



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH W BYDGOSZCZY

**RADA NAUKOWA DYSCYPLINY  
ZOOTECHNIKA I RYBACTWO**

## **ROZPRAWA DOKTORSKA**

mgr inż. Piotr Kliś

PROGNOZOWANIE UŻYTKOWOŚCI KRÓW  
NA PODSTAWIE INFORMACJI Z OKRESU  
OKOŁOPORODOWEGO, REJESTROWANYCH  
PRZEZ ROBOTY UDOJOWE

*Cow performance prediction based on periparturient  
data recorded by milking robots*

DZIEDZINA: zootechnika  
DYSCYPLINA: zootechnika i rybactwo

**PROMOTOR**

PROF. DR HAB. INŻ. ANNA SAWA  
KATEDRA HODOWLI ZWIERZĄT, WYDZIAŁ HODOWLI I BIOLOGII ZWIERZĄT  
UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY IM. J. J. ŚNIADECKICH W BYDGOSZCZY

**BYDGOSZCZ  
2021**



## ***Podziękowania***

*Składam serdeczne podziękowania promotorowi mojej pracy*

***Pani prof. dr hab. inż. Annie Sawie***  
*za życzliwą opiekę, zaangażowanie oraz wszechstronną pomoc  
udzieloną mi podczas powstawania tej pracy.*

*Dziękuję również*  
***Panu dr. hab. inż. Dariuszowi Piwczyńskiemu, prof. uczelni***  
*za cenne uwagi i wskazówki oraz wszelką pomoc  
udzieloną przy realizacji badań.*

*Dziękuję*  
***Pracownikom Zakładu Hodowli Bydła***  
*za życzliwość oraz współpracę w milej i przyjaznej atmosferze.*

## **WYKAZ SKRÓTÓW, SYMBOLI I JEDNOSTEK**

**AMS – System Automatycznego Dojenja (Automatic Milking System)**

**CMS – Konwencjonalny System Dojenja (Conventional Milking System)**

**EC – Przewodność mleka (Electrical Conductivity)**

**II – Indeks Inseminacyjny (Services Per conception)**

**MQC – System kontroli mleka (Milk Quality Control)**

**MT – Czas doju (Milk time)**

**OMW – Okres Międzywycieleniowy (Calving Interval)**

**OSR – Okres Spoczynku Rozrodczego (Reproductive Rest Period)**

**OU – Okres Usługi (Productive Period)**

**PFHBiPM – Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka  
(Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers)**

**PMR – System Częściowo Pełnoskładnikowy (Partly Mixed Ration)**

**SOM – szybkość oddawania mleka (Milk Speed)**

**WDGS – Mokry Wywar Gorzelniany (Wet Distiller's Grains With Solubles)**

## SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTÓW, SYMBOLI I JEDNOSTEK .....	4
1. WSTĘP .....	9
2. ANALIZA LITERATURY .....	10
2.1. TENDENCJE W PRODUKCJI MLEKA .....	10
2.2. AUTOMATYCZNE SYSTEMY DOJU – FUNKCJE I KORZYŚCI W MLECZNYM UŻYTKOWANIU KRÓW .....	11
2.3. AUTOMATYCZNE SYSTEMY DOJU A PŁODNOŚĆ KRÓW .....	18
2.4. KOMPUTEROWE NARZĘDZIA STATYSTYCZNE W ZARZĄDZANIU STADEM KRÓW MLECZNYCH DOJONYCH AMS .....	18
2.5. CHARAKTERYSTYKA OKRESU OKOŁOPORODOWEGO KRÓW ..	20
3. HIPOTEZA BADAWCZA, CEL I ZAKRES BADAŃ .....	22
3.1. HIPOTEZA BADAWCZA .....	22
3.2. CEL I ZAKRES BADAŃ .....	22
4. MATERIAŁY I METODY BADAŃ .....	23
5. WYNIKI .....	32
5.1. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD SIARY W PIERWSZYCH CZTERECH DNIACH LAKTACJI .....	32
5.2. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W OKRESIE 5-28 DZIEŃ LAKTACJI .....	34
5.3. WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W LAKTACJI ORAZ PŁODNOŚĆ KRÓW I ICH PRZEŻYWALNOŚĆ DO KOLEJNEGO WYCIELENIA ...	38
5.4. WARTOŚCI WSPÓLCZYNNIKÓW KORELACJI PROSTEJ MIĘDZY CZASEM PRZEŻYWANIA (PRZEWODNOŚCIĄ ELEKTRYCZNĄ MLEKA I JEGO TEMPERATURĄ, ILOŚCIĄ SPOŻYTEJ W AMS PASZY TREŚCIWEJ, LICZBĄ DOJÓW, CZASEM DOJU A CECHAMI UŻYTKOWOŚCI MLECZNEJ W LAKTACJI I WSKAŹNIKAMI PŁODNOŚCI KRÓW .....	41

5.5. WYKORZYSTANIE METODY DRZEW DECYZYJNYCH DO PRZEWIDYWANIA UŻYTKOWOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE INFORMACJI Z OKRESU OKOŁOPORODOWEGO .....	44
5.5.1. DRZEWO KLASYFIKACYJNE WYDAJNOŚCI MLEKA W LAKTACJI.....	44
5.5.2. DRZEWO KLASYFIKACYJNE OMW.....	45
5.5.3. DRZEWO KLASYFIKACYJNE II .....	46
6. Dyskusja .....	48
6.1. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD SIARY W PIERWSZYCH CZTERECH DNIACH LAKTACJI .....	48
6.2. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W OKRESIE 5-28 DZIEŃ LAKTACJI .....	50
6.3. WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W LAKTACJI ORAZ PŁODNOŚĆ KRÓW I ICH PRZEŻYWALNOŚĆ DO KOLEJNEGO WYCIELENIA ...	56
6.4. WARTOŚCI WSPÓLCZYNNIKÓW KORELACJI PROSTEJ MIĘDZY CZASEM PRZEŻYWANIA (PRZEWODNOŚCIĄ ELEKTRYCZNĄ MLEKA I JEGO TEMPERATURĄ, ILOŚCIĄ SPOŻYTEJ W AMS PASZY TREŚCIWEJ, LICZBĄ DOJÓW, CZASEM DOJU A CECHAMI UŻYTKOWOŚCI MLECZNEJ W LAKTACJI I WSKAŹNIKAMI PŁODNOŚCI KRÓW .....	59
6.5. WYKORZYSTANIE METODY DRZEW DECYZYJNYCH DO PRZEWIDYWANIA UŻYTKOWOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE INFORMACJI Z OKRESU OKOŁOPORODOWEGO .....	60
6.5.1. DRZEWO KLASYFIKACYJNE WYDAJNOŚCI MLEKA W LAKTACJI.....	61
6.5.2. DRZEWO KLASYFIKACYJNE OMW.....	61
6.5.3. DRZEWO KLASYFIKACYJNE II .....	62
7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI .....	64
Tabele .....	66

DRZEWA DECYZYJNE .....	88
RYC.2. DRZEWO DECYZYJNE DOTYCZĄCE WYDAJNOŚCI MLECZNEJ .....	89
RYC. 3. DRZEWO DECYZYJNE DOTYCZĄCE OMW .....	90
RYC. 4. DRZEWO DECYZYJNE DOTYCZĄCE II .....	91
LITERATURA.....	92
STRESZCZENIA .....	103





## 1. WSTĘP

Sytuacja na rynku mleka i perspektywy zmian w kolejnych latach związane trendami odnośnie branży mleczarskiej zmuszają hodowców bydła mlecznego do intensywnego rozwoju swoich gospodarstw. Wdrażają więc oni innowacyjne technologie, umożliwiające nie tylko bardzo dokładne monitorowanie wydajności mleka i jego jakości, ale także zachowania krów. Przykładem tego jest automatyczny system doju (AMS), dzięki któremu, w czasie każdego doju, rejestrowane są ogromne ilości danych dotyczące, m.in. szybkości oddawania mleka, wydajności i składu mleka, jego temperatury i przewodności elektrycznej, ilości spożytej paszy treściwej, a ponadto, w ciągu całej doby, czasu przeżuwania. W celu ustalenia czynników, od których w największym stopniu zależy efektywność użytkowania krów mlecznych, zaleca się przeprowadzanie dogłębnych analiz na bazie dostępnych danych [Tse i esp., 2018]. W wielu badaniach wykazano, że zmienność cech użytkowych krów zależy od wielu różnych czynników i interakcji między nimi [Castro i wsp., 2012; Tremblay i wsp., 2016]. Pojawiają się publikacje [Piwczyński 2020a; Sitkowska i wsp. 2017; Steensels i wsp., 2016] wskazujące, że metodą przydatną w określaniu zmienności cech produkcyjnych i funkcjonalnych krów może być technika drzew decyzyjnych, która w przejrzysty sposób wskazuje czynniki i ich kombinacje, gwarantujące najbardziej i najmniej korzystne wartości konkretnych cech.

Złożoność problemu jakim jest efektywność użytkowania stada bydła mlecznego, a także ważna zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia znajomość możliwych do uwzględnienia informacji pozyskiwanych z AMS, mogących mieć wpływ na jeszcze lepsze zarządzanie stadem, wymuszają niejako stałe aktualizowanie posiadanej wiedzy. Z drugiej strony dla praktyków ważne jest jak najwcześniejsze przewidywanie laktacyjnej wydajności mleka, płodności krów i ich przeżywalności do kolejnego wycielenia. Ponieważ dostępne są coraz to nowsze (czwarta i piąta) generacje AMS, optymalizowane pod kątem nie tylko produkcji ale i dobrostanu krów, uznano za celowe podjęcie niniejszych badań. Jest to tym bardziej uzasadnione, bowiem jak zauważają Svennersten-Sjaunja i Pettersson [2008] nawet przy najbardziej zaawansowanych technologiach doju nadal najważniejszą jest rola człowieka, który musi je nie tylko kontrolować, ale i nimi zarządzać.

## 2. ANALIZA LITERATURY

### 2.1. TENDENCJE W PRODUKCJI MLEKA

Z ekonomicznego punktu widzenia najważniejszą cechą użytkową krów jest ich wydajność mleczna. Wzrasta ona systematycznie dzięki przede wszystkim skutecznej pracy hodowlanej i poprawie dobrostanu. Jednak ponieważ między wydajnością mleka a większością cech funkcjonalnych istnieją niekorzystne zależności hodowlanego punktu widzenia związki, jednocześnie pogorszyła się płodność, zdrowotność wymion, zwiększyło ryzyko chorób metabolicznych i w konsekwencji skrócił się okres użytkowania i życia krów [Karlioglu Kara i Koyuncu, 2018]. Osiągnięcie wysokiej efektywności użytkowania krów mlecznych wymaga więc od producentów podejmowania właściwych decyzji zgodnych z celami hodowlanymi, wśród których obecnie najważniejszym jest optymalizacja wydajności mlecznej [Egger-Danner i wsp., 2015] i poprawa jakości pozyskiwanego mleka. Konsekwencją tego jest coraz powszechniejsze stosowanie nowoczesnych technologii doju. W Polsce liczba producentów mleka spadła z ponad 700 tys. w 2005 r. do ponad 600 tys. w 2019 r., a liczba krów mlecznych zmniejszyła się z 2,751 mln do 2,425 mln. Pomimo tych tendencji ogólna produkcja mleka w Polsce wzrosła (11566 mln litrów w 2005 r. i 14400 l mln litrów w 2019 r.) [Rasz, 2009; GUS, 2019]. Podobne tendencje obserwuje się w innych krajach europejskich [Barkema i wsp., 2015], wskazując na spadek liczby gospodarstw, wzrost wielkości stad i wzrastające uzależnienie od pracy najemnej. Doprowadziło to do zmiany sposobu zarządzania stadem, a także usprawnienia czasochłonnego i pracochłonnego procesu doju. Również perspektywy zmian związane z trendami światowego przemysłu mleczarskiego wymuszają na hodowcach konieczność wdrażania nowych technologii doju.

Producenci mleka coraz bardziej polegają na technologiach zastępujących ich bezpośredni kontakt ze zwierzęciem. Właścicielom gospodarstw mlecznych w Holandii już w roku 1992 zaoferowano roboty udojowy o nazwie Astronaut, wyprodukowany przez firmę Lely [Jacobs i Siegfurd, 2012]. Zastępowanie w oborach konwencjonalnego systemu udojowego (*Conventional milking system* – CMS) automatycznym systemem udojowym (*Automatic milking system* – AMS) sprawiło, że dwadzieścia dwa lata później roboty udojowe pracowały już w ponad 25 000 obór [Barkema i wsp., 2015], głównie w Ameryce Północnej i w Europie Zachodniej. W Polsce pierwsze roboty zaczęto użytkować w 2008 roku; były to roboty firmy DeLaval o nazwie Voluntary Milking System (VMS) [Głowicka-Wołoszyn i wsp., 2010]. Pierwsze roboty udojowe przeznaczone były dla gospodarstw rodzinnych, posiadających 50-150 krów. Wskutek ciągłego rozwoju technologii, AMS montowano również w stadach o obsadzie 500 i więcej krów [Svennersten-Sjaunja i Petterson, 2008]. Roboty wykonują za człowieka praktycznie całą pracę związaną z dojem, umożliwiając zmniejszenie liczby zatrudnionych osób

i poprawę komfortu ich pracy [Hogeveen i wsp., 2001; Jacobs i Siegford, 2012; Tremblay i wsp., 2016; Tse i wsp., 2017]. Jak podają [Steeneveld i wsp., 2015] w większości gospodarstw powodem inwestowania w AMS, wyposażonych w system czujników monitorujących zachowanie krów i wiele parametrów doju oraz cech mleka, była redukcja siły roboczej oraz łatwiejsze i jednocześnie skuteczniejsze zarządzanie stadem. Użytkowanie robota wspomaganego komputerowym systemem zarządzania stadem, pozwoliło na zaoszczędzenie w ciągu roku 2/3 czasu, w porównaniu z konwencjonalnymi metodami doju mechanicznego. Decyzję o zmianie systemu doju na automatyczny wymuszają też rosnące koszty pracy [Jacobs i Siegford, 2012] i zmieniające się ceny mleka [Taing, 2016]. Decyzję o zmianie systemu doju na automatyczny wymuszają też rosnące koszty pracy [Jacobs i Siegford, 2012] i zmieniające się ceny mleka [Taing, 2016]. Niewątpliwą korzyścią z zainstalowania AMS jest również podniesienie poziomu dobrostanu krów. AMS oferuje wiele możliwości monitorowania stada, ogromną ilość danych do interpretacji i wskazania praktycznych rad co do lepszej pracy ze zwierzętami w celu poprawy ich dobrostanu, zdrowia i parametrów mleka [Barkema i wsp., 2015].

## **2.2. AUTOMATYCZNE SYSTEMY DOJU – FUNKCJE I KORZYŚCI W MLECZNYM UŻYTKOWANIU KRÓW**

Efektywność produkcji w gospodarstwie z AMS zależy głównie od wydajności mlecznej krów, na którą wpływa wiele czynników, w tym: czas i częstotliwość doju, liczba krów i szybkość oddawania mleka [Castro i wsp., 2012; Tremblay i wsp., 2016]. Korzyścią wynikającą ze stosowania robotów udojowych jest wzrost częstotliwości oddawania mleka przez krowy w ciągu doby do 2,5-3 dojów/dobę (minimalna liczba dojów/dobę dla krowy powinna zostać ustalona przez zootechnika na podstawie wieku i fazy laktacji [Svennersten-Sjaunja i Petterson, 2008]), skrócenie czasu dzielącego kolejne udoje, co w efekcie powoduje wzrost ich wydajności mlecznej [Nogalski i Piwczyński, 2012]. Zdaniem Tse i wsp. [2017, 2018] zainstalowanie AMS stwarza kilka korzyści, należą do nich: wyższa dobowa frekwencja doju i produkcja mleka; lepsza zdrowotność stada i poprawa wskaźników rozrodczości; możliwość lepszego zarządzania stadem na podstawie gromadzonych informacji; mniejsze zapotrzebowanie na siłę roboczą i większa elastyczność pracy oraz lepsza jakość życia hodowców. Link i Gołębiowski [2018] zaliczyli dój robotem do zabiegu precyzyjnego, bowiem umożliwia on nie tylko zwiększenie krotności, lecz przede wszystkim indywidualne jej zróżnicowanie w zależności od aktualnej wydajności mlecznej krów. Według Jacobs i Siegford [2012] zastosowanie AMS dało możliwość zwiększenia produkcji mleka o 12% przy jednoczesnym zmniejszeniu nakładów pracy o około 18%. Brzozowski i wsp. [2020] wykazali, że po zmianie systemu dojenia z tradycyjnego na automatyczny mleczność krów pierwiastek wzrosła o 15%, a krów w drugiej laktacji o 9%. Pierwiastki wymagają szczególnej

uwagi, ponieważ określają przyszły potencjał użyteczności mlecznej w stadzie [De Vliegher i wsp., 2012]. W związku z krótkim okresem użytkowania krów oraz zróżnicowanym oddziaływaniem czynników poza genetycznych na krowy w zależności od ich wieku [Annen i wsp., 2008], a także faktem, że ostatnio prowadzone są badania szczegółowo analizujące wydajności mleka oraz frekwencję doju w AMS oddzielnie dla grupy pierwiastek i wieloródek [Mišeikienė i wsp., 2019; Siewert i wsp., 2019], w niniejszej pracy uwzględniono kryterium numeru wycielenia.

Roboty udojowe są systematycznie ulepszane i wyposażane w dodatkowe funkcje. Ważną datą w rozwoju AMS był rok 2009, kiedy firma Lely zainstalowała urządzenia do oznaczania chemicznych składników mleka w robocie udojowym, Astronaut A3 NEXT [Lipiński, 2015]. We współczesnych robotach udojowych firmy Lely, podczas każdego doju, za pomocą czujników MQC rejestrowana jest m.in. zawartość tłuszczu i białka [Service information, 2014], które są podstawowymi składnikami mleka, ważnego surowca dla przemysłu mleczarskiego. Według Gulińskiego [2019] w ostatnich latach wiele mleczarni wprowadziło system płatności za surowiec, uwzględniający zawartość białka (i kazeiny) w mleku, ponieważ nastąpiły zmiany diety i konsumenci wolą żywność o niższej zawartości tłuszczu. Zawartość białka w mleku istotnie wpływa na jego cenę w skupie. W ostatnich latach w systemach płatności za mleko na całym świecie, cena białka podwoiła się, głównie ze względu na jego coraz większą przydatność do przetwarzania mleka. Obecnie w większości krajów świata hodowcy bydła mlecznego kładą główny nacisk na poprawę składu mleka krowiego poprzez zwiększenie zawartości białka i jego wydajności oraz poprawę stosunku tłuszczu do białka [Miglior i wsp., 2005]. Głównym powodem coraz większego zainteresowania stosunkiem tłuszcz/białko, szczególnie w mleku we wczesnych stadiach laktacji, jest możliwość wykorzystania stosunku tłuszcz/białko jako ważnego kryterium bilansu energetycznego w ocenie żywienia krów [Buttchereit i wsp., 2012; Guliński i wsp., 2018]. Jak stwierdzili Negussie i wsp [2013] stosunek tłuszcz/białko jest informacją łatwo dostępną z rutynowych programów rejestracji wartości cech mleka w AMS. Może być więc stosowany jako niedrogie narzędzie monitorowania zdrowia i płodności krów w najbardziej krytycznych fazach laktacji.

W przypadku AMS istnieje możliwość bieżącego, precyzyjnego monitorowania nie tylko wydajności i składu mleka krowy, ale też kontrolowania zmian składu mleka i produktywności mlecznej poszczególnych ćwiartek [Forsbäck i wsp., 2010]. Szczegółową analizę produktywności poszczególnych ćwiartek gruczołu mlecznego krów w warunkach doju automatycznego, z uwzględnieniem częstotliwości doju, przeprowadzono w badaniach Boguckiego [2018]. W nowoczesnych robotach udojowych wykorzystuje się przewagę doju ćwiartkowego. Ta różnica w porównaniu do tradycyjnego systemu doju jest niewątpliwa – sprzyja m.in. dopasowaniu parametrów pracy aparatu udojowego i czasu trwania doju do każdej ćwiartki

wymienia (ograniczając tym samym tzw. pustodoje), umożliwiając jednocześnie szybszą diagnostykę w walce z *mastitis* [Pytlewski i wsp., 2014].

*Mastitis* jest powszechnie uznawana za najczęstszą i najbardziej kosztowną chorobę krów mlecznych, powodującą straty gospodarcze (zmniejszenie wydajności, pogorszenie składu i jakości mleka, wzrost kosztów opieki weterynaryjnej, wcześniejsze brakowanie) [Juozaitienė i wsp., 2015]. Ryzyko zachorowania na *mastitis* zmienia się w okresie laktacji, zwiększoną zapadalność odnotowano w pierwszym jej miesiącu [Hammer i wsp., 2012]. Ma to negatywny wpływ na jakość mleka, a w przypadku pierwiastek również na ich rozdajanie się [Tančin i wsp., 2007]. Ponieważ *mastitis* powoduje zmiany w układzie soli mineralnych i laktozy w mleku [Kasiński i wsp., 2012; Norberg, 2005], za jedną z metod służących do wykrywania stanów zapalnych wymienia uznano badanie przewodnictwa elektrycznego mleka (EC, jednostka: mS/cm). Ocena przewodności elektrycznej uznawana jest za bardzo precyzyjną, bowiem w badaniach [Güven i wsp., 2012; Vytautas i wsp., 2006] ustalono istotne korelacje ( $R = 0.3-0.4$ ) z innymi złożonymi metodami monitorowania zdrowia wymion. Z ekonomicznego punktu widzenia bardzo ważne jest wczesne wykrycie początkowej fazy stanu zapalnego wymienia, kiedy to następuje wzrost stężenia jonów  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ , co skutkuje wzrostem przewodności elektrycznej mleka [Kasiński i wsp., 2012]. Roboty udojowe już na krótko przed wystąpieniem organoleptycznych zmian w mleku, są w stanie wykryć zmiany ilości tych pierwiastków w mleku. W robotach udojowych firmy Lely, podczas każdego doju, za pomocą czujników MQC następuje pomiar przewodności elektrycznej mleka (mS) oraz jego barwy. Następnie wyniki pomiarów trafiają do programu operacyjnego T4C, są przy pomocy odpowiednich algorytmów przeliczane i stanowią informację ułatwiającą monitorowanie zmian stanu zdrowotnego wymienia oraz jego leczenia podczas stanu zapalnego. W robotach udojowych firmy Lely przewodność elektryczna mleka 60-70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  wskazuje na zdrowe wymię [Service information, 2014].

Według Juozaitienė i wsp. [2015] przewodność elektryczna mleka ze zrobotyzowanego systemu doju może być wprowadzona jako wskaźnik zapobiegania zapaleniu wymienia u krów mlecznych, a selekcja genetyczna oparta na tej cesze jest możliwa, tym bardziej, że współczynnik odziedziczalności przewodnictwa elektrycznego mleka jest wysoki ( $h^2 = 0,512 \pm 0,028$ ;  $P < 0,001$ ), natomiast współczynnik odziedziczalności liczby komórek somatycznych bardzo niski ( $h^2 = 0,032 \pm 0,014$ ;  $P < 0,001$ ), ponadto występuje dodatnia korelacja genetyczna przewodności elektrycznej z liczbą komórek somatycznych mleka ( $r_g = 0,332 \pm 0,016$ ;  $P < 0,001$ ). Wartości współczynnika odziedziczalności przewodności elektrycznej mleka zostały przez innych autorów [Boas i wsp., 2017; Norberg i wsp., 2004; Norberg 2005] oszacowane na poziomie od 0,12 do 0,41. Oceniając przewodność elektryczną mleka należy uwzględnić fakt, że zależy ona również od okresu laktacji [Neamț i wsp., 2016], a także od temperatury mleka, jego pH i zawartości w nim tłuszczu [Qayyum i wsp., 2016], a ponadto od rasy i wieku krów, wydajności dobowej, numeru

laktacji, odstępu między dojami, składu mleka [Sender i wsp., 2010]. Wyniki badań Yanthi i wsp. [2018] świadczą, że wartość EC można wykorzystać do przewidywania jakości mleka. Stwierdzono bowiem potwierdzone statystycznie ( $P < 0,01$ ) korelacje pomiędzy EC a zawartością suchej masy, suchej masy beztłuszczowej, laktozy oraz punktu zamarzania mleka. Oszacowane przez Boas i wsp. [2017] wartości współczynników korelacji między EC a cechami mleka wynosiły  $r = -0,32$  dla wydajności dobowej,  $r = -0,18$  dla zawartości tłuszczu,  $r = 0,14$  dla zawartości białka,  $r = -0,65$  dla zawartości laktozy i  $r = -0,40$  dla zawartości suchej masy (dla wszystkich  $r$  ( $P < 0,01$ )). Z kolei w badaniach Neamt i wsp. [2016] nie wykazano istotnego wpływu przewodności elektrycznej mleka na jego wydajność lub skład chemiczny ( $P > 0,59$ ).

W przeciwieństwie do CMS, AMS umożliwiają nie tylko gromadzenie licznych danych (o parametrach doju i cechach mleka) rejestrowanych podczas kolejnych wizyt krów w robocie udojowym [Egger-Danner i wsp., 2015], ale także łatwiejsze i pełniejsze kontrolowanie codziennych rytmów i zachowań krów w całym cyklu produkcyjnym [Carlström i wsp., 2013; Halachmi i wsp., 2011; Jacobs i Siegford, 2012]. W oborach z CMS identyfikacja i okresowe kontrole mleka (poziomu tłuszczu, białka, laktozy, temperatura) wpływając do programu zarządzania stadem bardzo efektywnie umożliwiają genetyczne doskonalenie stada, jednak trudnością jest fakt, że spadek wydajności czy zmiany składu mleka mogą być następstwem problemu, który miał miejsce kilka dni temu. W znacznym stopniu komplikacja ta została rozwiązana dzięki kolejnemu potencjałowi AMS, którym jest możliwość rejestrowania przeżuwania. Według Soriani i wsp. [2012] fakt, że przeżuwanie mierzone systemem elektronicznym jest bardzo wysoko skorelowane z tym z bezpośredniej obserwacji wskazuje, że system elektroniczny jest dokładnym narzędziem monitorowania tego zachowania u krów mlecznych. Tak więc, dzięki AMS istnieje możliwość monitorowania przeżuwania, które jest nieodłącznym elementem prawidłowego funkcjonowania układu pokarmowego bydła. Jednym z głównych celów przeżuwania jest rozdrobnienie dawki pokarmowej tak, aby była łatwo dostępna dla mikroflory żwacza. Kaufman i wsp [2018] wykazali, że zawartość w dawce frakcji NDF (włókno detergentowo neutralne) jest głównym stymulatorem czasu przeżuwania oraz zawartości tłuszczu w mleku. Właśnie ono stanowi główne źródło energii dla mikroorganizmów żwacza, a ponadto nadaje paszy strukturę i stanowi balast wypełniający żwacz. Procesowi przeżuwania towarzyszy wydzielanie śliny, której zadaniem jest buforowanie kwasów wytwarzanych podczas degradacji mikrobiologicznej węglowodanów [Lindgren i wsp., 2009]. Dzięki temu łatwiejszy jest pasaż treści pokarmowej w dalszych odcinakach przewodu pokarmowego zwierzęcia oraz jej sprawniejsze trawienie i wchłanianie składników odżywczych [Soriani i wsp., 2012; Stangaferro i wsp., 2016; Pahl i wsp., 2015]. Podany w literaturze zakres czasu przeżuwania dla krów o wysokiej wydajności w okresie laktacji wynosił od 340 do 600 min/dobę [Beauchemin i Yang, 2005; Deming i wsp., 2013]. Według Antanaitis i wsp.

[2018] czas przeżuwania jest zróżnicowany w zależności od stanu fizjologicznego krów, najdłuższy (399 min.) odnotowano u krów w okresie 1–35 dni po inseminacji, najkrótszy (o 9,92% ( $P < 0,001$ )) u krów niecielných w 35–60 dniu po inseminacji. W badaniu tym stwierdzono również, że czas przeżuwania krów w grupach 1–44 dni po ocieleniu, 45–90 dni po cieleniu i 35–60 dni po inseminacji i cielných był podobny i wynosił około 390 min. Jak podają Moretti i wsp. [2018] aktywność krów związana z przeżuwaniem była dokładnie badana zarówno z fizjologicznego, jak i patologicznego punktu widzenia, natomiast stosunkowo rzadko analizowano jej parametry genetyczne (odziedziczalność i korelacje genetyczne z cechami użytkowymi). Autorzy Ci uważają, że gdyby odziedziczalność czasu przeżuwania była wysoka, a ponadto genetycznie skorelowana z innymi cechami użytkowymi, mogłaby być cennym kryterium selekcji. Wartości współczynników odziedziczalności czasu przeżuwania krów mlecznych we Włoszech i w Danii, oszacowane przez różne zespoły wynoszą około 0,28–0,34 [Byskov i wsp., 2017; Moretti i wsp., 2018], są niezależne od okresu laktacji, zatem mogły być wykorzystane w programie hodowlanym [Moretti i wsp., 2018]. Moretti i wsp. [2018] podsumowując wyniki swoich badań stwierdzili bliską zeru (0,07) korelację genetyczną między czasem przeżuwania a wydajnością mleka podczas całej laktacji oraz ujemną ( $r = -0,31$ ) między czasem przeżuwania a wydajnością tłuszczu. Według Soriani i wsp. [2013] na podstawie czasu przeżuwania można prognozować wydajność mleczną zarówno krów pierwiastek jak i wieloródek. Również Antanaitis i wsp. [2018] stwierdzili dodatnie korelacje między czasem przeżuwania a wydajnością mleczną krów ( $r = 0,384$ ,  $P < 0,001$ ), jednocześnie wykazując, że siła zależności zależała od wieku krów ( $r = 0,302$  w drugiej laktacji,  $r = 0,471$  w pierwszej laktacji i  $r = 0,561$  u krów wieloródek;  $P < 0,001$ ). Według autorów czas przeżuwania zwiększał się (2,14 razy) z  $202,0 \pm 87,38$  (u krów o wydajności poniżej 10 kg mleka) do  $431,6 \pm 33,91$  (u krów o wydajności mleka powyżej 50 kg). Krowy o wyższej wydajności mlecznej wymagają większej ilości paszy, co zdaniem Stone i wsp. [2017] może prowadzić do dłuższego czasu przeżuwania niż u krów o niskiej wydajności. Dodatkowo korelacje między czasem przeżuwania a wydajnością mleka krów we wczesnym okresie laktacji wykazano w kilku badaniach [Antanaitis i wsp., 2018; Calamari i wsp., 2014; Liboreiro i wsp., 2015; Soriani i wsp., 2012], jednak autorzy nie analizowali, czy nasilenie zależności zależało od konkretnego tygodnia po wycieleniu. Kaufman i wsp. [2018] sugerują, że czas przeżuwania można wykorzystać do przewidywania wydajności mleka, jednak zachęcają do dalszych badań i opracowania modeli uwzględniających wiele czynników w celu zbadania tego związku. Niewiele jest doniesień na temat zależności między czasem przeżuwania a zawartością podstawowych składników mleka w okresie wczesnej laktacji. Kaufman i wsp. [2018] wykazali brak związku między czasem przeżuwania a zawartością białka w mleku w pierwszych miesiącach laktacji i ujemną zależność z zawartością tłuszczu (każde 30-minutowe wydłużenie dobowego czasu przeżuwania powodowało spadek

o  $0,059 \pm 0,017\%$ ). Z kolei Byskov i wsp. [2015] prowadząc badania na krowach rasy holsteińskiej i szwedzkiej czerwonej, będących w połowie laktacji stwierdzili, że czas przeżuwania był ujemnie związany z wydajnością mleka i zawartością białka, natomiast dodatnio z zawartością tłuszczu. Ta różnica wyników jest prawdopodobnie skutkiem uwzględnienia w badaniach różnego okresu laktacji oraz systemu żywienia.

