, Stádník L, Vacek M, **Vrhel M.** (2021). Using Changes in Eating and Rumination Time to Indicate the Onset of Parturition or Changes in the Health Status of Dairy Cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 69 (4). 555–561.

Ducháček, J., Codl, R., Gašparík, M., Pytlík, J., Ptáček, M., & **Vrhel, M.** (2023). The effect of beta-hydroxybutyrate concentration in the blood on reproduction, production, and health of cows in the first weeks after calving. *Journal of Central European Agriculture*, 24(1), 32-42.

Pytlík, J., Ducháček, J., Codl, R., Savvulidi, F. G., **Vrhel, M.**, & Stádník, L. (2023). Effect of different equilibration times and freezing rates on bull spermatozoa cryotolerance. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 71(1).

#### **Odborné práce publikované v dalších periodikách:**

**Vrhel, M.**, Ducháček, J., Vacek, M., Codl, R., and Pytlík, J. (2021). Nezapomínejme na perzistenci laktace. *Náš Chov*, 81(9), pp.46-47.

**Ostatní výsledky:**

**Vrhel, M., & Bechny. M. (2024).** „Wood-Profit-Curve for Optimal Service Period“, *RShinny application*. Dostupné z: [Wood-Profit-Curve for optimal service period \(shinyapps.io\)](https://shinyapps.io/Wood-Profit-Curve-for-optimal-service-period/).

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abedal-Majed, M. A., Titi, H. H., Al-Qaisi, M., Abdelqader, A., & Tabbaa, M. J. (2023). The effects of rumen protected methionine supplementation on the performance of primiparous dairy cows using the Presynch-Ovsynch protocol. *Animal Science Journal*, *94*(1), e13835.
- Abramova, N. I., Burgomistrova, O. N., & Khromova, O. L. (2018). The relationship between duration of use of dairy breeds cows and a blood share of Holstein breed. *Zootekhnika*, (1), 12-16.
- Adriaens, I., Huybrechts, T., Aernouts, B., Geerinckx, K., Piepers, S., De Ketelaere, B., & Saeys, W. (2018). Method for short-term prediction of milk yield at the quarter level to improve udder health monitoring. *Journal of Dairy Science*, *101*(11), 10327-10336.
- Albarrán-Portillo, B., & Pollott, G. E. (2013). The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *Journal of dairy science*, *96*(1), 635-646.
- Ali, I., Muhammad Suhail, S., & Shafiq, M. (2019). Heritability estimates and genetic correlations of various production and reproductive traits of different grades of dairy cattle reared under subtropical condition. *Reproduction in Domestic Animals*, *54*(7), 1026-1033.
- Alkerwi, M. S. M., & Hassooni, H. A. (2021). A Genetic Evaluation Of Some Reproductive Traits Of Holstein-Friesian Cattle In Five Syrian Dairies. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, *5*(1), 1-9.
- Angeles-Hernandez, J. C., Aranda-Aguirre, E., Muñoz-Benítez, A. L., Chay-Canul, A. J., Albarran-Portillo, B., Pollott, G. E., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Physiology of milk production and modelling of the lactation curve. *CABI Reviews*, (2021).
- Angeles-Hernandez, J. C., Aranda-Aguirre, E., Muñoz-Benítez, A. L., Chay-Canul, A. J., Albarran-Portillo, B., Pollott, G. E., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Physiology of milk production and modelling of the lactation curve. *CABI Reviews*, (2021).
- Arbel, R., Bigun, Y., Ezra, E., Sturman, H., & Hojman, D. (2001). The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. *Journal of dairy science*, *84*(3), 600-608.
- Armengol, R., Fraile, L., & Bach, A. (2022). Key performance indicators used by dairy consultants during the evaluation of reproductive performance in a first visit. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 871079.



- Arya, V., Shahi, B. N., Kumar, D., Barwal, R. S., Kumar, S., & Gautam, L. (2020). Comparison of lactation curve models for fortnightly test day milk yield. *Indian Journal of Animal Sciences*, 90(3), 140-44.
- Atashi, H., Asaadi, A., & Hostens, M. (2021). Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows. *PLoS One*, 16(1), e0244825.
- Bahrami-Yekdangi, M., Ghorbani, G. R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Mahnani, A., Drackley, J. K., & Ghaffari, M. H. (2022). Identification of cow-level risk factors and associations of selected blood macro-minerals at parturition with dystocia and stillbirth in Holstein dairy cows. *Scientific reports*, 12(1), 5929.
- Bach, A. (2011). Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *Journal of dairy science*, 94(2), 1052-1057.
- Bach, A., Valls, N., Solans, A., & Torrent, T. (2008). Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *Journal of dairy science*, 91(8), 3259-3267.
- Balaine, L., Laple, D., Dillon, E. J., & Buckley, C. (2023). Extension and management pathways for enhanced farm sustainability: evidence from Irish dairy farms. *European review of agricultural economics*, 50(2), 810-850.
- Balhara, S., Singh, R. P., & Ruhil, A. P. (2021). Data mining and decision support systems for efficient dairy production. *Veterinary World*, 14(5), 1258.
- Barrier, A. C., & Haskell, M. J. (2011). Calving difficulty in dairy cows has a longer effect on saleable milk yield than on estimated milk production. *Journal of dairy science*, 94(4), 1804-1812.
- Bell, M. J., Wall, E., Russell, G., Morgan, C., & Simm, G. (2010). Effect of breeding for milk yield, diet and management on enteric methane emissions from dairy cows. *Animal Production Science*, 50(8), 817-826.
- Bello, N. M., Stevenson, J. S., & Tempelman, R. J. (2012). Invited review: Milk production and reproductive performance: Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. *Journal of dairy science*, 95(10), 5461-5475.
- Berry, D. P., Friggens, N. C., Lucy, M., & Roche, J. R. (2016). Milk production and fertility in cattle. *Annual review of animal biosciences*, 4, 269-290.
- Berry, D. P., Wall, E., & Pryce, J. E. (2014). Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*, 8(s1), 105-121.

- Bitencourt, M. F., Cerdotes, L., Restle, J., Costa, P. T., Fernandes, T. A., Ferreira, O. G., ... & Vaz, R. Z. (2020). Age and calving time affects production efficiency of beef cows and their calves. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92.
- Bórawski, P., Pawlewicz, A., Parzonko, A., Harper, J. K., & Holden, L. (2020). Factors shaping cow's milk production in the EU. *Sustainability*, 12(1), 420.
- Boro, P., Saharia, J., Bharali, D., Sarma, M., Sonowal, M., & Brahma, J. (2020). Productive and reproductive performances of Murrah buffalo cows: A review. *J. Entomol. Zool. Stud*, 8, 290-293.
- Bouallegue, M., & M'Hamdi, N. (2020). Mathematical modeling of lactation curves: A review of parametric models. *Lactation in farm animals-biology, physiological basis, nutritional requirements, and modelization*, 1, 1-20.
- Boulton, A. C., Rushton, J., & Wathes, D. C. (2017). An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. *Animal*, 11(8), 1372-1380.
- Brickell, J. S., & Wathes, D. C. (2011). A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1831-1838.
- Brito, L. F., Bedere, N., Douhard, F., Oliveira, H. R., Arnal, M., Peñagaricano, F., Schinckel, A. P., Baes, C. F., & Miglior, F. (2021). Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal*, 15, 100292.
- Brotherstone, S., Thompson, R., & White, I. M. S. (2004). Effects of pregnancy on daily milk yield of Holstein–Friesian dairy cattle. *Livestock Production Science*, 87(2-3), 265-269.
- Bruinjé, T. C., Morrison, E. I., Ribeiro, E. S., Renaud, D. L., Serrenho, R. C., & LeBlanc, S. J. (2023). Postpartum health is associated with detection of estrus by activity monitors and reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*.
- Burgers, E. E. A., Kok, A., Goselink, R. M. A., Hogeveen, H., Kemp, B., & Van Knegsel, A. T. M. (2021). Fertility and milk production on commercial dairy farms with customized lactation lengths. *Journal of dairy science*, 104(1), 443-458.
- Burgers, E. E. A., Kok, A., Goselink, R. M. A., Hogeveen, H., Kemp, B., & van Knegsel, A. T. M. (2022). Revenues and costs of dairy cows with different voluntary waiting periods based on data of a randomized control trial. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4171-4188.
- Butler, W. R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock production science*, 83(2-3), 211-218.

- Cabrera, V. E. (2014). Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems. *Animal*, 8(s1), 211-221.
- Cabrera, V. E., & Kalantari, A. S. (2016). Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. *Journal of dairy science*, 99(1), 825-841.
- Campos, L. M., Ringer, H., Chung, M., & Hanigan, M. D. (2023). Application of a mathematical framework for the optimization of precision-fed dairy cattle diets. *animal*, 101001.
- Canaza-Cayo, A. W., Lopes, P. S., da Silva, M. V. G. B., de Almeida Torres, R., Martins, M. F., Arbex, W. A., & Cobuci, J. A. (2015). Genetic parameters for milk yield and lactation persistency using random regression models in Girolando cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(10), 1407.
- Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*, 11(2), 301.
- Cardoso, F. C., Kalscheur, K. F., & Drackley, J. K. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *Journal of dairy science*, 103(6), 5684-5693.
- Carvalho, M. R., Peñagaricano, F., Santos, J. E. P., DeVries, T. J., McBride, B. W., & Ribeiro, E. S. (2019). Long-term effects of postpartum clinical disease on milk production, reproduction, and culling of dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(12), 11701-11717.
- Carvalho, P. D., Santos, V. G., Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2018). Development of fertility programs to achieve high 21-day pregnancy rates in high-producing dairy cows. *Theriogenology*, 114, 165-172.
- Cogato, A., Brščić, M., Guo, H., Marinello, F., & Pezzuolo, A. (2021). Challenges and tendencies of automatic milking systems (AMS): A 20-years systematic review of literature and patents. *Animals*, 11(2), 356.
- Cole, J. B., & Null, D. J. (2009). Genetic evaluation of lactation persistency for five breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2248-2258.
- Cole, J. B., Makanjuola, B. O., Rochus, C. M., van Staaveren, N., & Baes, C. (2023). The effects of breeding and selection on lactation in dairy cattle. *Animal Frontiers*, 13(3), 55-63.
- Daneshmand, R., & Shahidi, S. (2023). A review and analysis on fertility and milk production in commercial dairy farms with customized lactation length during the last ten years. *Journal of New Findings in Health and Educational Sciences (IJHES)*, 1(3), 20-37.

- Dash, S. K., Gupta, A. K., Manoj, M., Kumar, V., Shivhre, P. R., & Valsalan, J. (2018). Analysis of lifetime performance in Karan Fries Cattle. *Indian Journal of Animal Research*, 52(5), 761-767.
- Dash, S., Chakravarty, A. K., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, M., & Yousuf, S. (2016). Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary world*, 9(3), 235.
- De Vries, A. (2006). Economic value of pregnancy in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 89(10), 3876-3885.
- De Vries, A. (2020). Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan?. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3838-3845.
- De Vries, A., & Marcondes, M. I. (2020). Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. *Animal*, 14(S1), s155-s164.
- De Vries, A., van Leeuwen, J., & Thatcher, W. W. (2005). Economics of improved reproductive performance in dairy cattle. University of Florida, *Institute of Food and Agricultural Sciences Extension Publication*. Electronic Data Information Source: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Dekkers, J. C. M., Jamrozik, J., Ten Hag, J. H., Schaeffer, L. R., & Weersink, A. (1996). Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. *Interbull Bulletin*, (12).
- Dematawewa, C. M. B., Pearson, R. E., & VanRaden, P. M. (2007). Modeling extended lactations of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3924-3936.
- Dijkstra, J., France, J., Dhanoa, M. S., Maas, J. A., Hanigan, M. D., Rook, A. J., & Beever, D. E. (1997). A model to describe growth patterns of the mammary gland during pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2340-2354.
- Dimov, D., & Marinov, I. (2019). Comfort indicators in free-stall housing of dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(4).
- Domínguez-Viveros, J., Aguilar-Palma, G. N., Juárez-Hernández, L. E., Luna-Palomera, C., Saiz-Pineda, J. F., Reyes-Cerón, A., & Villegas-Gutiérrez, C. (2023). Characterisation of the lactation curve of Gyr and Sardo Negro cattle. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, Vol. 124 No. 1 (2023) 93–100.
- Dubey, A., Santra, A. K., Singh, M., Awasthi, M. K., Khune, V. N., Bhonsle, D. K., Pathak, R., & Yadav, A. (2021). Association of various farm management parameters with milk yield. *The Pharma Innovation Journal*; 10(7): 616-619.

- Eaglen, S. A. E., Coffey, M. P., Woolliams, J. A., Mrode, R., & Wall, E. (2011). Phenotypic effects of calving ease on the subsequent fertility and milk production of dam and calf in UK Holstein-Friesian heifers. *Journal of dairy science*, *94*(11), 5413-5423.
- Eastham, N. T., Coates, A., Cripps, P., Richardson, H., Smith, R., & Oikonomou, G. (2018). Associations between age at first calving and subsequent lactation performance in UK Holstein and Holstein-Friesian dairy cows. *PloS one*, *13*(6), e0197764.
- Ehrlich, J. L. (2011). Quantifying shape of lactation curves, and benchmark curves for common dairy breeds and parities. *The Bovine Practitioner*, 88-95.
- Ehrlich, J.L., MilkBot® Model. DairySight LLC (2012). Poslední revize 20.8.2023. Dostupné z: <http://dairysight.com>.
- Ettema, J. F., & Santos, J. E. P. (2004). Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of dairy science*, *87*(8), 2730-2742.
- Evropská komise. (2023). EU prices of cow's raw milk. Milk Market Observatory. Dne: 17. ledna 2024, z [https://www.clal.it/en/?section=latte\\_europa\\_mmo](https://www.clal.it/en/?section=latte_europa_mmo)
- Fear, J. M., & Hansen, P. J. (2011). Developmental changes in expression of genes involved in regulation of apoptosis in the bovine preimplantation embryo. *Biology of reproduction*, *84*(1), 43-51.
- Ferreira, A. G., Henrique, D. S., Vieira, R. A., Maeda, E. M., & Valotto, A. A. (2015). Fitting mathematical models to lactation curves from holstein cows in the southwestern region of the state of Parana, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *87*, 503-517.
- Ferreira, F. C., Clay, J. S., & De Vries, A. (2020). Distribution of seasonality of calving patterns and milk production in dairy herds across the United States. *Journal of dairy science*, *103*(9), 8161-8173.
- Fetrow, J., Nordlund, K. V., & Norman, H. D. (2006). Invited review: Culling: Nomenclature, definitions, and recommendations. *Journal of dairy science*, *89*(6), 1896-1905.
- Fodor, I., L. Ozsvári. (2015). The evaluation of reproductive performance in dairy herds. [http://real.mtak.hu/24781/1/ICoM\\_2015-paper085.pdf](http://real.mtak.hu/24781/1/ICoM_2015-paper085.pdf). Staženo: 19. září 2023
- Friggens, N. C., Andersen, J. B., Larsen, T., Aaes, O., & Dewhurst, R. J. (2004). Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. *Animal Research*, *53*(6), 453-473.

- Fu, Y., Peterson, S. W., & Lopez-Villalobos, N. (2021). Effect of concurrent pregnancy on the persistency of lactation in dairy cows milked once a day. *New Zealand Journal of Animal Science and Production*, *81*, 99-105.
- Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Cullen, B., Tongson, E., Chauhan, S. S., & Dunshea, F. R. (2020). Artificial intelligence applied to a robotic dairy farm to model milk productivity and quality based on cow data and daily environmental parameters. *Sensors*, *20*(10), 2975.
- Funnell, B. J., & Hilton, W. M. (2016). Management and prevention of dystocia. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *32*(2), 511-522.
- Gaillard, C., Barbu, H., Sørensen, M. T., Sehested, J., Callesen, H., & Vestergaard, M. (2016). Milk yield and estrous behavior during eight consecutive estruses in Holstein cows fed standardized or high energy diets and grouped according to live weight changes in early lactation. *Journal of Dairy Science*, *99*(4), 3134-3143.
- Galvão, K. N., Federico, P., De Vries, A., & Schuenemann, G. M. (2013). Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *Journal of dairy science*, *96*(4), 2681-2693.
- Gauthier, R. (2021). *Système d'alimentation de précision des truies en lactation par modélisation et machine learning* (Doctoral dissertation, Agrocampus Ouest).
- Gavora, J. S., Liljedahl, L. E., McMillan, I., & Ahlen, A. K. (1982). Comparison of three mathematical models of egg production. *British Poultry Science*, *23*(4), 339-348.
- Gherissi, D. E., & Djaout, A. (2023). Book of Abstracts: 1st International Seminar on Animal Health and Production: Livestock diseases and population medicine in dairy cattle farms. *Genetics & Biodiversity Journal*, *7*(2), 195-371.
- Giannuzzi, D., Mota, L. F. M., Pegolo, S., Gallo, L., Schiavon, S., Tagliapietra, F., ... & Cecchinato, A. (2022). In-line near-infrared analysis of milk coupled with machine learning methods for the daily prediction of blood metabolic profile in dairy cattle. *Scientific Reports*, *12*(1), 8058.
- Gilmore, H. S., Young, F. J., Patterson, D. C., Wylie, A. R. G., Law, R. A., Kilpatrick, D. J., Elliott, C. T., Mayne, C. S. (2011). An evaluation of the effect of altering nutrition and nutritional strategies in early lactation on reproductive performance and estrous behavior of high-yielding Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of dairy science*, *94*(7), 3510-3526.
- Giordano, J. O., Fricke, P. M., Wiltbank, M. C., & Cabrera, V. E. (2011). An economic decision-making support system for selection of reproductive management programs on dairy farms. *Journal of dairy science*, *94*(12), 6216-6232.

- Girma, F., & Gebremariam, B. (2019). Review on effect of stress on production and reproduction of dairy cattle. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 8(1), 29-32.
- González-Recio, O., Pérez-Cabal, M. A., & Alenda, R. (2004). Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. *Journal of dairy science*, 87(9), 3053-3061.
- Gorelik, O. V., Harlap, S. Y., Vinogradova, N. D., Lykasova, I. A., & Belookova, O. V. (2021, March). Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 677, No. 3, p. 032019). IOP Publishing.
- Gridina, S. L., Gridin, V. F., & Leshonok, O. I. (2018, December). Characterization of high-producing cows by their immunogenetic status. In International scientific and practical conference "Agro-SMART-Smart solutions for agriculture"(Agro-SMART 2018) (pp. 253-256). Atlantis Press.
- Groën, A., Sölkner, J., Aumann, J., Ducrocq, V., Gengler, N., & Strandberg, E. (1998). EU Concerted Action'Genetic Improvement of Functional Traits in cattle'(GIFT) Annual report 1997. *Interbull Bulletin*, (19), 9-9.
- Groenendaal, H., Galligan, D. T., & Mulder, H. A. (2004). An economic spreadsheet model to determine optimal breeding and replacement decisions for dairy cattle. *Journal of dairy science*, 87(7), 2146-2157.
- Groenewald, P. C. N., Ferreira, A. V., Van der Merwe, H. J., & Slippers, S. C. (1995). A mathematical model for describing and predicting the lactation curve of Merino ewes. *Animal Science*, 61(1), 95-101.
- Grossman, M., & Koops, W. J. (1988). Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 71(6), 1598-1608.
- Grummer, R. R. (2008). Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 176(1), 10-20.
- Grzesiak, W., Błaszczak, P., & Lacroix, R. (2006). Methods of predicting milk yield in dairy cows— Predictive capabilities of Wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs). *Computers and electronics in agriculture*, 54(2), 69-83.
- Gukezhev, V. M., & Gabaev, M. S. (2019). Methodology for assessing the duration and efficiency of animal use in dairy cattle. *Zootekhniya*, (4), 25-28.
- Guo, Z., & Swalve, H. H. (1995). Modelling of the lactation curve as a sub-model in the evaluation of test day records. *Interbull bulletin*, (11).

- Guo, Z., Gao, S., Ouyang, J., Ma, L., & Bu, D. (2021). Impacts of heat stress-induced oxidative stress on the milk protein biosynthesis of dairy cows. *Animals*, 11(3), 726.
- Gupta, R., Sahoo, S. K., Kaur, S., Dash, S. K., & Malhotra, P. (2020). Modeling lactation curve for test day milk yields in Holstein Friesian crossbred cattle. *International Journal of Livestock Research*, 10, 31-36.
- Hadad, J. M. A. (2020). Performance of Friesian, Simmental and Bokane Cows for Milk Traits in Erbil Province-Kurdistan. *Salahaddin University, Erbil*.
- Harder, I., Stamer, E., Junge, W., & Thaller, G. (2019). Lactation curves and model evaluation for feed intake and energy balance in dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(8), 7204-7216.
- Herbut, P., & Angrecka, S. (2012). Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers & Reports*, 30(4).
- Hermiz, H. N., & Hadad, J. M. A. (2020). Factors affecting persistency and repeatability in several breeds of dairy cattle. *Plant Archives*, 20(1), 9-12.
- Huang, W., Guo, L., Kou, W., Zhang, D., Hu, Z., Chen, F., Chu, Y., & Cheng, W. (2022). Identification of adulterated milk powder based on convolutional neural network and laser-induced breakdown spectroscopy. *Microchemical Journal*, 176, 107190.
- Hulbert, L. E., & Moisés, S. J. (2016). Stress, immunity, and the management of calves. *Journal of dairy science*, 99(4), 3199-3216.
- Hut, P. R., Mulder, A., Van den Broek, J., Hulsén, J. H. J. L., Hooijer, G. A., Stassen, E. N., van Eerdenburg, F. J. C. M., & Nielen, M. (2019). Sensor based eating time variables of dairy cows in the transition period related to the time to first service. *Preventive veterinary medicine*, 169, 104694.
- Chandra, G., Aggarwal, A., Singh, A. K., Kumar, M., Kushwaha, R., Singh, A., & Singh, Y. K. (2011). Negative energy balance and reproduction: A review. *Agricultural Reviews*, 32(4), 246-254.
- Chen, Y., Steeneveld, W., Nielen, M., & Hostens, M. (2023). Prediction of persistency for day 305 of lactation at the moment of the insemination decision. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1264048.
- Inchaisri, C., Jorritsma, R., Vos, P. L., Van der Weijden, G. C., & Hogeveen, H. (2010). Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *Theriogenology*, 74(5), 835-846.



- Innes, D. J., Pot, L. J., Seymour, D. J., France, J., Dijkstra, J., Doelman, J., & Cant, J. P. (2023). Fitting mathematical functions to extended lactation curves and forecasting late-lactation milk yields of dairy cows. *Journal of Dairy Science*.
- Jakobsen, J. H., Madsen, P., Jensen, J., Pedersen, J., Christensen, L. G., & Sorensen, D. A. (2002). Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holsteins estimated in random regression models using REML. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1607-1616.
- Jamrozik, J., Jansen, G., Schaeffer, L. R., Liu, Z. (1998). Analysis of persistency of lactation calculated from a random regression test-day model. *Interbull Bulletin* No. 17. Uppsala, Sweden. pp. 64-69
- Jamrozik, J., Schaeffer, L. R., Liu, Z., & Jansen, G. (1997). Multiple trait random regression test day model for production traits. *Interbull Bulletin*, (16), 43-43.
- Japertiené, R., & Japertas, S. (2013). Influence of servis period on dairy cows selection traits. In XVI Baltic Animal Breeders and Genetics Conference: Book of the Abstracts: Riga, Latvia 11 September–12 September 2013/Agricultural data centre. Latvia University of Agriculture; Organizing Committee: Erna Galvanovska (president), Ivans Vorslovs, Daina Kairiša, Daina Jonkus [et al.]. Riga: *Agricultural data centre. Latvia University of Agriculture*, 2013.
- Ji, B., Banhazi, T., Phillips, C. J., Wang, C., & Li, B. (2022). A machine learning framework to predict the next month's daily milk yield, milk composition and milking frequency for cows in a robotic dairy farm. *biosystems engineering*, 216, 186-197.
- Johannsson I, Hansson A. 1940. Causes of variation in milk and butterfat yield of dairy cows. *Kungl Lantbr Akad Tidskr* 1940; 79:1-127.
- Kadokawa, H., & Martin, G. B. (2006). A new perspective on management of reproduction in dairy cows: the need for detailed metabolic information, an improved selection index and extended lactation. *Journal of Reproduction and Development*, 52(1), 161-168.
- Kashoma, I. P., Mwingira, S. M., Werema, C. W., & Kessy, B. M. (2015). Productive and reproductive performance of Friesian cows at Kitulo livestock multiplication unit, *Tanzania Veterinary Journal*. 30(1),
- Khan, A., Dou, J., Wang, Y., Jiang, X., Khan, M. Z., Luo, H., Usman, T., & Zhu, H. (2020). Evaluation of heat stress effects on cellular and transcriptional adaptation of bovine granulosa cells. *Journal of animal science and biotechnology*, 11(1), 1-20.

- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S., Ha, J. K., Lee, H. G., & Choi, Y. J. (2007). Pre-and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of dairy science*, *90*(2), 876-885.
- King, M. T. M., Crossley, R. E., & DeVries, T. J. (2016). Impact of timing of feed delivery on the behavior and productivity of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *99*(2), 1471-1482.
- Knight, C. H. (2005). Extended lactation: turning theory into reality. *Advances in Dairy Technology*, *17*, 113-123.
- Koloi, S., & Mandal, A. (2020). Genetic analysis of persistency indices of milk yield in Jersey crossbred cattle. *Journal of Dairy Research*, *87*(3), 330-333.
- Koloi, S., Pathak, K., Behera, R., et al. (2018). Factors affecting the persistency of milk production in Jersey crossbred cattle. *J Dairy Vet Anim Res.*;7(6):268–271. DOI: 10.15406/jdvar.2018.07.00225.
- Kopeček, P., Martínková, J. (2012): Nákladovost, zpeňožování a rentabilita výroby mléka v roce 2011. Přehled výsledků, *Agrovýzkum raportín*.
- Koşal, V., Gülyüz, F., & Uslu, B. A. (2021). Effect of Body Condition Score on Estrus-Ovulation Synchronization and Pregnancy in Cows and Heifers. *Van Veterinary Journal*, *32*(1), 18-21.
- Kovács, L., Kézér, F. L., Ruff, F., & Szenci, O. (2016). Timing of obstetrical assistance affects peripartal cardiac autonomic function and early maternal behavior of dairy cows. *Physiology & Behavior*, *165*, 202-210.
- Kranjec, F. 2015. A io szändekkel elvesztett ido. *Holstein Magazin*. (2023/9). 34–35.
- Krishantan, G., & Sinniah, J. (2014). Productive and reproductive performance of Holstein Friesian cattle in the Hill Country of Sri Lanka. *Global Veterinaria*, *13*(1), 87-94.
- Kristensen, E., Østergaard, S., Krogh, M. A., & Enevoldsen, C. (2008). Technical indicators of financial performance in the dairy herd. *Journal of Dairy Science*, *91*(2), 620-631.
- Krpálková, L., Cabrera, V. E., Kvapilík, J., Burdych, J., & Crump, P. (2014). Associations between age at first calving, rearing average daily weight gain, herd milk yield and dairy herd production, reproduction, and profitability. *Journal of dairy science*, *97*(10), 6573-6582.
- Krueger, A., Cruickshank, J., Trevisi, E., & Bionaz, M. (2020). Systems for evaluation of welfare on dairy farms. *Journal of Dairy Research*, *87*(S1), 13-19.
- Kuzebny, S. V., Sharapa, G. S., & Demchuk, S. Y. (2018). Methodological aspects of assessing the reproductive ability of cows. *Animal Breeding and Genetics*, (55), 201-209.
- Kvapilík, J., Růžička, Z., Bucek, P. (2015): Ročenka 2014: Chov skotu v České Republice. *Praha*. 95 s.

- Larsen, M., Franchi, G. A., Herskin, M. S., Foldager, L., Larsen, M. L., Hernández-Castellano, L. E., ... & Jensen, M. B. (2021). Effects of feeding level, milking frequency, and single injection of cabergoline on feed intake, milk yield, milk leakage, and clinical udder characteristics during dry-off in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(10), 11108-11125.
- Larsson, B., & Berglund, B. (2000). Reproductive performance in cows with extended calving interval. *Reproduction in Domestic Animals*, 35(6), 277-279.
- Lean, I. J., LeBlanc, S. J., Sheedy, D. B., Duffield, T., Santos, J. E. P., & Golder, H. M. (2023). Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems. *Journal of Dairy Science*, 106(1), 500-518.
- Lee, S., & Park, J. (2022). A Vector Representation of Lactation Curves for Dairy Cows. *Agriculture*, 12(3), 395.
- Leon-Velarde, C. U., McMillan, I., Gentry, R. D., & Wilton, J. W. (1995). Models for estimating typical lactation curves in dairy cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 112(1-6), 333-340.
- Leroy, J. L. M. R., Van Soom, A., Opsomer, G., Goovaerts, I. G. F., & Bols, P. E. J. (2008). Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part II mechanisms linking nutrition and reduced oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. *Reproduction in domestic animals*, 43(5), 623-632.
- Leroy, J. L., De Bie, J., Jordaens, L., Desmet, K., Smits, A., Marei, W. F., Bols, P. E. J., & Van Hoeck, V. (2018). Negative energy balance and metabolic stress in relation to oocyte and embryo quality: An update on possible pathways reducing fertility in dairy cows. *Animal Reproduction (AR)*, 14(3), 497-506.
- Li, M., Rosa, G. J. M., Reed, K. F., & Cabrera, V. E. (2022). Investigating the effect of temporal, geographic, and management factors on US Holstein lactation curve parameters. *Journal of Dairy Science*, 105(9), 7525-7538.
- Liseune, A., Salamone, M., Van den Poel, D., Van Ranst, B., & Hostens, M. (2021). Predicting the milk yield curve of dairy cows in the subsequent lactation period using deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180, 105904.
- Liu, J., Li, L., Chen, X., Lu, Y., & Wang, D. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: A novel idea for monitoring and evaluation of heat stress—A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(9), 1332.
- Lombard, J. E., Garry, F. B., Tomlinson, S. M., & Garber, L. P. (2007). Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *Journal of dairy science*, 90(4), 1751-1760.

- López, S., France, J., Odongo, N. E., McBride, R. A., Kebreab, E., AlZahal, O., McBride, B. W., & Dijkstra, J. (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science*, *98*(4), 2701-2712.
- López-Gatius, F., Yániz, J., & Madriles-Helm, D. (2003). Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology*, *59*(3-4), 801-812.
- Lucy, M. (2004). Mechanisms linking the somatotrophic axis with insulin: Lessons from the postpartum dairy cow. In *Proc NZ Soc Anim Prod* (Vol. 64, pp. 19-23).
- Lucy, M. (2008). Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reproduction in Domestic Animals*, *43*, 31-39.
- Luna-Palomera, C., Domínguez-Viveros, J., Aguilar-Palma, G. N., Castillo-Rangel, F., Sánchez-Dávila, F., & Macías-Cruz, U. (2021). Analysis of the lactation curve of murrh buffaloes with mixed non-linear models. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, *37*(3), 200-208.
- M'hamdi, N., Bouallegue, M., Frouja, S., Ressaissi, Y., Brar, S. K., & Hamouda, M. B. (2012). Effects of environmental factors on milk yield, lactation length and dry period in Tunisian Holstein cows. In *Milk Production-An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. IntechOpen.
- Ma, J., Burgers, E. E., Kok, A., Goselink, R. M., Lam, T. J., Kemp, B., & van Knegsel, A. T. (2022). Consequences of extending the voluntary waiting period for insemination on reproductive performance in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, *244*, 107046.
- Macciotta, N. P. P., Vicario, D., & Cappio-Borlino, A. (2005). Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science*, *88*(3), 1178-1191.
- Macciotta, N. P., Dimauro, C., Rassu, S. P., Steri, R., & Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*, *10*(4), e51.
- Mahnani, A., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Keshavarzi, H. (2018). Performance and financial consequences of stillbirth in Holstein dairy cattle. *Animal*, *12*(3), 617-623.
- Mahnani, A., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Ansari-Mahyari, S., Ghorbani, G. R., & Keshavarzi, H. (2021). Farm and cow factors and their interactions on the incidence of retained placenta in Holstein dairy cows. *Theriogenology*, *159*, 87-97.

- Mainau, E., Llonch, P., Temple, D., Goby, L., & Manteca, X. (2022). Alteration in activity patterns of cows as a result of pain due to health conditions. *Animals*, 12(2), 176.
- Mann, S. (2022). Symposium review: The role of adipose tissue in transition dairy cows: Current knowledge and future opportunities. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 3687-3701.
- Maratovich, B. D., Abushakipovich, S. A., Erbosynovich, C. A., Dastanbekouly, B. A., Tavalдиеvna, S. D., Kenesbekovna, Z. G., & Sanatkyzy, K. A. (2019). Comparative study of fruitfulness of cow insemination of a milking herd at various levels of productivity in the conditions of Baysyerke-Agro LLP. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, (6), 335-338.
- Marín-Veites, P., & Bach, K. (2022, August). Explaining cbr systems through retrieval and similarity measure visualizations: A case study. In International Conference on Case-Based Reasoning (pp. 111-124). Cham: *Springer International Publishing*.
- Marquez, H. P., Goddard, E. W., & Bench, C. J. (2022). Business analysis of IRT, Visual observation, and Ovsynch as breeding strategies in Alberta dairies. *Theriogenology*, 177, 73-83.
- Martin, P., Vinet, A., Allart, L., Launay, F., Dozias, D., Maupetit, D., & Renand, G. (2022). Influence of feed restriction and subsequent recovery on lactating Charolais cows. *Livestock Science*, 264, 105077.
- McMullen, C. K., Sargeant, J. M., Kelton, D. F., Churchill, K. J., Cousins, K. S., & Winder, C. B. (2021). Modifiable management practices to improve udder health in dairy cattle during the dry period and early lactation: A scoping review. *Journal of dairy science*, 104(9), 10143-10157.
- McNeill RE, Diskin MG, Sreenan JM, Morris DG. 2006. Associations between milk progesterone concentration on different days and with embryo survival during the early luteal phase in dairy cows. *Theriogenology* 65:1435–41
- Meadows, C., Rajala-Schultz, P. J., & Frazer, G. S. (2005). A spreadsheet-based model demonstrating the nonuniform economic effects of varying reproductive performance in Ohio dairy herds. *Journal of dairy science*, 88(3), 1244-1254.
- Mee, J. F. (2004). Managing the dairy cow at calving time. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 20(3), 521-546.
- Mikhailov, F. (2020). Mathematical modeling of lactation curves of dairy animals. *Living and Biokosny Systems*, (34), 1-1.
- Ministerstvo zemědělství. (2022). Situační a výhledová zpráva mléko. MZe. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/719389/Mleko\\_2022\\_Web.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/719389/Mleko_2022_Web.pdf)

- Mišeikienė, R., Tušas, S., Kerzienė, S., Rudejevienė, J., Matusevičius, P., Orzechowski, B., & Miciński, J. (2022). Relationship between main reproductive parameters and productivity traits in dairy cows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 74, 714-722.
- Mohanty, B. S., Verma, M. R., Sharma, V. B., & Patil, V. K. (2022). Effect of parity on the shape of lactation curves in purebred Jersey cows in Indian conditions. *Biological Rhythm Research*, 53(1), 26-39.
- Muiño, R., Hernández, J., Benedito, J. L., & Castillo, C. (2021). Effects of calving body condition score on blood acid–base balance of primiparous Holstein-Friesian dairy cows in a commercial dairy farm: a case study. *Animals*, 11(7), 2075.
- Muñeton, L. P. G., Gloria, L. S., Benaouda, M., Teuntle-Lopez, I. A., Valdes-Cordoba, X. S., Angeles-Hernandez, J. C., Aniceto, E. S., & Peláez Acero, A. (2023). Shape of curve lactation affects the fitting of empirical and mechanistic models applied to dairy sheep lactations in Mexico. *Latin American Archives of Animal Production*, 31(Suplemento), 305-311.
- Müschner-Siemens, T., Hoffmann, G., Ammon, C., & Amon, T. (2020). Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *Journal of Thermal Biology*, 88, 102484.
- Negrón-Pérez, V. M., Fausnacht, D. W., & Rhoads, M. L. (2019). Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heat-stressed dairy cattle. *Journal of dairy science*, 102(12), 10695-10710.
- Němečková, D., Stádník, L., & Čítek, J. (2015). Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in Holstein cows. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 65(4), 243-250.
- Nielsen, L. R., Pedersen, A. R., Herskin, M. S., & Munksgaard, L. (2010). Quantifying walking and standing behaviour of dairy cows using a moving average based on output from an accelerometer. *Applied Animal Behaviour Science*, 127(1-2), 12-19.
- Nilforooshan, M. A., & Edriss, M. A. (2004). Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. *Journal of dairy science*, 87(7), 2130-2135.
- Niozas, G., Tsousis, G., Steinhöfel, I., Brozos, C., Römer, A., Wiedemann, S., Bollwein, H., & Kaske, M. (2019). Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements. *Journal of dairy science*, 102(1), 799-810.