Pobieranie przez krowy pokarmu i czas spędzony na przeżuwananiu dają obszerną informację nie tylko na temat jakości zadawanej paszy, ale także informują o kondycji i zdrowotności zwierząt [King i wsp., 2018; Liboreiro i wsp., 2015; Link i Gołębiowski, 2018], mogą być wykorzystane do wykrywania rui [Pahl i wsp., 2015, Reith i Hol, 2012], czy służyć do prognozowania terminu wycielenia [Clark i wsp., 2015; Schirmann i wsp., 2013], płodności [Liboreiro i wsp., 2015a]. Informacje o przeżuwananiu w okresie poprzedzającym wycielenie są wykorzystywane do zapobiegania problemom (w tym metabolicznym) w początkowym okresie laktacji [Clark i wsp., 2015]. Również monitorowanie czasu przeżuwania w pierwszych tygodniach laktacji, zostało wykorzystane do szybkiej identyfikacji krow o wysokim ryzyku rozwoju choroby we wczesnej laktacji [Calamari i wsp., 2014; Liboreiro i wsp. 2015a], prawdopodobnie dlatego, że u zwierząt dotkniętych chorobami czas przeżuwania może się skracać z powodu zmniejszenia spożycia paszy. Wyniki badań Soriani i wsp. [2012 oraz Stangaferro i wsp. [2016] sugerują, że automatyczny pomiar przeżuwania jest przydatny do przewidywania czasu wycielenia, umożliwia szybkie uzyskiwanie informacji o stanie zdrowia zwierząt w okresie przejściowym. Soriani i wsp. [2012] wykazali, że krowy, które krócej przeżuwały przed wycieleniem, po wycieleniu utrzymywały ten stan. Krowy z dłuższym okresem przeżuwania ( $> 520$  min/dobę) podczas pierwszych 10 dni laktacji były zdrowe lub występowały u nich łagodne stany zapalne w okresie poporodowym. Natomiast u krow o krótszym czasie przeżuwania (450 min/dobę) podczas pierwszych kilku dni laktacji wystąpiły choroby subkliniczne lub zaburzenia zdrowia. Krowy dotknięte klinicznym zapaleniem gruczołu mlekowego podczas badania wykazały krótszy czas przeżuwania i zmianę jego poziomu już kilka dni przed diagnozą. Również wyniki badań Kaufman i wsp. [2016] sugerują, że monitorowanie przeżuwania w okresie przejściowym może przyczynić się do identyfikacji problemów zdrowotnych u krow wieloródek, np. subklinicznej ketozy. Autorzy stwierdzili, że w przypadku pierwiastek zdrowych i chorych czas przeżuwania od 2 tygodni przed wycieleniem do 4 tygodni po ocieleniu nie różnił się ( $409 \pm 9,8$  min/dobę), natomiast wieloródki zdrowe spędzały w tym okresie średnio  $459 \pm 11,3$  min/dobę przeżuując, krowy z subkliniką ketozą przeżuwały o  $25 \pm 12,8$  min/dobę krócej, a krowy leczone z powodu co najmniej jednego problemu zdrowotnego innego niż subkliniką ketoza przeżuwały o  $44 \pm 15,6$  min/dobę krócej. Schirmann i wsp. [2016] wykazali, że średni dobowy czas przeżuwania u krow ze schorzeniami okołoporodowymi był krótszy odpowiednio o około 63 i 133 min. w ciągu 24 godz. przed i 24 godz. po ocieleniu, w porównaniu do



zwierząt zdrowych. Opisywane są też przykłady skrócenia okresu przeżuwania w związku z rozpoczynającą się kulawizną [Miguel-Pacheco i wsp., 2014] czy zapaleniem wymienia [Fogsgaard i wsp., 2012]. Zapobieganie kulawiznom jest ważne w stadach z AMS, ponieważ krowy z kulawizną rzadziej podchodzą do AMS [Bach i wsp., 2006; Borderas i wsp., 2008], a przypędzanie kulawych krów do automatów udojowych wymaga dodatkowej pracy [Bach i wsp., 2007].

W stadach wykorzystujących AMS jednym z pojawiających się wyzwań jest identyfikacja chorych krów, zwłaszcza w okresie okołoporodowym, ponieważ bezpośredni kontakt między obsługą a krowami podczas codziennego doju jest zminimalizowany [Pohl i wsp., 2014]. Oprócz opisanych wcześniej i wykorzystywanych do oceny stanu zdrowia krów informacji (o przeżuwananiu oraz mleku, np. ilość mleka, jego kolor i przewodnictwo elektryczne), generowanych podczas każdego doju, ważną opcją zapewnianą przez AMS jest pomiar temperatura mleka (MT) [Pohl i wsp., 2014]. Jednak zdaniem Pohl i wsp. [2014] MT mierzone przez AMS może być wykorzystane do wskazywania na gorączkę u krów mlecznych w okresie poporodowym w ograniczonym stopniu. Do identyfikacji krów z gorączką autorzy zaproponowali progi temperatury mleka  $>38,7^{\circ}\text{C}$  lub  $\geq 39,0^{\circ}\text{C}$ , jednocześnie zalecając sprawdzanie innych objawów ogólnoustrojowych choroby. Oprogramowanie komputerowe dołączone do współczesnego robota rejestruje też szybkość oddawania mleka (informującą pośrednio zarówno o wydajności jak i czasie doju), ponadto liczbę dojów i liczbę dojów odrzuconych, które mogą być przydatne do oceny wydajności poszczególnych krów [Carlström i wsp., 2013]. Obiektywne informacje zbierane z AMS wykazują wysoką powtarzalność między udojami (np. 0,73-0,89 dla szybkości oddawania mleka) [Carlström i wsp., 2013; Gäde i wsp., 2006; Wethal i Heringstad 2019]. Kilka innych cech (np. czas przebywania w boksie, czas doju) jest ważnych dla efektywnego wykorzystania AMS, bowiem krótki czas doju i możliwość szybkiego opuszczenia AMS po odłączeniu ostatniego kubka udojowego są cechami pożądanymi [Wethal i Heringstad, 2019]. W stadach, w których są wykorzystywane hale lub roboty udojowe niezwykle ważne jest, aby krowy łatwo i szybko oddawały mleko podczas doju [Szymik i wsp., 2018]. Do niedawna szybkość oddawania mleka była najczęściej wykorzystywanym wskaźnikiem mleczności [Tremblay i wsp., 2016]. W przypadku AMS czas pobytu krowy w boksie udojowym jest prawdopodobnie najważniejszą cechą ekonomiczną [Carlström i wsp., 2013]. Hogeveen i wsp. [2001] stwierdzili mniejszą szybkość oddawania mleka w przypadku, gdy kolejne doje krowy odbywały się w krótkim odstępie czasu. Powodowało to wydłużenie czasu przebywania krowy w boksie udojowym. Przepustowość AMS można zwiększyć poprzez skrócenie fazy przygotowawczej doju i zmniejszenie liczby dojów odrzuconych [Gygas i wsp., 2007].

## **2.3. AUTOMATYCZNE SYSTEMY DOJU A PŁODNOŚĆ KRÓW**

Cechy płodności krów zaliczane są do tzw. cech funkcjonalnych. Dobra płodność krów jest pożądana w stadzie, gdyż warunkuje efektywność produkcji mleka [Kowalski, 2010]. Jednak uzyskanie dobrych wyników w rozrodzie jest zadaniem trudnym, ponieważ płodność zależy od wielu czynników środowiskowych [Chebel i wsp. 2004; Siatka i wsp. 2017; Siatka i wsp. 2018; Strucken i wsp., 2012; Smith i wsp., 2014; Thatcher i wsp., 2010], wśród których wymienia się m.in. żywienie, warunki utrzymania, wiek krowy i poziom jej wydajności mlecznej, pora roku, stan zdrowotny gruczołu mlekowego. W przeciwieństwie do cech użytkowości mlecznej płodność krów dojonych automatycznie rzadko była przedmiotem badań [Piwczyński i wsp. 2020a]. Potrzebę takich badań uzasadnia niska odziedziczalność cech płodności [Nogalski i Piwczyński, 2012] oraz fakt, że jako ważne cechy funkcjonalne są uznawane za kluczowe z punktu widzenia zarządzania stadem mlecznym i jego opłacalności. Obecnie w wielu krajach cechy płodności nie są objęte programami hodowlanymi [INTERBULL, 2019], ale w praktycznej hodowli są brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji w zakresie zarządzania stadem [IZOO, 2019]. Tak więc ważnym dla hodowców bydła mlecznego zagadnieniem jest płodność krów użytkowanych w stadach wyposażonych w AMS. Kruij i wsp. [2002] postawili hipotezę, że AMS wpływa negatywnie na płodność krów, bowiem wyższe częstotliwości doju w AMS prowadzą do większej wydajności mleka, ale niekoniecznie do proporcjonalnego wzrostu spożycia paszy, co w konsekwencji może prowadzić do ujemnego bilansu energetycznego (niższe poziomy glukozy i insuliny, ważne czynniki wpływające na płodność). Jednak wyniki tych badań, podobnie jak innych [Piwczyński i wsp. 2020a; Tse i wsp., 2017] nie wykazały negatywnego wpływu AMS na płodność krów, pomimo zwiększonej częstotliwości udoju i wzrostu wydajności mleka. Według Barkema i wsp. [2015] technologia AMS to ogromny potencjał w zakresie poprawy zdrowia i dobrostanu krów, ponieważ zapewnia swobodę ruchów, dostęp do robota udojowego (oddanie mleka + pobranie koncentratu paszowego). Jednocześnie pozwala na ciągłe monitorowanie zachowania zwierząt i rejestrację przeżuwania i wielu parametrów doju, co umożliwia dokładniejsze określenie optymalnego terminu inseminacji niż w systemach konwencjonalnych.

## **2.4. KOMPUTEROWE NARZĘDZIA STATYSTYCZNE W ZARZĄDZANIU STADEM KRÓW MLECZNYCH DOJONYCH AMS**

Roboty udojowe to znacznie więcej niż dój automatyczny [Jacobs i Siegford, 2012]. Oprogramowanie komputerowe dołączone do współczesnego robota, które jest w istocie systemem zarządzania stadem, rejestruje ponad 100

parametrów doju [Carlström i wsp., 2013; Jacobs i Siegford, 2012]. Mnogość informacji o krowach i mleku, rejestrowanych przez AMS sprawia, że coraz częściej korzysta się z nich w badaniach naukowych, zwłaszcza tych stosujących komputerowe narzędzia statystyczne. Przykładem mogą być badania, w których analizując wieloczynnikowe modele regresji liniowej [King i wsp., 2018] wykazano przydatność do rozpoznawania zaburzeń zdrowia krów dojonych automatycznie, nie tylko czasu przeżuwania, ale i innych danych (np. wydajność mleka, częstotliwość doju i temperatura mleka). Jensen i wsp. [2018] opracowali dynamiczny model liniowy przeznaczony do prognozowania wydajności mlecznych poszczególnych krów dojonych w robotach udojowych, wskazując, że na standardowe błędy prognoz wpływ miał poziom komórek somatycznych, co sugeruje, że ten model może być stosowany jako część systemu wykrywania zapalenia wymienia. W dobie nowoczesnych technologii informatycznych użytecznymi wydają się być komputerowe narzędzia statystyczne, np. metody eksploracji danych (ang. „Data Mining”). Znalazły już one zastosowanie w hodowli krów mlecznych m.in. w badaniach dotyczących przebiegu porodu [Piwczyński i wsp., 2013], rozrodu krów [Siatka i wsp. 2018]. Z kolei Steensels i wsp. [2016] wykorzystali model drzewa decyzyjnego do przewidywania prawdopodobieństwa wystąpienia ketozy i zapalenia macicy u krów dojonych w AMS, uwzględniając m.in. takie dane jak: wydajności mleka, spadki wydajności mleka, czas przeżuwania, spadek masy ciała krowy po wycieleniu. Sitkowska i wsp. [2017] analizując zastosowanie drzew decyzyjnych do prognozowania poziomu komórek somatycznych w mleku krów dojonych AMS stwierdzili, że sygnałami pozwalającymi na wczesne wykrycie stanów zapalnych wymion były: spadek poziomu wydajności, wydłużony czas doju i wzrost przewodności elektrycznej mleka. Szybkość oddawania mleka oraz przewodność mleka wskazane zostały jako punkty krytyczne, na które należy zwrócić szczególną uwagę chcąc utrzymać niski poziom komórek somatycznych w mleku. Piwczyński i wsp. [2020a] wykorzystując w opracowaniu statystycznym wyników technik drzew decyzyjnych wykazali, że najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za mleczność krów w stadach wyposażonych w AMS są w kolejności od najważniejszego: częstotliwość dojenia, numer laktacji, miesiąc dojenia i rodzaj podłoża na stanowisku legowiskowym. Jednocześnie udowodnili, że istnieje szereg interakcji między wyżej wymienionymi czynnikami, a ich zrozumienie jest znacznie ułatwione dzięki technice drzew decyzyjnych.

Wykorzystanie narzędzi w postaci drzew decyzyjnych do analizy informacji zawartych w bazach danych systemów T4C LELY oraz SYMLEK wydają się być interesującym rozwiązaniem, pozwalającym na kompleksową analizę użytkowości krów w stadach wyposażonych w AMS. Drzewa decyzyjne dają możliwość analizy statystycznej cech niespełniających założeń stawianych przez analizę wariancji lub regresję wielokrotną. Zaletą drzew decyzyjnych (w ich budowie wyróżnia się korzeń, pień, gałęzie i liście [Ghiasi i wsp., 2015]) jest intuicyjność i łatwość interpretacji uzyskanych przy ich pomocy wyników

przedstawianych w postaci nieskomplikowanych modeli graficznych, pozwalających na analizę wpływu nie tylko pojedynczych czynników w modelu, ale również na zachodzące między nimi interakcji. Uzyskane wyniki mogą stać się doskonałym narzędziem w rękach zarządców stad wyposażonych w automatyczny system doju, umożliwiającym przewidywanie występujących w nich zdarzeń i podejmowanie decyzji służących uzyskiwaniu lepszych wyników produkcyjnych i reprodukcyjnych krów. Takie podejście może pomóc wskazać czynniki, które wcześniej nie były brane pod uwagę.

## **2.5. CHARAKTERYSTYKA OKRESU OKOŁOPORODOWEGO KRÓW**

Mając na uwadze złożoność problemu oraz poszukiwanie nowych rozwiązań umożliwiających prognozowanie użyteczności krów (mleczność, płodność, przeżywalność do następnej laktacji) jak najszybciej po wycieleniu, w pracy uwzględniono informacje z okresu okołoporodowego (dwa tygodnie przed i cztery tygodnie po wycieleniu), który uznawany jest za krytyczny w cyklu produkcyjnym krowy [Bisinotto i wsp., 2012]. Na dwa tygodnie przed porodem dochodzi do zmniejszenia ilości pobieranej paszy [Bisinotto i wsp., 2012; Thatcher i wsp., 2010]. Po wycieleniu gwałtownie wzrasta zapotrzebowanie na składniki odżywcze, jednak apetyt krowy we wczesnej laktacji jest obniżony, co powoduje mobilizację tkanek organizmu, szczególnie tłuszczu ciała, ale także aminokwasów, minerałów i witamin [Santos i wsp., 2010]. Po porodzie wraz ze wzrostem pobrania suchej masy [Bisinotto i wsp., 2012] oraz wzrostem wydajności mleka, zwiększa się intensywność przemiany materii. Wczesna laktacja to okres, podczas którego krowy doświadczają skutków ujemnego bilansu energetycznego nie tylko z powodu zmian metabolicznych i hormonalnych towarzyszących szybko rosnącej produkcji mleka [Ingvarsen, 2006], ale też na skutek stresów społecznych związanych ze zmianą hierarchii po przejściu z grupy żywieniowej zasuszonych do dających mleko [Mulligan i Doherty, 2008]. Również stres okołoporodowy, czynniki środowiskowe, zarządzanie stadem mogą prowadzić do ujemnego bilansu energetycznego, którego szczyt przypada na 2-3 tydzień po wycieleniu i ulega zmniejszaniu wraz z zaawansowaniem laktacji. Zwykle zbilansowanie energetyczne przypada na 8-10 tydzień laktacji [Thatcher i wsp., 2010]. Skutki błędnego żywienia rozciągają się nie tylko na produkcję mleka, ale mogą również mieć wpływ na zaburzenia hormonalne, które doprowadzić mogą do jałowości bądź niezadowolającej płodności stada [Soriani i wsp., 2012]. W tym wszystkim należy mieć na uwadze odpowiednie żywienie w końcowej fazie zasuszenia, poprzedzającej wycielenie. Błędy popełnione w tym okresie dadzą o sobie znać na krótko po wycieleniu, mogąc prowadzić do zaburzeń funkcjonalnych wątroby, wystąpienia ketozy, *mastitis*, gorączki poporodowej, cyst jajnikowych, zaburzeń w owulacji, jak też ropnych zapaleń pochwy oraz macicy, które to choroby metaboliczne i zakaźne mogą wystąpić u 45 - 60%

krów mlecznych w zależności od rasy, poziomu produkcji mleka czy systemu zarządzania [Santos i wsp., 2010]. W stadach krów mlecznych pierwsze tygodnie po wycieleniu są newralgiczne dla efektywności użytkowania w całej laktacji, bowiem produkcja mleka zwiększa się od zera do maksymalnego poziomu.

### **3. HIPOTEZA BADAWCZA, CEL I ZAKRES BADAŃ**

#### **3.1. HIPOTEZA BADAWCZA**

1. Istnieją zależności między wybranymi informacjami o krowach w okresie okołoporodowym, rejestrowanymi przez roboty udojowe, będącymi wskaźnikami np. funkcjonowania układu pokarmowego (czas przeżuwania), stanu zdrowia gruczołu mlekowego (przewodność elektryczna i temperatura mleka) oraz innych ( ilość pobranej w AMS paszy treściwej, liczba dojów/dobę, czas doju/wizytę) a ich użytkowością.
2. Etap okresu około porodowego, z którego pochodzą wymienione powyżej dane rejestrowane przez AMS wpływa na nasilenie zależności między nimi a użytkowością mleczną i rozplodową krów cyklu produkcyjnym.
3. Na podstawie czasu przeżuwania krów w okresie zasuszenia (ostatnie 14 dni) a także czasu przeżuwania, poziomu przewodnictwa oraz temperatury mleka, ponadto ilości pobranej w AMS paszy treściwej, liczby dojów/dobę i czasu doju/wizytę w pierwszych 28 dniach laktacji można prognozować ich wydajność mleka w laktacji oraz płodność.

#### **3.2. CEL I ZAKRES BADAŃ**

1. Rozważania modelowe z wykorzystaniem procedur SAS (MIXED, FREQ, technika drzew decyzyjnych) do analizy wpływu wybranych czynników na użytkowość krów.
2. Oszacowanie wartości współczynników korelacji prostej między czasem przeżuwania (w okresie okołoporodowym), przewodnością elektryczną i temperaturą mleka, a ponadto ilością pobranej w AMS paszy treściwej/dobę, liczbą dojów/dobę, czasem doju/wizytę (w pierwszych 28 dniach laktacji) a wydajnością i składem mleka w laktacji oraz takimi wskaźnikami płodności krów jak OSR, OU, II i OMW.
3. Celem praktycznym badań była ocena możliwości wykorzystania informacji rejestrowanych przez AMS z okresu okołoporodowego krów do sterowania /prognozowania ich użytkowości.

#### 4. MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Materiały do badań pochodziły z systemu rejestracji danych firmy Lely (program komputerowy T4C - system zarządzania stadem) oraz SYMLEK. Zgoda na udostępnienie danych została udzielona przez właścicieli gospodarstw rolnych. Analizą objęto wyniki z 18055 dojów 524 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, które wycieliły się w roku 2016 i/lub 2017 i były użytkowane w 3 stadach (A, B i C) wyposażonych w automatyczny system doju (AMS) firmy Lely – Astronaut A4. We wszystkich stadach krowy były objęte oceną wartości użytkowej metodą AR

Tabela 1. Ogólna charakterystyka badanych stad

Stado	Liczba robotów udojowych	Liczba krów w stadzie	Podział na grupy technologiczne	Liczba krów/robot
A	1	65	w laktacji, zasuszone	52-55
B	3	225	w laktacji, zasuszone	65-68
C	2	150	w laktacji, zasuszone	64-67

Tabela 2. Przykładowe dawki PMR dla krów w pierwszych 28 dniach laktacji i zasuszonych (14 dni przed spodziewanym wycieleniem)

Dawka pokarmowa PMR			
Krowy w laktacji		Krowy zasuszone	
Komponent	Kg produktu	Komponent	Kg produktu
Kiszonka z kukurydzy	19,0	Kiszonka z kukurydzy	13,0
Kiszonka z lucerny	14,0	Sianokiszonka z traw	4,0
Słoma pszenna	0,5	Wysłodki buraczane	1,5
Wysłodki buraczane	6,0	Słoma pszenna	1,0
Młóto	6,0	Młóto kiszane	1,5
WDGS	4,0	Śruta rzepakowa	2,0
Marchew	3,0	Śruta sojowa poekstrakcyjna	1,2
Śruta rzepakowa	2,7	Pszonżyto	2,0
Śruta sojowa poekstrakcyjna	0,5	Woda	3 (litry)
Pszonżyto	1,7	Suszone wysłodki buraczane	0,5
Premiks min-wit	0,4	Gorzkie sole	0,2
		Tłuszcz chroniony	0,2



We wszystkich stadach, zgodnie z ogólną zasadą stosowaną w obiektach wykorzystujących AMS krowy żywiono systemem PMR (Partly Mixed Ration). Tworzono tzw. „bazy dawki” (tab. 2) zadawane na stół paszowy. Składały się one z pasz objętościowych, treściwych oraz mieszanek mineralno-witaminowych. Krowy rozpoczynające laktację premiowano indywidualnie paszami treściwymi z robota udojowego, zgodnie z tabelą żywienia (tab. 3) w programie T4C. Program ten dobierał w każdej dobie, dla każdej krowy dawkę treściwej paszy premiowej, mając do dyspozycji: paszę nr 1 jako podstawową, paszę nr 2 jako dodatkową, bogatą w tłuszcz chroniony i glikol propylenowy, paszę nr 3 jako dodatkową, w postaci płynnej - gliceryna z dodatkami.

Tabela 3. Przykładowa tabela paszowa

Dzień laktacji	Wydajność dobową mleka (kg)	Pasza nr 1 (kg)	Pasza nr 2 (kg)	Pasza nr 3 (kg)
0		1,0	1,0	0,3
20		3,0	4,0	0,4
50		3,0	4,0	0,4
51	30	2,0	0,0	0,0
	35	4,0	0,0	0,0
	40	3,0	2,0	0,0
	45	3,0	3,0	0,1
	50	3,0	4,0	0,4
	60	4,0	4,0	0,5

Dla każdej krowy zebrano następujące dane:

1. Dotyczące czasu przeżuwania w ciągu każdej doby (min.) w okresie okołoporodowym (14 dni przed i 28 dni po wycieleniu)
2. Dotyczące parametrów doju w poszczególnych dobach w okresie 1-28 dzień laktacji:
  - a) ilość pobranej paszy treściwej (kg/dobę)
  - b) ilość zaprogramowanej paszy treściwej (kg/dobę)
  - c) liczba dojów/dobę
  - d) liczba dojów odrzuconych/dobę
  - e) czas przebywania krowy w boksie AMS (sek/wizytę) = suma czasów przebywania krowy w boksie w danej dobie/liczba wizyt w danej dobie
  - f) czas doju (sek/wizytę) = suma czasów dojów w danej dobie/liczba wizyt
  - g) czas spływu siary/mleka z ćwiartki wymienia (sek/wizytę) = suma czasów spływu siary/mleka w ciągu doby z poszczególnych ćwiartek / (liczba ćwiartek \* liczba dojów w ciągu doby)
  - h) czas doju „ślepego” ćwiartki wymienia (sek/wizytę) = suma czasów doju „ślepego” w ciągu doby poszczególnych ćwiartek/liczba ćwiartek \* liczba dojów w ciągu doby
3. Dotyczące cech siary w poszczególnych dobach w okresie 1- 4 dzień laktacji
  - a) wydajność dobową siary (kg) suma z poszczególnych udojów
  - b) zawartość tłuszczu (%) = średnia z dobowych wizyt
  - c) zawartość białka (%) = średnia z dobowych wizyt
  - d) przewodność elektryczna siary ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) = suma przewodności siary z poszczególnych ćwiartek w ciągu doby/liczba ćwiartek \* liczba dojów
  - e) temperatura siary ( $^{\circ}\text{C}$ ) = suma temperatur siary w poszczególnych dobach w ciągu doby/liczba dojów
  - f) szybkość oddawania siary (SOM) (kg/min.) = suma oddawania siary w poszczególnych dobach w ciągu doby/ liczba dojów.
4. Dotyczące cech mleka w poszczególnych dobach w okresie 5-28 dzień laktacji
  - a) wydajność dobową mleka (kg) suma z poszczególnych udojów
  - b) zawartość tłuszczu (%) = średnia z dobowych wizyt
  - c) zawartość białka (%) = średnia z dobowych wizyt

- d) przewodność elektryczna mleka ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) = suma przewodności mleka z poszczególnych ćwiartek w ciągu doby / liczba ćwiartek \* liczba dojów
- e) temperatura mleka ( $^{\circ}\text{C}$ ) = suma temperatur mleka w poszczególnych dojach w ciągu doby / liczba dojów
- f) szybkość oddawania mleka (SOM) ( $\text{kg}/\text{min.}$ ) = suma oddawania mleka w poszczególnych dojach w ciągu doby / liczba dojów.

5. Dotyczące użytkowości w pełnym cyklu produkcyjnym

- a) daty, numery wycieleń w roku 2016 i 2017, długości laktacji, wydajności mleka w laktacjach ( $\text{kg}$ ) oraz zawartość tłuszczu (%) i białka (%),
- b) daty pierwszych i skutecznych inseminacji w wybranych cyklach produkcyjnych,

Na ich podstawie obliczono następujące wskaźniki płodności:

- długość okresu spoczynku rozrodczego (OSR) – liczba dni między wycieleniem a pierwszą inseminacją,
- długość okresu usługi (OU) – liczba dni między pierwszą a skuteczną inseminacją,
- długość okresu międzywycieleniowego (OMW) – liczba dni między kolejnymi wycieleniami,
- indeks inseminacji (II) – liczba inseminacji potrzebnych do zacielenia krowy

- c) daty wybrakowania.

W opracowaniu statystycznym zebranego materiału liczbowego dokonano:

I. Analizy zmienności za pomocą programu komputerowego SAS [SAS Institute Inc., 2014], posługując się procedurą MIXED:

- 1) czasu przeżuwania, parametrów doju oraz cech siary w okresie pierwszych 4 dni laktacji, wykorzystując następujący model liniowy:

$$Y_{ijk\dots} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + e_{ijklmno}$$

gdzie:

$\mu$  - średnia ogólna,

$a_i$  - wpływ i-tego stada (A, B, C),

$b_j$  - wpływ j-tego numeru laktacji (1, >1),

$c_k$  - wpływ k-tego sezonu wycielenia (letni: V–X, zimowy XI–IV)

$d_l$  - wpływ l-liczy dojów/dobę w pierwszych 4 dniach laktacji ( $\leq 2$ ;  $> 2$ ),

$e_m$  - wpływ m-tego czasu przeżuwania (min/dobę) w okresie pierwszych 4 dni laktacji ( $= < 300$ ; (300-350],  $> 350$ ),

$f_n$  - wpływ n-tej temperatury siary w okresie pierwszych 4 dni laktacji ( $\leq 38,5$ ; (38,5-39,0]; (39,0-39,5];  $> 39,5$ ),

$g_o$  - o-tej klasy przewodności elektrycznej siary w okresie pierwszych 4 dni laktacji ( $\leq 66$ ; (66-69]; (69-72];  $> 72$ ),

$e_{ijklmno}$  - błąd losowy obserwacji.

Istotność różnic sprawdzono testem Scheffe'go.

- 2) czasu przeżuwania, parametrów doju oraz cech mleka w okresie 5-28 dzień laktacji, wykorzystując następujący model liniowy:

$$Y_{ijk\dots} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + h_p + e_{ijklmnop}$$

gdzie:

$\mu$  - średnia ogólna,

$a_i$  - wpływ i-tego stada (A, B, C),

$b_j$  - wpływ j-tego numeru laktacji (1,  $> 1$ ),

$c_k$  - wpływ k-tego sezonu wycielenia (letni: V–X, zimowy XI–IV)

$d_l$  - wpływ l-tego okresu laktacji (5-7, 8-14, 15-21, 22-28 dzień)

$e_m$  - wpływ m-tego czasu przeżuwania (min/dobę) w okresie 5-28 dni laktacji ( $\leq 450$ ; (450-500],  $> 500$ ),

$f_n$  - wpływ n-tej liczby dojów/dobę w okresie 5-28 dni laktacji ( $\leq 2$ ; (2-3];  $> 3$ ),

$g_o$  - o-tej temperatury mleka w okresie 5-28 dni laktacji ( $\leq 38,5$ ; (38,5-39,0]; (39,0-39,5];  $> 39,5$ ),

$h_p$  - p-tej klasy przewodności elektrycznej mleka w okresie 5-28 dni laktacji ( $\leq 66$ ; (66-69]; (69-72];  $> 72$ ),

$e_{ijklmnop}$  - błąd losowy obserwacji.

Istotność różnic sprawdzono testem Scheffe'go.

- 3) Wydajności i składu mleka w laktacji krów i długości laktacji (klasyfikacji krów do odpowiedniej klas dokonano w oparciu o wyliczone średnie z okresu 1-28 dni laktacji dla następujących czynników: liczby dojów/dobę, czasu przeżuwania/dobę, przewodności elektrycznej i temperatury mleka/dobę) wykorzystując następujący model liniowy:

$$Y_{ijk\dots} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + h_p + (ah)_{ip} + (bh)_{jp} + (ch)_{kp} + (dh)_{lp} + (eh)_{mp} + (fh)_{np} + (gh)_{op} + e_{ijklmno}$$

gdzie:

$\mu$  - średnia ogólna,

$a_i$  - wpływ i-tego stada (A, B, C),

$b_j$  - wpływ j-tego numeru laktacji (1,  $> 1$ ),

$c_k$  - wpływ k-tego sezonu wycielenia (letni: V–X, zimowy XI–IV)

$d_l$  - wpływ l-liczy dojów/dobę ( $\leq 2$ ; (2-3];  $> 3$ ),

$e_m$  - wpływ m-tego czasu przeżuwania (min/dobę) ( $=<450$ ; (450-500],  $>500$ ),  
 $f_n$  - wpływ n-tej temperatury mleka ( $=<38,5$ ; (38,5-39,0]; (39,0-39,5];  $>39,5$ ),  
 $g_o$  - o-tej klasy przewodności elektrycznej mleka ( $=<66$ ; (66-69]; (69-72];  $>72$ ),  
 $h_p$  - p-tej klasy przeżywalności do następnego wycielenia (tak, nie),  
 $(ah)_{ip}$  - interakcja stada i przeżywalności krów,  
 $(bh)_{ij}$  - interakcja numeru laktacji i przeżywalności krów,  
 $(ch)_{kp}$  - interakcja sezonu wycielenia i przeżywalności krów,  
 $(dh)_{lp}$  - interakcja liczby dojów i przeżywalności krów,  
 $(eh)_{mp}$  - interakcja czasu przeżuwania i przeżywalności krów,  
 $(fh)_{np}$  - interakcja temperatury mleka i przeżywalności krów,  
 $(gh)_{op}$  - interakcja przewodności elektrycznej mleka i przeżywalności krów,  
 $e_{ijklmnop}$  - błąd losowy obserwacji.  
 Istotność różnic sprawdzono testem Scheffe'go.

- 4) Płodności krów, które przeżyły do następnego wycielenia (klasyfikacji krów do odpowiedniej klasy dokonano w oparciu o wyliczone średnie z okresu 1-28 dni laktacji dla następujących czynników: liczby dojów/dobę, czasu przeżuwania/dobę, przewodności elektrycznej i temperatury mleka/dobę) wykorzystując następujący model liniowy:

$$Y_{ijk\dots} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + e_{ijklmno}$$

gdzie:

$\mu$  - średnia ogólna,

$a_i$  - wpływ i-tego stada (A, B, C),

$b_j$  - wpływ j- tego numeru laktacji (1, >1),

$c_k$  - wpływ k- tego sezonu wycielenia (letni: V–X, zimowy XI–IV)

$d_l$  - wpływ l- liczby dojów/dobę ( $\leq 2$ ; (2-3];  $> 3$ ),

$e_m$  - wpływ m-tego czasu przeżuwania (min/dobę) ( $=<450$ ; (450-500],  $>500$ ),

$f_n$  - wpływ n-tej temperatury mleka ( $=<38,5$ ; (38,5-39,0]; (39,0-39,5];  $>39,5$ ),

$g_o$  - o-tej klasy przewodności elektrycznej mleka ( $=<66$ ; (66-69]; (69-72];  $>72$ ),

$e_{ijklmnop}$  - błąd losowy obserwacji.

Istotność różnic sprawdzono testem Scheffe'go.

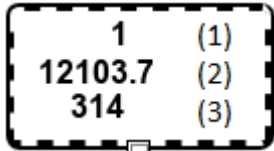
- II. Obliczenia udziału krów, które przeżyły do kolejnego wycielenia lub zostały wybrakowane, przy czym uwzględniono wpływ następujących czynników: stado, numer laktacji, sezon wycielenia, czas przeżuwania,

przewodność elektryczna i temperatura mleka, liczba dojów/dobę. Do obliczeń tych wykorzystano test  $\chi^2$  (procedura FREQ) (oprogramowanie SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2014).

- III. Obliczenia współczynników korelacji prostej między czasem przeżuwania (wyrażonym jako średni dla krowy w okresie okołoporodowym: drugi i pierwszy tydzień przed wycieleniem oraz 1-4, 5-7, 8-14, 15-21 i 22-28 dzień laktacji) a także przewodnością elektryczną i temperaturą mleka oraz ilością pobranej w AMS paszy treściwej, liczbą dojów/dobę, czasem doju/wizyty, SOM (wyrażonymi jako średnie dla krowy w 1-4, 5-7, 8-14, 15-21 i 22-28 dniu) a cechami użytkowości mlecznej w laktacji i wskaźnikami płodności krów. W tym celu wykorzystano procedurę CORR [SAS Institute Inc., 2014].
- IV. Analizę statystyczną za pomocą drzew decyzyjnych wykonano przy użyciu algorytmu CART (Classification and Regression Trees) (SAS Inst. Inc.) Zasadniczy proces modelowania metodą drzew decyzyjnych DT zapoczątkowano podziałem całego zbioru danych (524 krowy – odnośnie przewidywania wydajności laktacyjnej i 398 krów – odnośnie przewidywania płodności) na treningowy (60%) i walidacyjny (40%). Przyporządkowanie krów do zbioru treningowego i walidacyjnego wykonano metodą losowania zwykłego. Zbiór treningowy zawierał dane służące do wykrywania możliwych zależności między zmiennymi. Posłużył on do wstępnego oszacowania parametrów modelu. Z kolei zbiór walidacyjny służył do dopasowania parametrów modelu, które oszacowano na podstawie zbioru treningowego, ponadto jego zastosowanie poprawiło właściwości predykcyjne modelu. Przy tworzeniu drzewa decyzyjnego założono, że minimalna wielkość węzła końcowego nie będzie mniejsza od 30, natomiast głębokość nie większa niż 5. Postępowanie takie miało na celu zapobieżenie nadmiernemu dopasowaniu drzewa do danych treningowych, co mogłoby skutkować odzwierciedleniem przypadkowych zależności występujących w zbiorze walidacyjnym.

Zastosowany w budowie DT algorytm CART (Classification and Regression Trees) wykorzystywał jako kryterium podziału zbioru danych variance reduction [SAS Institute]. W budowie drzewa zostały uwzględnione wszystkie rejestrowane przez AMS informacje z okresu okołoporodowego krów (dane wymienione w pkt. 1-4) – z podziałem na zdefiniowane wcześniej przedziały czasowe (14-8, 7-1 dni przed

wycieleniem; 1-4, 5-7, 8-14, 15-21 i 22-28 dzień laktacji) oraz dodatkowo zmienne: stado, rok i sezon wycielenia. Każdy węzeł lub liść w drzewie decyzyjnym zawierał następujące informacje: ID węzła (1), średnia wartość cechy, np. wydajność mleka w laktacji (12103,7 kg mleka) oraz liczba obserwacji w węźle lub liściu (314) (Rys. 1).



1	(1)
12103.7	(2)
314	(3)

Ryc. 1. Opis węzła dla kg mleka w laktacji

## 5. WYNIKI

### 5.1. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD SIARY W PIERWSZYCH CZTERECH DNIACH LAKTACJI

W badaniach własnych wykazano, że w pierwszych 4 dniach po wycieleniu krowy przeżuwały średnio przez 327 min/dobę (tab. 4). Ilość zaprogramowanej paszy treściwej wynosiła 3,26 kg, natomiast pobranej 2,56 kg. Zgodnie z regułami żywienia krów po wycieleniu, ilość paszy treściwej zwiększano w stadach stopniowo, aby zapobiegać gwałtownym wahaniom pH żwacza. Liczba dojów wynosiła 1,82, natomiast liczba dojów odrzuconych 1,15. Czas trwania jednej wizyty krowy w robocie wynosił 419 s, natomiast sam dój zajmował 322 sek/wizytę. Czas doju ćwiartki wynosił 222 sek/wizytę. Siara oddawana była ze średnią prędkością 2,78 kg/min. Wydajność dobową siary wynosiła około 18 kg, zawartość w niej podstawowych składników była wysoka: 4,85% białka i 4,89% tłuszczu. O zdrowym wymieniu świadczyła przewodność elektryczna siary wynosząca  $<70 \mu\text{S/cm}$ . Być może był to rezultat odpowiedniego stanu wymienia przed zasuszeniem oraz dużej jego higieny w okresie zasuszenia, na co zwracano uwagę we wszystkich stadach. Temperatura siary wynosiła średnio  $39^{\circ}\text{C}$ .

Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych stwierdzono, że uwzględnione w badaniach czynniki w zróżnicowany sposób wpływały na czas przeżuwania, parametry doju (tab. 5) oraz wydajność dobową i cechy siary (tab. 6). Wykazano, że stado różnicowało czas przeżuwania krów oraz wartości uwzględnionych parametrów doju (tab. 5). Zróżnicowana ilość zaprogramowanej paszy treściwej wynikała z faktu, że każde ze stad posługiwało się indywidualną, dobraną do posiadanych krów tabelą paszową. W stadzie B w strukturze stada znaczny był udział wieloródek, dlatego ilość zaprogramowanej paszy treściwej była największa i wynosiła 3,46 kg/dobę. W stadzie A udział paszy pobranej w stosunku do zaprogramowanej wynosił 95% i był o około 10% większy niż w pozostałych. Około dwukrotnie większa liczba dojów odrzuconych/dobę w stadzie A niż w pozostałych to prawdopodobnie skutek mniejszej liczby krów obsługiwanych przez jedno urządzenie AMS (tab. 1). Krowy w stadzie A spędzały najmniej czasu w boksie, średnio 399 sek/wizytę, dój trwał 292 sek/wizytę, natomiast czas spływu siary z ćwiartki wynosił 188 sek/wizytę. Warto zwrócić uwagę na czas doju „ślepego”, dłuższy w stadzie C w porównaniu z pozostałymi ( $P \leq 0,01$ ), co skutkowało zmniejszeniem szybkości spływu mleka u krów w tym stadzie. Analizując wpływ stada na wydajność dobową siary i jej cechy stwierdzono, że był on potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) jedynie w przypadku wydajności siary i zawartości tłuszczu (tab. 6).



Pierwiastki przeżuwały dłużej (405 min/dobę) niż wieloródki (368 min/dobę) ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 5). Związane to mogło być z występującym u starszych krów większym ryzykiem chorób metabolicznych takich jak zaleganie poporodowe, ketoza. Zwierzęta chorujące mają zmniejszony apetyt i trudniej jest zaspokoić ich potrzeby energetyczne wraz ze wzrostem dobowej produkcji siary. Ilość zaprogramowanej oraz pobranej w AMS paszy treściwej była niższa ( $P \leq 0,01$ ) dla pierwiastek i wynosiła odpowiednio 3,17 kg i 2,80 kg. Zwraca uwagę, że pierwiastki w okresie siarowym rzadziej się doily, mniejsza też była liczba ich dojów odrzuconych w porównaniu z wieloródkami. Można uznać, że w okresie siary pierwiastki „uczyły się” korzystania z AMS. Świadczą też o tym wartości innych parametrów doju, np. dłuższy czas pobytu w boksie (446 sek/wizytę), dłużej trwający dój (346 sek/wizytę) i dłuższy czas doju „ślepego” ćwiartki (15,37 sek/wizytę) w porównaniu z wieloródkami ( $P \leq 0,01$ ). Powodem może być też stres związany z samym dojem oraz przyzwyczajaniem się do AMS. Wieloródki oddawały mleko z większą szybkością niż pierwiastki ( $P \leq 0,01$ ). Od pierwiastek pozyskano mniej siary (16,8 kg), zawierała ona więcej tłuszczu (5,80%) i mniej białka (4,57%), jej przewodność elektryczna i temperatura były niższe (68,93  $\mu\text{S/cm}$ , 38,63°C) w porównaniu z siarą wieloródek ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 6).

Wpływ sezonu wycielenia został potwierdzony statystycznie jedynie w przypadku takich cech jak: ilość pobranej w AMS paszy treściwej i czas doju „ślepego” ( $P \leq 0,05$ ) (tab. 5). Wydajność krów wycielonych zimą była wyższa ( $P \leq 0,05$ ), siara zawierała więcej białka ( $P \leq 0,05$ ) (tab. 6). Niższa dobową wydajność siary w okresie letnim mogła wynikać z niekorzystnego wpływu wysokiej temperatury na apetyt krów. Minimalne różnice w składzie chemicznym siary mogły mieć związek z pobraniem suchej masy z dawki PMR. Temperatura siary w okresie letnim była wyższa ( $P \leq 0,01$ ) niż zimą.

Liczba dojów/dobę różnicowała wartości cech przedstawionych w tabeli 5, przy czym w przypadku krów dojonych  $>2$  razy/dobę wyższe wartości, potwierdzone statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) stwierdzono dla: czasu przeżuwania, ilości pobranej w AMS i zaprogramowanej paszy treściwej oraz liczby dojów odrzuconych. Wpływ liczby dojów/dobę na wydajność siary i jej podstawowy skład został potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 6). Większą wydajność dobową siary uzyskały krowy dojne częściej, jednocześnie ich siara zawierała więcej tłuszczu i mniej białka, co powodowało zwiększenie się stosunku tłuszcz/białko.

Wykazano, że im dłużej krowy przeżuwały, tym większa ( $P \leq 0,01$ ) przypadła na nie ilość zaprogramowanej i pobranej w AMS paszy treściwej (odpowiednio 3,06 vs 3,42 kg/dobę i 2,46 vs 3,27 kg/dobę), a także liczba dojów/dobę (1,37 vs 1,81) i liczba dojów odrzuconych/dobę (1,69 vs 2,07), ponadto szybkość oddawania mleka zwiększała się z 2,56 do 2,67 kg/min (tab. 5). Wyniki zamieszczone w tabeli 6 świadczą o potwierdzonym statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) związku pomiędzy czasem przeżuwania a wydajnością siary i jej składem. Krowy o najkrótszym okresie przeżuwania ( $<300$  min/dobę) dały 15

kg siary, wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania (do >350 min/dobę) wzrastała dobową wydajność siary do ponad 24 kg. To ukazuje jak duży jest wpływ czasu przeżuwania na wydajność dobową siary. Jednocześnie wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania w siarze zmniejszała się ( $P \leq 0,01$ ) zawartość tłuszczu (o 0,33%) i białka (o 0,43%), tym samym stosunek tłuszcz/białko w grupie krów najdłużej przeżuwających wynosił 1,11. Stwierdzono, że temperatura siary od krów najdłużej przeżuwających była do 0,15°C wyższa niż i od krów przeżuwających najkrócej.

Na podstawie analizy wyników dotyczących wpływu rejestrowanych przez AMS wskaźników zdrowia (temperatura i przewodność elektryczna siary) na badane cechy stwierdzono, że krowy, których temperatura siary była najniższa i wynosiła <37,5°C spędzały najwięcej czasu w boskie (447 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ), ich siara spływała z wymienia najdłużej (340 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ), najdłużej trwał dój „ślepy” (14,83 sek/wizytę) (tab. 5). Wykazano, że wraz ze wzrostem temperatury siary wartości wymienionych cech zmniejszały się ( $P \leq 0,01$ ) odpowiednio do 412 sek/wizytę; 318 sek/wizytę i 13,10 sek/wizytę. W przypadku szybkości oddawania siary odnotowano tendencję odwrotną (wzrost z 219 do 2,95 kg/min) ( $P \leq 0,01$ ). Analizując związek między temperaturą siary a jej wydajnością dobową i składem (tab. 6) stwierdzono, że był on potwierdzony statystycznie w przypadku wydajności ( $P \leq 0,01$ ) i zawartości białka ( $P \leq 0,05$ ), przy czym im wyższa była temperatura siary, tym więcej jej pozyskiwano (18,2 vs 20,2 kg), natomiast zawartość białka zmniejszała się (4,74 vs 4,68%).

Potwierdzono statystycznie związek pomiędzy przewodnością elektryczną siary a czasem przeżuwania (tab. 5). Najdłużej (404 min/dobę) przeżuwały krowy, których przewodność elektryczna siary była najniższa ( $\leq 66 \mu\text{S/cm}$ ). Krowy, których przewodność elektryczna siary była wyższa, krócej przeżuwały ( $P \leq 0,01$ ), rzadziej się doiły (1,56 vs 1,60), spędzały w boksie mniej czasu ( $P \leq 0,05$ ) (428 vs 416 sek/wizytę), miały krótszy czas spływu mleka z ćwiartki ( $P \leq 0,01$ ) (226 vs 210 sek/wizytę) i krótszy czas doju „ślepego” ćwiartki ( $P \leq 0,01$ ) (14,60 vs 13,71 sek/wizytę), ponadto szybkość oddawania przez nie siary była mniejsza ( $P \leq 0,01$ ) (2,65 vs 2,48). Związek przewodności elektrycznej siary z innymi uwzględnionymi w badaniach jej cechami został potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,05$ ) jedynie w przypadku wydajności dobowej (tab. 6).

## **5.2. PRZEŻUWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W OKRESIE 5-28 DZIEŃ LAKTACJI**

Wyniki zamieszczone w tabeli 7 wskazują, że w okresie 5-28 dzień laktacji na przeżuwanie krowy poświęcały około 445 min/dobę. W początkowym okresie laktacji u krów powszechnie obserwuje się poprawę apetytu, skutkującą spożyciem większej ilości paszy. W badaniach własnych ilość zaprogramowanej paszy treściwej podawanej w AMS i pobranej przez krowy wynosiła odpowiednio 6,19 i 5,56 kg/dobę, była więc około 2 razy większa niż

w okresie siary. Wzrostowi spożycia w AMS większej ilości paszy treściwej towarzyszył około 2-krotny wzrost wydajności mleka oraz wzrost liczby i czasu dojów. W porównaniu do okresu siary nastąpił wzrost liczby dojów/dobę (do 2,78) oraz liczby dojów odrzuconych (do 1,70). Krowy oddawały mleko średnio po upływie 14 sek, czas doju wynosił 352 sek/wizytę, natomiast czas splywu mleka z ćwiartki 250 sek/wizytę. Podczas każdego doju w AMS generowane są ważne informacje o mleku, takie jak jego przewodność elektryczna czy temperatura. W porównaniu do okresu siary zwiększyła się nieco szybkość oddawania mleka (do 2,81 kg/min) i zmniejszyła przewodność elektryczna mleka (do 68,77  $\mu\text{S/cm}$ ), natomiast temperatura mleka pozostała na podobnym poziomie i wynosiła 39,03°C. W okresie 5-28 dzień laktacji od krów pozyskiwano po ponad 35 kg mleka/dobę, o średniej zawartości tłuszczu w mleku 4,00%, natomiast białka 3,54%. Zmienność zawartości tłuszczu wynosiła 18,9%, a białka 9,4%. Wartość stosunku tłuszcz/białko (1,14) można uznać za prawidłową.

Stwierdzono, że wpływ badanych czynników w okresie 5-8 dzień laktacji na wartości uwzględnionych cech (tab. 8 i 9) w większości przypadków był podobny do wykazanego w okresie siary (tab. 5 i 6).

Najdłużej (484 min/dobę) przeżuwały krowy w stadzie A, najkrócej (423 min/dobę) w stadzie B ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 8). W praktyce zachęca się krowy do wejścia do AMS podając im w boksie udojowym paszę treściwą. W stadzie B ilość zaprogramowanej i pobranej paszy treściwej była większa niż w pozostałych ( $P \leq 0,01$ ). W stadach B i C w stosunku do okresu siary udział pobranej paszy treściwej do zaprogramowanej zwiększył się do około 90%, natomiast w stadzie A wynosił 95% (podobnie jak w okresie siary). W stadzie C odnotowano najdłuższe ( $P \leq 0,01$ ) czasy: doju (375 sek/wizytę) i splywu mleka z ćwiartki (267 sek/wizytę) oraz doju „ślepego” ćwiartki (16,6 sek/wizytę). W stadzie A, w którym krowy najwięcej czasu poświęcały na przeżuwanie i najczęściej oddawały mleko (tab. 8), wydajność dobową okazała się najwyższa (35,4 kg), przewaga wynosiła 2,5 kg w stosunku do stada B ( $P \leq 0,05$ ) i 0,7 kg w stosunku do stada C (tab. 9). Najwięcej tłuszczu (4,16%) i białka (3,61%) zawierało mleko od krów w stadzie C, co skutkowało najwyższym stosunkiem tłuszczu/białka (1,16).

Wykazano potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) wpływ kolejnej laktacji na czas przeżuwania i większość parametrów doju (tab. 8). Krowy pierwiastki przeżuwały krócej niż wieloródki (431 vs 472 min/dobę) ( $P \leq 0,01$ ). Zaprogramowana dla pierwiastek ilość paszy treściwej i przez nie spożytej była niższa (5,54 kg/dobę i 5,16 kg/dobę) w porównaniu z wieloródkami, ponadto liczba ich dojów/dobę i liczba dojów odrzuconych/dobę była niższa (2,45 i 1,64) ( $P \leq 0,01$ ). W porównaniu z wieloródkami pierwiastki więcej czasu spędzały w boksie ( $P \leq 0,01$ ), dłużej trwał czas ich doju/wizytę, splywu mleka z ćwiartki i dój „ślepy” ćwiartki (460 sek/wizytę; 363 sek/wizytę; 259 sek/wizytę i 16,45 sek/wizytę), w efekcie szybkość oddawania mleka była niższa (2,31 kg/min). U wieloródek odnotowano krótszy czas splywu mleka

z ćwiartki, co mogło świadczyć o dobrej ich aklimatyzacji do AMS. Wyższą wydajność dobową (39,5 kg) osiągnęły wieloródki, ich przewaga w stosunku do pierwiastek wynosiła ponad 10 kg ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 9). W kolejnych laktacjach następował wzrost zawartości tłuszczu w mleku (z 3,84 do 4,25%) ( $P \leq 0,01$ ). Ponieważ zawartość białka utrzymywała się na wyrównanym poziomie (3,61 - 3,60%) stosunek tłuszcz/białko wzrósł z 1,06 do 1,19 ( $P \leq 0,01$ ). Wraz z wiekiem krów zwiększała się przewodność elektryczna ich mleka z 66,87 do 70,18  $\mu\text{S/cm}$  ( $P \leq 0,01$ ). Analizując temperaturę mleka, wyższą stwierdzono w przypadku wieloródek ( $P \leq 0,01$ ).

Kolejnym uwzględnionych czynnikiem był sezon wycielenia. Różnicował on długość czasu przeżuwania, parametrów doju, jednak potwierdzone statystycznie różnie wystąpiły jedynie w przypadku następujący cech: liczba dojów (większa zimą) ( $P \leq 0,05$ ) i liczba dojów odrzuconych (większa latem) ( $P \leq 0,01$ ), czas pobytu w boksie, czas doju, czas spływu mleka z ćwiartki (dłuższy zimą) ( $P \leq 0,05$ ) (tab. 8). Różnica dotycząca liczby dojów odrzuconych mogła wynikać z mniejszej wydajności dobowej krów latem (tab. 9) przy jednoczesnym braku korekacji dostępu do robota. Częstotliwość doju była większa zimą niż latem ( $P \leq 0,01$ ). Dłuższy czas doju w okresie zimowym przełożył się na wydajność dobową, która u krów wycielonych zimą była o 2 kg większa od osiągniętej przez krowy wycielone latem ( $P \leq 0,01$ ), ponadto ich mleko zawierało o 0,11% więcej tłuszczu ( $P \leq 0,05$ ) i o 0,07% więcej białka ( $P \leq 0,01$ ), jego przewodność elektryczna i temperatura były mniejsze ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 9). Przewodność elektryczna mleka latem wynosiła 70,63  $\mu\text{S/cm}$ , natomiast zimą 66,42  $\mu\text{S/cm}$ . Podobny wpływ pory roku dotyczył temperatury mleka: latem wyższa (39,4°C) a zimą niższa (38,6°C).

Okres laktacji najbardziej spośród uwzględnionych czynników różnicował czas przeżuwania, parametry doju (tab. 8) oraz wydajność i cechy mleka (tab. 9). Czas przeżuwania wydłużył się z 439 min/dobę w okresie 5-7 dzień laktacji do 459 min/dobę w okresie 15-21 dzień laktacji ( $P \leq 0,01$ ), w kolejnych dniach trwał 456 min/dobę (tab. 8). Ilość zaprogramowanej i pobranej w AMS paszy treściwej wzrastała ( $P \leq 0,01$ ) w kolejnych okresach, przy czym wraz z zaawansowaniem laktacji wielkości tych przyrostów zmniejszały się. Powszechną strategią żywienia krów w gospodarstwach wyposażonych w AMS jest liniowy wzrost ilości paszy treściwej podawanej podczas doju w pierwszych tygodniach laktacji. Systematycznie wzrastała liczba dojów/dobę (2,35 vs 3,15) ( $P \leq 0,01$ ), natomiast zmniejszała się liczba dojów odrzuconych (2,18 vs 1,65), wydłużał się czas: pobytu krów w boksie (428 vs 450 sek/wizytę), czas doju wymienia (330 vs 353 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ) i z ćwiartki (233 vs 251 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ) oraz doju „ślepego” ćwiartki (14,39 vs 14,81) ( $P \leq 0,01$ ), zmniejszała się szybkość oddawania mleka (2,71 vs 2,68 kg/min). Wydajność dobową w okresie 5-7 dzień laktacji wynosiła 29,3 kg, w kolejnych okresach, zgodnie z oczekiwaniami, następował jej wzrost ( $P \leq 0,01$ ) do 38,8 kg w 21-28 dniu laktacji (tab. 9). Jednocześnie w mleku stopniowo zmniejszały się zawartości tłuszczu i białka (odpowiednio z 4,52 do 3,60% i z 3,98 do 3,38%)

( $P \leq 0,01$ ), co skutkowało zmianami wartości stosunku tłuszcz/białko (1,14 vs 1,07) ( $P \leq 0,01$ ). Analizując wpływ okresu laktacji na parametry zdrowia wymienia wykazano, że przewodność elektryczna mleka w kolejnych tygodniach laktacji utrzymywała się na tym samym poziomie, natomiast temperatura mleka zmniejszała się (39,03 vs 38,98°C) ( $P \leq 0,01$ ).

Liczba dojów na dobę różnicowała czas przeżuwania i wartości parametrów doju (tab. 8). Im częściej krowy były dojone, tym dłużej przeżuwały (440 vs 459) ( $P \leq 0,01$ ) i miały większą liczbę dojów odrzuconych ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 8). Wzrost liczby odwiedzin, umożliwił krowom pobranie w AMS większej ilości paszy treściwej ( $P \leq 0,01$ ), również dlatego, że wydłużał się ich czas pobytu w boksie. Udział paszy treściwej spożytej w stosunku do zaprogramowanej wzrastał wraz z krotnością dojów z 83 do 98%. U częściej dojonych krów wydłużał się czas ich doju/wizytę ( $P \leq 0,05$ ) i czas spływu mleka z ćwiartki/wizytę ( $P \leq 0,05$ ), ( $P \leq 0,01$ ), ponadto dłużej trwał czas doju „ślepego” ( $P \leq 0,01$ ). Wartości parametrów mleka, świadczące o stanie zdrowotnym wymienia (przewodność elektryczna mleka i jego temperatura) były korzystniejsze w przypadku krów dojonych częściej (tab. 9). Wraz ze wzrostem częstotliwości dojów zwiększała ( $P \leq 0,01$ ) się wydajność dobową krów (31,1 vs 37,9 kg), zmniejszała się ( $P \leq 0,01$ ) zawartość tłuszczu (4,14 vs 3,98%) i białka (3,63 vs 3,56%) oraz wartość stosunku tłuszcz/białko (1,15 vs 1,12).

Czas przeżuwania jako czynnik doświadczalny różnicował wartości parametrów doju krów w okresie 5-28 dzień laktacji (tab. 8). Krowy o dłuższym czasie przeżuwania częściej się doiły ( $P \leq 0,01$ ) i miały większą liczbę dojów odrzuconych (brak statystycznego potwierdzenia). Stwierdzono, że krowy o dłuższym czasie przeżuwania pobierały mniej paszy treściwej ( $P \leq 0,01$ ). Wykazano, że wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania wydłużały się czasy: pobytu w boksie i doju (brak statystycznego potwierdzenia), spływu mleka z ćwiartki ( $P \leq 0,05$  i  $P \leq 0,01$ ) oraz zwiększała się szybkość oddawania mleka ( $P \leq 0,01$ ). Wykazano, że krowy, wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania zwiększały swoją wydajność dobową (z 33,4 do 35,0 kg) ( $P \leq 0,01$ ). Stwierdzono, że w mleku krów dłużej przeżuwających zmniejszała się zawartość tłuszczu (4,11 vs 3,99) ( $P \leq 0,01$ ) i jednocześnie stosunek tłuszcz/białko przyjmował mniejsze wartości (1,15 vs 1,11) ( $P \leq 0,01$ ), ponadto zmniejszała się przewodność elektryczna mleka (68,73 vs 68,41  $\mu\text{S/cm}$ ) ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 9).

Wykazano brak związku pomiędzy temperaturą mleka a czasem przeżuwania krów (tab. 8). Krowy, których temperatura mleka wynosiła  $>39^\circ\text{C}$  częściej oddawały mleko. Im wyższa była temperatura mleka krów, tym rzadziej zdarzały się u nich doje odrzucone (2,06 vs 1,77) ( $P \leq 0,05$ ). Krowy, których mleko miało wyższą temperaturę spędzały więcej czasu w boksie (433 vs 444 s/dobę), dłużej trwał ich dój (335 vs 348 sek/wizytę) i spływ mleka z ćwiartki (237 vs 248 sek/wizytę), krócej natomiast trwał dój „ślepy” (14,98 vs 14,23 sek/wizytę), ponadto zwiększała się szybkość oddawania mleka (2,47 vs 2,92 kg/min) ( $P \leq 0,01$ ). Odnotowano związek pomiędzy temperaturą mleka

a wydajnością dobową ( $P \leq 0,01$ ) oraz przewodnością mleka ( $P \leq 0,01$ ). Najwyższą wydajność dobową (34,8 kg) stwierdzono u krów, których mleko miało temperaturę  $>39,5^{\circ}\text{C}$ . Krowy, których mleko miało niższą temperaturę osiągały niższą wydajność dobową. Wzrost temperatury mleka z  $<38,5$  do  $39,0-39,5^{\circ}\text{C}$  wpływał na spadek przewodności elektrycznej mleka (68,96 vs 68,29  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ( $P \leq 0,01$ ).

Analizując wpływ przewodności elektrycznej mleka, jako czynnika doświadczalnego na czas przeżuwania i parametry doju stwierdzono, że był on potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,05$  lub  $P \leq 0,01$ ) (tab. 8). Wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka krów odnotowano u nich skrócenie czasu przeżuwania (z 466 do 429 min/dobę). Krowy, których mleko charakteryzowało się największą przewodnością znalazły się wśród tych, dla których zaplanowano największą ilość paszy treściwej (5,82kg/dobę), jednak udział paszy spożytej w AMS w odniesieniu do zaprogramowanej okazał się najniższy (89%). Wzrost przewodności elektrycznej mleka łączył się ze zmniejszeniem liczby dojów i dojów odrzuconych (odpowiednio z 2,85 do 2,79 i z 2,33 do 1,55) skróceniem czasu spływu mleka z ćwiartki (z 252 do 237 sek/wizytę) i doju „ślepego” ćwiartki (z 15,22 do 14,23 sek/wizytę). Może być to wynikiem spadku produkcji mleka podczas stanów zapalnych wymienia, co ma bezpośredni wpływ na czas doju. Analizując wyniki zamieszczone w tabeli 9 stwierdzono, że krowy, których mleko wykazywało większą przewodność elektryczną osiągały niższą wydajność dobową ( $P \leq 0,01$ ), jednocześnie w ich mleku wzrastała zawartość tłuszczu i zmniejszała się zawartość białka ( $P \leq 0,01$ ), co skutkowało wzrostem wartości stosunku tłuszcz/białko ( $P \leq 0,01$ ).

### **5.3. WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W LAKTACJI ORAZ PŁODNOŚĆ KRÓW I ICH PRZEŻYWALNOŚĆ DO KOLEJNEGO WYCIELENIA**

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 10 wykazała, że krowy osiągnęły wysoką wydajność mleka w laktacji pełnej (krowy przeżywające do następnego wycielenia, o ponad 4500 kg większą w porównaniu do średniej krajowej w Polsce dla rasy polskiej holsztyńsko fryzyjskiej [PFHBiPM, 2019], natomiast krowy wybrakowane o ponad 1250 kg). Krowy cechowała przeciętna płodność: OMW trwał 407 dni, do zacielenia krowy potrzeba było 2,3 porcje nasienia, a więc OU trwał 52 dni, pierwszą inseminację wykonywano średnio w 78 dniu laktacji.

W tabeli 11 przedstawiono wyniki dotyczące wpływu czynników głównych i ich interakcji z przeżywalnością do kolejnego wycielenia na wydajność i skład mleka w laktacji.

Średnia wydajność laktacyjna krów przeżywających do kolejnego wycielenia wynosiła 13018 kg mleka, natomiast ubyłych 11036 kg ( $P \leq 0,01$ ). Długość laktacji krów zakwalifikowanych do różnych grup nie różniła się znacząco, jednak laktacje krów ubyłych trwały o 19 dni krócej. Mleko krów

przeżywających do kolejnego wycielenia w stosunku do ubytych, zawierało mniej tłuszczu ( $P \leq 0,05$ ) i białka.

Zróznicowanie przewagi wydajności laktacyjnej krów przeżywających do kolejnego wycielenia w stosunku do ubytych zależało od stada, przy czym największą różnicę stwierdzono w stadzie B (ponad 4500 kg) ( $P \leq 0,01$ ), najmniejszą w stadzie A (354 kg). Stado różnicowało ( $P \leq 0,01$ ) wydajność mleka w laktacji krów ogółem oraz krów wybrakowanych. Również zróznicowanie długości laktacji krów ogółem oraz krów wybrakowanych zostało potwierdzone statystycznie ( $P \leq 0,01$ ). Zmienność zawartości tłuszczu i białka w mleku krów użytkowanych w różnych stadach z uwzględnieniem przeżywalności do kolejnego wycielenia nie została potwierdzona statystycznie.

Pierwiastki ogółem osiągnęły w laktacji wydajność 12581 kg, o ponad 1100 kg większą od wieloródek. Różnica została potwierdzona statystycznie ( $P \leq 0,01$ ). Przewaga pierwiastek przeżywających do kolejnego wycielenia wynosiła 480 kg, natomiast ubytych aż 1734 w stosunku do wieloródek. Wyższa (o 2609 kg) wydajność wieloródek przeżywających do kolejnego wycielenia w porównaniu z wydajnością wieloródek ubytych została potwierdzona statystycznie ( $P \leq 0,05$ ). Laktacje pierwiastek trwały dłużej niż wieloródek, różnicę potwierdzoną statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) stwierdzono w grupie ogółem i ubytych. Stosunkowo długie laktacje wybrakowanych pierwiastek mogły być skutkiem ich wysokiej wydajności w pierwszych 28 dniach laktacji (tab. 9), powodujących problemy z zacieleniem (tab. 12). Mleko ogółu pierwiastek zawierało mniej ( $P \leq 0,01$ ) tłuszczu i białka, przewagi w tym zakresie zarówno wieloródek przeżywających do kolejnego wycielenia jak i ubytych nie zostały potwierdzone statystycznie.

Sezon wycielenia nie wpływał na wydajności laktacyjne krów ogółem, natomiast różnicował wydajności w grupach przeżywających do kolejnej laktacji i ubytych. Wśród krów przeżywających do kolejnego wycielenia wyższą ( $P \leq 0,01$ ) wydajność uzyskały krowy wycielone w okresie zimowym, natomiast wśród krów ubytych, wycielone w okresie letnim. Przeżywalność do kolejnego wycielenia bardziej różnicowała wydajności krów wycielonych zimą, wydajność krów ubytych była o prawie 3000 kg niższa ( $P \leq 0,01$ ). Sezon wycielenia różnicował długość laktacji krów ubytych ( $P \leq 0,01$ ), dłużej trwały po wycieleniach latem. Mleko krów wycielonych latem zawierało więcej tłuszczu i białka, różnice nie zostały jednak potwierdzone statystycznie.

Wraz ze wzrostem częstotliwości dojów zwiększała się wydajność laktacyjna ( $P \leq 0,01$ ), w grupie krów ogółem o 2399 kg, w grupie przeżywających do kolejnego wycielenia o 1777 kg, a w grupie ubytych aż o 3022 kg. Największą różnicę wydajności laktacyjnej w zależności od przeżywalności do kolejnego wycielenia (2781 kg) stwierdzono wśród krów dojących się 2-3 razy/dobę ( $P \leq 0,01$ ), najmniejszą (961 kg) wśród krów oddających mleko  $>3$  razy/dobę. Zawartość tłuszczu i białka w mleku zmniejszała się wraz ze wzrostem częstotliwości dojów, jednak różnice nie zostały potwierdzone statystycznie.