- Nogoy, K. M. C., Park, J., Chon, S. I., Sivamani, S., Park, M. J., Cho, J. P., Hong, H. K., Lee, D. H., & Choi, S. H. (2021). Precision Detection of Real-Time Conditions of Dairy Cows Using an Advanced Artificial Intelligence Hub. *Applied Sciences*, *11*(24), 12043.
- NRC, I. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. *National Research Council*, (7th rev. ed.). National Academy Press. 519.
- Østergaard, S., Sørensen, J. T., & Houe, H. (2003). A stochastic model simulating milk fever in a dairy herd. *Preventive veterinary medicine*, *58*(3-4), 125-143.
- Otwinowska-Mindur, A., & Ptak, E. (2015). Genetic analysis of lactation persistency in the Polish Holstein-Friesian cows. *Animal Science Papers & Reports*, *33*(2).
- Pal, P., Ghosh, S., Grewal, S., Sahu, J., & Aggarwal, A. (2019). Role of hormones in persistency of lactation: A review. *J. Entomol. Zool. Stud*, *7*, 677-686.
- Palacios-Espinosa, A., Dominguez-Viveros, J., Padron-Quintero, Y., Rodriguez Castro, M., Rodríguez-Almeida, F. A., Espinoza-Villavicencio, J. L., & Ávila-Serrano, N. Y. (2016). Characterization of lactation curves in Siboney cattle using nonlinear mixed models. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *7*(2), 233-242.
- Pascottini, O. B., Leroy, J. L., & Opsomer, G. (2020). Metabolic stress in the transition period of dairy cows: Focusing on the prepartum period. *Animals*, *10*(8), 1419.
- Paudel, M., Gautam, G., Khatri, K. B., Baral, P., & Pantha, B. P. (2023). Association of Body Condition Score with Lactation and Reproductive Performance in Murrah Cross Buffaloes in Chitwan, Nepal. *Nepalese Veterinary Journal*, 158-169.
- Peiter, M., Phillips, H. N., & Endres, M. I. (2021). Association between early postpartum rumination time and peak milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *104*(5), 5898-5908.
- Piccardi, M., Macchiavelli, R., Funes, A. C., Bó, G. A., & Balzarini, M. (2017). Fitting milk production curves through nonlinear mixed models. *Journal of dairy research*, *84*(2), 146-153.
- Pietersma, D., Lacroix, R., Lefebvre, D., Block, E., & Wade, K. M. (2001). A case-acquisition and decision-support system for the analysis of group-average lactation curves. *Journal of dairy science*, *84*(3), 730-739.
- Pollott, G.E. (2011): Short communication: Do Holstein lactations of varied lengths have different characteristics? *Journal of Dairy Science*, *94*: 6173–6180.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ribeiro, E. S., & Carvalho, M. R. (2018). Impact and mechanisms of inflammatory diseases on embryonic development and fertility in cattle. *Animal Reproduction (AR)*, 14(3), 589-600.
- Ribeiro, E. S., Galvão, K. N., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2018). Economic aspects of applying reproductive technologies to dairy herds. *Animal Reproduction (AR)*, 9(3), 370-387.
- Ribeiro, E. S., Gomes, G., Greco, L. F., Cerri, R. L. A., Vieira-Neto, A., Monteiro Jr, P. L. J., Lima, F. S., Bisinotto, R. S., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2016). Carryover effect of postpartum inflammatory diseases on developmental biology and fertility in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(3), 2201-2220.
- Ricci, A., Li, M., Fricke, P. M., & Cabrera, V. E. (2020). Economic impact among 7 reproductive programs for lactating dairy cows, including a sensitivity analysis of the cost of hormonal treatments. *Journal of dairy science*, 103(6), 5654-5661.
- Rodriguez-Obando, D. J., Castro-Rincón, E., Castaño-Marin, A. M., Montes-Vergara, J. C., & Rosero, N. (2022). Data-driven dynamical modeling of dairy production oriented to herd management. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 1441-1446.
- Roelofs, M. F., Joosten, L. A. B., Abdollahi-Roodsaz, S., Van Lieshout, A. W. T., Sprong, T., Van Den Hoogen, F. H., Van Den Berg, W. B., & Radstake, T. R. D. J. (2005). The expression of toll-like receptors 3 and 7 in rheumatoid arthritis synovium is increased and costimulation of toll-like receptors 3, 4, and 7/8 results in synergistic cytokine production by dendritic cells. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 52(8), 2313-2322.
- Roman, L., Broshkov, M., Popova, I., Hierdieva, A., Sidashova, S., Bogach, N., Ulizko, S., & Gutyj, B. (2020). Influence of ovarian follicular cysts on reproductive performance in the cattle of new Ukrainian red dairy breed. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 426-434.
- Roth, Z. (2020). Influence of heat stress on reproduction in dairy cows—Physiological and practical aspects. *Journal of Animal Science*, 98(Supplement\_1), S80-S87.
- Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Borshch, O., & Korol-Bezpala, L. (2022). Characteristics of lactation curve and reproduction in dairy cattle. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. – 2022.- V.70, No.6.- P. 373–381.
- Salimiyekta, Y., Vaez-Torshizi, R., Abbasi, M. A., Emmamjome-Kashan, N., Amin-Afshar, M., Guo, X., & Jensen, J. (2021). Random regression model for genetic evaluation and early selection in the iranian holstein population. *Animals*, 11(12), 3492.



- Sammad, A., Umer, S., Shi, R., Zhu, H., Zhao, X., & Wang, Y. (2020). Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(4), 978-986.
- Sammad, A., Wang, Y. J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B., & Wang, Y. (2020). Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: Consequences and opportunities. *Animals*, 10(5), 793.
- Santos, J. E. P. (2008, April). Nutrition and reproduction in dairy cattle. In *Tri-State Dairy Nutrition Conference, Columbus USA*.
- Sawa, A., Bogucki, M., & Krężel-Czopek, S. (2011). Effect of some factors on relationships between milk urea levels and cow fertility. *Archives Animal Breeding*, 54(5), 468-476.
- Scott, T. A., Yandell, B., Zepeda, L., Shaver, R. D., & Smith, T. R. (1996). Use of lactation curves for analysis of milk production data. *Journal of Dairy Science*, 79(10), 1885-1894.
- Seegers, H. (2006, October). Economics of the reproductive performance of dairy herds. In *World Buiatrics Congress* (pp. 292-302).
- Sehested, J., Gaillard, C., Lehmann, J. O., Maciel, G. M., Vestergaard, M., Weisbjerg, M. R., Mogensen, L., Larsen, L. B., Poulsen, N. A., & Kristensen, T. (2019). Extended lactation in dairy cattle. *Animal*, 13(S1), s65-s74.
- Senbeta, E. K., & Abebe, A. S. (2021). Effect of parity on lactation traits in crossbred Holstein Friesian in Ethiopia. *Journal of Livestock Science*, (12).
- Shahinfar, S., Page, D., Guenther, J., Cabrera, V., Fricke, P., & Weigel, K. (2014). Prediction of insemination outcomes in Holstein dairy cattle using alternative machine learning algorithms. *Journal of dairy science*, 97(2), 731-742.
- Shalloo, L., Dillon, P., Rath, M., & Wallace, M. (2004). Description and validation of the Moorepark dairy system model. *Journal of Dairy science*, 87(6), 1945-1959.
- Sheldon, I. M., Cronin, J., Goetze, L., Donofrio, G., & Schuberth, H. J. (2009). Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biology of reproduction*, 81(6), 1025-1032.
- Shi, R., Brito, L. F., Liu, A., Luo, H., Chen, Z., Liu, L., ... & Wang, Y. (2021). Genotype-by-environment interaction in Holstein heifer fertility traits using single-step genomic reaction norm models. *BMC genomics*, 22(1), 1-20.

- Shokri-Sangari F, Atashi H, Dadpasand M, Saghanejad F. Genetic parameters for milk yield and lactation persistency in the three first parities of Iranian Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2019; 32(2):100-106.
- Silvestre, A. M., Petim-Batista, F., & Colaço, J. (2005). Genetic parameter estimates of Portuguese dairy cows for milk, fat, and protein using a spline test-day model. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1225-1230.
- Singh, N. P., Dutt, T., Usman, S. M., Baqir, M., Tiwari, R., & Kumar, A. (2022). Prediction of first lactation 305 days milk yield using artificial neural network in Murrah buffalo. *Indian Journal of Animal Sciences*, 92(9), 1116-1120.
- Sitko, E. M., Di Croce, F. A., McNeel, A. K., Weigel, D. J., & Giordano, J. O. (2023). Effect of reproductive management programs that prioritized artificial insemination at detected estrus or timed artificial insemination on the economic performance of primiparous Holstein cows of different genetic merit for fertility. *Journal of dairy science*, 106(9), 6495-6514.
- Sordillo, L. M. (2016). Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *Journal of dairy science*, 99(6), 4967-4982.
- Sorensen, A., & Knight, C. H. (2002). Endocrine profiles of cows undergoing extended lactation in relation to the control of lactation persistency. *Domestic Animal Endocrinology*, 23(1-2), 111-123.
- Sorensen, M. T., Nørgaard, J. V., Theil, P. K., Vestergaard, M., & Sejrsen, K. (2006). Cell turnover and activity in mammary tissue during lactation and the dry period in dairy cows. *Journal of dairy science*, 89(12), 4632-4639.
- Souissi, W., & Bouraoui, R. (2019). Relationship between body condition score, milk yield, reproduction, and biochemical parameters in dairy cows. *Lactation in Farm Animals-Biology, Physiological Basis, Nutritional Requirements, and Modelization*.
- Staněk, S. (2023, listopad 6). Ekonomika výroby mléka v ČR za rok 2022. *MIKROP CZ*. <https://www.mikrop.cz/magazin/ekonomika-vyroby-mleka-2022~m1554>.
- Steenefeld, W., & Hogeveen, H. (2012). Economic consequences of immediate or delayed insemination of a cow in oestrus. *Veterinary Record*, 171(1), 17-17.
- Steri, R., Dimauro, C., Canavesi, F., Nicolazzi, E. L., & Macciotta, N. P. P. (2012). Analysis of lactation shapes in extended lactations. *Animal*, 6(10), 1572-1582.
- Strucken, E. M., Laurenson, Y. C., & Brockmann, G. A. (2015). Go with the flow—biology and genetics of the lactation cycle. *Frontiers in genetics*, 6, 118.