Wydajność mleka w laktacji i czas jej trwania oraz zawartość tłuszczu w mleku zależały od czasu przeżuwania w pierwszych 28 dniach laktacji. Dla ogółu krów wykazano ( $P \leq 0,01$ ), że im dłużej przeżuwały, tym większa była ich wydajność mleka (10726 vs 13651 kg), laktacje trwały dłużej (319 vs 384 dni); natomiast zawartość tłuszczu w mleku zmniejszała się (3,94 vs 3,75%). W grupie krów przeżywających do następnego wycielenia różnica między wydajnością krów najkrócej i najdłużej przeżywających wynosiła 1013 kg mleka, natomiast w grupie ubytych aż 4836 kg ( $P \leq 0,01$ ). Największą różnicę między wydajnościami krów zakwalifikowanych do różnych grup ze względu na przeżywalność do następnego wycielenia stwierdzono w grupie, w której czas przeżuwania trwał  $\leq 450$  min/dobę. Wynosiła ona aż 3871 kg ( $P \leq 0,01$ ). Wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania różnica ta zmniejszała się do 24 kg. W grupie krów o najkrótszym okresie przeżuwania ( $\leq 450$  min/dobę) potwierdzono statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) zróżnicowanie długości trwania laktacji i zawartości tłuszczu w mleku ze względu na przeżywalność do następnej laktacji.

Wpływ temperatury mleka i jego przewodności (cech świadczących o zdrowotności wymienia) w pierwszych 28 dniach laktacji na użytkowość mleczną krów w okresie laktacji nie został potwierdzony statystycznie. Wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka zmniejszała się wydajność laktacyjna, zwłaszcza w grupie krów ubytych.

Spośród uwzględnionych w badaniach czynników jedynie dwa: stado i sezon wycielenia różnicowały w sposób potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) wartości OSR, ponadto stado wpływało ( $P \leq 0,05$ ) na wartości II (tab. 12). Płodność krów w stadzie A, mierzona takimi wskaźnikami jak OSR (105 dni) i OMW (430 dni) była najgorsza. Być może wynikało to z faktu najwyższej wydajności dobowej (20,6 kg siary i 35,4 kg mleka) (tab. 6 i 9) i laktacyjnej (13666 kg), krów w tym stadzie (tab. 11).

Wyniki testu  $\chi^2$  wskazują na wpływ stada ( $P \leq 0,01$ ), liczby dojów na dobę ( $P \leq 0,05$ ) oraz przewodności elektrycznej mleka w pierwszych 28 dniach laktacji ( $P \leq 0,01$ ) na udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia i wybrakowanych (tab. 13). Największy udział krów wybrakowanych (31,1%) odnotowano w stadzie C, najmniejszy (18,8%) w stadzie B.

Wykazano, że wśród krów, które w pierwszych 28 dniach laktacji doły się  $\leq 2$  razy/dobę, aż 35,1% wybrakowano w bieżącej laktacji, z kolei wśród krów, które w pierwszych 28 dniach laktacji doły się  $> 3$  razy/dobę wybrakowane stanowiły jedynie 19,8%.

Wśród 125 krów ubytych ze stada przed kolejnym wycieleniem większość (60 sztuk) stanowiły zakwalifikowane ze względu na czas przeżuwania w pierwszych 28 dniach do grupy o najkrótszym czasie przeżuwania. Wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania zmniejszał się udział krów wybrakowanych w bieżącej laktacji z 28,1% do 21,5%.

Przewodność elektryczna mleka w pierwszych 28 dniach laktacji okazała się czynnikiem najbardziej różnicującym udział krów przeżywających do



kolejnego wycielenia. Wykazano, że wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka zwiększał się (z 14,1% do 38,9%) udział krów wybrakowanych.

#### **5.4. WARTOŚCI WSPÓLCZYNNIKÓW KORELACJI PROSTEJ MIĘDZY CZASEM PRZEŻYWANIA (PRZEWODNOŚCIĄ ELEKTRYCZNĄ MLEKA I JEGO TEMPERATURĄ, ILOŚCIĄ SPOŻYTEJ W AMS PASZY TREŚCIWEJ, LICZBĄ DOJÓW, CZASEM DOJU A CECHAMI UŻYTKOWOŚCI MLECZNEJ W LAKTACJI I WSKAŹNIKAMI PŁODNOŚCI KRÓW**

Obliczenie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona między wartościami wskaźników rejestrowanych w okresie okołoporodowym przez AMS (informującymi np. o funkcjonowaniu układu pokarmowego (czas przeżuwania), stanie zdrowotnym gruczołu mlekowego (przewodność elektryczna i temperatura mleka) i innych (ilość pobranej w AMS paszy treściwej, liczba dojów/dobę, czas doju/wizytę) a wydajnością i podstawowym składem mleka w laktacji oraz wskaźnikami płodności krów stanowiło kolejny etap badań. Uwzględniono przy tym wpływ okresu okołoporodowego.

Wystąpiła potwierdzona statystycznie, słaba w skali Guilforda zależność między czasem przeżuwania w okresie okołoporodowym a wydajnością mleka w laktacji (tab. 14). Wydłużanie czasu przeżuwania zarówno w okresie zasuszenia jak i w pierwszych tygodniach laktacji wpływało dodatnio na wydajność mleka. Siła tych zależności zależała od tygodnia okresu okołoporodowego, najslabsza była w okresie siary  $r=0,097^x$ , wzrosła do  $r>0,3$  w kolejnych tygodniach. Bardzo podobne tendencje wystąpiły w przypadku wartości korelacji między czasem przeżuwania a długością laktacji. Czas przeżuwania/dobę w poszczególnych tygodniach okresu okołoporodowego nie wpływał na zawartość białka w mleku w laktacji, natomiast wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania zmniejszała się zawartość tłuszczu w mleku, siła tych zależności rosła wraz z zaawansowaniem laktacji ( $r=-0,021^{xx}$  w okresie siary vs  $r=-0,247^{xx}$  w 3 tyg. laktacji). Wyniki zamieszczone w tabeli 14 wskazują na brak związku między czasem przeżuwania przed wycieleniem i w pierwszym tygodniu laktacji a płodnością krów. Wszystkie obliczone współczynniki korelacji były niskie ( $r<0,1$ ), przyjmowały zarówno wartości dodatnie jak i ujemne. W kolejnych tygodniach laktacji (2, 3 i 4) jedynie korelacje między czasem przeżuwania a długością OSR okazały się statystycznie wysoko istotne, jednak ich siłę należy uznać za słabą ( $r=0,156^{xx}$  w 3 tyg. i  $r=0,136^{xx}$  w 4 tyg.). W pozostałych przypadkach wartości korelacji nie przekraczały wartości 0,1, były ujemne dla OU i II, natomiast dodatnie dla OMW.

Wartości korelacji między wskaźnikami rejestrowanymi w okresie okołoporodowym przez AMS informującymi o stanie zdrowotnym gruczołu mlekowego (przewodność elektryczna i temperatura mleka) a laktacyjnymi wskaźnikami użytkowości mlecznej i płodności krów, niezależnie od uwzględnionego tygodnia przyjmowały niskie wartości (najczęściej  $r < 0,1$ ), sporadycznie potwierdzone statystycznie, ujemne w przypadku wydajności mleka i długości laktacji (tab. 15 i 16). Tydzień laktacji różnicował wartości współczynników korelacji między przewodnością elektryczną mleka a jego wydajnością i długością laktacji (tab. 15). W kolejnych tygodniach laktacji siła tych zależności wzrastała (dla wydajności mleka  $r = -0,060$  vs  $r = -0,086^{xx}$ , dla długości laktacji  $r = -0,026$  vs  $r = -0,138^{xx}$ ). Analizując wartości współczynników korelacji między przewodnością elektryczną mleka a wartościami wskaźników płodności krów stwierdzono, że dla OSR i OMW były one istotne ( $P \leq 0,01$ ). Biorąc pod uwagę wpływ okresu laktacji na siłę tych zależności wykazano, że była ona silniejsza w pierwszym tygodniu laktacji, niż w kolejnych (dla OSR  $r = 0,167^{xx}$  vs  $0,102^{xx}$ , dla OMW  $r = 0,152^{xx}$  vs  $0,081$ ), tak więc informacje o przewodności elektrycznej mleka w kolejnych tygodniach laktacji należy uznać za mniej przydatne do ewentualnego prognozowania płodności krów. Analizując siłę zależności między temperaturą mleka a uwzględnionymi wskaźnikami użytkowości krów stwierdzono, że dla zawartości tłuszczu były one silniejsze (około 0,1) poza okresem siary, potwierdzone statystycznie ( $P \leq 0,05$  lub  $P \leq 0,01$ ) (tab. 16). Wyniki dotyczące wpływu okresu laktacji na relacje między temperaturą mleka a pozostałymi wskaźnikami użytkowości świadczą o braku istotnych zależności.

Kolejnymi informacjami, dostępnymi dzięki przeprowadzaniu doju w AMS i uwzględnionymi w badaniach w celu określenia ich przydatności do ewentualnego prognozowania użytkowości były: ilość pobranej w AMS paszy treściwej, liczba dojów/dobę, czas doju/wizytę, szybkość spływu mleka. Obliczone wartości współczynników korelacji między nimi a wskaźnikami użytkowymi wykazały, że mogą być one przydatne przede wszystkim do prognozowania użytkowości mlecznej (tab. 17, 18, 19, 20).

Wartości współczynników korelacji między ilością pobranej w AMS paszy treściwej/dobę a wydajnością mleka w laktacji były dodatnie i potwierdzone statystycznie ( $P \leq 0,01$ ), siła ich zależności w kolejnych tygodniach laktacji zwiększała (odpowiednio:  $0,109^{xx}$  vs  $0,197^{xx}$ ) (tab. 17). Wyniki dotyczące wpływu okresu laktacji na zależności między ilością pobranej paszy treściwej a zawartością podstawowych składników chemicznych wskazują, że większe wartości współczynników korelacji dotyczyły związków z zawartością tłuszczu niż białka, ponadto siła ich zwiększała się w kolejnych okresach laktacji ( $0,070$  vs  $0,188^{xx}$ ). Po okresie siary zależności te były potwierdzone statystycznie ( $P \leq 0,01$ ), przez cały okres ujemne. Zawartość tłuszczu w mleku zależy od ilości włókna pobranego z PMR oraz od udziału w dawce pokarmowej pasz bogatych w tłuszcz chroniony, którego zadaniem jest zmniejszenie narastającego deficytu energetycznego w początkowym okresie laktacji, kiedy wydajność mleka

rośnie. Wartości współczynników korelacji między ilością paszy treściwej spożytej w AMS a wskaźnikami płodności krów były ujemne, w przypadku OSR najsilniejsza zależność ( $r=-0,121^{xx}$ ) wystąpiła w czwartym tygodniu laktacji, natomiast w przypadku OU i OMW w trzecim tygodniu laktacji ( $r=-0,120^{xx}$  i  $r=-0,106^{xx}$ ). Niskie wartości współczynników korelacji między ilością pobranej paszy treściwej w AMS/dobę a II być może były rezultatem stosowania dodatków energetycznych w pierwszych dniach laktacji.

Zależności między liczbą dojów/dobę a wydajnością mleka w laktacji były dodatnie i potwierdzone statystycznie ( $P\leq 0,01$ ), ich siła była największa w drugim tygodniu laktacji ( $r=0,301^{xx}$ ), w pozostałych okresach przyjmując wartości 0,252-0,280 (tab. 18). Zależności między liczbą dojów/dobę a długością laktacji były dodatnie i potwierdzone statystycznie ( $P\leq 0,01$ ), ich siła zwiększała się w kolejnych tygodniach laktacji (0,129<sup>xx</sup> vs 0,179<sup>xx</sup>). Dzięki zapewnieniu premii energetycznej, podawanej w AMS podczas doju w pierwszych dniach po wycieleniu, potencjał genetyczny krowy może być w pełni zrealizowany, co przekłada się na jej wyższą wydajność. Liczba dojów/dobę wpływała również na skład mleka ( $P\leq 0,05$  i  $P\leq 0,01$ ), silniej na zawartość tłuszczu niż białka, dla obu składników słabiej w okresie siary niż w późniejszym okresie. Ujemne zależności między liczbą dojów/dobę a zawartością podstawowych składników mleka mogły być spowodowane wzrostem wydajności oraz stopniem rozcieńczenia suchej masy w mleku.

Czas doju/wizytę dodatnio wpływał ( $P\leq 0,05$  i  $P\leq 0,01$ ) zarówno na wydajność mleka w laktacji jak i na jej długość, siła zależności zwiększała się w kolejnych tygodniach laktacji (odpowiednio 0,116<sup>xx</sup> vs 0,174<sup>vv</sup> i 0,062<sup>xx</sup> vs 0,134<sup>xx</sup>) (tab. 19). Okres laktacji różnicował wartości współczynników korelacji między liczbą dojów/dobę a zawartością białka i tłuszczu, jednak tylko w przypadku tłuszczu wpływ ten został potwierdzony statystycznie ( $P\leq 0,01$ ). W kolejnych tygodniach laktacji siła tego związku zwiększała się (-0,177 vs -0,199).

Stwierdzono potwierdzone statystycznie ( $P\leq 0,01$ ) zależności między szybkością oddawania mleka a wydajnością w laktacji ( $r$ = około 0,1 niezależnie od okresu) i zawartością w nim białka (wzrost od  $r=-0,095$  do  $r=-0,139^{xx}$ ) (tab. 20). Współczynniki korelacji między SOM a wskaźnikami płodności jedynie w przypadku OMW, niezależnie od tygodnia laktacji, przekraczały wartość 0,1 i były potwierdzone statystycznie ( $P\leq 0,05$ ).

## **5.5. WYKORZYSTANIE METODY DRZEW DECYZYJNYCH DO PRZEWIDYWANIA UŻYTKOWOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE INFORMACJI Z OKRESU OKOŁOPORODOWEGO**

### **5.5.1. Drzewo klasyfikacyjne wydajności mleka w laktacji**

W tabeli 21 przedstawiono znaczenie poszczególnych zmiennych, które zostały uwzględnione w tworzeniu graficznego modelu drzewa decyzyjnego, opisującego wydajność mleka w laktacji, wyrażone miarą ich ważności i liczbą podziałów dokonanych na ich podstawie. Uzyskane wyniki wskazują, że w największym stopniu wydajność mleka w laktacji zależała od faktu, czy krowa przeżyła do kolejnego wycielenia, czy też wcześniej została wybrakowana, znaczenie tej zmiennej wynosiło 1 (w skali 0-1). Dwa podziały dokonały się na podstawie czasu doju (w okresie 22-28 oraz 5-7 dzień laktacji), pozostałymi czynnikami tworzącymi drzewo były: liczba dojów/dobę w okresie 22-28 dzień laktacji, szybkość oddawania mleka w okresie 8-14 dzień laktacji i zawartość białka w siarze, przy czym znaczenie tych zmiennych było mniejsze i wahało się od 0,218267 do 0,778195. Znaczenie takich zmiennych jak: przeżywalność do kolejnego wycielenia i liczba dojów/dobę w tworzeniu graficznego modelu drzewa klasyfikacyjnego wydajności mleka w laktacji jest zgodne z przedstawionymi w tabeli (tab.11).

Model drzewa decyzyjnego dla wydajności krów w laktacji zawierał 4 poziomy i 6 liści (ryc. 2). Zamieszczone na rycinie 2 informacje odnoszą się do zbioru treningowego. Algorytm odpowiedzialny za konstruowanie decyzji tego drzewa wskazał, że najważniejszym czynnikiem różnicującym zbiór była przeżywalność krów do kolejnego wycielenia, powstały więc dwa węzły: 14 i 15. Brakowanie krów przed kolejnym wycieleniem (węzeł 14) skutkowało oczywiście ich mniejszą wydajnością. Wyniki te są zbieżne w przedstawionymi w tabeli 11. Węzeł, który tworzyły krowy wybrakowane podzielił się ze względu na czas doju w okresie 22-28 dzień laktacji, dla której to zmiennej wartością progową było 245,3 sek/dobę. Wyższą wydajność osiągnęły krowy, których dój trwał dłużej, ich przewaga w stosunku do krów o krótszym czasie doju wynosiła 50%. Podzbiór krów, które przeżyły do kolejnego wycielenia (węzeł 15) podzielił się ze względu na liczbę dojów/dobę w okresie 22-28 dzień laktacji na:  $<4,1$  (węzeł 18) i  $\geq 4,1$  (węzeł 19, który stał się liściem). Wyższą wydajność w laktacji osiągnęły krowy, które w ciągu doby doły się więcej razy (15470 kg vs 12739 kg). Potwierdza to wyniki przedstawione w tabelach 9 i 18. Najwyższą wydajność w laktacji uzyskały krowy, które w okresie 22-28 dzień laktacji oddawały mleko  $\geq 4,1$  razy/dobę.

Czynnikami różnicującym wydajność laktacyjną krów o mniejszej częstotliwości doju (węzeł 18) była szybkość oddawania mleka w okresie 8-14 dzień laktacji ( $<2,7$  kg/min (węzeł 20) i  $\geq 2,7$  kg/min (węzeł 21), wyższą wydajność osiągnęły krowy szybciej oddające mleko, przy czym wydajności

były bardziej wyrównane (11775 kg vs 13546 kg). Wyniki ostatniego podziału węzła 20 wskazują, że wyższą wydajność mleka w laktacji osiągały krowy, których siara zawierała więcej białka ( $\geq 4,9\%$ ). Prawdopodobnie liść 23 tworzyły wieloródki, których siara była bogatsza w białko (tab. 4), ponadto ich wydajność była wyższa (tab. 9). Z kolei wyniki ostatniego podziału węzła 21 wskazują, że wyższą wydajność mleka w laktacji osiągały krowy, których doje w okresie 5-7 dzień laktacji trwały dłużej ( $\geq 202,9$  s/dobę).

Na podstawie modelu drzewa decyzyjnego wynika, że najwyższą wydajność w laktacji pełnej (15470 kg) osiągnęły krowy, które w okresie 22-28 dniu laktacji doły się  $\geq 4,1$  razy/dobę. W przypadku pozostałych krów, które dożyły do kolejnego wycielenia, najbardziej wydajne (14489 kg) zostały przypisane do liścia 25, który został utworzony przez następujące podziały: szybkość oddawania mleka ( $\geq 2,7$  kg/min), czas doju w okresie 5-7 dzień laktacji ( $\geq 202,9$  s/dobę).

### 5.5.2. Drzewo klasyfikacyjne OMW

W tabeli 22 przedstawiono znaczenie poszczególnych zmiennych w tworzeniu graficznego modelu drzewa klasyfikacyjnego, opisującego długość OMW. Największy wpływ na długość OMW miała wydajność dobową siary (znaczenie zmiennej=1). Pozostałymi czynnikami, tworzącymi drzewo okazały się: dwa razy pobranie paszy treściwej (w okresie 8-14 oraz 5-7 dzień laktacji), a także dwa razy czas przeżuwania (w okresie 8-14 oraz 22-28 dzień laktacji). Znaczenia tych zmiennych wahało się od 0,544586 do 0,935822 i świadczy, że poprzez żywienie krów w pierwszych dniach laktacji można wpływać na ich płodność.

Drzewo klasyfikacyjne długości OMW (ryc. 3) liczy 6 liści i jest głębokie na 4 poziomy. Informacje przedstawione w korzeniu drzewa informują, że OMW trwał średnio 405 dni. Pierwszy, najważniejszy podział wyjściowego zbioru danych dokonał się w oparciu o zmienną wydajność dobową siary, skutkując powstaniem dwóch podzbiorów (węzeł 12  $< 20,2$  kg oraz węzeł 13  $\geq 20,2$  kg). Zbiór pierwszy charakteryzował się krótszym OMW (391 dni).

W wyniku podziału węzła 12 na podstawie kryterium ilości paszy treściwej spożytej w AMS przez krowy w drugim tygodniu laktacji, dla którego wartością progową było 5,0 kg/dobę, utworzone zostały dwie grupy krów charakteryzujące się OMW trwającym 408 dni (węzeł 14) oraz 366 dni (liść 15). Podział węzła 14 oparty był ponownie na podstawie ilości spożytej przez krowy paszy treściwej w AMS, tym razem w okresie 5-7 dzień laktacji, natomiast wartością progową było 3,4 kg. Powstały dwa liście, pierwszy (18) tworzyły krowy pobierające w 5-7 dniu laktacji  $< 3,4$  kg paszy treściwej, ich OMW trwał 392 dni, natomiast do drugiego należały krowy spożywające więcej paszy treściwej, ich OMW trwał 428 dni. Być może liść 18 tworzyły głównie pierwiastki (zaprogramowana dla nich i spożyta przez nie ilość paszy treściwej

w okresie siary (tab. 5) i 5-28 dzień laktacji (tab. 8) były niższe niż w przypadku wieloródek.

Podział wężła 13, utworzonego przez krowy o wydajności siary  $\geq 20,2$  kg, dokonywał się dwukrotnie na podstawie czasu przeżuwania. W podziale pierwszym dotyczyło to okresu 8-14 dzień laktacji, a wartością progową było 497 min/dobę. W rezultacie powstał węzeł 16 i liść 17. Krótszym OMW charakteryzowały się krowy tworzące węzeł 16. Z kolei w drugim podziale została uwzględniona wartość progowa czasu przeżuwania w okresie 22-28 dzień laktacji, na poziomie 459 min/dobę. Powstały liście 20 oraz 21, krótszy okres OMW wystąpił w przypadku krów o dłuższym czasie przeżuwania.

Podsumowując opis drzewa decyzyjnego długości OMW stwierdzono, że najkrótszy okres OMW (366 dni) miały krowy tworzące liść 15, powstały w wyniku podziału zmiennej "wydajność siary" do grupy  $< 20,2$  kg/dobę) i kolejnego podziału według ilości pobranej w AMS paszy treściwej w 8-14 dniu laktacji do grupy  $\geq 5,0$  kg/dobę. Z kolei najdłuższy OMW (453 dni) dotyczył krów z liścia 17, utworzonego z krów, których wydajność siary wynosiła  $\geq 20,2$  kg/dobę, a przeżywanie w okresie 8-14 dzień laktacji trwało  $\geq 459$  min/dobę.

### 5.5.3. Drzewo klasyfikacyjne II

W tabeli 23 przedstawiono znaczenie poszczególnych zmiennych w tworzeniu graficznego modelu drzewa klasyfikacyjnego, opisującego wartość II. Stwierdzono, że czynnikiem o największym znaczeniu w tworzeniu tego drzewa była ilość pobranej w AMS paszy treściwej bezpośrednio po okresie siary (znaczenie zmiennej=1). Na ostateczny kształt drzewa wpływały też: liczba dojów w okresie siary, czas doju w okresie 8-14 dzień laktacji i przewodność elektryczna siary, przy czym znaczenie tych zmiennych wahało się od 0,605269 do 0,860196.

Przedstawiony na rycinie 3 model graficzny drzewa decyzyjnego zawierał 6 liści i 4 poziomy głębokości. Wyniki zawarte w korzeniu tego drzewa informują, że w zbiorze treningowym średnie dla 239 krów zużycie nasienia na skuteczną inseminację wynosiło 2,3 słomki. Większość (2) podziałów w drzewie miała miejsce na podstawie ilości paszy treściwej pobranej w okresie 5-7 dzień laktacji. Najważniejszym czynnikiem różnicującym wartość II była liczba dojów w okresie siary, na jej podstawie wyodrębniono dwa zbiory (węzeł 12  $< 1,6$  oraz węzeł 13  $\geq 1,6$ ). Zbiór pierwszy charakteryzował się mniejszym zużyciem nasienia na skuteczną inseminację ( $II=1,8$  vs  $2,5$ ). Podział wężła 12 dokonał się w oparciu o przewodność elektryczną siary i skutkowało utworzeniem dwóch podzbiorów złożonych z krów, których przewodność elektryczną siary wynosiła  $< 68,6$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  (węzeł 14) i  $\geq 68,6$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  (węzeł 15). Oba węzły stały się liśćmi, których nie można było podzielić dalej. Na podstawie podziału w oparciu o przewodnictwo elektryczne siary stwierdzono tendencję wskazującą na korzystny wpływ braku *masitits* na

plodność krów określoną wskaźnikiem II. Potwierdza to również informacje uzyskane w pierwszej części badań (tab. 15). Węzeł 13 został ustanowiony przez krowy, których średnia liczba dojów/dobę w okresie siary wynosiła  $\geq 1,6$ . Liczba dojów w okresie siary i laktacji ma wpływ na ilość paszy treściwej pobranej z robota. Czynnikiem różnicującym zbiór o liczbie dojów  $\geq 1,6$ /dobę w okresie siary była ilość paszy treściwej pobranej przez krowy w okresie 5-7 dzień laktacji:  $< 4,2$  kg (węzeł 16) i  $\geq 4,2$  kg (węzeł 17). Węzeł 16 stanowiło 117 krów, które pobierały w AMS mniejszą ilość paszy treściwej/dobę i średnio potrzebowały 2,7 słomki do zacielenia. Dla porównania, węzeł 17 stanowiły krowy charakteryzujące się wyższym pobraniem paszy treściwej/dobę, potrzebowały one tylko 1,9 słomki na zacielenie. Krowy pobierające większą ilość paszy treściwej miały lepszą plodność określoną wskaźnikiem II. Węzeł 16 rozgałęział się ponownie pod wpływem ilości pobranej w AMS paszy treściwej w okresie 5-7 dzień laktacji na zbiory  $< 3,5$  kg (węzeł 18) i  $\geq 3,5$  kg (węzeł 19), jednak w tym przypadku krowy pobierające większą ilość paszy treściwej/dobę potrzebowały więcej słomek do zacielenia (3,0 vs 2,2). Zróżnicowany wpływ ilości pobranej paszy treściwej/dobę na plodność krów (poziom 2 i 3) był być może rezultatem tego, że w poziomie 2 nastąpił podział na  $< 4,2$  kg i  $\geq 4,2$  kg, natomiast w poziomie 3 na  $< 3,5$  kg i  $\geq 3,5$  kg. Być może  $\geq 4,2$  kg paszy treściwej/dobę było na tyle duże, że pokrywało potrzeby rosnącej laktacji, nie zakłócając jednocześnie czynności układu rozrodczego i w rezultacie wartość II była niska. W przypadku poziomu 3 być może wśród krów stanowiących węzeł 18 większy był udział pierwiastek, które teoretycznie potrzebują mniejszej ilości zabiegów inseminacji do zacielenia. Węzeł 17 nie podlegał dalszym podziałom. Dalszy podział węzła 19 był oparty na czasie doju w drugim tygodniu laktacji. Indeks inseminacji 37 krów z węzła 20, o czasie doju  $< 250$  sek/wizytę wynosił 2,6, natomiast w przypadku 36 krów z węzła 21, dojących się dłużej, aż 3,5. Wydłużony czas doju mógł wystąpić u krów, które miały problemy zdrowotne, pojawiające się często w okresie powycieleniowym.

## 6. DYSKUSJA

### 6.1. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD SIARY W PIERWSZYCH CZTERECH DNIACH LAKTACJI

Jedną z zmian behawioralnych krów w okresie wycielania dotyczy czasu przeżuwania [Clark i wsp., 2015; King i wsp., 2018; Schirmann i wsp., 2013]. Stosunkowo krótki czas przeżuwania w okresie siarowym (tab. 4) wynikał prawdopodobnie z faktu odbytego porodu i związanego z nim stresu porodowego [Pahl i wsp., 2015; Schirmann, 2013], czy społecznego związanego ze zmianą hierarchii wśród krów po przejściu z grupy żywieniowej zasuszonych do dających mleko [Mulligan i Doherty, 2008]. Według Pahl i wsp. [2015] oraz Schirmann [2013] skrócenie czasu przeżuwania przed wycieleniem wynosiło 123 +/- 58 min/dobę, natomiast według Bar i Salomon [2010] oraz Soriani [2012] 255 min/dobę, następnie w pierwszych godzinach po wycieleniu ten czas wydłużył się do 355 +/- 194 min/dobę. Zdaniem Clark [2015] krowy charakteryzujące się w momencie wycielenia dłuższym czasem przeżuwania, miały mniejsze wahania czasu żucia oraz szybciej wracały do jego normalnego poziomu w kolejnych pierwszych dniach laktacji. Wymieniane są też inne czynniki, od których zależy czas przeżuwania, np. rodzaj zadawanej paszy [Kononoff i Heinrichs, 2003], choroba [King i wsp., 2018]. W pierwszym okresie laktacji następuje duży wzrost zapotrzebowania na energię, przewyższający jej ilość pobraną w paszy. W takiej sytuacji ma miejsce wykorzystanie tłuszczowych oraz białkowych rezerw organizmu. Wskutek nadmiernego wykorzystania rezerw tłuszczowych może dojść do zaburzeń metabolicznych organizmu [Schirmann i wsp., 2013].

Stosunkowo duża liczba dojów odrzuconych w okresie siary (tab. 4) wynikała z odpowiedniego zarządzania częstotliwością dojów przy użyciu programu T4C, regulującego dostęp do doju (aby krowy za często się nie doiły, wizyty po krótszym interwale czasowym były odrzucane). Czas trwania jednej wizyty krowy w robocie wynosił 419 s, natomiast sam dój zajmował 322 sek/wizytę. Wyniki badań przeprowadzone w 1992 r. z wykorzystaniem prototypu robota wykazały, że pozostały czas to przygotowanie przed dojem (np. szczotkowanie, powodujące uwalnianie hormonu oksytocyny, od którego zależał czas oddawania mleka) oraz dezynfekcja strzyków po doju [Lely, 2012]. Różnicę między czasem doju (322 sek/wizytę) a czasem doju ćwiartki (222 sek/wizytę) można wytłumaczyć faktem, że wydajność i czas doju każdej ćwiartki jest inny, ponadto czas doju wymienia obejmuje czas od momentu rozpoczęcia splywu siary do jego zakończenia, a przecież siara ze wszystkich ćwiartek nie rozpoczyna i nie kończy splywać jednocześnie.



Siara jest bogata w białko (tab. 4), w tym w białka odpornościowe, niezwykle ważne dla młodego, rozwijającego się cielęcia, które rodzi się bez odporności, ponieważ łożysko nie przepuszcza przeciwciał do płodu. Skład białkowy siary zmienia się z dnia na dzień. Dlatego zawartość białka w siarze była wyższa niż w mleku w kolejnych dniach laktacji, co wykazano też w innych badaniach [Guliński i wsp., 2006].

Przewodność elektryczna siary (tab. 4) była większa niż mleka (tab. 7). Według Ontsouka i wsp. [2003] zwiększone wartości EC mleka bezpośrednio po ocieleniu są na ogół związane ze zwiększoną liczbą komórek somatycznych, szczególnie w okresie siary, co wynika głównie ze struktury morfologicznej wymion, charakteryzującej się wysoką czułością i przepuszczalnością tkanki. Stwierdzona w badaniach temperatura siary wynosiła średnio 39°C, była więc podobna do podawanej przez King i wsp. [2018], którzy określili ją na poziomie 38,7+-1,1°C. Prawidłowe wartości temperatury ciała bydła wahają się między 38,0 a 39,3°C [Racewicz i wsp., 2018].

Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych stwierdzono zmienność czasu przeżuwania, parametrów doju (tab. 5) oraz wydajności dobowej i cech siary (tab. 6). Najdłuższy czas doju „ślepego” krów w stadzie C (tab. 5) wynikał prawdopodobnie z faktu nie korzystania w tym obiekcie z funkcji „szczotkowania” strzyków przed dojem. Badania prowadzone przez firmę Lely wykazały potwierdzony statystycznie wpływ szczotkowania na wydzielanie oksytocyny podczas doju [Lely, 2012]. W takim przypadku kluczową sprawą jest zapewnienie wysokiej higieny legowisk. Stwierdzona zmienność składu siary pierwiastek i wieloródek (tab. 6) jest zgodna z opisywaną przez Godden i wsp. [2019], którzy zwracają uwagę na dużą zawartość białek odpornościowych w siarze od starszych krów.

Związek przewodności elektrycznej siary został potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,05$ ) jedynie w przypadku wydajności dobowej (tab. 6). Zapalenia gruczołu mlekowego krów ciągle pozostają najczęstszą oraz najdroższą chorobą bydła. Straty spowodowane przez *mastitis* wynikają nie tylko z ograniczonej produkcji mleka i zmniejszonej jego przydatności jako surowca dla przemysłu mleczarskiego [Pytlewski i wsp., 2014], ale również z negatywnego oddziaływania na stan zdrowia cieląt, spowodowany gorszą jakością siary [Malinowski i wsp., 2008]. Z ekonomicznego punktu widzenia bardzo ważne jest wczesne wykrycie początkowej fazy stanu zapalnego wymienia, kiedy to następuje wzrost stężenia jonów  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ , co skutkuje wzrostem przewodności elektrycznej siary/mleka [Kasik i wsp., 2012], dzięki temu roboty udojowe już na krótko przed wystąpieniem organoleptycznych zmian w siarze/mleku, są w stanie wykryć zmiany ilości tych pierwiastków siarze/w mleku.

## 6.2. PRZEŻYWANIE, PARAMETRY DOJU, WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W OKRESIE 5-28 DZIEŃ LAKTACJI

Czas przeżuwania krów okresie 5-28 dzień laktacji wynosił około 445 min/dobę (tab. 7). Jest to czas mieszczący się w typowych zakresach podawanych w literaturze (340-540 min/dobę) [Antanaitis i wsp., 2018; Beauchemin i Yang, 2005; Kaufman i wsp., 2018; King i wsp., 2018; Pahl i wsp., 2015; Soriani i wsp., 2012] i świadczący o ich dobrym stanie zdrowotnym. W stosunku do okresu siary czas przeżuwania się wydłużył, co jest zgodne z wynikami innych autorów [King i wsp., 2018]. Stwierdzona w badaniach liczba dojów/dobę była zgodna z opisywaną w literaturze dla krów dojonych AMS, wynoszącą 2,5-2,9 [Bogucki i wsp., 2017; Castro i wsp., 2012; Piwczyński i wsp., 2020; Unal i wsp., 2017]. Castro i wsp. [2012] oraz Carlström i wsp. [2013] uważają, że w robotach udojowych zdecydowany wpływ na wydajność mają szybkość przepływu mleka oraz liczba krów obsługiwana przez robota. Według Sitkowskiej i wsp. [2015] na liczbę krów przypadających na jednostkę udojową wpływa przede wszystkim szybkość oddawania mleka. Jest to czynnik uwarunkowany głównie podłożem genetycznym, ale również stanem zdrowotnym wymienia [Winnicki i wsp., 2018]. Castro i wsp. [2012] oraz Carlström i wsp. [2013] za optymalną liczbę dojów uznali 2,4-2,6/dobę, w sytuacji gdy na robota przypada 60 krów. Piwczyński i wsp. [2020] dokonując porównania wybranych parametrów dojów zarejestrowanych przez AMS w Czechach, Francji, Niemczech, Włoszech, Łotwie, Litwie, Holandii, Polsce oraz USA, w latach 2014-2017 wykazali, że średnia liczba dojów/dobę wynosiła 2,7 (najwięcej w Polsce 2,78, najmniej we Francji 2,50), natomiast liczba dojów odrzuconych/dobę 2,45 (najwięcej na Litwie 4,17, najmniej w USA 1,40).

Czas doju wynosił krów wynosił 352 sek/wizytę (tab. 7). W badaniach Sitkowskiej i wsp. [2016] czas doju/wizytę w okresie pierwszych 100 dni laktacji wynosił 268 s, natomiast według Edwards i wsp. [2014] dój w pierwszych 60 dniach laktacji trwał 416 sek/wizytę.

Generowane podczas każdego doju w AMS informacje o przewodności elektrycznej i temperaturze mleka są natychmiast dostępne i można z nich korzystać w ocenie stanu zdrowia wymienia [Pohl i wsp., 2014]. Średnie wartości EC normalnego mleka krowiego podane w literaturze wahają się od 4,0 do 5,86 mS/cm [Boas i wsp., 2017; Norberg i wsp., 2004], chociaż Norberg i wsp. [2004] stwierdzili średnią EC wynoszącą 5,37 mS/cm u zwierząt z subklinicznym zapaleniem wymienia. Według Park i wsp. [2007] oraz Ilie i wsp. [2010] mleko o temperaturze 38°C pochodzące od zdrowej krowy charakteryzowało się przewodnictwem elektrycznym około 4,54 mS/cm, natomiast w subklinicznych stanach zapalnych wartość ta rosła do 5,42 mS/cm, zaś w stanach klinicznych do 6,31 mS/cm. Zdaniem Tremblay i wsp. [2016] szybkość oddawania mleka jest jednym z najważniejszych parametrów wpływających na wydajność. W badaniach Piwczyńskiego i wsp. [2020]

średnia szybkość oddawania mleka wynosiła 2,46 kg/min, największa była w USA (2,74 kg/min), a najmniejsza na Litwie (2,10 kg/min). Podobne wartości (2-2,5 kg/min) podali Gäde i wsp. [2006] oraz Bogucki i wsp. [2017], natomiast wyższe wartości (3-4 kg/min) wykazali Carlström i wsp. [2013], stwierdzając, że czas doju oraz szybkość przepływu mleka określają zdolność udojową krów.

Wydajność dobową krów (ponad 35 kg mleka/dobę) (tab. 7) była większa od uzyskiwanej przez krowy dojone w AMS w wybranych krajach UE i USA w latach 2014-2017, wykazanej przez Piwczyńskiego i wsp. [2020] i wskazującej na najwyższą w populacji USA (33,5 kg/dobę), a najniższą na Litwie (22,7 kg/dobę). Średnia zawartości tłuszczu (4,00%) i białka (3,54%) (tab. 7) mieściła się w granicach uznawanych za normę dla mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, wynoszącą 3,5-4,5% dla tłuszczu i 3,2-3,6% dla białka [Guliński i wsp., 2018]. Według Gulińskiego i wsp [2018] zmienność zawartości głównych składników mleka pochodzącego od krów utrzymywanych w warunkach południowego Podlasia, mierzona wielkością współczynnika zmienności, w przypadku tłuszczu i białka wynosiła odpowiednio: 19,5% i 13,8% (podobnie jak w badaniach własnych). Stwierdzony stosunek tłuszcz/białko wynoszący 1,14 można uznać za prawidłowy, bowiem według Gulińskiego i Kłopotowskiej [2019], wskazujący na poprawność żywienia, stosunek tłuszcz/białko zawiera się w granicach 1,1-1,4. Autorzy uznali, że zapewnia on optymalne proporcje (3:1) produkcji w zwązu kwasu octowego do kwasu propionowego. W badaniach 1693 krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w Niemczech stosunek tłuszcz/białko w pierwszych 180 dniach laktacji wynosił 1,13 [Buttchereit i wsp., 2012]. Podobne wartości ( $1,147 \pm 0,186$  w zależności od stanu fizjologicznego krowy) odnotowano też w badaniach Antanaitis i wsp. [2018].

Podobnie jak w okresie siary, również w okresie 5-28 dzień laktacji stwierdzono na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych wpływ uwzględnionych czynników na czas przeżuwania, parametry doju (tab. 8) oraz wydajność dobową i cechy mleka (tab. 9).

Smakowitość podawanej paszy treściwej w robocie udojowym ma wpływ na liczbę odwiedzin przez krowy robota oraz na produkcję mleka [Madsen i wsp., 2010]. Być może właśnie lepszą smakowitością paszy treściwej można tłumaczyć fakt, że w stadzie A liczba dojów/dobę i dojów odrzuconych/dobę była większa niż w pozostałych ( $P \leq 0,01$ ) i wynosiła odpowiednio 3,27 i 2,98 (tab. 8). Maršálek i wsp. [2012] wykazali, że liczba odmów robota była indywidualna dla stad i wynosiła 0,72-3,66 razy na krowę/dobę, jednocześnie stwierdzając, że częstotliwość odmów rosła wraz z liczbą zwierząt w stadzie. Według Tse i wsp. [2018] warunkiem optymalizacji częstotliwości dojów i wysokiej wydajności mlecznej jest odpowiednia liczba krów przypadająca na jednego robota. W stadzie A robot udojowy obsługiwał 52-56 krów, w pozostałych stadach 64-68 (tab. 1). Powszechnie zaleca się, aby liczba krów przypadających na jednego robota wynosiła około 60-70 krów. Liczba ta wynika z czasu potrzebnego na wyczyszczenie i konserwację AMS oraz

usunięcie ewentualnych awarii, co pozostawia około 20-22 godz./dobę czasu przeznaczonego na dój [Lyons i wsp., 2014]. W celu osiągnięcia maksymalnej ilości mleka pozyskanego w AMS, należy maksymalizować wydajności jednostkowe krów, a unikać zwiększania liczby krów obsługiwanych przez robota. Zazwyczaj zmniejszanie liczby krów korzystających z jednego robota skraca czas, jaki krowy spędzają na czekaniu na dój, szczególnie w przypadku krów o niskim statusie społecznym lub mniej doświadczonych [Halachmi, 2009]; podobnie niewielkie zmniejszenie liczby krów jest zwykle kompensowane przez wzrost produkcji mleka u pozostałych krów, ponieważ zwiększa się liczba udojów i zmniejsza się czas doju, zwłaszcza gdy wybierane są krowy z dużą prędkością doju [Tremblay i wsp., 2016]. Piwczyński i wsp. [2020] na podstawie danych w wybranych krajach UE i USA w latach 2014-2017 stwierdzili, że na jednego robota przypadało przeciętnie 55 krów; najwięcej w Polsce – 59 krów, a najmniej na Łotwie – 53 krowy. Uważa się, że im mniejsza jest liczba krów obsługiwanych przez AMS, tym większa jest jego dostępność i krótszy czas oczekiwania na dój oraz mniejszy stres. We wcześniejszych badaniach Boguckiego i wsp. [2017] jeden robot udojowy obsługiwał 70 krów, które doły się średnio 2,78 razy/dobę.

Stwierdzony w badaniach krótszy okres przeżuwania pierwiastek w porównaniu z wieloródkami (tab. 8) jest zgodny z wynikami badań Kaufman i wsp. [2018] (428 vs 464 min/dobę) oraz Pahl i wsp. [2015] (293 vs 430 min/dobę). Zdaniem Soriani i wsp. [2012] krowy rozpoczynające pierwszą laktację wymagają szczególnie starannego zarządzania, albowiem zarówno wycielenie, jak i zapoznanie się z dojem i nowymi towarzyszkami w stadzie jest dla nich stresem. Dlatego w porównaniu z wieloródkami tempo wydłużania czasu przeżuwania jest słabsze, co sugeruje ich wolniejsze dostosowanie się do nowych sytuacji.

W przypadku pierwiastek stwierdzono mniejszą liczbę dojów/dobę i dojów odrzuconych/dobę niż u wieloródek (tab. 8). Natomiast w badaniach Bach i wsp. [2006] właśnie pierwiastki odwiedzały AMS częściej niż wieloródky, również według Speroni i wsp. [2006] częstotliwość doju była wyższa u pierwiastek ( $2,8 \pm 0,03$ ) niż u wieloródek ( $2,5 \pm 0,04$ ), jednak wyniki tych dwóch badań dotyczyły całych laktacji. Być może pierwiastki miały w pierwszych tygodniach laktacji trudności z aklimatyzacją do AMS i były bardziej zestresowane niż wieloródky. W porównaniu z wieloródkami pierwiastki dłużej się doły. Również w badaniu Boguckiego i wsp. [2017], niezależnie od dobowej częstotliwości doju, pierwiastki w porównaniu z wieloródkami doły się dłużej. Speroni i wsp. [2006] uwzględniając w badaniach całe laktacje, stwierdzili, że czas doju był krótszy u pierwiastek (8 godz. 46 min  $\pm$  9 min) niż u wieloródek (9 godz. 43 min  $\pm$  15 min). Podobne tendencje wykazano w badaniach Edwards i wsp. [2014 oraz Sitkowskiej i wsp. [2016]. W praktyce czas pobytu krowy w boksie zależy od czasu trwania poszczególnych etapów doju w AMS, których kolejność jest stała. Poszczególne etapy doju, w zależności od wielu sytuacji zajmują krowom różną

ilość czasu, np., z powodu problemów z rozpoznaniem strzyka (strzyków) i założeniem kubków udojowych, różnej wydajności i szybkości oddawania mleka, a także z indywidualnych cech psychicznych i fizycznych krów. Według Hopster i wsp. [2002] dla pierwiastek, które należą do grupy krów będących niżej w hierarchii stada, a ponadto, co wykazano również w niniejszej pracy (tab. 9) osiągających niższą wydajność, niewłaściwa obsada może być czynnikiem bardzo stresującym i mocno związanym z całym procesem doju. W badaniach własnych odnotowano krótszy czas spływu mleka z ćwiartki, co mogłoby świadczyć o dobrej ich aklimatyzacji do AMS. Jednocześnie warto przytoczyć rezultaty badań wskazujące, że pierwiastki dojone w AMS mają szansę (dzięki większej liczbie dojów/dobę w tym systemie) „rozdając się” w kolejnych laktacjach [Nogalski i wsp., 2011; Wright i wsp., 2013]. Liczba dojów/dobę w zależności od numeru laktacji nie jest jednoznacznie opisywana w literaturze. W badaniach Spoldersa i wsp. [2004] wykazano, że w robotach udojowych częściej doily się pierwiastki (2,6-3,5 razy/dobę) niż wieloródki (2,5-2,9 razy/dobę). Z kolei Sitkowska i wsp. [2015] stwierdzili średnią liczbę dojów/dobę u pierwiastek na poziomie 2,78, natomiast u wieloródek 2,81. Wyniki badań własnych dotyczące wpływu numeru laktacji na szybkość oddawania mleka wynikają prawdopodobnie z różnej pojemności czynnej wymienia pierwiastek i krów starczych i są podobne do opisywanych w literaturze [Edwards i wsp., 2014]. Stwierdzoną wyższą wydajność dobową wieloródek w porównaniu z pierwiastkami wykazało też w wielu innych autorów [Bogucki, 2018; Kaufman i wsp., 2018; Kuropatwińska i wsp., 2020; Speroni i wsp., 2006]. Jacobs i Siegford [2012] uważają, że różnice w wydajności pierwiastek i wieloródek wynikają przede wszystkim z różnej ich zdolności adaptacyjnej do AMS, ponadto relacji społecznych i interakcji między zwierzętami, które należy brać pod uwagę. W kolejnych laktacjach następował wzrost zawartości tłuszczu w mleku, co potwierdza wyniki badań Bilika i wsp. [2016]. Wraz z wiekiem krów zwiększała się przewodność elektryczna ich mleka co jest zgodne z wynikami badań Pytlewskiego i wsp., [2014]. Analizując temperaturę mleka, wyższą stwierdzono w przypadku wieloródek. Być może, temperatura mleka rośnie wraz z jego wydajnością, gdyż wieloródki cechowały się wyższą dobową produkcją. Wysoka produkcja niestety bardziej naraża na wystąpienie chorób metabolicznych i *mastitis*, mogących powodować podwyższoną temperaturę mleka [Pawlik i wsp., 2010].

Wyniki badań własnych dotyczące wpływu pory roku na częstotliwość doju były zgodne z uzyskanymi przez Speroni i wsp. [2006], bowiem autorzy Ci wykazali, że była ona wyższa w okresie jesienno-zimowym niż w okresie wiosenno-letnim ( $2,7 \pm 0,04$  vs.  $2,6 \pm 0,03$ ). Natomiast w przypadku czasu doju Speroni i wsp. [2006] stwierdzili, że był on krótszy w okresie jesienno-zimowym (8 godz. 51 min  $\pm$  11 min) niż w okresie wiosenno-letnim (9 godz. 38 min.  $\pm$  9 min) i był krótszy u pierwiastek (8 godz. 46 min  $\pm$  9 min) niż wieloródek (9 godz. 43 min  $\pm$  15 min). Sitkowska i wsp. [2015] wykazali większą szybkość oddawania mleka oraz ilość oddanego mleka na wizytę

w okresie jesienno-zimowym. Prawdopodobnie temperatura otoczenia ogrywała kluczową rolę, warunkując wartości tych parametrów doju. Wyniki badań opisywane przez Gulińskiego i wsp. [2014] oraz uzyskane przez Rzewuską i Strabela [2015] wykazały, że wysoka temperatura otoczenia przyczynia się do zmniejszenia pobrania paszy, w badaniach własnych taka sytuacja nie miała miejsca. Podobnie jak w badaniach własnych również Speroni i wsp. [2006] wykazali wyższą (o 2,7 kg) wydajność dobową krów w okresie zimy w porównaniu z latem. W badaniach własnych stwierdzono wyższe wartości wskaźników stanu zdrowotnego wymienia (przewodność elektryczna i temperatura mleka) latem niż zimą. Według Lambertz i wsp. [2014] stres cieplny (zwłaszcza w okresie wiosenno-letnim) może powodować wzrost liczby komórek somatycznych w mleku, które są ważnym wskaźnikiem stanu zdrowotnego wymienia.

W kolejnych tygodniach laktacji zwiększała się wydajność dobową krów (tab. 9). Jak podają Kaufman i wsp. [2018] oraz Beauchemin i wsp. [2008] wzrost wydajności mleka musi być wspierany przez zwiększone spożycie suchej masy paszy, w celu pokrycia zapotrzebowania na energię, co może wyjaśniać wydłużanie czasu przeżuwania [Clément i wsp., 2014]. Wzrostowi dziennej wydajności mleka towarzyszył spadek zawartości tłuszczu i białka, co jest zgodne z wynikami Gulińskiego i Kłopotowskiej [2019]. Zmiany zawartości tłuszczu i białka w mleku w pierwszych czterech tygodniach laktacji wykazano też w badaniach innych autorów, np. według Kaufman i wsp. [2018] w mleku pierwiastek zawartość tłuszczu zmniejszyła się z 4,79 do 4,01%, a białka z 3,37 do 2,88%, natomiast u krów w drugiej laktacji odpowiednio z 5,03 do 4,24% i z 3,47 do 2,88%.

Analizując wpływ liczby dojów/dobę (tab. 9) wykazano, że podobnie jak w badaniach Sitkowskiej i wsp. [2015], wraz ze wzrostem częstotliwości doju zwiększała się szybkość spływu mleka/min. Stwierdzono korzystniejsze wartości parametrów mleka, świadczące o stanie zdrowotnym wymienia (przewodność elektryczna mleka i jego temperatura) w przypadku krów dojonych częściej. Jest to zgodne z rezultatami badań innych autorów, w których wykazano, że w mleku krów dojonych 4-5 razy/dobę było mniej komórek somatycznych, niż u dojonych 1-3 razy/dobę [Sitkowska i wsp., 2017]. Podobnie jak w badaniach Soberon i wsp. [2011] zwiększona częstotliwość doju powodowała wzrost wydajności mleka i zmniejszenie w nim zawartości tłuszczu i białka. Z kolei Phyn i wsp. [2014] ustalili, że różne częstotliwości doju we wczesnej laktacji wpływały na wydajność mleka, ale nie na zawartość tłuszczu lub białka w mleku. Również w badaniach McNamara i wsp. [2008 oraz Tse i wsp. [2017] częstotliwość doju nie miała wpływu na zawartość tłuszczu i białka w mleku. Winnicki i wsp. [2018] stwierdzili wzrost wydajności mleka o 9-15% po przejściu na 3-krotny dój i wzrost wydajności mleka nawet o 30% u krów, które doły się 4 razy na dobę w porównaniu do 2-krotnego. W literaturze zwraca się uwagę na brak jednoznaczności na temat wpływu częstotliwości doju na wydajność mleka i jego skład, a także liczbę

komórek somatycznych [Wall i Mc Fadden, 2007]. Laurs i Priekulis [2011] i Lyons i wsp. [2013] uważają, że wydajność mleczna krów dojonych w AMS zależy nie tylko od częstotliwości doju czy interwału między dojami, ale często problem jest bardziej złożony. Optymalna dla danej fermi liczba krów przypadających na jednego robota jest uwarunkowana czynnikami zdrowotnymi (stan zdrowotny racic, choroby metaboliczne), co przekłada się na liczbę wizyt. Również bardzo ważna jest sama praca hodowlana w stadzie. Dobór odpowiednich buhajów pozwala na brakowanie krów długo dojących się, których szybkość oddawania mleka wynosi poniżej 2 kg/min. Ponadto trzeba pamiętać o bardzo ważnej roli odpowiednio zbilansowanej dawki pokarmowej (PMR) [Laurs i Priekulis, 2011; Lyons i wsp., 2013].

Podobnie jak w badaniach innych autorów [Antanaitis i wsp., 2018; Asselstine i wsp., 2016; Kaufman i wsp., 2018] wykazano, że krowy, wraz z wydłużaniem czasu przeżuwania zwiększały swoją wydajność dobową (tab. 9). Większa produkcja mleka wymaga większego spożycia paszy, co może prowadzić do dłuższego przeżuwania niż u krów o niskiej wydajności [Stone i wsp., 2017].

Analizując wpływ przewodności elektrycznej mleka, jako czynnika doświadczonego na czas przeżuwania stwierdzono, że wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka krów przeżuwanie trwało krócej (tab. 8). Jest to ważna informacja dla hodowcy, bowiem wraz z nasilaniem się zapalenia gruczołu mlecznego krowy odczuwają dyskomfort. W porównaniu ze zdrowymi mniej czasu poświęcają na leżenie, odpoczynek i przeżuwanie, a także na pobieranie paszy [Mainau i wsp., 2014]. Stwierdzono też, podobnie jak w badaniach Kuropatwińskiej i wsp. [2020], że wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka zmniejszała się szybkość jego oddawania. Wyniki zamieszczone w tabeli 9 wykazały, że krowy, których mleko miało większą przewodność elektryczną, osiągały niższą wydajność dobową, jednocześnie w ich mleku wzrastała zawartość tłuszczu i zmniejszała się zawartość białka. Chociaż w niektórych badaniach odnotowano wzrost zawartości tłuszczu w mleku krów z *mastitis* [Bruckmaier i wsp., 2004; Pyörälä i wsp., 2003], w innych stwierdzono tendencję przeciwną [Neamt i wsp., 2016]. Dane dostępne w literaturze często dają sprzeczne wyniki dotyczące dynamiki zmian zawartości białka w mleku w kontekście jego przewodności elektrycznej i liczby komórek somatycznych. Najczęściej jednak stwierdza się wzrost zawartości białka równoległe ze wzrostem EC i liczby komórek somatycznych w mleku [Malinowski i wsp., 2008]. Zmniejszenie wydajności mlecznej wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka we wczesnej fazie laktacji stwierdzono też w badaniach Hammer i wsp. [2012] i Boguckiego [2018]. Także Kuropatwińska i wsp. [2020] wykazali, że wraz ze wzrostem przewodności elektrycznej mleka ( $\leq 5,50$  mS/cm vs  $>6,75$  mS/cm) zmniejszała się wydajność mleczna krów (pierwiastek o 2,9 kg, natomiast wieloródek aż o 5,5 kg). Niższa wydajność mleka, determinowana problemami z *mastitis* zdaniem Hovinen i Pyorali, [2011] wynika między innymi z tego, że czyszczenie strzyków

w automatycznych systemach pozyskiwania mleka, odbywa się bez kontroli wzrokowej człowieka, a wykrywanie zapaleń jest samoczynne.

### **6.3. WYDAJNOŚĆ I SKŁAD MLEKA W LAKTACJI ORAZ PŁODNOŚĆ KRÓW I ICH PRZEŻYWALNOŚĆ DO KOLEJNEGO WYCIELENI**

Wyniki dotyczące użytkowości mlecznej krów w okresie laktacji (tab. 11) wskazują, że osiągnęły one wyższą wydajność w porównaniu do średniej krajowej w Polsce dla rasy polskiej holsztyńsko fryzyjskiej, natomiast skład ich mleka był podobny do wykazywanego przez [PFHBiPM, 2019]. Wyniki dotyczące płodności krów (tab.12) mieszczą się w granicach podawanych za innymi autorami przez Piwczyńskiego i wsp. [2020a]: np. w Czechach II:1,77–2,96; w Hiszpani II: 1,87–2,01; w Iranie II: 2,5, OMW: 403 dni; w Japonii II: 2.1; w Polsce II: 2,2, OMW: 426 dni.

W badaniach krajowych [Bogucki i wsp., 2017] i zagranicznych [Edwards i wsp., 2014; Jacobs i Siegford, 2012], wykazano niższą wydajność pierwiastek w porównaniu z osiąganą przez wieloródkę. W badaniach własnych pierwiastki osiągnęły większą wydajność od wieloródek, ich laktacje trwały dłużej.

Uzyskane w badaniach własnych wyniki dotyczące wpływu sezonu wycielenia na wydajność mleczną znajdują częściowo potwierdzenie w pracach innych autorów [Bava i wsp., 2012; Brzozowski i wsp. 2020; Speroni i wsp., 2006]. Wykazano w nich, że w oborach wyposażonych w AMS zdecydowanie niższe wydajności mleka obserwowano w sezonach wiosenno-letnim, niż jesienno-zimowym.

Wykazany w badaniach własnych wpływ częstotliwości doju na użytkowość mleczną krów jest zgodny z opisywanym w literaturze. Sorensen i wsp. [2008] stwierdzili, że częstotliwość doju jest jednym z czynników determinujących wydajność mleczną krów. Częstsze dojenie skutkuje wyższą ich produkcyjnością i lepszą wytrzymałością laktacji. Według Svennersten-Sjaunja i Petterson [2008] wyższa częstotliwość doju w początkowym okresie laktacji korzystnie wpływa na rozwój wymienia. Wright i wsp. [2013] wykazali, że częstszy dój pierwiastek w początkowym okresie laktacji zwiększał ich wydajność bez negatywnego wpływu na zdrowotność wymienia.

Uzyskane wyniki w zakresie braku wpływu stada na płodność krów znajdują potwierdzenie w rezultatach uzyskanych przez Smith i wsp. [2014] wykazujących brak zróżnicowania długości OMW krów utrzymywanych o gospodarstwach o różnych poziomach wydajności. Wydaje się, że warto podkreślić, że OMW badanych krów był krótszy niż podawany (431 dni) dla rasy PHF pod oceną użytkowości za rok 2018 [PFHBiPM, 2019]. Kowalski [2010], powołując się na badania autorów niemieckich i izraelskich stwierdził, że można uzyskać dobrą płodność przy wysokiej wydajności mlecznej, jednak wymagane są bardziej intensywne metody zarządzania stadem, a zwłaszcza zarządzanie żywieniem. System zarządzania T4C „Time for Cows”,



współdziałający z automatycznym systemem doju Lely Astronaut, to doskonale źródło informacji na temat krów. Wszystkie dane są aktualizowane w odstępach 2-godzinnych, dzięki temu na ich podstawie podejmuje się odpowiednie działania. System Lely T4C został zaprojektowany pod kątem współpracy z automatycznym systemem doju Lely Astronaut. System umożliwia ciągle monitorowanie stanu zdrowotnego stada, narzucając wczesne podjęcie odpowiednich działań i poświęcenie uwagi tym krowom, które wymagają uwagi hodowcy. Szereg raportów, dostępnych w programie, pomaga w analizie pod kątem wydajności mlecznej, spożycia paszy czy też liczby dojów. W ciągłym doskonaleniu stada pomagają informacje na temat stanu wymienia (przewodności elektrycznej mleka), szybkości oddawania mleka, czy też dojów nieudanych, związanych z budową wymienia. Dzięki systemowi rejestracji aktywności zwierząt, prawdopodobieństwo wykrywania rui jest duże, coraz częściej system ten jest stosowany przy stacjach paszowych dla jałówek. Według Piwczyńskiego i wsp. [2020a] na szczególną uwagę zasługuje korzystny trend, polegający na jednoczesnej poprawie wydajności mlecznej krów i cech ich płodności w wyniku robotyzacji procesu doju. Jest to prawdopodobnie konsekwencją poprawy dobrostanu krów w oborach z AMS, ponieważ zwierzęta korzystają ze swobody ruchu, posiadają dostęp do automatów udojowych. Hodowcy wykorzystując informacje opisujące proces dojenja i przeżuwania, dokładniej określają optymalny czas inseminacji. Również Nezhdanov i wsp. [2014] twierdzą, że warunkiem prawidłowego funkcjonowania mechanizmów hormonalnych związanych z płodnością krów (rozwój embryonów i płodów) jest ich właściwe żywienie, zwłaszcza w początkowym okresie laktacji. Wówczas potrzeby pokarmowe są trudne do pokrycia, a dostarczone składniki pokarmowe w pierwszej kolejności wykorzystywane są do pokrycia potrzeb bytowych i na rosnącą produkcję mleka [Rzewuska i Strabel, 2015], prowadzi to do konkurencji między wydajnością mleczną a płodnością [Strucken i wsp., 2012]. Według Lomander i wsp. [2013], Czerniawskiej-Piątkowskiej i Gajki [2014] wraz ze wzrostem wydajności mleka następowało pogorszenie płodności krów. W praktyce, często OSR wysokowydajnych krów jest przez hodowców celowo wydłużany, co umożliwia pełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego tych zwierząt [Borkowska i wsp., 2012].

W literaturze prezentowane są różne opinie na temat wpływu wieku krów na ich płodność. Najczęściej panuje pogląd, że efektywność rozrodu zmienia się wraz z występującymi z wiekiem zmianami w funkcjonowaniu organizmów krów, np. metabolizmu, poziomu hormonów i częstości występowania *metritis*, torbieli jajników, zatrzymania łożyska [Leroy i wsp., 2008; Muller i wsp., 2014]. Mniejsze szanse zapłodnienia wieloródek niż pierwiastek tłumaczone są m.in. częstszym występowaniem zaburzeń okresu poporodowego, wyższą wydajnością mleczną, wpływającą na ogólny status energetyczny krowy [Borkowska i wsp., 2012; Chebel i wsp., 2004; Siatka i wsp., 2017]. Z kolei w innych pracach [Ahmadzadeh i wsp., 2009; Vacek i wsp., 2007] uznano, że

numer wycielenia nie wpływa istotnie na płodność krów, określoną II czy OMC.

W literaturze zwraca się uwagę na negatywny wpływ stresu cieplnego na użytkowość rozplodową krów [Leroy i wsp., 2008; Siatka i wsp., 2017; Siatka i wsp., 2018]. Według Stevenson [2001] krowy wycielone latem miały dłuższe OSR (różnica wynosiła nawet 20 dni). Wielu autorów wskazuje na wpływ pory roku na śmiertelność zarodków. Wyniki przedstawione przez Świątek i Okólskiego [2012] wskazują na najwyższą śmiertelność zarodków u krów w sezonie letnim, a najmniejszą u jałówek i krów w sezonie zimowym. Według Rzewuskiej i Strabla [2015] wysokie temperatury otoczenia przyczyniają się do ograniczenia pobrania paszy, skutkującego wystąpieniem ujemnego bilansu energetycznego oraz istotnych zmian hormonalnych w organizmie krów. W badaniach własnych (tab. 8) ilość paszy treściwej pobranej w AMS przez krowę/dobę w okresie 5-28 dni laktacji była większa latem niż zimą i być może ten fakt ograniczył wpływ sezonu wycielenia na płodność.

W badaniach własnych nie wykazano wpływu liczby dojów/dobę w pierwszych 28 dniach laktacji na płodności krów (tab. 12). Kruij i wsp. [2002] zasugerowali, że wyższa częstotliwość doju w AMS prowadzi do większej wydajności, ale niekoniecznie do proporcjonalnego wzrostu spożycia paszy. W konsekwencji może to doprowadzić do ujemnego bilansu energetycznego, który jest wskazywany jako jeden z czynników regulujących funkcjonowanie osi somatotropowej w wątrobie [Thatcher i wsp., 2010] oraz osi przysadka-podwzgórze-jajnik [Bisinotto i wsp., 2012], których prawidłowe działanie warunkuje właściwe funkcjonowanie układu rozrodczego [Bisinotto i wsp., 2012; Thatcher i wsp., 2010]. Jak wykazali Kruij i wsp. [2002], zwiększenie częstotliwości dojenia krów z 3 do 4,5 razy na dobę miało niekorzystny wpływ na II, który wzrósł z 1,80 do 1,97 oraz na długość okresu od wycielenia do zacielenia, który wydłużył się z 76,6 do 81 dni. Jiang i wsp. [2017] stwierdzili, że przypadki pogorszenia płodności krów w wyniku przejścia z systemu doju konwencjonalnego na automatyczny, powinny zostać przeanalizowane pod względem optymalizacji liczebności stada, liczby krów przypadających na robota udojowego oraz dobowej częstotliwości dojów. Z kolei w badaniach ankietowych, przeprowadzonych w latach 2013/2014 w Kanadzie w 530 gospodarstwach wyposażonych w AMS, większość respondentów nie wykazała pogorszenia płodności krów po wprowadzeniu AMS [Tse i wsp., 2017].

Analizując wpływ liczby dojów/dobę na przeżywalność krów do kolejnego wycielenia (tab. 13) stwierdzono, największy ich udział w grupie dojących się >3 razy/dobę wybrakowane stanowiły jedynie 19,8%. Na związek między częstotliwością doju w początkowym okresie laktacji a poziomem brakowania zwrócili też uwagę Sitkowska i wsp. [2018], uznając, że mała częstotliwość doju (<2 razy/dobę) i mała wydajność miały związek ze zwiększonym brakowaniem.

Większość krów ubytych ze stada przed kolejnym wycieleniem stanowiły zakwalifikowane ze względu na czas przeżuwania w pierwszych 28 dniach do grupy o najkrótszym czasie przeżuwania (tab. 13). Jak podają Fogsgaard i wsp. [2012] oraz Soriani i wsp. [2012] czas przeżuwania maleje z początkiem wielu zaburzeń zdrowotnych. Być może krótszy czas przeżuwania w początkowym okresie laktacji zwiększył ryzyko wybrakowania krowy.