- Syrůček, J., Kvapilík, J., Bartoň, L., Vacek, M., & Stadnik, L. (2017). Economic efficiency of suckler cow herds in the Czech Republic. *Agricultural Economics*, 63(1), 34-43.
- Syrůček, J., Lipovský, D., Sládek, M., & kolektiv. (2023). Ročenka chovu skotu v České republice: Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2022. Českomoravská společnost chovatelů, a. s.; Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
- Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I., & Akcan, A. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1381-1386.
- Tenhagen, B. A., Helmbold, A., & Heuwieser, W. (2007). Effect of various degrees of dystocia in dairy cattle on calf viability, milk production, fertility and culling. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54(2), 98-102.
- Thiruvankadan, A. K., Panneerselvam, S., & Prabakaran, R. (2010). Layer breeding strategies: an overview. *World's Poultry Science Journal*, 66(3), 477-502.
- Titova, S. V. (2021). Reproductive qualities of dairy cows at different levels of milk yield. *Agricultural Science Euro-North-East*, 22(4), 589-596.
- Togashi, K., & Lin, C. Y. (2002). Optimal strategy to modify the shape of the lactation curves. In *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, August, 2002. Session 9* (pp. 0-4). Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Toledo-Alvarado, H., Vazquez, A. I., de Los Campos, G., Tempelman, R. J., Gabai, G., Cecchinato, A., & Bittante, G. (2018). Changes in milk characteristics and fatty acid profile during the estrous cycle in dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(10), 9135-9153.
- Torshizi, M. E., Mashhadi, M. H., & Farhangfar, H. (2019). Different aspects of lactation persistency in dairy cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 89(6), 607-614.
- Tucker, C. B., Jensen, M. B., de Passillé, A. M., Hänninen, L., & Rushen, J. (2021). Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 20-46.
- Ukita, H., Yamazaki, T., Yamaguchi, S., Abe, H., Baba, T., Bai, H., Takahashi, M., & Kawahara, M. (2022). Environmental factors affecting the conception rates of nulliparous and primiparous dairy cattle. *Journal of dairy science*, 105(8), 6947-6955.
- Uzun, N., & Koç, A. (2019). High Yield and Its Effects in Dairy Cattle. *Cappadocia, Turkey*, 411.
- Val-Arreola, D., Kebreab, E., Dijkstra, J., & France, J. (2004). Study of the lactation curve in dairy cattle on farms in central Mexico. *Journal of dairy science*, 87(11), 3789-3799.

- Van der Heide, E. M. M., Veerkamp, R. F., van Pelt, M. L., Kamphuis, C., & Ducro, B. J. (2020). Predicting survival in dairy cattle by combining genomic breeding values and phenotypic information. *Journal of dairy science*, *103*(1), 556-571.
- Van der Linden, A., Van de Ven, G. W. J., Oosting, S. J., Van Ittersum, M. K., & De Boer, I. J. M. (2019). LiGAPS-Beef, a mechanistic model to explore potential and feed-limited beef production 1: model description and illustration. *animal*, *13*(4), 845-855.
- Van Kneegsel, A. T., Burgers, E. E., Ma, J., Goselink, R. M., & Kok, A. (2022). Extending lactation length: consequences for cow, calf, and farmer. *Journal of Animal Science*, *100*(10), skac220.
- Vargas, B., Koops, W. J., Herrero, M., & Van Arendonk, J. A. (2000). Modeling extended lactations of dairy cows. *Journal of dairy science*, *83*(6), 1371-1380.
- Von Liebig, J. (1840). Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf *Agricultur und Physiologie*. Vieweg.
- Vrhel, M., & Bechny, M. (2024). Wood-Profit-Curve for Optimal Service Period, *RShinny application*. Dostupné z: [https://mystatsapps.shinyapps.io/CurveApp/?fbclid=IwAR2yqDCOmIip6VU5WgQZ8lavGuXzNL4JLTWnvAiXODoWsj5JDZeWq889H\\_8](https://mystatsapps.shinyapps.io/CurveApp/?fbclid=IwAR2yqDCOmIip6VU5WgQZ8lavGuXzNL4JLTWnvAiXODoWsj5JDZeWq889H_8).
- Vrhel, M., Ducháček, J., Gašparík, M., Vacek, M., Codl, R., & Pytlík, J. (2021). Milkability differences based on lactation peak and parity in Holstein cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *30*(3), 206-213.
- Syrůček, J. (2023). Aktuální cenový vývoj živočišných komodit v ČR. *Výzkumný ústav živočišné výroby*. Dostupné z: <https://vuzv.cz/vyvoj-cen-zivocisnych-komodit/>
- Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal reproduction science*, *123*(3-4), 127-138.
- Wathes, D. C., Pollott, G. E., Johnson, K. F., Richardson, H., & Cooke, J. S. (2014). Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*, *8*(s1), 91-104.
- Weigel, K. A., VanRaden, P. M., Norman, H. D., & Grosu, H. (2017). A 100-Year Review: Methods and impact of genetic selection in dairy cattle—From daughter–dam comparisons to deep learning algorithms. *Journal of dairy science*, *100*(12), 10234-10250.
- Wilmink, J.N.M., 1987 Adjustment of test day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science* *16*:335–348.

- Wisnieski, L., Norby, B., Pierce, S. J., Becker, T., Gandy, J. C., & Sordillo, L. M. (2019). Predictive models for early lactation diseases in transition dairy cattle at dry-off. *Preventive veterinary medicine, 163*, 68-78.
- Witkowska, D., & Ponieważ, A. (2022). The effect of housing system on disease prevalence and productive lifespan of dairy herds—A case study. *Animals, 12*(13), 1610.
- Wolfenson, D., Thatcher, W. W., Badinga, L., Savi0, J. D., Meidan, R., Lew, B. J., Braw-tal, R., & Berman, A. (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of Reproduction, 52*(5), 1106-1113.
- Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature, 216*(5111), 164-165.
- Wrzecińska, M., Czerniawska-Piątkowska, E., & Kowalczyk, A. (2021). The impact of stress and selected environmental factors on cows' reproduction. *Journal of Applied Animal Research, 49*(1), 318-323.
- Wu, X. L., Wiggans, G. R., Norman, H. D., Enzenauer, H. A., Miles, A. M., Van Tassell, C. P., ... & Dürr, J. (2023). Estimating test-day milk yields by modeling proportional daily yields: Going beyond linearity. *Journal of Dairy Science, 106*(12), 8979-9005.
- Wu, X., Lu, Y., Xu, H., Lv, M., Hu, D., He, Z., Liu, L., Wang, Z., & Feng, Y. (2018). Challenges to improve the safety of dairy products in China. *Trends in food science & technology, 76*, 6-14.
- Yamazaki, T., Hagiya, K., Takeda, H., Sasaki, O., Yamaguchi, S., Sogabe, M., Saito, Y., Nakagawa, S., Togashi, K., Suzuki, K., & Nagamine, Y. (2013). Genetic correlations between milk production traits and somatic cell scores on test day within and across first and second lactations in Holstein cows. *Livestock Science, 152*(2-3), 120-126.
- Zinicola, M., & Bicalho, R. C. (2019). Association of peripartum plasma insulin concentration with milk production, colostrum insulin levels, and plasma metabolites of Holstein cows. *Journal of dairy science, 102*(2), 1473-1482.

## 10. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, SNÍMKŮ A PŘÍLOH

### Seznam tabulek:

Tabulka 1. Průměrné hodnoty nákladových položek podle plemen z dotazníkového šetření VUŽV v roce 2022

Tabulka 2. Průměrné hodnoty neměnných nákladů a jednotlivých nákladových položek podle roční dojivosti za rok 2022

Tabulka 3. Průměrné hodnoty nákladů u podniků podprůměrnou a nadprůměrnou dojivostí krav podle plemen za rok 2022

Tabulka 4. Krmné dávky a ceny dle denní dojivosti pro rok 2022

Tabulka 5. Tabulka základních statistik parametrů pro typizaci ID\_29

Tabulka 6. Tabulka rozšířených statistik parametrů pro typizaci ID\_29

Tabulka 7. Tabulka základních statistik parametrů pro všechny typizace

Tabulka 8. Tabulka rozšířených statistik parametrů pro všechny typizace

Tabulka 9. Výsledky regresní analýzy

Tabulka 10. Tabulka směrodatných odchylek parametrů prediktorů pro všechny typizace

Tabulka 11. Statistické údaje koeficientů prediktorů pro různé typizace laktací dojnic

Tabulka 12. Variabilita náhodného efektu pro každou z typizací

Tabulka 13. Korelace predikovaných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29

Tabulka 14. Korelace skutečných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29

Tabulka 15. Korelace skutečných a predikovaných charakteristik produkce mléka pro typizaci ID\_29

Tabulka 16. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle délky SP pro typizaci laktační křivky ID\_29

Tabulka 17. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za laktaci pro typizaci ID\_29

Tabulka 18. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 100 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29

Tabulka 19. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 200 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29

- Tabulka 20. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 305 dní pro typizaci laktační křivky ID\_29
- Tabulka 21. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) pro typizaci laktační křivky ID\_29
- Tabulka 22. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle dne vrcholu laktace pro typizaci laktační křivky ID\_29
- Tabulka 23. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle délky SP pro všechny typizace
- Tabulka 24. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za laktaci pro všechny typizace
- Tabulka 25. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 100 dní pro všechny typizace
- Tabulka 26. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 200 dní pro všechny typizace
- Tabulka 27. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce mléka za 305 dní pro všechny typizace
- Tabulka 28. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle indexu perzistence ( $P_{2:1}$ ) pro všechny typizace
- Tabulka 29. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle dne vrcholu laktace pro všechny typizace
- Tabulka 30. Vyhodnocení charakteristik laktace ve skupinách podle produkce na vrcholu laktace pro všechny typizace
- Tabulka 31. Korelace predikovaných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace
- Tabulka 32. Korelace skutečných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace
- Tabulka 33. Korelace skutečných a predikovaných charakteristik produkce mléka pro všechny typizace
- Tabulka 34. Výsledky kalkulace ekonomiky produkce mléka dle údajů za rok 2022
- Tabulka 35. Výsledky kalkulace ekonomiky pro různé SP

#### **Seznam obrázků:**

Obrázek 1. Grafická interpretace křivek příjmu sušiny dle NRC (2001)

## Seznam grafů:

Graf 1. Denní nádoje mléka během laktace u pěti náhodně vybraných krav

Graf 2. Průměrná laktační křivka s 95% konfidenčním intervalem

Graf 3. Analýza kvantilů denní produkce mléka během laktace

Graf 4. Porovnání denních dat produkce mléka s Woodovým modelem laktace

Graf 5. Náhodné efekty fitů laktačních křivek a Woodova modelu

Graf 6. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce denní, průměrné denní a za laktaci pro typizaci ID\_29

Graf 7. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce mléka za 100, 200 a 305 dní pro typizaci ID\_29

Graf 8. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ) pro typizaci ID\_29

Graf 9. Korelace a validace skutečných a predikovaných dne a nádoje na vrcholu laktace pro typizaci ID\_29

Graf 10. Distribuce skutečného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 11. Distribuce skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 12. Distribuce skutečného nádoje mléka za laktaci pro typizaci ID\_29

Graf 13. Distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 14. Distribuce predikovaného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 15. Distribuce predikovaného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 16. Distribuce absolutní chyby predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 17. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 18. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 19. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 20. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného denního nádoje mléka pro typizaci ID\_29



Graf 21. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro typizaci ID\_29

Graf 22. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot celkové a průměrné denní produkce mléka pro všechny typizace

Graf 23. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot produkce mléka ta 100, 200 a 305 dní pro všechny typizace

Graf 24. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů perzistence laktace ( $P_{2:1}$ ,  $P_{3:1}$  a  $P_{3:2}$ ) pro všechny typizace

Graf 25. Korelace a validace skutečných a predikovaných hodnot indexů dne a nádoje na vrcholu laktace pro všechny typizace

Graf 26. Distribuce skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 27. Distribuce skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 28. Distribuce predikovaného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 29. Distribuce predikovaného celkového nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 30. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 31. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 32. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného průměrného denního nádoje mléka pro všechny typizace

Graf 33. Distribuce absolutní chyby predikovaného a skutečného celkového nádoje mléka pro všechny typizace

#### **Seznam snímků:**

Snímek 1. Simulace konkrétní ekonomické situace v online aplikaci pro plemeno C

Snímek 2. Simulace konkrétní ekonomické situace v online aplikaci pro plemeno H

Snímek 3. Ekonomická efektivnost při SP 70 dnů

Snímek 4. Ekonomická efektivnost při SP 90 dnů

Snímek č. 5. Ekonomická efektivnost při SP 110 dnů

#### **Seznam příloh:**

Příloha 1. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_1

Příloha 2. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_2  
Příloha 3. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_3  
Příloha 4. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_4  
Příloha 5. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_5  
Příloha 6. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_6  
Příloha 7. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_7  
Příloha 8. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_8  
Příloha 9. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_9  
Příloha 10. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_10  
Příloha 11. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_11  
Příloha 12. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_12  
Příloha 13. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_13  
Příloha 14. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_14  
Příloha 15. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_15  
Příloha 16. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_16  
Příloha 17. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_17  
Příloha 18. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_18  
Příloha 19. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_19  
Příloha 20. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_20  
Příloha 21. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_21  
Příloha 22. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_22  
Příloha 23. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_23  
Příloha 24. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_24  
Příloha 25. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_25  
Příloha 26. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_26  
Příloha 27. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_27  
Příloha 28. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_28  
Příloha 29. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_29  
Příloha 30. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_30  
Příloha 31. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_31  
Příloha 32. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_32

## 11. Samostatné přílohy

Příloha 1. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_1

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,10	2,00	1,62	1,00	14,00	1,00	3,00	0,77	2,00
SP	100,56	82,00	57,45	38,00	423,00	63,00	119,00	0,57	56,00
P21	1,03	1,03	0,13	0,62	1,86	0,96	1,10	0,12	0,14
P100	1965,48	2126,00	887,22	0,00	6580,00	1575,00	2520,00	0,45	945,00
P200	4169,00	4352,00	1691,68	0,00	14522,00	3516,00	5164,00	0,41	1648,00
P305	5985,74	6157,00	2297,83	0,00	22458,00	4922,00	7304,00	0,38	2382,00
Total	6411,17	6491,00	2636,39	39,00	25788,00	5056,00	7746,00	0,41	2690,00
PeakDay	105,25	83,00	74,64	2,00	463,00	48,00	146,00	0,71	98,00
PeakYield	36,00	35,00	8,41	10,00	99,00	31,00	40,00	0,23	9,00
DailyProd	22,55	22,30	4,80	7,83	38,61	19,18	25,83	0,21	6,65

Příloha 2. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_2

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,18	2,00	1,79	1,00	23,00	1,00	3,00	0,82	2,00
SP	103,16	86,00	56,65	39,00	424,00	63,00	127,25	0,55	64,25
P21	1,00	1,01	0,10	0,68	1,34	0,94	1,07	0,10	0,13
P100	1798,69	2132,00	1117,92	0,00	7144,00	907,50	2558,25	0,62	1650,75
P200	3826,58	4272,00	2010,41	0,00	14876,00	2668,75	5124,25	0,53	2455,50
P305	5501,32	5828,50	2687,82	0,00	22370,00	3915,75	7206,25	0,49	3290,50
Total	5912,30	6049,50	2947,33	24,00	25094,00	4255,00	7567,75	0,50	3312,75
PeakDay	118,44	83,50	93,19	5,00	592,00	46,00	173,50	0,79	127,50
PeakYield	35,19	34,00	9,71	8,00	99,00	29,00	40,00	0,28	11,00
DailyProd	21,68	21,92	5,24	5,68	36,59	17,76	25,00	0,24	7,24

Příloha 3. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_3

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	1,96	1,00	1,38	1,00	10,00	1,00	2,00	0,70	1,00
SP	92,12	77,00	49,19	31,00	463,00	60,00	109,25	0,53	49,25
P21	1,02	1,03	0,11	0,70	1,49	0,94	1,09	0,11	0,15
P100	1643,61	1898,00	1081,07	0,00	6194,00	644,25	2419,25	0,66	1775,00
P200	3623,04	3886,50	1906,62	0,00	12824,00	2299,75	4923,00	0,53	2623,25
P305	5408,70	5499,50	2415,81	0,00	19368,00	3803,00	6914,25	0,45	3111,25
Total	5730,64	5748,00	2616,73	81,00	26082,00	4098,75	7207,00	0,46	3108,25
PeakDay	125,08	111,00	84,68	2,00	623,00	53,00	180,50	0,68	127,50
PeakYield	34,47	33,00	9,57	15,00	94,00	28,00	39,00	0,28	11,00
DailyProd	21,45	20,80	4,95	7,48	39,20	17,68	24,88	0,23	7,20

Příloha 4. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_4

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,10	2,00	1,48	1,00	11,00	1,00	3,00	0,71	2,00
SP	96,18	82,00	49,54	39,00	407,00	61,00	116,00	0,52	55,00
P21	1,03	1,03	0,11	0,75	1,44	0,95	1,10	0,11	0,14
P100	1675,56	1823,00	970,63	0,00	6420,00	1009,50	2390,50	0,58	1381,00
P200	3825,01	3934,00	1562,70	0,00	13630,00	2834,00	4844,00	0,41	2010,00
P305	5579,06	5454,00	2135,54	0,00	18710,00	4158,50	6780,00	0,38	2621,50
Total	5877,88	5648,00	2326,11	50,00	18710,00	4354,50	7150,00	0,40	2795,50
PeakDay	114,76	95,00	80,40	6,00	576,00	48,00	166,00	0,70	118,00
PeakYield	34,71	33,00	9,19	10,00	100,00	29,00	39,00	0,26	10,00
DailyProd	21,62	21,10	5,21	4,77	37,61	18,10	24,68	0,24	6,58

Příloha 5. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_5

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,15	2,00	1,61	1,00	14,00	1,00	3,00	0,75	2,00
SP	94,46	79,00	49,27	40,00	396,00	61,00	112,00	0,52	51,00
P21	0,91	0,91	0,10	0,50	1,59	0,86	0,97	0,11	0,10
P100	2818,97	2984,00	986,25	0,00	4978,00	2350,75	3470,25	0,35	1119,50
P200	5461,94	5683,00	1875,56	0,00	12876,00	4588,75	6528,75	0,34	1940,00
P305	7243,06	7447,50	2437,15	0,00	19974,00	5990,00	8707,75	0,34	2717,75
Total	7470,92	7532,00	2614,50	71,00	22264,00	6059,75	8945,50	0,35	2885,75
PeakDay	72,16	47,00	69,96	4,00	418,00	30,75	81,00	0,97	50,25
PeakYield	43,68	43,00	10,20	15,00	96,00	37,00	50,00	0,23	13,00
DailyProd	26,60	26,84	6,10	5,46	41,38	22,49	30,46	0,23	7,97

Příloha 6. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_6

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,25	2,00	1,74	1,00	13,00	1,00	3,00	0,77	2,00
SP	104,88	88,00	54,66	40,00	446,00	64,00	130,00	0,52	66,00
P21	0,88	0,88	0,10	0,55	1,21	0,82	0,94	0,11	0,11
P100	2666,24	2901,00	1256,30	0,00	8702,00	2255,00	3442,00	0,47	1187,00
P200	5087,67	5390,00	2197,29	0,00	16936,00	4279,00	6388,00	0,43	2109,00
P305	6806,67	7115,00	2831,93	0,00	22454,00	5382,00	8638,00	0,42	3256,00
Total	7153,73	7321,00	3008,64	36,00	22454,00	5541,00	9082,00	0,42	3541,00
PeakDay	81,68	50,00	79,20	5,00	410,00	31,00	98,00	0,97	67,00
PeakYield	42,78	41,00	11,38	8,00	93,00	36,00	49,00	0,27	13,00
DailyProd	25,54	25,46	6,39	5,00	46,84	21,02	29,88	0,25	8,85

Příloha 7. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_7

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,09	2,00	1,51	1,00	11,00	1,00	3,00	0,72	2,00
SP	93,53	78,00	47,11	38,00	307,00	58,00	113,00	0,50	55,00
P21	0,89	0,89	0,10	0,54	1,29	0,82	0,95	0,12	0,13
P100	2492,63	2627,00	1170,30	0,00	9078,00	2058,25	3192,75	0,47	1134,50
P200	4803,96	5010,00	2093,21	0,00	16690,00	3898,50	6137,75	0,44	2239,25
P305	6555,49	6638,00	2695,47	0,00	22508,00	5047,50	8219,25	0,41	3171,75
Total	6822,06	6871,00	2842,09	142,00	23900,00	5126,00	8593,25	0,42	3467,25
PeakDay	80,45	49,00	73,34	3,00	370,00	28,00	121,00	0,91	93,00
PeakYield	41,60	40,00	10,78	15,00	99,00	35,00	47,00	0,26	12,00
DailyProd	24,89	24,58	5,85	7,89	44,47	20,48	28,87	0,24	8,39

Příloha 8. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_8

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,10	2,00	1,54	1,00	11,00	1,00	3,00	0,73	2,00
SP	98,13	80,00	52,86	40,00	369,00	60,00	122,00	0,54	62,00
P21	0,91	0,91	0,09	0,60	1,22	0,86	0,96	0,10	0,10
P100	2410,43	2524,00	1147,92	0,00	7434,00	1982,00	3149,75	0,48	1167,75
P200	4940,36	4934,50	1800,70	0,00	14340,00	3915,25	6015,50	0,36	2100,25
P305	6825,05	6804,50	2390,23	0,00	21090,00	5317,50	8165,50	0,35	2848,00
Total	7140,19	7117,50	2614,24	163,00	25090,00	5427,00	8635,25	0,37	3208,25
PeakDay	74,18	51,00	64,90	2,00	372,00	28,00	99,00	0,87	71,00
PeakYield	41,30	40,00	9,34	12,00	71,00	35,00	46,00	0,23	11,00
DailyProd	25,42	25,43	6,00	5,63	41,58	20,77	29,09	0,24	8,33

Příloha 9. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_9

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,15	2,00	1,52	1,00	9,00	1,00	3,00	0,70	2,00
SP	104,14	85,00	56,94	39,00	412,00	63,00	130,00	0,55	67,00
P21	0,90	0,91	0,10	0,59	1,23	0,84	0,96	0,11	0,12
P100	3069,90	3198,00	1089,68	0,00	7494,00	2581,00	3731,00	0,35	1150,00
P200	5816,45	6077,00	2055,77	0,00	14950,00	4854,00	7094,00	0,35	2240,00
P305	7658,46	7891,00	2695,52	0,00	20480,00	6320,00	9286,00	0,35	2966,00
Total	7989,89	8176,00	2949,91	162,00	20480,00	6394,00	9850,00	0,37	3456,00
PeakDay	74,09	49,00	66,88	3,00	438,00	30,00	92,00	0,90	62,00
PeakYield	46,89	46,00	10,93	10,00	88,00	40,00	53,00	0,23	13,00
DailyProd	27,71	27,90	6,38	4,70	42,45	23,17	32,30	0,23	9,13

Příloha 10. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_10

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,31	2,00	1,67	1,00	14,00	1,00	3,00	0,72	2,00
SP	104,53	94,00	48,73	39,00	311,00	67,00	131,00	0,47	64,00
P21	0,87	0,87	0,11	0,57	1,21	0,80	0,93	0,12	0,13
P100	2981,37	3249,50	1196,31	0,00	6646,00	2611,50	3736,00	0,40	1124,50
P200	5597,17	5971,50	2102,93	0,00	12214,00	4808,75	6915,50	0,38	2106,75
P305	7447,23	7793,00	2697,27	0,00	15844,00	5962,25	9084,00	0,36	3121,75
Total	7866,60	7941,00	2873,99	145,00	15982,00	6288,00	9701,00	0,37	3413,00
PeakDay	69,08	43,50	66,19	4,00	372,00	32,75	71,50	0,96	38,75
PeakYield	46,91	46,00	10,88	15,00	88,00	40,00	53,00	0,23	13,00
DailyProd	27,69	27,78	6,53	9,12	45,68	24,02	32,09	0,24	8,07