Przewodność elektryczna mleka w pierwszych 28 dniach laktacji okazała się czynnikiem najbardziej różnicującym udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia (tab. 13). Stwierdzona tendencja jest zgodna z wynikami opisywanymi przez innych autorów. Govignon-Gion i wsp. [2012] wykazali ujemną korelację genetyczną ( $r = -0,47$  do  $-0,56$ ) między długowiecznością krów a klinicznym zapaleniem wymienia. Vanbaale i wsp. [2005] analizując przyczyny brakowania krów w pierwszych 40 dniach laktacji stwierdzili, że były to głównie choroby układu pokarmowego oraz *mastitis*.

#### **6.4. WARTOŚCI WSPÓLCZYNNIKÓW KORELACJI PROSTEJ MIĘDZY CZASEM PRZEŻYWANIA (PRZEWODNOŚCIĄ ELEKTRYCZNĄ MLEKA I JEGO TEMPERATURĄ, ILOŚCIĄ SPOŻYTEJ W AMS PASZY TREŚCIWEJ, LICZBĄ DOJÓW, CZASEM DOJU A CECHAMI UŻYTKOWOŚCI MLECZNEJ W LAKTACJI I WSKAŹNIKAMI PŁODNOŚCI KRÓW**

Uzyskane wyniki, dotyczące korelacji między czasem przeżuwania a mlecznością krów (tab. 14) są zgodne z opublikowanymi przez Antanaitisi i wsp. [2018], z których również wynika, czas przeżuwania był dodatnio skorelowany z wydajnością mleka ( $r = 0,384$ ,  $P < 0,001$ ). Także w badaniach innych autorów [Calamari i wsp., 2014; Liboreiro i wsp., 2015; Soriani i wsp., 2012] stwierdzono dodatnią korelację między czasem przeżuwania krów we wczesnym okresie laktacji a wydajnością mleka, jednak w cytowanych badaniach nie uwzględniono wpływu tygodnia laktacji. W badaniach Kaufman i wsp. [2018], w których badano m.in. wpływ czasu przeżuwania na skład mleka stwierdzono, podobnie jak wykazano w badaniach własnych, że był on ujemny w przypadku tłuszczu ( $r = -0,17^{xx}$ ) natomiast obojętny w odniesieniu do zawartości białka. Co ciekawe, w badaniu przeprowadzonym na krowach rasy szwedzkiej czerwonej [Byskov i wsp., 2015], będących w środkowym okresie laktacji wykazano, że czas przeżuwania (min/kg suchej masy paszy) był ujemnie związany z wydajnością mleka i zawartością białka, natomiast dodatnio z zawartością tłuszczu. Ta różnica wyników w porównaniu do uzyskanych w badaniach własnych i przez Kaufman i wsp. [2018] wynika prawdopodobnie ze stadium laktacji krów.

Wartości współczynników korelacji między przewodnością elektryczną oraz temperaturą mleka a laktacyjnymi wskaźnikami użytkowości mleczej

i płodności krów przyjmowały najczęściej niskie wartości (najczęściej  $r < 0,1$ ) i jedynie sporadycznie były potwierdzone statystycznie (tab. 15). Roth i wsp. [2013] wykazali, że *mastitis* zdiagnozowane w okresie poprzedzającym inseminację negatywnie oddziałuje na efektywność rozrodu krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Również Siatka i wsp. [2019] stwierdzili, że wzrost LnLKS wpływał na zwiększenie liczby inseminacji potrzebnych do zacielenia krowy ( $r = 0,02^{xx}$ ). Według Dobson i wsp. [2007] u krów dotkniętych *mastitis* start poporodowej aktywności lutealnej następuje nawet 7 dni później niż u zdrowych. Zdaniem Roth i wsp. [2013] związek między stanem zdrowotnym wymienia a płodnością krów opiera się na ścisłym związku czynnościowym, prowadzącym do zaburzeń w układzie hormonalnym i odpornościowym, w wyniku czego obserwuje się zaburzenia cyklu płciowego.

Dodatnia i potwierdzona statystycznie zależność między liczbą dojów/dobę a wydajnością mleka w laktacji (tab. 18) jest konsekwencją wykazanych związków dotyczących wydajności dobowych (tab. 6 i 9). Z uwagi na stymulację do produkcji mleka, związaną z częstym dojem, oraz indywidualne premiowanie w AMS paszami treściwymi, istnieje możliwość rozdojenia krów od początku laktacji. Przy wykorzystaniu wolnego ruchu krów jakie preferuje firma Lely, krowa decyduje kiedy będzie dojona, czy też odpoczywała. Krowa podczas odpoczynku produkuje o 50% więcej mleka [Guliński i wsp., 2014].

Stwierdzone w badaniach dodatnie korelacje między czasem doju/wizytę (tab. 19) potwierdzają rezultaty uzyskane przez innych autorów. W badaniach przeprowadzonych w Nowej Zelandii korelacje genetyczne między czasem doju a wydajnością mleka wynosiły 0,23, natomiast fenotypowe 0,27 [Edwards i wsp., 2014]. Jeszcze wyższe wartości (0,36 – 0,47) wykazali Sitkowska i wsp. [2016] oraz Sandrucci i wsp. [2007].

W literaturze przedstawiane są znacznie silniejsze od stwierdzonych w badaniach własnych, związki między szybkością oddawania mleka a wydajnością, np. według Edwardsa i wsp. [2014] korelacje genetyczne wynosiły 0,39, natomiast fenotypowe aż 0,55. Dodatnia zależności między SOM a długością OMW potwierdza rezultaty uzyskane przez Pryce i wsp. [2020], przy czym w badaniach tych szacowano wartość współczynnika korelacji genetycznej i dla wymienionych cech osiągnął wartość 0,25.

## **6.5. WYKORZYSTANIE METODY DRZEW DECYZYJNYCH DO PRZEWIDYWANIA UŻYTKOWOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE INFORMACJI Z OKRESU OKOŁOPORODOWEGO**

W kolejnym etapie badań do prognozowania użytkowości krów na podstawie informacji z okresu okołoporodowego, rejestrowanych przez roboty udojowe Lely wykorzystano metodę drzew decyzyjnych, która jest uważana za narzędzie wspomagające podjęcie optymalnej decyzji [Bujak, 2008]. Przy tworzeniu modelu drzewa dokonuje się podziału całego zbioru

informacji na maksymalnie homogeniczne pod względem zmiennej zależnej podzbiory tzw. liście [Lasek, 2009]. Drzewa decyzyjne mają ustaloną strukturę: - korzeń odpowiadający wszystkim możliwym decyzjom; - wewnętrzne węzły odpowiadające określonym decyzjom, którą można podjąć i – liście, którym odpowiadają cele [Bujak, 2008]. Według Piwczyńskiego i wsp. [2020a] metoda drzewa decyzyjnego, poprzez analizę modelu graficznego umożliwia każdemu na zidentyfikowanie czynników wpływających na określone cechy użytkowe zwierząt. Hodowca w modelu graficznym może wyszukać liść z najlepszą wartością danej cechy, a następnie podążając ścieżką podziałów dojść do węzła głównego, identyfikując czynniki i ich poziomy wpływające na tą cechę.

### **6.5.1. Drzewo klasyfikacyjne wydajności mleka w laktacji**

Model drzewa decyzyjnego dla wydajności krów w laktacji wskazał, że ważnymi czynnikami różnicującymi zbiór były: przeżywalność krów do kolejnego wycielenia, czasu doju (w okresie 22-28 oraz 5-7 dzień laktacji), liczba dojów/dobę w okresie 22-28 dzień laktacji, szybkość oddawania mleka w okresie 8-14 dzień laktacji oraz zawartość białka w siarze. Piwczyński i wsp. [2020a] w badaniach, których celem było wykorzystanie techniki drzew decyzyjnych do wyznaczenia czynników odpowiedzialnych za wysoką miesięczną wydajność krów korzystających z AMS wykazali, że najważniejszą była częstotliwość dojenia. Według Lyons i wsp. [2014] zwiększona częstotliwość dojenia skutkuje co prawda wyższą wydajnością mleczną krów, ale wpływ ten w dużym stopniu zależy od fazy laktacji i stanu zdrowotnego wymion krów. Castro i wsp. [2012] uznali, że optymalna liczba dojów/dobę powinna wynosić od 2,4 do 2,6. W badaniach własnych najwyższą wydajność w laktacji uzyskały krowy, które w okresie 22-28 dzień laktacji oddawały mleko  $\geq 4,1$  razy/dobę, z kolei w badaniach Piwczyńskiego i wsp. [2020a], najwyższą wydajność dobową osiągnęły krowy dojone  $\geq 3,9$  razy/dobę. Hogeveen i wsp. [2001] stwierdzili, że wpływ częstotliwości dojenia na wydajność mleka był większy w przypadkach krów o wyższej wydajności w porównaniu z mniej mlecznymi. Tremblay i wsp [2016] podkreślają znaczenie szybkości oddawania mleka, bowiem krowy oddające mleko z większą prędkością krócej zajmują miejsce w AMS, przyczyniając się w ten sposób do jego bardziej efektywnego wykorzystania. W badaniach Sitkowskiej i wsp. [2015] również wykazano, że zwiększona liczba udojów i dłuższy czas doju był powiązany z wyższą wydajnością mleka.

### **6.5.2. Drzewo klasyfikacyjne OMW**

Technika drzew decyzyjnych jako zmienne odpowiedzialne za długość OMW wykazała wydajność siary, ilość pobranej w AMS paszy treściwej (ostatni tydzień przed wycieleniem i 5-7 dzień laktacji) i czas przeżuwania (8-14 I 22-28 dzień laktacji) (tab. 22 i ryc. 3). Niekorzystny wpływ wysokiej wydajności dobowej w początkowym okresie laktacji na płodność krów

Albarráran-Portillo i Pollott [2013] tłumaczą dodatnią, genetyczną korelacją (0,51<sup>xx</sup>) między dobową wydajnością krów a długością OMW. Również Rzewuska i Strabel [2015] za przyczynę mniejszej skuteczności pierwszej inseminacji uznali wysoką wydajność w początkowym okresie laktacji i zachodzące wówczas zmiany metaboliczne i funkcjonalne, zwłaszcza ujemny bilans energetyczny. Cykl jajnikowy rozpoczyna się około 10-14 dnia laktacji, kiedy występuje z reguły najwyższy stan deficytowy pod względem energii. Skutkuje to nieprawidłowym rozwojem pęcherzyków jajnikowych, co utrudnia owulację oraz późniejszą sekrecję progesteronu [Kowalski 2010]. Również Nezhdanov i wsp. [2014] twierdzą, że warunkiem prawidłowego funkcjonowania mechanizmów hormonalnych związanych z płodnością krów (rozwój embrionów i płodów), jest ich właściwe żywienie, zwłaszcza w początkowym okresie laktacji. Wówczas potrzeby pokarmowe są trudne do pokrycia, a dostarczone składniki pokarmowe w pierwszej kolejności wykorzystywane są do pokrycia potrzeb bytowych i na rosnącą produkcję mleka [Rzewuska i Strabel, 2015], prowadzi to do konkurencji między wydajnością mleczną a płodnością [Strucken i wsp., 2012].

### 6.5.3. Drzewo klasyfikacyjne II

Skuteczna inseminacja warunkuje w stadach bydła opłacalność produkcji. Każda kolejna inseminacja to nie tylko dodatkowy koszt związany z zakupem nasienia, ale też wydłużenie OMW. W przeprowadzonych badaniach na ostateczny kształt drzewa decyzyjnego dotyczącego indeksu inseminacji wpłynęły porządku malejącym: ilość pobranej w AMS paszy treściwej bezpośrednio po okresie siary, liczba dojów w okresie siary, czas doju w okresie 8-14 dzień laktacji i przewodność elektryczna siary. Według Pushakumara i wsp. [2003] poziom energii w dawce pokarmowej ma istotny wpływ na pojawienie się pierwszych po wycieleniu pęcherzyków jajnikowych, w tym również pęcherzyka dominującego oraz owulacyjnego. W wielu badaniach stwierdzono związek między stanem zdrowotnym wymienia a indeksem inseminacji. Siatka i wsp. [2017] wykazali, że wartość II pogarszała się (o 0,11) wraz ze wzrostem liczby komórek somatycznych w mleku. Również według Gunay i Gunay [2008] kliniczne *mastitis* występujące u krów w pierwszych 90 dniach laktacji wpływało negatywnie na płodność krów (OSR, OMC oraz II), ponieważ proces zapalny gruczołu mlekowego stanowi przyczynę zmian koncentracji lub aktywności m.in.: kortyzolu, PGF-2 $\alpha$ , GnRH, LH, FSH, progesteronu, estradiolu, prolaktyny i wielu innych. Wyniki ostatniego podziału, oparte na czasie doju w drugim tygodniu laktacji (wartością progową było 250 sek/wizytę), wskazujące, że krowy o dłuższy czasie doju potrzebowały aż 3.5 porcji nasienia do zacielenia można tłumaczyć przypuszczeniem, że wydłużony czas doju mógł wystąpić u krów, które miały problemy zdrowotne, pojawiające się często w okresie powycieleniowym. Choroby metaboliczne mają wpływ na ogólny czas dojenia się krowy w robocie

[King et al., 2018; Rutten et al., 2013]. Dzięki ciągłej kontroli oraz analizie przeprowadzanej podczas każdego doju w AMS istnieje możliwość zmniejszenia liczby porcji nasienia zużytej do zacielenia.

## 7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W oborach wyposażonych w roboty udojowe rejestrowane są ogromne ilości danych dotyczące m.in. wydajności i składu mleka, szybkości jego oddawania, temperatury i przewodności elektrycznej, ilości zaprogramowanej i spożytej paszy treściwej, czasu przeżuwania. W badaniach podjęto próbę wykorzystania tych informacji, rejestrowanych w okresie okołoporodowym (podzielonym na podokresy: drugi i pierwszy tydzień przed wycieleniem oraz 1-4, 5-7, 8-14, 15-21 i 22-28 dzień laktacji), do prognozowania wydajności laktacyjnej mleka a także płodności krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej oraz ich przeżywalności do kolejnego wycielenia. W pierwszym etapie analiz statystycznych dokonano określenia źródeł zmienności cech użytkowych i funkcjonalnych, następnie obliczone zostały wartości współczynników korelacji prostej między tymi cechami a danymi rejestrowanymi przez AMS. Stwierdzono, że przewidywanie wydajności laktacyjnej mleka oraz wartości wskaźników płodności na podstawie pojedynczych informacji może być nieskuteczne – obliczone współczynniki korelacji przyjmowały niskie albo umiarkowane wartości. W kolejnym kroku analizy statystycznej zastosowano nowoczesne metody eksploracji danych w postaci drzew decyzyjnych. Wykazano ich przydatność do prognozowania na podstawie informacji rejestrowanych przez AMS już w okresie okołoporodowym, takich cech użytkowych i funkcjonalnych krów w cyklu produkcyjnym jak: wydajność laktacyjna, długości OMW i liczba inseminacji potrzebnych do zacielenia.

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Krowy objęte badaniami charakteryzowały się wyższą w porównaniu z uzyskiwaną przez krajową populację aktywną wydajność mleka w laktacji oraz lepszą płodnością.
2. Istnieją zależności ( $P \leq 0,01$ , ( $P \leq 0,05$ ) między parametrami rejestrowanymi przez AMS w okresie okołoporodowym a wydajnością dobową i laktacyjną krów oraz ich przeżywalnością do kolejnego wycielenia. Czynnikiem najbardziej różnicującym wydajność dobową siary oraz mleka w laktacji okazał się czas przeżuwania (wraz z jego wydłużeniem wzrost odpowiednio o 9,3 kg i 2925 kg), natomiast w przypadku wydajności dobowej mleka - liczba dojów/dobę (wraz z jej zwiększaniem wzrost o 6,8 kg). Udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia zwiększał się wraz ze spadkiem przewodności mleka (o 24,8%) oraz ze wzrostem liczby dojów/dobę (o 15,3%).
3. Wydłużenie czasu przeżuwania oraz czasu doju/wizytę, a także zwiększenie ilości pobranej w AMS paszy treściwej wpływały na wzrost wydajności mleka w laktacji, przy czym siła tych zależności rosła w kolejnych tygodniach laktacji ( $r = 0,10^x$  vs  $0,31^{xx}$ ;  $r = 0,12^{xx}$  vs  $0,17^{xx}$ ;  $r = 0,11^{xx}$  vs  $0,20^{xx}$ ). Za przydatną do prognozowania wydajności



mlecznej w laktacji uznano też liczbę dojów/dobę ( $r=$  od 0,25<sup>xx</sup> do 0,30<sup>xx</sup> w zależności od tygodnia laktacji).

4. Metodą drzew decyzyjnych wykazano, że najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za wydajność laktacyjną krów korzystających z robotów były, w kolejności od najważniejszego, przeżywalność do następnego wycielenia, czas doju/wizytę i liczba dojów/dobę (22-28 dzień laktacji), szybkość spływu mleka (8-14 dzień laktacji), czas doju/wizytę (5-7 dzień laktacji) oraz zawartość białka w siarze.
5. Stwierdzone w badaniach korelacje między wartościami wskaźników rejestrowanych przez AMS a II nie zostały potwierdzone statystycznie, natomiast wykazanymi metodą drzew decyzyjnych zmiennymi odpowiedzialnymi II, w kolejności od najważniejszej, były: ilość paszy treściwej pobranej bezpośrednio po okresie siary, liczba dojów w okresie siary, czas doju/wizytę (8-14 dzień laktacji) i przewodność elektryczna siary.
6. Spośród uwzględnionych w badaniach wskaźników rejestrowanych przez AMS, biorąc pod uwagę wartości współczynników korelacji, jedynie przewodność elektryczną mleka (pierwsze 2 tyg. laktacji) i szybkość jego oddawania (pierwsze 4 tyg. laktacji) można by zaproponować do uwzględniania w działalności zmierzającej do skrócenia OMW ( $r=0,13^{xx}$ ;  $r=0,11^{xx}$ ). Z kolei technika drzew decyzyjnych wykazała wydajność dobową siary, ilość pobranej w AMS paszy treściwej (ostatni tydzień przed wycieleniem i 5-7 dzień laktacji) i czas przeżuwania (8-14 i 22-28 dzień laktacji) jako zmienne odpowiedzialne za długość OMW.
7. Wniosek praktyczny: Udowodniono, że zastosowanie metody drzew decyzyjnych może ułatwić hodowcom dobór już w okresie poporodowym krów, odpowiednich poziomów czynników związanych z dojeniem w AMS, które zapewnią wysoką wydajność mleka w laktacji lub dobrą płodność krów w stadzie.



# **TABELE**

Tabela 4. Statystyki opisowe przeżuwania, parametrów doju i cech siary w okresie od 1 do 4 dnia laktacji

Cecha	N	$\bar{x}$	S	V (%)
czas przeżuwania (min./dobę)	2665	326,76	125,77	38,49
ilość pobranej paszy treściwej (kg/dobę)	2669	2,56	1,03	40,16
Ilość zaprogramowanej paszy treściwej (kg/dobę)	2675	3,26	0,65	19,86
liczba dojów/dobę	2603	1,82	0,60	33,21
liczba dojów odrzuconych/dobę	2603	1,15	2,89	251,79
czas przebywania krowy w boksie (sek./wizytę)	2626	419,37	138,19	32,95
czas doju (sek./wizytę)	2626	322,04	135,24	42,00
spływu siary z ćwiartki (sek./wizytę)	2626	222,24	99,27	44,67
czas doju „ślepego” ćwiartki (sek./wizytę)	2626	13,48	6,28	46,61
SOM (kg/min.)	2613	2,78	1,14	40,95
przewodność elektryczna siary ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	2613	69,35	5,45	7,86
temperatura siary ( $^{\circ}\text{C}$ )	2613	38,96	1,09	2,79
wydajność dobową siary (kg)	2591	17,91	9,62	53,75
zawartość tłuszczu (%)	2170	4,89	1,60	32,77
zawartość białka (%)	2170	4,85	0,46	9,59
stosunek tłuszcz/białko	2170	1,02	0,33	32,32

Tabela 5. Wpływ czynników głównych na czas przeżuwania i parametry doju w okresie pierwszych 4 dni laktacji (okres siary)

Czynnik		czas przeżuwania (min./dobę)	Zaprogramowana pasza treściwa (kg/dobę)	pobrana pasza treściwa (kg/dobę)	doje/dobę	doje odrzuc/dobę	czas pobytu krowy w boksie (sek./dobę)	czas doju (sek./dobę)	czas spływu mleka z ćwiartki (sek./dobę)	dój „ślepy” ćwiartki sek./dobę	SOM (kg/min)
stado	A	429 AB	3,33 A	3,16 AB	1,09 AB	2,82 AB	399 a	292 A	188 AB	12,69 A	2,64
	B	349 AC	3,46 B	2,88 BC	1,90 AC	1,24 A	427	327	227 A	13,35 B	2,82 A
	C	382 AC	2,89 AB	2,53 AC	1,73 BC	1,50 B	441a	354 A	242 B	15,46 AB	2,47 A
numer laktacji	1	405 A	3,17 A	2,80 A	1,48 A	1,18 A	446 A	346 A	236 A	15,37 A	2,26 A
	>1	368 A	3,28 A	2,91 A	1,66 A	2,52 A	398 A	302 A	202 A	12,29 A	3,03 A
sezon wycielenia	letni	382	3,25	2,81 a	1,57	1,99	421	322	216	13,79 a	2,60
	zimowy	391	3,20	2,90 a	1,57	1,71	423	326	222	13,88 a	2,68
liczba dojów/dobę	≤2	333 A	3,10 A	2,49 A		1,10 A	420	322	218	13,79	2,64
	>2	410 A	3,35 A	3,22 A		2,60 A	425	327	219	13,88	2,64
czas przeżuwania (min./dobę)	≤300		3,06 AB	2,46 AB	1,37 AB	1,69 A	427	327	218	13,88	2,59 Aa
	(300-350]		3,20 AC	2,84 AC	1,54 AC	1,80 a	419	322	217	13,70	2,66 a
	>350		3,42 BC	3,27 BC	1,81 BC	2,07 Aa	421	325	222	13,92	2,67 A
temperatura siary (°C)	≤38,5	366 ABa	3,27	2,79	1,56	1,95	447 ABC	340 ABa	216	14,83 ABC	2,19 ABC
	(38,5-39,0]	399 A	3,21	2,84	1,55	1,96	418 A	321 A	217	13,99Aab	2,60 ADE
	(39,0-39,5]	392 B	3,21	2,86	1,58	1,86	413 B	319 B	221	13,42 Ba	2,82 BDF
	>39,5	389 a	3,21	2,94	1,61	1,63	412C	318 a	221	13,10Cb	2,95 CEF
przewodność elektryczna siary (μS/cm)	≤66	404 A	3,17 ab	2,84	1,56	2,10	428 aA	331	226 a	14,60 aA	2,65 a
	(66-69]	394 B	3,19 c	2,81	1,56	1,74	424 ab	327	224	13,85 ab	2,70 AB
	(69-72]	390 C	3,26 a	2,92	1,58	1,94	421A	321	216 A	13,17 Ab	2,74 Ca
	>72	359 ABC	3,28 bc	2,85	1,60	1,63	416 b	319	210 Aa	13,71	2,48 ABC

Wartości różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy  $P \leq 0,01$ , ab.. przy  $P \leq 0,05$ .

Tabela 6. Wpływ czynników głównych na wydajność dobową i cechy siary (okres pierwszych 4 dni laktacji)

Czynnik		n	Wydajność siary (kg/dobę)	Zawartość tłuszczu (%)	Zawartość białka (%)	Stosunek tłuszcz/białko	EC siary ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Temperatura siary ( $^{\circ}\text{C}$ )
stado	A	288	20,6 A	5,07	4,59 AB	1,10	70,03	38,66
	B	1659	18,3 A	5,24	4,74 AC	1,11	68,99	38,85
	C	732	19,5	5,20	4,85 BC	1,08	69,43	38,96
numer laktacji	1	1124	16,8 a	5,80 A	4,57 A	1,25 A	68,93 A	38,63 A
	>1	1555	22,1 a	4,54 A	4,88 A	0,94 A	70,04 A	39,02 A
sezon wycielenia	Letni	1407	18,9 A	5,15	4,70 a	1,10	65	39,23 A
	Zimowy	1240	20,0 A	5,19	4,76 a	1,09	69,31	38,41 A
liczba dojów/dobę	$\leq 2$	2161	16,4 A	4,96 A	4,86 A	1,02 A	57	38,85
	>2	442	22,5 A	5,39 A	4,60 A	1,17 A	69,40	38,80
Czas przeżuwania (min./dobę)	$\leq 300$	1011	15,0 AB	5,33 A	4,94 AB	1,08	69,61	38,76 A
	(300-350]	362	19,0 AC	5,18	4,73 AC	1,09	69,48	38,80a
	>350	1292	24,3 BC	5,00 A	4,51 BC	1,11	69,36	38,91Aa
temperatura siary ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq 38,5$	615	18,2 AB	5,12	4,74	1,09	70,02 AaB	
	(38,5-39,0]	722	19,2	5,20	4,77 a	1,09	69,34 A	
	(39,0-39,5]	668	20,3 A	5,17	4,72	1,10	69,42 a	
	>39,5	603	20,2 B	5,20	4,68 a	1,11	69,14 B	
przewodność elektryczna siary ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\leq 66$	746	18,8 a	5,07	4,74	1,08		38,86
	(66-69]	696	19,8	5,05	4,74	1,07		38,83
	(69-72]	593	20,3 ab	5,29	4,72	1,11		38,86
	>72	578	18,9 b	5,28	4,71	1,12		38,74

Wartości różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy  $P \leq 0,01$ , ab.. przy  $P \leq 0,05$ .

Tabela 7. Statystyki opisowe przeżuwania, parametrów doju i cech mleka w okresie od 5 do 28 dnia laktacji

Cecha	N	$\bar{x}$	S	V (%)
czas przeżuwania (min./dobę)	15390	444,90	81,00	18,4
ilość pobranej paszy treściwej (kg/dobę)	15408	5,56	1,77	31,9
ilość zaprogramowanej paszy treściwej (kg/dobę)	15466	6,19	1,68	27,1
liczba dojów/dobę	15285	2,78	0,85	30,52
liczba dojów odrzuconych/dobę	15336	1,70	3,21	188,4
czas przebywania krowy w boksie (sek./wizytę)	15285	446,43	143,80	32,2
czas doju (sek./wizytę)	15285	351,97	144,33	41,0
spływu mleka z ćwiartki (sek./wizytę)	15285	250,41	106,14	42,4
czas doju „ślepego” ćwiartki (sek./wizytę)	15285	14,13	6,81	48,2
SOM (kg/min.)	15267	2,81	1,07	38,2
przewodność elektryczna mleka ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	15267	68,77	4,93	7,2
temperatura mleka ( $^{\circ}\text{C}$ )	15267	39,03	0,75	1,92
wydajność dobową mleka (kg)	15359	35,23	11,51	32,7
zawartość tłuszczu (%)	13295	4,00	0,76	18,9
zawartość białka (%)	13295	3,54	0,33	9,4
stosunek tłuszcz/białko	13295	1,14	0,23	20,1

Tabela 8. Wpływ czynników głównych na czas przeżuwania i parametry doju w okresie od 5 do 28 dnia laktacji

Czynnik		czas przeżuwania (min./dobę)	zaprogramowana pasza treściwa (kg/dobę)	pobrana pasza treściwa (kg/dobę)	doje/dobę	doje odrzuc/dobę	czas pobytu krowy w boksie (sek. /dobę)	czas doju (sek./wizytę)	czas splywu mleka z ćwiartki (sek./wizytę)	czas doju „ślepego” ćwiartki sek./wizytę	SOM (kg/min)
stado	A	484 AB	5,58 A	5,30 B	3,27 aAB	2,98 AB	410 a	297 AB	212 AB	13,65 B	2,64
	B	423 AC	6,14 AB	5,47 A	5,47 A	2,57 A	456 a	359 A	254 A	13,50 A	2,86 A
	C	445 BC	5,39 B	4,90 AB	2,61 B	1,45 B	455	375 B	267 B	16,60 AB	2,57 A
numer laktacji	1	431 A	5,54 A	5,16	2,45 A	1,64 A	460 A	363 A	259 A	16,45 A	2,31 A
	>1	472 A	5,87 A	5,29	3,19 A	2,25 A	421 A	324 A	230 A	12,71 A	3,07 A
sezon wycielenia	letni	450 A	5,94 A	5,30 a	2,77 a	2,20 A	424 A	323 A	224 A	14,42	2,72
	zimowy	454 A	5,64 A	5,13 a	2,86 a	1,70 A	457 A	364 A	265 A	14,75	2,65
okres laktacji (dzień)	5 – 7	439 ABC	3,90 ABC	3,77 ABC	2,35 ABC	2,18 AB	428 ABC	330 ABC	233 ABC	14,39 AB	2,71 A
	8 – 14	454 AD	5,06 ADE	4,71 ADE	2,73 ADE	2,14 CD	437 ADE	341 ADE	243 ADE	14,43 CD	2,70 B
	15 – 21	459 BD	6,52 BDE	5,88 BDF	3,04 BDE	1,82 ACE	447 BDa	350 BD	250 BD	14,69 CAa	2,68
	22 – 28	456 C	7,32 CEF	6,53 CEF	3,15CEF	1,65 BDE	450 CEa	353 CE	251 CE	14,81 DBa	2,68 AB
liczba dojów/dobę	≤2	440 A	5,65 aB	4,73 AB		1,07 AB	438	341 a	242 A	14,30 AB	2,67 A
	(2- 3]	456 AB	5,70 aC	5,29 AC		2,00 AC	441	343	244 a	14,58 BC	2,68 B
	>3	459 B	5,76 BC	5,64 BC		2,78 BC	443	346 a	247 Aa	14,87 AC	2,73 AB
czas przeżuwania (min./dobę)	≤450		5,74 AB	5,29 AB	2,79 AB	1,87	439	342	243 Aa	14,56	2,67 AB
	(450-500]		5,69 A	5,23 AC	2,83 A	1,97	441	344	245 A	14,61	2,70 A
	>500		5,67 B	5,14 BC	2,83 B	2,00	442	344	245 a	14,58	2,70 B
temperatura mleka (°C)	≤38,5	451	5,75 AB	5,23	2,80 a	2,06 a	433 ABC	335 ABC	237 ABC	14,98 ABC	2,47 AB
	(38,5-39,0]	453	5,69 A	5,22	2,80 B	2,03 b	443 A	346 A	246 A	14,66 AaD	2,62ACDE
	(39,0-39,5]	451	5,72 C	5,23	2,82	1,93	442 B	344 B	247 B	14,46 Bab	2,75 BDF
	>39,5	453	5,65 CB	5,21	2,85 Ab	1,77 ab	444 C	348 C	248 C	14,23 CDb	2,92 CEF
przewodność elektryczna mleka (µS/cm)	≤66	466 ABC	5,63 A	5,26	2,85 AB	2,33 ABC	443 A	347 A	252 ABC	15,22 ABC	2,73 A
	(66-69]	460 ADE	5,66 B	5,25	2,84 ab	2,03 AD	435 ABC	340 A	245 AD	14,61 ADEF	2,74 B
	(69-72]	452 BDE	5,68 BC	5,18	2,79 Ab	1,89 BE	441 B	343	244 BCE	14,27 BDF	2,72 BC
	>72	429 CEF	5,82 AC	5,19	2,79 Ba	1,55 CDE	443 C	343	237 CDE	14,23 CEF	2,57 AC

Wartości różniące się statystycznie w obrębę czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy  $P \leq 0,01$ , ab.. przy  $P \leq 0,05$ .



Tabela 9. Wpływ czynników głównych na wydajność dobową i cechy mleka w okresie od 5 do 28 dnia laktacji

Czynnik		n	wydajność mleka (kg/dobę)	zawartość tłuszczu (%)	Zawartość białka (%)	stosunek tłuszcz/białko	EC mleka ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	temperatura mleka ( $^{\circ}\text{C}$ )
stado	A	1720	35,4 a	3,97	3,59	1,11	68,83	38,94 a
	B	9410	32,9 ab	3,99 a	3,60	1,11 A	67,99	38,91A
	C	4334	34,7 b	4,16 a	3,61	1,16 A	68,75	39,15 Aa
numer laktacji	1	6567	29,2 A	3,84 A	3,61	1,06 A	66,87 A	38,86 A
	2	8899	39,5 A	4,25 A	3,60	1,19 A	70,18 A	39,14 A
sezon wycielenia	letni	8128	33,4 A	3,99 a	3,57 A	1,12	70,63 A	39,40 A
	zimowy	7186	35,3 A	4,10 a	3,64 A	1,13	66,42 A	38,6 A
okres laktacji (dzień)	5 – 7	1988	29,3 ABC	4,52 ABC	3,98 ABC	1,14 AB	68,50	39,03 AB
	8 – 14	4586	33,0 ADE	4,20 ADE	3,60 ADE	1,18 ACD	68,53	39,01 aC
	15 – 21	4492	36,3 BDF	3,86 BDF	3,45 BDF	1,13 CE	68,52	38,99 Aa
	22 – 28	4400	38,8 CEF	3,60 CEF	3,38 CEF	1,07 BDE	68,55	38,98 BC
liczba dojów/dobę	$\leq 2$	4312	31,1 AB	4,14 AB	3,63 AB	1,15 AB	69,00 AB	39,01 a
	(2- 3]	5995	34,1 AC	4,02AC	3,61 AC	1,12 A	68,41 AC	38,98 ab
	$>3$	5031	37,9 BC	3,98 BC	3,56 BC	1,12 B	68,17 BC	39,01 b
czas przeżuwania (min./dobę)	$\leq 450$	7316	33,4 AB	4,11 AB	3,60	1,15 AB	68,73AB	38,99 A
	(450-500]	4697	34,6 AC	4,04 AC	3,60	1,12 AC	68,44 A	39,01 A
	$>500$	3377	35,0 BC	3,99 BC	3,60	1,11 BC	68,41 B	39,00
temperatura mleka ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq 38,5$	3466	33,9 AaB	4,04	3,59	1,13	68,96 ABC	
	(38,5-39,0]	4627	34,3 Ab	4,03	3,60	1,13	68,45 A	
	(39,0-39,5]	4010	34,3 aC	4,06	3,61	1,13	68,29 B	
	$>39,5$	3164	34,8 BbC	4,07	3,61	1,13	68,40 C	
przewodność elektryczna mleka ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\leq 66$	4577	35,2 AB	3,98 AB	3,63 ABC	1,10 AB		39,01 Aa
	(66-69]	4443	35,0 CD	3,99 CD	3,60 A	1,11 CD		39,05a BC
	(69-72]	3557	34,3 ACE	4,09 ACa	3,59 B	1,14 AC		39,03 B
	$>72$	2690	32,9 BDE	4,13 BDa	3,59 C	1,16 BD		38,92 AC

Wartości różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy  $P \leq 0,01$ , ab.. przy  $P \leq 0,05$ .

Tabela 10. Statystyki opisowe wydajności i składu mleka w laktacji oraz płodności krów

Cecha	Krowy przeżywające do kolejnego wycielenia				Krowy wybrakowane przed kolejnym wycieleniem			
	N	$\bar{x}$	S	V (%)	N	$\bar{x}$	S	V (%)
wydajność mleka w laktacji (kg)	398	12894	3196	24,8	125	9567	6820	71,3
długość laktacji (dni)	398	354	70	19,8	125	286	164	67,9
zawartość tłuszczu w laktacji pełnej (%)	398	3,33	0,22	6,5	125	3,89	0,78	16,5
zawartość białka w laktacji pełnej (%)	398	3,76	0,41	10,8	125	3,36	0,38	11,3
długość okresu spoczynku rozrodczego (OSR) (dni)	398	78	31	39,6				
długość okresu usługi (OU) (dni)	398	52	70	135,9				
Długość okresu między wycieleniowego (OMW) (dni)	398	407	76	18,6				
indeks inseminacji (II)	398	2,29	1066	72,3				

Tabela 11. Wpływ czynników głównych na użytkowość mleczną w laktacji z uwzględnieniem interakcji z przeżywalnością krów do kolejnego wycielenia

Czynnik			Wydajność mleka (kg)			Długość laktacji (dni)			Zawartość tłuszczu w mleku (%)			Zawartość białka w mleku (%)		
			ogółem	żyjące	ubyle	ogółem	żyjące	ubyle	ogółem	żyjące	ubyle	ogółem	żyjące	ubyle
Ogółem			13018A	11036 A	411	360	341	3,36	3,71 a	3,86 a	3,31	3,65		
Stado	A	1	13666	13843	13489	411	384	438	3,71	3,75	3,67	3,34	3,37	
	B	2	10889	13123A	8656 A	308	360 A	257 A	3,89	3,74	4,04	3,32	3,29	3,34
	C	3	11526	12089	10962	332	336	327	3,76	3,64	3,88	3,52	3,34	3,38
Istotność różnic			1-2 <sup>xx</sup> ,3 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2,3 <sup>xx</sup>	1-2 <sup>xx</sup> ,3 <sup>x</sup> 2-3 <sup>x</sup>								
numer laktacji	1	1	12581	13258	11903	377	372	381	3,66	3,62	3,70	3,30	03,28	3,32
	>1	2	11473	12778 a	10169 a	324	349 a	300 a	3,91	3,80	4,02	3,77	3,34	3,41
Istotność różnic			1-2 <sup>x</sup>		1-2 <sup>xx</sup>	1-2 <sup>xx</sup>	1-2 <sup>xx</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>	1-2 <sup>x</sup>
sezon wycielenia	letni	1	12025	12535	11515	357	352	363	3,81	3,73	3,89	3,36	3,32	3,39
	zimowy	2	12029	13501 A	10557 A	345	369	319	3,76	3,69	3,83	3,31	3,29	3,34
Istotność różnic								1-2 <sup>x</sup>						
liczba dojów/dobę	≤2	1	10920	12023	9817	333	348	318	3,83	3,73	3,93	3,34	3,31	3,36
	(2- 3]	2	11842	13232a	10451 a	346	366	326	3,79	3,72	3,86	3,37	3,32	3,41
	>3	3	13319	13800	12839	372	366	378	3,74	3,67	3,80	3,31	3,30	3,31
Istotność różnic			1-3 <sup>xx</sup> ,2-3 <sup>x</sup>											
czas przeżuwania (min./dobę)	≤450	1	10726	12662 A	8791 A	319	355 A	283 A	3,94	3,70 A	4,17 A	3,35	3,32	3,37
	(450-500)	2	11704	12717	10690	349	258	339	3,67	3,75	3,59	3,34	3,32	3,36
	>500	3	13651	13675	13627	384	368	399	3,74	3,67	3,83	3,33	3,29	3,36
Istotność różnic			1-2 <sup>x</sup> ,3 <sup>xx</sup> 2-3 <sup>x</sup>		1-3 <sup>xx</sup>	1-2 <sup>x</sup> , 3 <sup>xx</sup>		1-3 <sup>x</sup>	1-2 <sup>xx</sup>		1-2 <sup>xx</sup>			
temperatura mleka (°C)	≤38,5	1	12154	12744	11564	363	348	379	3,93	3,71	4,16	3,42	3,33	3,50
	(38,5-39,0)	2	12419	12779	12058	360	358	362	3,79	3,75	3,83	3,34	3,33	3,36
	(39,0-39,5)	3	11294	12928 a	9660 a	334	363	305	3,75	3,73	3,78	3,26	3,26	3,27
	>39,5	4	12242	13622	10862	344	372	316	3,66	3,65	3,68	3,26	3,26	3,27
Istotność różnic								1-4 <sup>x</sup>						
przewodność elektryczna mleka (μS/cm)	≤66	1	12254	12324	12183	366	350	382	3,88	3,89	3,87	3,39	3,37	3,41
	(66-69]	2	12037	12441	11632	355	356	354	3,78	3,73	3,84	3,36	3,33	3,38
	(69-72]	3	11940	13470	10409	344	365	323	3,83	3,64	4,03	3,37	3,29	3,44
	>72	4	11878	13887 a	9919 a	367	371	303	3,65	3,59	3,72	3,24	3,25	3,22

Wartości różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy P ≤0,01, ab.. przy P≤0,05.

Tabela 12. Wpływ czynników głównych na płodność krów, które przeżyły do kolejnego wycielenia

Czynnik		Liczba krów	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
stado	A	51	105 AB	47	1,82 a	430
	B	225	71 A	55	2,53 a	403
	C	122	80 B	44	2,07	400
numer laktacji	1	154	84	52	2,20	413
	>1	244	87	46	2,08	409
sezon wycielenia	Letni	202	81 A	46	2,14	404
	zimowy	196	90 A	51	2,13	418
liczba dojów/dobę	≤2	48	85	42	2,04	404
	(2- 3]	160	87	51	2,10	415
	>3	190	84	53	2,28	416
czas przeżuwania (min./dobę)	≤450	151	83	47	2,09	407
	(450-500]	152	85	45	1,97	407
	>500	95	88	55	2,36	419
temperatura mleka (°C)	≤38,5	66	77	40	1,98	395
	(38,5-39,0]	132	83	51	2,19	410
	(39,0-39,5]	113	89	49	2,13	416
	>39,5	87	92	55	2,26	430
przewodność elektryczna mleka (μS/cm)	≤66	128	81	44	2,03	402
	(66-69]	120	87	56	2,09	408
	(69-72]	95	83	55	2,30	415
	>72	55	90	50	2,12	420

Wartości różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami jako AB... przy P ≤0,01, ab.. przy P≤0,05.

Tabela 13. Wpływ czynników głównych na udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia i wybrakowanych

Wyszczególnienie		żyjące		ubyłe	
		n	%	n	%
Ogółem					
stado Chi <sup>2</sup> = 9,19 <sup>xx</sup>	A	51	73,9	18	26,1
	B	225	81,2	52	18,8
	C	122	68,9	55	31,1
numer laktacji Chi <sup>2</sup> = 0,14	1	154	77,0	46	23,0
	>1	244	75,5	79	24,5
sezon wycielenia Chi <sup>2</sup> = 0,16	letni	202	75,4	66	24,6
	zimowy	196	76,9	59	23,1
liczba dojów/dobę Chi <sup>2</sup> = 7,34 <sup>x</sup>	≤2	48	64,9	26	35,1
	(2- 3]	160	75,5	52	24,5
	>3	190	80,2	47	19,8
czas przeżuwania (min./dobę) Chi <sup>2</sup> = 4,05	≤450	151	71,6	60	28,4
	(450-500)	152	79,6	39	20,4
	>500	95	78,5	26	21,5
temperatura mleka (°C) Chi <sup>2</sup> = 6,18	≤38,5	66	70,2	28	29,8
	(38,5-39,0)	132	81,5	30	18,5
	(39,0-39,5)	113	77,9	32	22,1
	>39,5	87	71,3	35	28,7
przewodność elektryczna mleka (μS/cm) Chi <sup>2</sup> = 19,03 <sup>**</sup>	≤66	128	85,9	21	14,1
	(66-69)	120	75,9	38	24,1
	3,36(,69-72]	95	75,4	31	24,6
	>72	55	61,1	35	38,9

Istotność oznaczono jako **\*\*P<0,01**, \*P<0,05

Tabela 14. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona między czasem przeżuwania (min/dobę) w okresie okołoporodowym a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozłódowej krów

Dni okresu okołoporodowego	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
-14 do -8	0,126 <sup>xx</sup>	0,152 <sup>xx</sup>	0,071	-0,082	-0,012	0,003	0,020	0,011
-7 do -1	0,111 <sup>x</sup>	0,117 <sup>xx</sup>	0,015	-0,099	-0,039	-0,020	0,003	0,004
1 do 4	0,097 <sup>x</sup>	0,056	-0,061	-0,021 <sup>xx</sup>	-0,018	-0,094	-0,047	-0,071
5 do 7	0,249 <sup>xx</sup>	0,163 <sup>xx</sup>	-0,046	-0,149 <sup>xx</sup>	0,081	-0,091	-0,060	-0,008
8 do 14	0,312 <sup>xx</sup>	0,235 <sup>xx</sup>	-0,041	-0,192 <sup>xx</sup>	0,150 <sup>xx</sup>	-0,045	-0,056	0,054
15 do 21	0,307 <sup>xx</sup>	0,253 <sup>xx</sup>	-0,082	-0,247 <sup>xx</sup>	0,156 <sup>xx</sup>	-0,005	-0,044	0,009
22 do 28	0,310 <sup>xx</sup>	0,251 <sup>xx</sup>	-0,031	-0,220 <sup>xx</sup>	0,136 <sup>xx</sup>	-0,009	-0,033	0,097

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 15. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona między przewodnością elektryczną mleka ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozplodowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	-0,060	-0,026	-0,031	-0,015	0,167 <sup>xx</sup>	0,091	-0,003	0,135 <sup>xx</sup>
5 - 7	-0,078	-0,083	0,015	0,036	0,145 <sup>xx</sup>	0,106 <sup>x</sup>	0,005	0,152 <sup>xx</sup>
8 - 14	-0,083	-0,115 <sup>xx</sup>	0,006	0,037	0,128 <sup>xx</sup>	0,082	-0,024	0,124 <sup>xx</sup>
15 - 21	-0,081	-0,137 <sup>xx</sup>	-0,081	0,001	0,120 <sup>xx</sup>	0,057	-0,006	0,098 <sup>x</sup>
22 - 28	-0,086 <sup>x</sup>	-0,138 <sup>xx</sup>	-0,078	0,004	0,102 <sup>xx</sup>	0,048	-0,009	0,081

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 16. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona między temperaturą (°C) mleka w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozplodowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	0,002	-0,091 x	-0,038	-0,033	-0,025	0,005	-0,029	0,033
5 - 7	-0,003	-0,018	-0,032	-0,115 xx	0,004	0,059	-0,035	0,076
8 - 14	-0,021	-0,042	-0,064	-0,096 x	0,096 xx	0,025	-0,054	0,056
15 - 21	-0,010	-0,046	-0,093 x	-0,103 x	0,043	0,033	-0,040	0,075
22 - 28	-0,015	-0,026	-0,106 x	-0,108 x	0,025	-0,030	0,021	0,071

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05



Tabela 17. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona ilością pobranej paszy treściwej (kg/dobę) w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozplodowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	0,109 x	0,068	-0,017	-0,070	-0,008	-0,024	-0,056	-0,002
5 - 7	0,101 x	0,031	-0,060	-0,150 xx	-0,052	-0,072	-0,060	-0,072
8 - 14	0,136 xx	0,063	-0,090 x	-0,162 xx	-0,068	-0,101 x	-0,038	-0,101 x
15 - 21	0,150 xx	0,081	-0,077	-0,192 xx	-0,074	-0,120 x	-0,039	-0,106 x
22 - 28	0,197 xx	0,116 xx	-0,095 x	-0,188 xx	-0,121 xx	-0,070	-0,000	-0,76

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 18. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona liczą dojów/dobę w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozplodowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	0,257 xx	0,129 xx	-0,065	-0,116 xx	-0,011	-0,011	0,017	0,062
5 - 7	0,279 xx	0,148 xx	-0,082 x	-0,113 xx	0,031	-0,027	-0,029	0,034
8 - 14	0,301 xx	0,171 xx	-0,112 xx	-0,159 xx	0,036	-0,041	-0,029	-0,008
15 - 21	0,280 xx	0,194 xx	-0,103 xx	-0,182 xx	0,072	-0,003	0,022	0,031
22 - 28	0,252 xx	0,179 xx	-0,086 x	-0,170 xx	0,086	-0,008	0,033	0,016

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 19. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona czasem doju/wizytę w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozplodowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	0,116 xx	0,062	-0,059	-0,177 xx	-0,83	-0,083	0,034	-0,099
5 - 7	0,135 xx	0,096 x	-0,033	-0,184 xx	-0,015	-0,071	0,051	-0,093
8 - 14	0,155 xx	0,116 xx	-0,034	-0,187 xx	-0,012	-0,065	0,054	-0,086
15 - 21	0,168 xx	0,131 xx	-0,046	-0,195 xx	-0,043	-0,059	0,054	-0,086
22 - 28	0,174 xx	0,134 xx	-0,055	-0,199 xx	-0,050	-0,057	-0,046	-0,088

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 20. Wartości współczynników korelacji prostych Pearsona szybkością oddawania mleka (kg/min) w okresie pierwszych 28 dni laktacji a wskaźnikami użytkowości mlecznej w laktacji i rozłódowej krów

Dni laktacji	Wydajność mleka (kg)	Długość laktacji (dni)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	OSR (dni)	OU (dni)	II	OMW (dni)
1 - 4	0,110 x	0,044	-0,095 x	-0,016	-0,020	0,099 x	0,020	0,109 x
5 - 7	0,089 x	0,026	-0,132 xx	-0,014	-0,001	0,103 xx	0,017	0,106 x
8 - 14	0,082	0,021	-0,134 xx	-0,000	-0,008	0,097	0,019	0,109 x
15 - 21	0,100 x	0,031	-0,139 xx	-0,013	-0,001	0,091	0,090	0,108 x
22 - 28	0,107 x	0,035	-0,134 xx	-0,012	-0,007	0,098 x	0,015	0,116 x

Istotność oznaczono jako \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabela 21. Liczba reguł podziału i znaczenie zmiennych wpływających na wydajność mleka w laktacji

Nazwa zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej
Przeżywalność	1	1
Czas doju (22-28 dzień laktacji) (sek/wizytę)	1	0,778196
Liczba dojów/dobę (22-28 dzień laktacji)	1	0,479269
SOM (8-14 dzień laktacji)	1	0,371997
Czas doju (5-7 dzień laktacji) (sek/wizytę)	1	0,271679
Zawartość białka w siarce (%) (1-4 dzień laktacji)	1	0,218267

Tabela 22. Liczba reguł podziału i znaczenie zmiennych wpływających na długość OMW

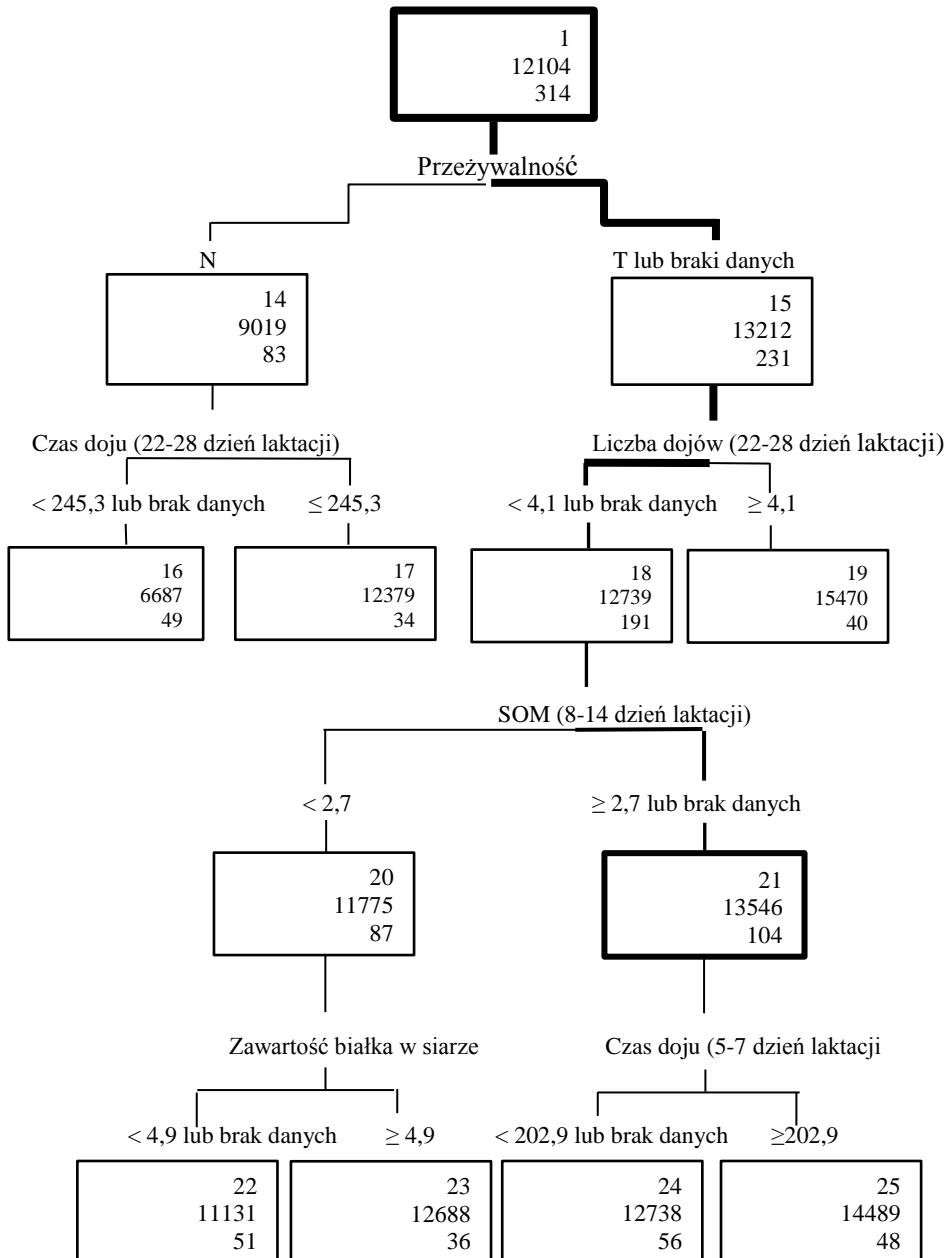
Nazwa zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej
Wydajność siary/dobę (1-4 dzień laktacji)	1	1
Ilość pobranej paszy treściwej (8-14 dzień laktacji) (kg/dobę)	1	0,935822
Czas przeżuwania (8-14 dzień laktacji) (min/dobę)	1	0,704630
Ilość pobranej w AMS paszy treściwej (5-7 dzień laktacji) (kg/dobę)	1	0,061969
Czas przeżuwania (22-28 dzień laktacji) (min/dobę)	1	0,544586

Tabela 23. Liczba reguł podziału i znaczenie zmiennych wpływających na wartości II

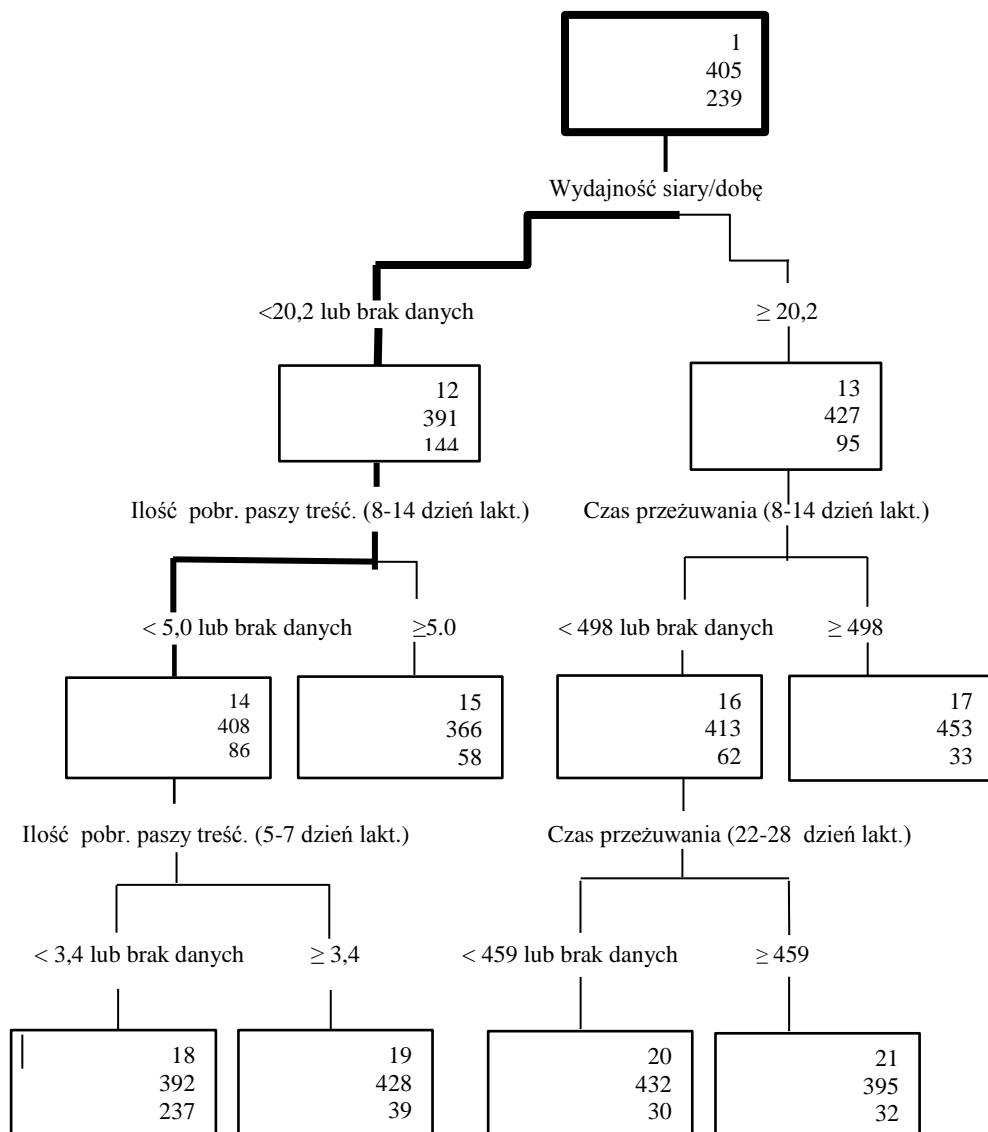
Nazwa zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej
ilość pobranej w AMS paszy treściwej w 5-7 dniu laktacji (kg/dobę)	2	1
liczba dojów w 1-4 dniu laktacji	1	0,860196
czas doju w 8-14 dniu laktacji (sek/wizytę)	1	0,638339
przewodność elektryczna siary w 1-4 dniu laktacji ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1	0,605269

# **DRZEWA DECYZYJNE**

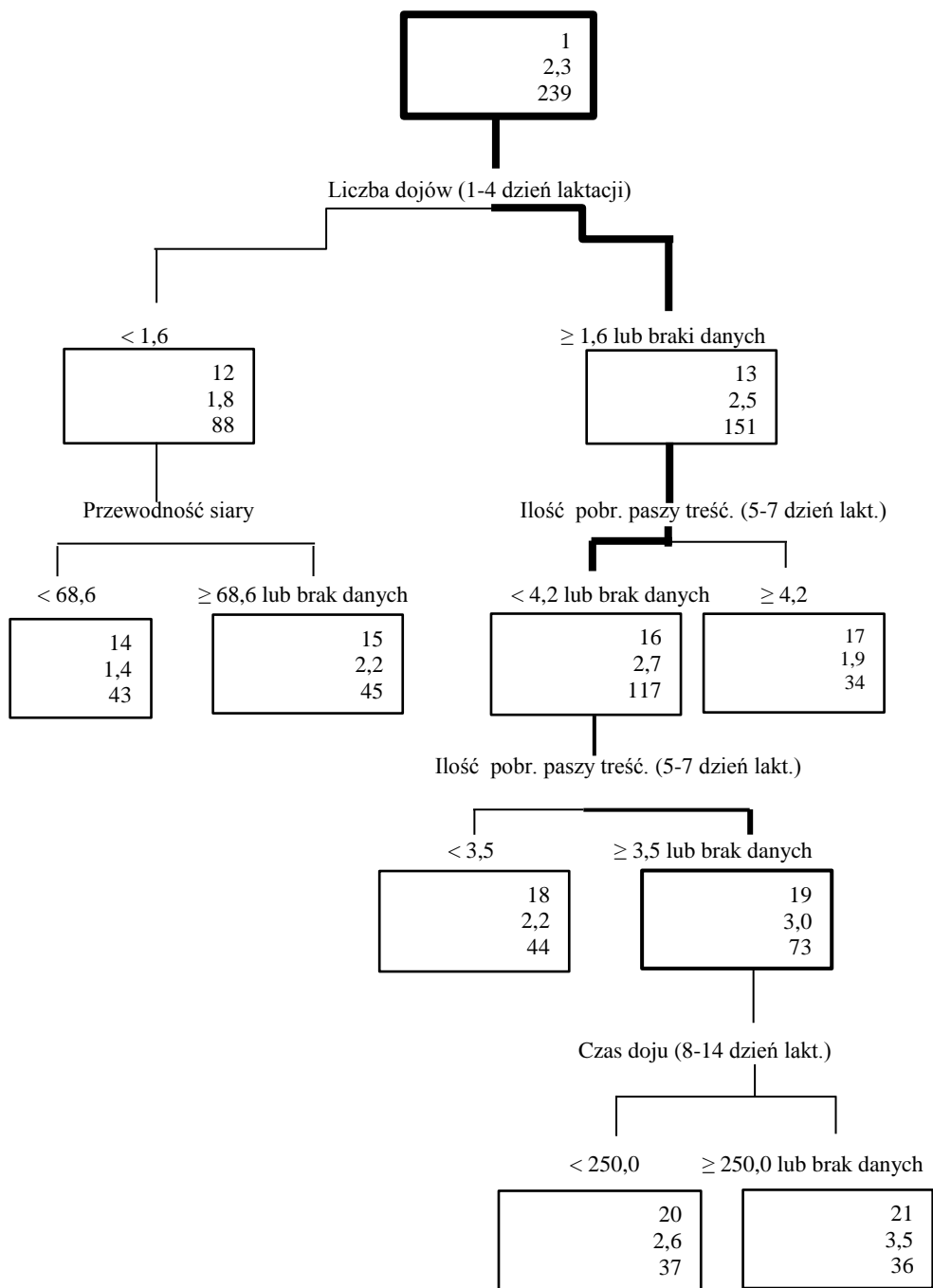




Ryc.2. Drzewo decyzyjne dotyczące wydajności mlecznej



Ryc. 3. Drzewo decyzyjne dotyczące OMW



Ryc. 4. Drzewo decyzyjne dotyczące II

## LITERATURA

- [1] Ahmadzadeh A., Frago F., Shafii B., Dalton J.C., Price W.J., McGuire M.A., 2009. Effect of clinical mastitis and other diseases on reproductive performances of Holstein cows. *Anim. Reprod. Sci.* 112, 273-282.
- [2] Albarráran-Portillo B., Pollott G.E., 2013. The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96, 635-646.
- [3] Annen E.L., Stiening, C.M., Crooker B.A., Fitzgerald A.C., Collier R.J., 2008. Effect of continuous milking and prostaglandin E2 on milk production and mammary epithelial cell turnover, ultrastructure, and gene expression. *J. Anim. Sci.* 86, 1132-1144.
- [4] Antanaitis R., Žilaitis V., Juozaitienė V., Noreika A., Rutkauskas A., 2018. Evaluation of rumination time, subsequent yield, and milk trait changes dependent on the period of lactation and reproductive status of dairy cows. *Pol. J. Vet. Sci.* 3, 567-572.
- [5] Asselstine V., Kaufman E.I., LeBlanc J., McBride B., Duffield T.F., Devries T.J., 2016. Association of rumination time and health status with milk production in early lactation dairy cows. *J. Anim. Sci.* 94, 57-58.
- [6] Bach A., Iglesias C., Calsamiglia S., Devant M., 2007. Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *J. Dairy Sci.* 90, 5049-5055.
- [7] Bach A., Iglesias C., Devant M., Ráfols N., 2006. Performance and feeding behavior of primiparous cows loose housed alone or together with multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 89, 337-342.
- [8] Bar D., Solomon E., 2010. Rumination collars: what can they us. *Firs North American Conference on Precision Dairy Management*. March 2-5, Ontario, Canada, 214-216.
- [9] Barkema H., Keyeserlingk M., Kastelic I., Lam T., Luby C., Roy J., Balnc S., Keefe G., Kelton D., 2015. Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *J. Dairy Sci.* 98, 11, 7426-74450.
- [10] Bava L., Tamburini A., Penati C., Riva E., Mattachini G., Provolo G., Sandrucci A., 2012. Effects of feeding frequency and environmental conditions on dry matter intake, milk yield and behaviour of dairy cows milked in conventional or automatic milking systems. *Ital. J. Anim. Sci.* 11, 230-235.
- [11] Beauchemin K.A., Eriksen L., Nørgaard P., Rode L.M., 2008. Salivary secretion during meals in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91, 2077-2081.
- [12] Beauchemin K.A., Yang W.Z., 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 2117-2129.
- [13] Bilik K., Niwińska B., Kamyczek M., 2016. Efektywność stosowania preparatów „sztucznej śliny” i Acid Buf w żywieniu krów systemem PMR. *Wiad. Zootech.* 2, 106-118.
- [14] Bisinotto R.S. Greco L.F., Ribeiro E.S., Martinez N., Lima F.S., Staples C.R., Thatcher W.W., Santos J.E.P., 2012. Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows. *Anim. Reprod.* 9, 260-272.