Příloha 11. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_11

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,22	2,00	1,82	1,00	14,00	1,00	3,00	0,82	2,00
SP	98,17	81,00	55,41	37,00	412,00	62,00	119,00	0,56	57,00
P21	0,87	0,87	0,10	0,58	1,17	0,81	0,93	0,11	0,12
P100	2880,58	2988,00	1089,80	0,00	8712,00	2339,00	3591,00	0,38	1252,00
P200	5485,95	5578,00	1963,35	0,00	17592,00	4393,00	6716,00	0,36	2323,00
P305	7352,04	7374,00	2682,98	198,00	24202,00	5753,00	8908,00	0,36	3155,00
Total	7707,10	7602,00	2993,33	198,00	24202,00	5916,00	9225,00	0,39	3309,00
PeakDay	73,73	48,00	68,60	2,00	388,00	29,00	93,00	0,93	64,00
PeakYield	43,80	44,00	9,14	20,00	93,00	37,00	48,00	0,21	11,00
DailyProd	26,47	26,31	6,29	9,03	41,58	21,85	31,09	0,24	9,24

Příloha 12. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_12

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,22	2,00	1,62	1,00	13,00	1,00	3,00	0,73	2,00
SP	99,61	86,00	51,60	40,00	345,00	63,00	117,75	0,52	54,75
P21	0,90	0,91	0,10	0,58	1,19	0,84	0,96	0,11	0,13
P100	3036,09	3081,00	1007,31	0,00	7414,00	2501,25	3599,50	0,33	1098,25
P200	5907,34	5938,00	1898,35	0,00	14662,00	4844,50	6940,00	0,32	2095,50
P305	7992,16	7945,50	2607,57	0,00	20412,00	6389,25	9377,75	0,33	2988,50
Total	8302,11	8265,50	2747,09	164,00	20412,00	6563,25	9683,00	0,33	3119,75
PeakDay	65,29	42,00	59,94	5,00	381,00	28,00	79,75	0,92	51,75
PeakYield	46,04	46,00	10,25	15,00	83,00	39,00	53,00	0,22	14,00
DailyProd	28,27	28,10	6,93	9,44	47,74	24,20	32,62	0,25	8,42

Příloha 13. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_13

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,17	2,00	1,41	1,00	10,00	1,00	3,00	0,65	2,00
SP	103,46	90,00	49,30	40,00	315,00	65,25	124,00	0,48	58,75
P21	0,92	0,93	0,10	0,50	1,19	0,86	0,98	0,11	0,12
P100	3053,75	3239,00	1108,50	0,00	6810,00	2571,25	3742,00	0,36	1170,75
P200	5889,79	6164,00	2109,60	0,00	13464,00	4896,50	7079,00	0,36	2182,50
P305	7791,29	8066,50	2807,97	0,00	17508,00	6299,50	9559,50	0,36	3260,00
Total	8069,77	8255,00	3004,38	94,00	17893,00	6419,25	9958,75	0,37	3539,50
PeakDay	74,49	51,00	65,44	2,00	309,00	30,25	92,75	0,88	62,50
PeakYield	47,00	46,00	11,52	14,00	97,00	39,00	54,00	0,25	15,00
DailyProd	28,30	28,56	6,96	9,45	47,24	23,67	32,55	0,25	8,89

Příloha 14. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_14

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,31	2,00	1,50	1,00	9,00	1,00	3,00	0,65	2,00
SP	107,38	97,00	49,85	35,00	294,00	66,00	136,25	0,46	70,25
P21	0,86	0,87	0,09	0,57	1,08	0,80	0,91	0,11	0,11
P100	3089,57	3385,00	1144,73	0,00	4899,00	2646,25	3844,00	0,37	1197,75
P200	5771,81	6199,00	2070,40	0,00	9557,00	4815,50	7065,50	0,36	2250,00
P305	7718,73	8052,50	2677,09	39,00	14270,00	6248,25	9611,25	0,35	3363,00
Total	8077,30	8235,00	2924,66	39,00	18186,00	6490,50	9989,25	0,36	3498,75
PeakDay	64,81	45,00	57,30	7,00	378,00	32,75	75,25	0,88	42,50
PeakYield	47,99	47,00	12,35	8,00	97,00	41,00	53,00	0,26	12,00
DailyProd	27,95	28,93	6,91	6,50	46,44	23,34	32,79	0,25	9,45

Příloha 15. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_15

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,18	2,00	1,48	1,00	10,00	1,00	3,00	0,68	2,00
SP	100,29	86,00	48,86	40,00	345,00	64,00	124,00	0,49	60,00
P21	0,87	0,87	0,10	0,52	1,10	0,81	0,95	0,11	0,14
P100	2996,83	3037,00	1192,75	0,00	8300,00	2398,00	3596,00	0,40	1198,00
P200	5759,03	5785,00	2114,55	0,00	16034,00	4446,00	6854,00	0,37	2408,00
P305	7761,14	7589,00	2869,24	1028,00	23328,00	5815,00	9263,00	0,37	3448,00
Total	8034,35	7848,00	3015,47	1077,00	25952,00	5973,00	9725,00	0,38	3752,00
PeakDay	70,27	47,00	62,36	1,00	318,00	31,00	87,00	0,89	56,00
PeakYield	46,50	44,00	11,94	27,00	100,00	38,00	52,00	0,26	14,00
DailyProd	27,54	26,98	6,94	13,13	50,93	22,08	32,89	0,25	10,82

Příloha 16. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_16

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,10	2,00	1,58	1,00	15,00	1,00	3,00	0,75	2,00
SP	94,79	82,00	46,08	41,00	364,00	63,00	111,00	0,49	48,00
P21	0,90	0,92	0,11	0,53	1,21	0,83	0,97	0,12	0,14
P100	3113,36	3185,00	1107,35	0,00	7512,00	2530,00	3764,00	0,36	1234,00
P200	6064,46	6133,00	1949,01	0,00	13918,00	4878,00	7335,00	0,32	2457,00
P305	8134,70	8259,00	2743,74	0,00	17720,00	6380,00	10014,00	0,34	3634,00
Total	8369,97	8438,00	2904,97	57,00	17720,00	6575,00	10176,00	0,35	3601,00
PeakDay	67,61	44,00	62,85	2,00	321,00	30,00	78,00	0,93	48,00
PeakYield	47,31	46,00	12,73	12,00	99,00	39,00	54,00	0,27	15,00
DailyProd	28,99	29,09	7,64	2,48	46,35	23,53	34,17	0,26	10,64

Příloha 17. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_17

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,16	2,00	1,60	1,00	12,00	1,00	3,00	0,74	2,00
SP	112,54	88,00	57,87	39,00	418,00	74,50	132,00	0,51	57,50
P21	1,10	1,08	0,13	0,75	2,05	1,02	1,15	0,12	0,13
P100	2555,35	2845,00	1182,18	0,00	7486,00	2268,50	3258,50	0,46	990,00
P200	5461,11	5982,00	2368,84	0,00	14714,00	4891,00	6813,50	0,43	1922,50
P305	8145,94	8749,00	3336,68	0,00	21422,00	7315,00	10039,50	0,41	2724,50
Total	9009,90	9242,00	3817,61	33,00	38108,00	7554,50	10874,50	0,42	3320,00
PeakDay	139,53	115,00	97,87	2,00	523,00	61,00	199,00	0,70	138,00
PeakYield	49,15	47,00	13,62	9,00	99,00	41,00	55,00	0,28	14,00
DailyProd	30,20	30,40	5,79	5,24	49,10	26,86	34,10	0,19	7,24

Příloha 18. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_18

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,25	2,00	1,70	1,00	13,00	1,00	3,00	0,75	2,00
SP	115,68	91,00	58,59	36,00	402,00	74,00	147,00	0,51	73,00
P21	1,06	1,05	0,10	0,72	1,65	1,00	1,12	0,10	0,12
P100	2473,84	2854,00	1387,96	0,00	8608,00	2039,75	3302,75	0,56	1263,00
P200	5236,25	5897,50	2720,61	0,00	16824,00	4612,00	6812,00	0,52	2200,00
P305	7970,74	8687,00	3682,71	0,00	24612,00	6858,50	10080,50	0,46	3222,00
Total	8939,45	9234,00	4172,78	16,00	35606,00	7179,25	11134,50	0,47	3955,25
PeakDay	145,60	117,00	103,16	3,00	591,00	57,25	225,00	0,71	167,75
PeakYield	49,54	47,00	13,76	2,00	100,00	41,00	55,00	0,28	14,00
DailyProd	30,41	30,51	5,87	1,07	48,93	26,69	34,21	0,19	7,52



Příloha 19. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_19

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,12	2,00	1,60	1,00	18,00	1,00	3,00	0,76	2,00
SP	109,43	86,00	54,71	38,00	509,00	72,75	132,00	0,50	59,25
P21	1,09	1,09	0,11	0,63	2,02	1,02	1,15	0,10	0,13
P100	2387,98	2763,00	1316,08	0,00	8146,00	1964,75	3221,25	0,55	1256,50
P200	5238,55	5834,00	2441,36	0,00	16422,00	4595,50	6731,25	0,47	2135,75
P305	8091,12	8619,50	3244,72	0,00	24976,00	6708,25	10095,25	0,40	3387,00
Total	8915,16	9101,50	3762,41	11,00	27674,00	7083,75	11098,25	0,42	4014,50
PeakDay	147,12	131,00	94,84	1,00	484,00	66,00	218,25	0,64	152,25
PeakYield	49,39	47,00	13,10	6,00	100,00	41,00	55,00	0,27	14,00
DailyProd	30,44	30,46	5,67	3,20	49,95	26,81	34,07	0,19	7,27

Příloha 20. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_20

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,11	2,00	1,52	1,00	12,00	1,00	3,00	0,72	2,00
SP	113,49	93,00	144,61	26,00	6620,00	74,00	132,00	1,27	58,00
P21	1,12	1,11	0,12	0,67	2,91	1,05	1,17	0,11	0,13
P100	2496,07	2789,00	1262,90	0,00	8704,00	2100,50	3242,50	0,51	1142,00
P200	5550,87	5931,00	2298,91	0,00	17618,00	4766,00	6849,00	0,41	2083,00
P305	8388,79	8706,00	3276,62	0,00	27204,00	7186,50	10164,00	0,39	2977,50
Total	9210,10	9272,00	3773,79	4,00	31032,00	7554,00	11062,00	0,41	3508,00
PeakDay	142,67	128,00	95,11	4,00	519,00	63,50	205,00	0,67	141,50
PeakYield	50,03	48,00	13,28	4,00	100,00	42,00	56,00	0,27	14,00
DailyProd	30,62	30,73	5,74	4,00	48,38	27,16	34,27	0,19	7,11

Příloha 21. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_21

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,29	2,00	1,71	1,00	12,00	1,00	3,00	0,75	2,00
SP	115,85	93,00	59,43	40,00	488,00	73,00	146,00	0,51	73,00
P21	0,98	0,97	0,13	0,59	2,70	0,91	1,04	0,13	0,13
P100	3455,82	3777,00	1495,71	0,00	10468,00	3130,50	4299,00	0,43	1168,50
P200	6873,87	7464,00	2864,09	0,00	20472,00	6289,00	8433,00	0,42	2144,00
P305	9623,88	10337,00	3889,37	0,00	28450,00	8733,00	11778,50	0,40	3045,50
Total	10397,78	10845,00	4276,52	2,00	30588,00	8949,50	12754,00	0,41	3804,50
PeakDay	107,88	76,00	87,71	4,00	515,00	43,00	145,00	0,81	102,00
PeakYield	56,60	56,00	14,64	1,00	100,00	49,00	64,00	0,26	15,00
DailyProd	34,47	34,96	7,29	1,00	57,07	30,59	39,22	0,21	8,63

Příloha 22. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_22

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,54	2,00	1,71	1,00	13,00	1,00	3,00	0,67	2,00
SP	124,71	113,00	57,24	26,00	461,00	78,00	157,00	0,46	79,00
P21	0,95	0,95	0,11	0,47	1,49	0,89	1,01	0,12	0,12
P100	3320,09	3738,00	1663,19	0,00	10950,00	2971,00	4330,00	0,50	1359,00
P200	6576,84	7294,00	3084,01	0,00	19996,00	6057,00	8362,00	0,47	2305,00
P305	9408,17	10189,00	4030,94	0,00	27726,00	8343,00	11796,00	0,43	3453,00
Total	10411,33	10821,00	4416,52	10,00	34218,00	8561,00	12954,00	0,42	4393,00
PeakDay	109,99	68,00	98,78	2,00	601,00	40,00	152,00	0,90	112,00
PeakYield	56,25	56,00	14,24	5,00	100,00	48,00	63,00	0,25	15,00
DailyProd	33,99	34,50	7,38	4,25	57,56	30,10	38,84	0,22	8,75

Příloha 23. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_23

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,33	2,00	1,61	1,00	12,00	1,00	3,00	0,69	2,00
SP	115,33	102,00	54,58	39,00	433,00	74,00	147,00	0,47	73,00
P21	0,96	0,96	0,10	0,65	1,44	0,89	1,03	0,11	0,13
P100	3193,79	3651,00	1652,41	0,00	9014,00	2749,50	4217,50	0,52	1468,00
P200	6464,55	7142,00	2980,32	0,00	17260,00	5680,50	8303,00	0,46	2622,50
P305	9434,80	10057,00	3677,95	0,00	25064,00	7878,00	11715,00	0,39	3837,00
Total	10307,14	10622,00	4102,59	14,00	32618,00	8253,50	12667,50	0,40	4414,00
PeakDay	112,87	81,00	88,72	4,00	437,00	43,00	169,00	0,79	126,00
PeakYield	55,22	54,00	13,70	5,00	100,00	47,00	62,00	0,25	15,00
DailyProd	34,00	34,22	6,96	3,50	56,41	29,78	38,71	0,20	8,93

Příloha 24. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_24

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,27	2,00	1,60	1,00	17,00	1,00	3,00	0,71	2,00
SP	114,91	99,00	55,81	32,00	466,00	74,00	143,25	0,49	69,25
P21	0,98	0,97	0,10	0,63	1,77	0,91	1,04	0,11	0,13
P100	3354,51	3778,00	1538,45	0,00	9576,00	3021,00	4269,25	0,46	1248,25
P200	6867,48	7410,50	2647,29	0,00	19072,00	6136,75	8380,50	0,39	2243,75
P305	9823,69	10398,50	3563,31	0,00	27712,00	8521,00	11946,25	0,36	3425,25
Total	10607,06	10877,00	4008,41	12,00	30134,00	8832,25	12854,50	0,38	4022,25
PeakDay	111,48	76,00	91,14	2,00	548,00	43,75	162,00	0,82	118,25
PeakYield	56,91	56,00	14,43	8,00	100,00	48,00	65,00	0,25	17,00
DailyProd	34,62	35,02	7,26	5,37	55,32	30,66	39,12	0,21	8,46

Příloha 25. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_25

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,33	2,00	1,68	1,00	11,00	1,00	3,00	0,72	2,00
SP	117,68	102,00	57,06	34,00	382,00	74,00	149,00	0,48	75,00
P21	0,97	0,96	0,12	0,50	1,74	0,90	1,03	0,12	0,13
P100	3865,06	4118,00	1385,43	0,00	11630,00	3458,00	4582,00	0,36	1124,00
P200	7622,76	8038,00	2587,25	0,00	21646,00	6892,00	8940,00	0,34	2048,00
P305	10496,59	11031,00	3442,97	0,00	28062,00	9233,00	12374,00	0,33	3141,00
Total	11234,73	11520,00	3806,19	34,00	28062,00	9632,00	13225,00	0,34	3593,00
PeakDay	92,32	70,00	72,82	2,00	426,00	42,00	118,00	0,79	76,00
PeakYield	60,11	59,00	13,45	12,00	100,00	52,00	67,00	0,22	15,00
DailyProd	36,33	36,81	6,82	5,86	53,76	32,55	40,80	0,19	8,24

Příloha 26. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_26

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,54	2,00	1,73	1,00	16,00	1,00	3,00	0,68	2,00
SP	126,17	115,00	57,35	44,00	380,00	77,00	160,00	0,45	83,00
P21	0,94	0,93	0,11	0,48	1,48	0,87	0,99	0,12	0,12
P100	3752,57	4028,50	1526,88	0,00	10484,00	3413,00	4590,75	0,41	1177,75
P200	7329,21	7798,00	2777,00	0,00	19806,00	6772,50	8755,25	0,38	1982,75
P305	10301,43	10776,50	3638,43	0,00	28056,00	9197,25	12301,25	0,35	3104,00
Total	11370,56	11532,00	4151,52	16,00	32020,00	9578,25	13703,00	0,37	4124,75
PeakDay	97,28	62,00	85,19	6,00	440,00	40,00	120,75	0,88	80,75
PeakYield	60,24	59,00	13,85	16,00	100,00	52,00	67,00	0,23	15,00
DailyProd	35,72	35,83	6,87	11,73	58,31	31,71	40,39	0,19	8,68

Příloha 27. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_27

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,20	2,00	1,48	1,00	12,00	1,00	3,00	0,67	2,00
SP	114,28	103,00	50,40	29,00	316,00	74,00	145,00	0,44	71,00
P21	0,95	0,93	0,11	0,59	1,83	0,88	1,01	0,12	0,13
P100	3554,13	3908,00	1602,11	0,00	10086,00	3190,00	4411,00	0,45	1221,00
P200	7112,12	7621,00	2808,19	0,00	18430,00	6365,00	8581,00	0,39	2216,00
P305	10181,89	10586,00	3586,65	0,00	25914,00	8828,00	12115,00	0,35	3287,00
Total	11005,46	11081,00	4073,82	23,00	32646,00	9247,00	13204,00	0,37	3957,00
PeakDay	103,68	75,00	80,40	2,00	464,00	42,00	147,00	0,78	105,00
PeakYield	58,05	57,00	13,81	5,00	100,00	49,00	65,00	0,24	16,00
DailyProd	35,14	35,10	7,09	3,83	55,90	30,80	40,10	0,20	9,30

Příloha 28. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_28

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,23	2,00	1,49	1,00	9,00	1,00	3,00	0,67	2,00
SP	115,63	102,00	53,67	36,00	371,00	74,00	149,00	0,46	75,00
P21	0,97	0,96	0,11	0,48	1,67	0,90	1,03	0,11	0,13
P100	3743,21	4045,00	1484,82	0,00	10184,00	3290,00	4553,00	0,40	1263,00
P200	7554,27	7849,00	2507,24	0,00	20302,00	6604,00	8927,00	0,33	2323,00
P305	10660,01	10945,00	3384,57	0,00	28996,00	9225,00	12619,00	0,32	3394,00
Total	11430,89	11474,00	3901,14	61,00	33536,00	9604,00	13455,00	0,34	3851,00
PeakDay	96,39	69,00	75,68	2,00	448,00	40,00	138,00	0,79	98,00
PeakYield	60,95	60,00	13,47	16,00	100,00	52,00	69,00	0,22	17,00
DailyProd	36,52	36,86	6,83	7,14	54,98	32,22	41,08	0,19	8,86

Příloha 29. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_29

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,09	2,00	1,48	1,00	10,00	1,00	3,00	0,71	2,00
SP	112,28	95,00	53,19	42,00	386,00	74,00	138,00	0,47	64,00
P21	0,96	0,95	0,12	0,62	1,83	0,89	1,01	0,13	0,12
P100	4172,65	4259,00	1023,80	0,00	8866,00	3664,00	4729,00	0,25	1065,00
P200	8143,48	8340,00	2000,96	0,00	18308,00	7132,50	9286,50	0,25	2154,00
P305	11075,60	11346,00	2829,89	172,00	26316,00	9814,00	12581,50	0,26	2767,50
Total	11733,83	11767,00	3311,17	172,00	31090,00	10037,00	13413,00	0,28	3376,00
PeakDay	88,62	70,00	64,23	7,00	393,00	44,00	112,00	0,72	68,00
PeakYield	63,32	62,00	12,64	18,00	99,00	54,50	71,00	0,20	16,50
DailyProd	37,35	37,61	6,51	6,75	57,29	33,34	41,87	0,17	8,53

Příloha 30. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_30

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,36	2,00	1,67	1,00	15,00	1,00	3,00	0,71	2,00
SP	123,74	112,00	56,86	46,00	396,00	75,00	155,00	0,46	80,00
P21	0,92	0,90	0,11	0,54	1,32	0,84	0,98	0,12	0,13
P100	4041,83	4246,00	1231,94	0,00	9288,00	3741,00	4658,00	0,30	917,00
P200	7754,52	8155,00	2277,97	0,00	17546,00	7046,00	8834,00	0,29	1788,00
P305	10740,42	11103,00	3053,35	0,00	23734,00	9606,00	12448,00	0,28	2842,00
Total	11674,00	11694,00	3572,24	458,00	24504,00	9957,00	13865,00	0,31	3908,00
PeakDay	92,10	65,00	76,73	11,00	422,00	40,00	112,00	0,83	72,00
PeakYield	63,18	63,00	13,41	23,00	100,00	55,00	70,00	0,21	15,00
DailyProd	36,41	36,70	6,42	14,17	54,24	32,87	40,06	0,18	7,19

Příloha 31. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_31

	mean	median	SD	min	max	q25	q75	CV	IQR
INS_IDX	2,21	2,00	1,37	1,00	8,00	1,00	3,00	0,62	2,00
SP	117,87	108,00	51,79	38,00	331,00	76,00	150,00	0,44	74,00
P21	0,94	0,93	0,11	0,57	1,35	0,87	1,01	0,12	0,14
P100	3914,12	4062,00	1318,92	0,00	9332,00	3468,00	4605,00	0,34	1137,00
P200	7723,99	7917,00	2309,41	0,00	17530,00	6754,00	8971,00	0,30	2217,00
P305	10849,09	10958,00	3049,28	0,00	24958,00	9225,00	12502,00	0,28	3277,00
Total	11682,42	11465,00	3569,45	55,00	27684,00	9682,00	13784,00	0,31	4102,00
PeakDay	93,04	71,00	69,88	4,00	383,00	42,00	120,00	0,75	78,00
PeakYield	61,05	60,00	13,18	13,00	100,00	52,00	68,00	0,22	16,00
DailyProd	36,29	36,45	6,67	10,14	58,75	31,95	40,58	0,18	8,62

Příloha 32. Tabulka popisných statistik parametrů ID\_32

	MEAN	MEDIAN	SD	MIN	MAX	Q25	Q75	CV	IQR
INS_IDX	2,14	2,00	1,42	1,00	11,00	1,00	3,00	0,66	2,00
SP	113,05	100,00	49,58	40,00	329,00	74,00	143,50	0,44	69,50
P21	0,95	0,96	0,10	0,56	1,41	0,89	1,01	0,10	0,12
P100	4091,69	4213,00	1235,97	0,00	9464,00	3657,00	4700,50	0,30	1043,50
P200	8091,61	8259,00	2124,36	0,00	18898,00	7142,50	9107,50	0,26	1965,00
P305	11185,75	11411,00	2971,94	0,00	26242,00	9730,50	12742,00	0,27	3011,50
Total	11857,00	11768,00	3432,49	126,00	29754,00	10049,50	13710,00	0,29	3660,50
PeakDay	87,18	65,00	66,51	6,00	412,00	40,50	113,00	0,76	72,50
PeakYield	63,08	62,00	12,99	24,00	100,00	54,00	70,00	0,21	16,00
DailyProd	37,59	37,80	6,12	14,02	59,20	33,65	41,62	0,16	7,96