- [15] Boas D., Filho A., Pereira M., Junior L., El Faro L., 2017. Association between electrical conductivity and milk production traits in Dairy Gyr cows. *J. Appl. Anim. Res.* 45, 227–233.
- [16] Bogucki M., 2018. Effect of lactation stage and milking frequency on milk yield from udder quarters of primiparous and multiparous cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 48, 636-642.
- [17] Bogucki M., Sawa A., Kuropatwińska I., 2017. Effect of AMS milking frequency in primiparous and multiparous cows on their yield and milkability. *Acta Agriculture Scandinavica, Anim. Sci.* 67, 1-5.
- [18] Borderas, T. Fournier F., Rushen J., de Passillé A., 2008. Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Can. J. Anim. Sci.*, 88, 1–8.
- [19] Borkowska D., Piątek D., Januś E., Mucha J., 2012. Fertility of cows in a high-yielding herd. *Rocz. Nauk. PTZ* 8, 21-29.
- [20] Bruckmaier B.M., Ontsouka C.E., Blum J.W., 2004. Fractionized milk composition in dairy cows with subclinical mastitis. *Vet. Med. Czech.* 49, 283-290.
- [21] Brzozowski M., Piwczyński D., Sitkowska B., Bogucki M., Sawa A., 2020. The impact of introduction of an automatic milking system on production traits in Polish Holstein-Friesian cows. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 38, 49-59.
- [22] Bujak Ł., 2008, *Drzewa decyzyjne*. Toruń, UMK, Wydz. Fiz., Astr. i Inf. Stos.
- [23] Buttchereit N., Stamer E., Junge W., Thaller G., 2012. Genetic parameters for energy balance, fat/protein ratio, body condition score and disease traits in German Holstein cows. *J. Anim. Breed. Gen.* 129, 280–288.
- [24] Byskov M., Fogh A., Løvendahl P., 2017. Genetic parameters of rumination time and feed efficiency traits in primiparous Holstein cows under research and commercial conditions. *J. Dairy Sci.* 100, 9635–9642.
- [25] Byskov M., Nadeau B., Johansson, Nørgaard P., 2015. Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *J. Dairy Sci.* 98, 3926–3937.
- [26] Calamari L., Soriani N., Panella G., Petrera F., Minuti A., Trevisi E., 2014. Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *J. Dairy Sci.* 97, 3635–3647.
- [27] Carlström C., Pettersson G., Johansson K., Strandberg E., Stålhammar H., Philipsson J. 2013. Feasibility of using automatic milking system data from commercial herds for genetic analysis of milk ability. *J. Dairy Sci.* 96, 5324-5332.
- [28] Castro A., Pereira J.M., Amiama C., Bueno J., 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 95, 929-936.
- [29] Chebel R.C., Santos J.E.P., Reynolds J.P., Cerri R.L.A., Juchem S.O., Overton M., 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 239-255.
- [30] Clark C., Lyons N., Millapan L., Talukder S., Cronin G., Kerrisk K., Garcia S., 2015. Rumination and activity levels as predictors of calving for dairy cows. *Animal* 9, 4, 691–695.
- [31] Clément P., Guatteo R., Delaby L., Rouillé B., Chanvallon A., Philipot J.M., Bareille N., 2014. Short communication: Added value of rumination time for the

- prediction of dry matter intake in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 6531–6535.
- [32] Czerniawska-Piątkowska E., Gajdka W., 2014. The impact of efficiency on breeding indicators of cows. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc. Zootech.* 312, 49-54.
- [33] De Vlieghe S., Fox L.K., Piepers S., McDougall S., Barkema H.W., 2012. Invited review: Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control. *J. Dairy Sci.* 95, 1025-1040.
- [34] Deming J.A., Bergeron R., Leslie K., DeVries T.J. 2013. Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *J. Dairy Sci.* 96, 344–351.
- [35] Dobson H., Smith R.F., Royal M.D., Knight C.H., Sheldon I.M., 2007. The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod. Domest. Anim.* 42 (Suppl. 2), 17-23.
- [36] Edwards J.P., Jago J.G., Lopez-Villalobos N., 2014. Analysis of milking characteristics in New Zealand dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 259-269.
- [37] Egger-Danner C., Cole J.B., Pryce J.E., Gengler N., Heringstand B., Bradley A., Stock K.F., 2015. Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. *Animal* 9, 191-207.
- [38] Fogsgaard, K.K., Rentved C.M., Sorensen P., Herskin M.S., 2012. Sickness behavior in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis. *J. Dairy Sci.* 95, 630–638.
- [39] Forsbäck L., Lindmark-Männson H., Andren A., Akerstedt M., Andree L., Svennerstens-Sjanuja K., 2010. Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udderquarter level. *J. Dairy Sci.* 93, 3569-3577.
- [40] Gäde S., Stamer E., Junge W., Kalm E., 2006. Genetic parameters for serial, automatically recorded milkability and its relationship to udder health in dairy cattle. *Livest. Sci.* 104, 135-146.
- [41] Ghiasi H., Piwczyński, D., Khaldari, M., Kolenda, M., 2015. Application of classification trees in determining the impact of phenotypic factors on conception to first service in Holstein cattle. *Anim. Prod. Sci.* 56, 1061.
- [42] Głowicka-Wołoszyn R., Winnicki S., Jugowar J.L., 2010. Krotność doju krów z zastosowaniem robota VMS firmy DeLaval. *Nauka Przym. Technol.* 4, 1-8.
- [43] Godden M.S., Lombard E.J., Woolums R.A., 2019. Colostrum Management for Dairy Calves. *Vet. Clin. Food Anim.* 35, 535-556.
- [44] Govignon-Gion A., Dassonneville R., Balloche G., Ducrocq V., 2012. Genetic evaluation of mastitis in dairy cattle in France. *Interbull Bull* 46, 121–126.
- [45] Guliński P., 2019. Prevalence of selected metabolic diseases in dairy herds in eastern Poland. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 18, 31–40.
- [46] Guliński P., Kłopotowska A., 2019. Próba opracowania metody określania typowego składu chemicznego mleka polskich krów rasy holsztyńsko-fryzyskiej – propozycja. *Rocz. Nauk. PTZ* 3, 9-21.
- [47] Guliński P., Niedziałek G., Salamończyk E., Górski T., 2006. Zawartość immunoglobulin w sianie krów w zależności od wybranych czynników genetycznych i środowiskowych. *Med. Wet.* 62, 339-342.
- [48] Guliński P., Salamończyk E., Młynek K., 2014. Okołożywieniowe zachowanie bydła mlecznego. *Wiad. Zoot.* 2, 57-69. 16.

- [49] Guliński P., Salamończyk E., Młynek K., 2018. Możliwości modyfikacji składu chemicznego mleka krów. *Wyd. Nauk. UPH w Siedlcach* 1–126.
- [50] Gunay A., Gunay U., 2008. Effects of clinical mastitis on reproductive performance in Holstein cows. *Acta Vet. Brno* 77, 555-560.
- [51] Güven K., Ömer C., Enver B.B., Mehmet C.G., 2012. Relations between electrical conductivity, somatic cell count, California mastitis test and some quality parameters in the diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 36, 49-55.
- [52] GUS, 2019. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, Warszawa.
- [53] Gygax L., Neuffer I., Kaufmann C., Hauser R., Wechsler B., 2007. Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. *J. Dairy Sci.* 90, 4265-4274.
- [54] Halachmi I., 2009. Simulating the hierarchical order and cow queue length in an automatic milking system. *Biosys. Engin.* 102, 453-460.
- [55] Halachmi I., Børsting C. F., Maltz E., Edan Y., Weisbjerg M. R., 2011. Feed intake of Holstein, Danish Red, and Jersey cows in automatic milking systems. *Livest. Sci.* 138, 56–61.
- [56] Hammer J., Morton J., Kerrisk K., 2012. Quarter milking quarter udder and lactation level risk factors and indicators for clinical mastitis during automatic milking system. *Aust. Vet. J* 90, 167-174.
- [57] Hogeveen H., Ouweltjes W., de Koning C.J.A.M., Stelwagen K., 2001. Milking interval, milk production and milk flowrate in an automatic milking system. *Livest. Prod. Sci.* 72, 157-167.
- [58] Hopster H.R.M.B., Bruckmaier R.M., Van Der Werf J.T.N., Korte S.M., Mac-Uhova J., Korte-Boues G., Van Reenen C.G., 2002. Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3206-3216.
- [59] Hovinen M., Pyörälä S., 2011. Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking. *J. Dairy Sci.* 94, 547-562.
- [60] Ilie L.I., Tudor L., Galis A.M., 2010. The electrical conductivity of cattle milk and the possibility of mastitis diagnosis in Romania. *Luc. Stiintif. Med. Vet.* 2, 220-227.
- [61] Ingvarstsen K.L., 2006. Feeding- and management-related diseases in the transition cow – physiological adaptations around calving and strategies to reduce feedingrelated diseases. *Anim. Feed Sci. Techn.* 126, 175–213.
- [62] INTERBULL, 2019. National Genetic Evaluation Forms Provided by Countries, <http://www.interbull.org/ib/geforms>.
- [63] IZOO, 2019. National Research Institute of Animal Production. Genetic evaluation, [http://www.wycena.izoo.krakow.pl/doc/metody\\_oceny\\_2018\\_3.pdf](http://www.wycena.izoo.krakow.pl/doc/metody_oceny_2018_3.pdf).
- [64] Jacobs J.A., Siegford J.M., 2012. Invited review: the impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 95, 2227–2247.
- [65] Jensen D., Mariska van der Voot, Hogeveen H., 2018. Dynamic forecasting of individual cow milk yield in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 101, 10428–10439.
- [66] Jiang H., Wang W., Li C., Wang W., 2017. Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Front. Agric. Sci. Eng.* 4, 37–47.

- [67] Juozaitienė V., Juozaitis A., Brazauskas A., Žymantienė J., Žilaitis V., Antanaitis R., Stankevičius R., Bobinienė R., 2015. Investigation of electrical conductivity of milk in robotic milking system and its relationship with milk somatic cell count and other quality traits. *J.M.E.* 3, 3, 63-70.
- [68] Karslioglu Kara N., Koyuncu M., 2018. A research on longevity culling reasons and milk yield traits in between Holstein and Simental cows. *Med. Agricul. Sci.* 31, 1 – 4.
- [69] Kaşikci G., Cetin Ö, Bingöl E.B., Gündüz M.C., 2012. Relations between electrical conductivity, somatic cell count, California mastitis test and some quality parameters in the diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 36, 49-55.
- [70] Kaufman E., Asselstine V., LeBlanc S., Duffield T., DeVries T., 2018. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101, 462-471.
- [71] Kaufman E., LeBlanc S., McBride B., Duffield T., DeVries T., 2016. Association of rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 5604-5618.
- [72] King M., LeBlanc S., Pajor E., Wright T., DeVries T., 2018. Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. *J. Dairy Sci.* 101, 4343–4356.
- [73] Kononoff P. J., Heinrichs A. J., 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, 1445–1457.
- [74] Kowalski Z., 2010. Wpływ żywienia na płodność krów mlecznych. *Życie Wet.* 85, 830-834.
- [75] Kruij T., Morice H., Robert M., Ouweltjes W., 2002. Robotic Milking and Its Effect on Fertility and Cell Counts. *J. Dairy Sci.* 85, 2576–2581.
- [76] Kuropatwińska I., Bogucki M., Miller M., Sawa A., 2020. Relationship between milk electrical conductivity, daily milk yield, and milking ability of primiparous and multiparous cows. *J. Anim. Plant Sci.* 30, 298-304.
- [77] Lambertz C., Sanker C., Gauly M., 2014. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *J. Dairy Sci.* 97, 319-329.
- [78] Lasek M., Pęczkowski M., Wierzba D., 2009. Zastosowanie analiz data mining w przewidywaniu groźby upadłości lub konieczności prowadzenia postępowania układowego przedsiębiorstwa – budowa modeli predykcyjnych, ocena ich jakości i wybór modelu. *S&PPAKM* 22, 81-95.
- [79] Laurs A., Priekulis J., 2011. Variability of milking frequency and intervals between milkings in milking robots. *Agron. Res. Biosystem Engin. Spec. Issue* 1, 135-141.
- [80] Lely Holding, 2012. Farm Management Milk production on robot farms. Dostęp:10.04.201
- [81] Leroy J.L.M.R., Vanholder T., Van Knegsel A.T.M., Garcia-Ispierto I., Bols P.E.J., 2008. Nutrient prioritization in dairy cows early postpartum: mismatch between metabolism and fertility?
- [82] Liboreiro D.N., Machado K.S., Endres M.I., Chebel R.C., 2015a. Investigating the use of rumination sensors during the peripartum period in dairy cows. *Prec. Livest. Farm. Appl.* (ed. I. Halachmi), 143-147.



- [83] Liboreiro D.N., Machado K.S., Silva P.R.B., Maturana M.M., Nishimura T.K., Brandão, A.P., Endres M.I., Chebel R.C., 2015. Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *J. Dairy Sci.* 98, 6812–6827.
- [84] Lindgren E., 2009. Validation of Rumination Measurement Equipment and the Role of Rumination in Dairy Cow Time Budgets. Thesis Swed. Univ. Agr. Sci. 3-26.
- [85] Link K., Gołębiewski M., 2018. Precision Dairy Farming – czy zastąpi tradycyjne metody w zarządzaniu stadem? *Prz. Hod.* 5, 26–30.
- [86] Lipiński M., 2015. Historia i przyszłość mechanizacji i automatyzacji doju [History and the future of milking mechanization and automation]. XI Forum Zootechniczno–Weterynaryjne, Systemy udojowe – wady i zalety, Poznań, 15-16, 21–25.
- [87] Lomander H., Svensson C., Hallén-Sandgren C., Gustafsson H., Frössling J., 2013. Associations between decreased fertility and management factors, claw health, and somatic cell count in Swedish dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 6315-6323.
- [88] Lyons N. A., Kerrisk K. L., Garcia S. C., 2014. Milking frequency management in pasture-based automatic milking systems: A re-view. *Livest. Sci.* 159, 102–116.
- [89] Lyons N.A., Kerrisk K.L., Dhand N.K., Garcia S.C., 2013. Factors associated with extended milking intervals in a pasture-based automatic milking system. *Livest. Sci.* 158, 179-188.
- [90] Madsen J., Weisbjerg M., Hvelplund T., 2010. Concentrate composition for automatic milking systems — Effect on milking frequency. *Livest. Sci.* 127, 45–50.
- [91] Mainau E., Temple D., Manteca X., 2014. Dobrostan a zapalenie wymienia u krów mlecznych. Farm Animal Welfare Education Centre, 10, [https://www.fawec.org/media/com\\_lazypdf/pdf/Fact\\_Sheet\\_FAWEC\\_10\\_pl.pdf](https://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/Fact_Sheet_FAWEC_10_pl.pdf).
- [92] Malinowski E., 2004. Zapalenia wymienia a zaburzenia płodności krów. *Med. Wet.* 60, 793-797.
- [93] Malinowski E., Kłossowska A., Smulski S., 2008. Zmiany stężeń biologicznie aktywnych składników mleka krowiego wskutek mastitis. *Med. Wet.* 64, 14-18.
- [94] Maršálek M., Voříšková J., Zedníková J., 2012. Results of Automatic Milking System and Milk Performance on Selected Farms. INTECH Open Access Publisher 14, 315–333.
- [95] McNamara S., Murphy J.J., O'Mara F.P., Rath M., Mee J.F., 2008. Effect of milking frequency in early lactation on energy metabolism, milk production and reproductive performance of dairy cows. *Livest. Sci.* 117, 70–81.
- [96] Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J., 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. *J. Dairy Sci.* 88, 1255–1263, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2).
- [97] Miguel-Pacheco G.G., Kaler J., Remnant J., Cheyne L., Abbott C., French A.P., Pridmore T.P., Huxley J.N., 2014. Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 150, 1–8.
- [98] Mišeikienė R., Tušas S., Matusėvičius P., Kerzienė S., 2019. Quarter milking parameters by lactation in dairy cows. *Mljekarstvo/Dairy* 69.

- [99] Moretti R., Goncavales de Rezende M., Biffini S., Bozzi R., 2018. Heritability and genetic correlations between rumination time and production traits in Holstein dairy cows during different lactation phases. *J. Anim. Breed. Gen.* 135, 4, 293-299.
- [100] Muller C.J.C., Potgieter J.P., Cloete S.W.P., Dzama K., 2014. Non-genetic factors affecting fertility traits in South African Holstein cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 44, 54-63.
- [101] Mulligan F.J., Doherty M.L., 2008. Production diseases of the transition cow. *Vet. J.* 176, 3-9.
- [102] Neamț R., Ilie D., Gavojdian D., Acatincă S., Florin N., Ciszter L., 2016. Influence of Electrical Conductivity, Days in Milk and Parity on Milk Production and Chemical Composition. *Anim. Sci. Biotech.* 49, 128-136.
- [103] Negussie E., Strandén I., Mäntysaari E., 2013. Genetic associations of test-day fat: protein ratio with milk yield, fertility, and udder health traits in Nordic Red cattle. *J. Dairy Sci.* 96, 1237-1250.
- [104] Nezhdanov A., Shbunin S., Mikhalev V., Klimov N., Chernitskiy A., 2014. Endocrine and metabolic mechanisms of embryo and fetal intrauterine growth retardation in dairy cows. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 38, 675-680.
- [105] Nogalski Z., Czapak K., Pogorzelska P., 2011. Effect of automatic and conventional milking on somatic cell count and lactation traits in primiparous cows. *Ann. Anim. Sci.* 11, 433-441.
- [106] Nogalski Z., Piwczyński D., 2012. Association of length of pregnancy with other re-productive traits in dairy cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25, 22-27.
- [107] Norberg E., 2005. Electrical conductivity of milk as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review. *Lives. Prod. Sci.* 96, 129-139.
- [108] Norberg E., Rogers G.W., Ødegård J., Cooper J.B., Madsen P., 2004. Short Communication: Genetic Correlation Between Test-Day Electrical Conductivity of Milk and Mastitis. *J. of Dairy Sci.* 89, 779-781.
- [109] Ontsouka C.E., Bruckmaier R.M., Blum J.W., 2003. Fractionized Milk Composition During Removal of Colostrum and Mature Milk. *J. of Dairy Sci.* 86, 2005-2011.
- [110] Pahl C., Hartung E., Mahlkow-Nerge K., Haeussermann A., 2015. Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *J. Dairy Sci.* 98, 148-154.
- [111] Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rum. Res.* 68, 88-113.
- [112] Pawlik A., Sender G., Oprządek J., 2010. Zapalenie wymienia u krów (cz. 1). *Przeg. Hod.* 10, 17-19.
- [113] PFHBiPM, 2019. Ocena i hodowla bydła mlecznego. Dane za rok 2018, Dostęp: 28.04.2020, [www.pfhb.pl](http://www.pfhb.pl).
- [114] Phyn C.V.C., Kay J.K., Rius A.G., Morgan S.R., Roach C.G., Grala T.M., Roche J.R., 2014. Temporary alterations to postpartum milking frequency affect whole-lactation milk production and the energy status of pasture-grazed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 6850-6868.
- [115] Piwczyński D., Brzozowski M., Sitkowska B., 2020a. The impact of the installation of an automatic milking system on female fertility traits in Holstein-Friesian cows. *Livest. Sci.* 240, 1-6.

- [116] Piwczyński D., Gondek J., Sitkowska B., Kolenda M., 2020. Comparison of results coming from automatic milking system in selected countries in Europe and U.S.J. *Centr. Eur. Agr.* 21, 187-196.
- [117] Piwczyński D., Nogalski Z., Sitkowska B., 2013. Statistical modeling of calving ease and stillbirths in dairy cattle using the classification tree technique. *Livest. Sci.* 154, 19–27, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.013>.
- [118] Pohl A., Heuwieser W., Burfeind O., 2014. Assessment of milk temperature measured by automatic milking systems as an indicator of body temperature and fever in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 4333–4339.
- [119] Pryce J.E., Coffey M.P., Brotherstone S., 2020. The Genetic Relationship between Calving Interval, Body Condition Score and Linear Type and Management Traits in Registered Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83, 2664–2671.
- [120] Pushakumara P.G., Gardner N.H., Reynolds C.K., Beever D.E., Wathes D.C., 2003. Relationship between transition period diet, metabolic parameter and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* 60, 1165-1185.
- [121] Pyörälä S., 2003. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. *Vet. Res.* 34, 565- 578.
- [122] Pytlewski J., Antkowiak I., Kasperski R., Skrzypek R., 2014. Dobowa wydajność mleka i podatność na mastitis krów w ćwiartkowym systemie udojowym. *Nauka Przyr. Technol.* 8.
- [123] Qayyum A, Ali-Khan J, Hussain R, Avais M, Ahmad N, Sarwar-Khan M. 2016. Investigation of milk and blood serum biochemical profile as an indicator of sub-clinical mastitis in Cholistani cattle. *Pak. Vet J.* 36, 275-279.
- [124] Racewicz P., Sobek J., Majewski M., Różańska-Zawieja J., 2018. Przydatność pomiarów termowizyjnych w stadach krów mlecznych. *Rocz. Nauk. PTZ* 5, 1, 55-69.
- [125] Rasz H., 2009. Rynek mleka w latach 2004-2009, *Biuro Analiz Sejmowych*, 16-24.
- [126] Reith S., Hoy A., 2012. Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 6416-6420.
- [127] Roth Z., Dvir A., Kalo D., Lavon Y., Krifucks O., Wolfenson D., Leitner G., 2013. Naturally occurring mastitis disrupts developmental competence of bovine oocytes. *J. Dairy Sci.* 96, 1-7.
- [128] Rzewuska K., Strabel T., 2015. The effect of non-genetic factors on reproduction traits of primiparous Polish Holstein-Friesian cows. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 33, 347-356.
- [129] Sandrucci A., Tamburini A., Bava L., Zucali M., 2007. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: results of a field study. *J. Dairy Sci.* 90, 1159-1167.
- [130] Santos J.E.P., Bisinotto R.S., Ribeiro E.S., Lima F.S., Greco L.F., Staples C.R., Thatcher W. W., 2010a. Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. *Soc. Reprod. Fertil. Suppl.* 67, 387-403.
- [131] SAS Institute Inc 2014. *SAS/STAT® 9.4 User’s Guide Cary*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- [132] Schirmann K., Chapinal N., Weary D., Vickers L., Keyserlingk M., 2013. Short communication: Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 7088-7092.
- [133] Schirmann K., Weary D., Heuwieser W., Chapinal N., Cerri R., Keyserlingk M., 2016. Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between

- healthy and sick dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 99, 9917–9924.
- [134] Sender G., Pawlik A., Oprzadek J., 2010. Zapalenie wymienia u krów. *Przeg. Hod.*, 12, 15-16.
- [135] Service information, 2014. <http://www.lely.com/>.
- [136] Siatka K., Sawa A., Bogucki M., Piwczyński D., Krężel-Czopek S., 2019. The relationships between the somatic cell counts in the milk and the fertility of Polish Holstein-Friesian cows. *Veterinarni Medicina*, 64, 2019(10), 433-439.
- [137] Siatka K., Sawa A., Czopek S.K., Piwczyński D., Bogucki M., 2017. Effect of Some Factors on Number of Services per Conception in Dairy Cows. *J. Vet. Sci. Technol.* 8, 465.
- [138] Siatka K., Sawa A., Piwczyński D., Bogucki M., Krężel-Czopek S., 2018. Factors affecting first insemination success in Polish Holstein-Friesian cows. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 36, 275-285.
- [139] Siewert J.M., Salfer J.A., Endres M.I., 2019. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. *J. Dairy Sci.* 102, 3523-3530.
- [140] Sitkowska B., Piwczyński D., Aerts J., Kolenda M., Özkaya S., 2017. Detection of high levels of somatic cells in milk on farms equipped with an automatic milking system by decision trees technique. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 41, 532-540.
- [141] Sitkowska B., Piwczyński D., Aerts J., Waśkowicz M., 2015. Changes in milking parameters with robotic milking. *Arch. Anim. Breed.* 58, 137-143.
- [142] Sitkowska B., Piwczyński D., Brzozowski M., Aerts J., 2016. Dój ćwiartkowy w grupie krów pierwiastek i wieloródek. *Rocz. Nauk. PTZ* 12, 4, 35-48.
- [143] Smith R.F., Oultram J., Dobson H., 2014. Herd monitoring to optimise fertility in the dairy cow: making the most of herd records, metabolic profiling and ultrasonography. *Animal* 8, 185-198.
- [144] Soberon F., Ryan C.M., Nydam D.V., Galton D.M., Overton T.R., 2011. The effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and milk composition on commercial dairy farms. *J. Dairy Sci.* 94, 4398–4405.
- [145] Sorensen A., Muir D.D., Knight C.H., 2008. Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *J. Dairy Res.* 75, 90-97.
- [146] Soriani N., Panella G., Calamari L., 2013. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *J. Dairy Sci.* 96, 5082–5094.
- [147] Soriani N., Trevisi E., Calamari L., 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J. Anim. Sci.* 90, 4544-4554.
- [148] Speroni M., Pirlo G., Lolli S., 2006. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *J. Dairy Sci.* 89, 4687–4693.
- [149] Spolders M., Meyer U., Flachowsky G., Coenen M., 2004. Differences between primiparous and multiparous cows in voluntary milking frequency in an automatic milking system. *Ital. J. Anim. Sci.* 3, 167-175.
- [150] Stangaferro M.L.; Wijma R.; Caixeta L.S.; Al-Abri M.A.; Giordano J.O., 2016. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part III. Metritis. *J. Dairy Sci.* 99, 7422–7433.

- [151] Steeneveld W., Vernooij J., Hogeveen H., 2015. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. *J. Dairy Sci.* 98, 3896–3905.
- [152] Steensels M., Antler A., Bahr C., Berckmans D., Maltz E., Halachmi I., 2016. A decision-tree model to detect post-calving diseases based on rumination, activity, milk yield, BW and voluntary visits to the milking robot. *Animal* 10, 1493–1500.
- [153] Stevenson J.S., 2001. Reproductive Management of Dairy Cows in High Milk-Producing Herds. *J. Dairy Sci.* 84, 128-143.
- [154] Stone A.E., Jones B.W., Becker C.A., Bewley J.M., 2017. Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *J. Dairy Sci.* 100, 2395-2403.
- [155] Strucken E.M., Bortfeld R.H., Tetens G., Thaller G., Brockmann G.A., 2012. Genetic effects and correlations between production and fertility traits and their dependency on the lactation-stage in Holstein Friesians. *BMC Genetics* 13, 108.
- [156] Svennersten-Sjaunja K.M., Petterson G., 2008. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Dairy Sci.* 86, 37-46.
- [157] Świątek A., Okólski A., 2012. Straty ciężowe w okresie zarodkowym u bydła. *Życie Wet.* 87, 197-200.
- [158] Szymik B., Topolski P., Jagusiak W., 2018. Cechy zdolności udojowej – cechy funkcjonalne istotne w nowoczesnych systemach doju. *Wiad. Zootech.* 3, 30–35.
- [159] Taing W., 2016. The economic viability of automatic milking systems in Australia's pasture-based dairy farm systems: a case study analysis. Melbourne School of Land and Environment. The University of Melbourne, 1–187.
- [160] Tančin V., Ipema A.H., Hogewerf P., 2007. Interaction of Somatic Cell Count and Quarter Milk Flow Patterns. *J. of Dairy Sci.* 90, 2223-2228.
- [161] Thatcher W. W., Santos J. E. P., Silvestre F. T., Kim I. H., Staples C. R., 2010. Perspective on physiological/endocrine and nutritional factors influencing fertility in post-partum dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.* 45, 2-14.
- [162] Tremblay M., Hess J.P., Christenson B.M., McIntyre K.K., Smink B., van der Kamp A.J., de Jong L., Döpfer D., 2016. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 99, 3824-3837.
- [163] Tse C., Barkema H., DeVries T., Rushen J., Pajor E., 2017. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *J. Dairy Sci.* 100, 2404–2414.
- [164] Tse C., Barkema H.W., DeVries T.J., Rushen J., Pajor E.A., 2018. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal* 12, 2649- 2656.
- [165] Unal H., Kuraloglu H., Koyuncu M., Alibas K., 2017. Effect of cow traffic type on automatic milking system performance in dairy farms. *J. Anim. Plant Sci.* 27, 1454-1463.
- [166] Vacek M., Stádník L., Štípková M., 2007. Relationships between the incidence of health disorders and the reproduction traits of Holstein cows in the Czech Republic. *Czech. J. Anim. Sci.* 52, 227-235.
- [167] Vanbaale M.J., Burgos R., Ledwith D.R., Thompson J.M., Collier R.J., Baumgard L.H., 2005. Effect of increased milking frequency during early

- lactation on health and performance of lactating dairy cattle. Arizona Dairy Prod. Conf. 11, 49.
- [168] Vytautas Š., Irena K., Algimantas M., 2006. A comparison of indirect methods for diagnosis of subclinical mastitis in lactating dairy cows. Veterinarski Arhiv 76, 101-109.
- [169] Wall E.H., Mc Fadden T.B., 2007. Optimal timing and duration of unilateral frequent milking during early lactation of dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 5042–5048.
- [170] Wethal B., Heringstad B., 2019. Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking system. Dairy Sci. 9.
- [171] Winnicki S., Mielcarek P., Jugowar J., 2018. Robotyzacja doju krów w praktyce. Wiad. Zootech. 4, 3-14.
- [172] Wright J.B., Wall E.H., McFadden T.B., 2013. Effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and udder health of primiparous Holstein heifers. J. Anim. Sci. 91, 195-202.
- [173] Yanthi N.D., Said S., Anggraeni A., Damayanti R., Muladno, 2018. Correlation of Electric Conductivity Values with the Dairy Milk Quality, JITV, 23, 2: 82-88.

## STRESZCZENIE

### **Prognozowanie użytkowości krów na podstawie informacji z okresu okołoporodowego, rejestrowanych przez roboty udojowe**

mgr inż. Piotr Kliś

**Słowa kluczowe:** automatyczny system doju, krowy, drzewa decyzyjne, mleczność, płodność

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania informacji rejestrowanych przez AMS z okresu okołoporodowego krów do prognozowania ich użytkowości obejmująca: 1) rozważania modelowe do analizy wpływu wybranych czynników na użytkowość mleczną i rozplodową krów oraz ich przeżywalność do następnego wycielenia; 2) oszacowanie wartości współczynników korelacji prostej między czasem przeżuwania (w okresie okołoporodowym), przewodnością elektryczną i temperaturą mleka, a ponadto ilością pobranej w AMS paszy treściwej/dobę, liczbą dojów/dobę, czasem doju/wizytę (w pierwszych 28 dniach laktacji) a wydajnością i składem mleka w laktacji oraz takimi wskaźnikami płodności krów jak OSR, OU, II i OMW. Materiały do badań pochodziły z systemu rejestracji danych firmy Lely (program komputerowy T4C – system zarządzania stadem) oraz SYMLEK. Analizą objęto wyniki z 18055 dojów 524 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, które wycieliły się w roku 2016 i/lub 2017 i były użytkowane w 3 stadach wyposażonych w automatyczny system doju (AMS) firmy Lely – roboty udojowe Astronaut A4. Dane liczbowe opracowano statystycznie z wykorzystaniem procedury MIXED, FREQ, CORR oraz Enterprise Miner 15.1 z pakietu SAS.

Wykazano, że istnieją zależności ( $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$ ) między parametrami rejestrowanymi przez AMS w okresie okołoporodowym a wydajnością dobową i laktacyjną krów oraz ich przeżywalnością do kolejnego wycielenia. Czynnikiem najbardziej różnicującym wydajność dobową siary oraz mleka w laktacji okazał się czas przeżuwania (wraz z jego wydłużeniem wzrost odpowiednio o 9,3 kg i 2925 kg), natomiast w przypadku wydajności dobowej mleka - liczba dojów/dobę (wraz z jej zwiększaniem wzrost o 6,8 kg). Udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia zwiększał się wraz ze spadkiem przewodności elektrycznej mleka (o 24,8%) oraz ze wzrostem liczby dojów/dobę (o 15,3%). Stwierdzono, że wydłużenie czasu przeżuwania oraz czasu doju/wizytę, a także zwiększenie ilości pobranej w AMS paszy treściwej wpływały na wzrost wydajności mleka w laktacji, przy czym siła tych zależności rosła w kolejnych tygodniach laktacji ( $r = 0,10^x$  vs  $0,31^{xx}$ ;  $r = 0,12^{xx}$  vs  $0,17^{xx}$ ;  $r = 0,11^{xx}$  vs  $0,20^{xx}$ ). Za przydatną do prognozowania wydajności mlecznej w laktacji uznano też liczbę dojów/dobę ( $r =$  od  $0,25^{xx}$  do  $0,30^{xx}$  w zależności od tygodnia laktacji). Metodą drzew decyzyjnych wykazano, że najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za wydajność laktacyjną krów korzystających z robotów były, w kolejności od najważniejszego, przeżywalność do następnego wycielenia, czas doju/wizytę i liczba dojów/dobę (22-28 dzień laktacji), szybkość spływu mleka (8-14 dzień laktacji), czas doju/wizytę (5-7 dzień laktacji) oraz zawartość białka w siarce. Stwierdzone w badaniach korelacje między wartościami wskaźników rejestrowanych przez AMS a II nie zostały potwierdzone statystycznie, natomiast wykazanymi metodą drzew decyzyjnych zmiennymi odpowiedzialnymi II, w kolejności od najważniejszej, były: ilość paszy treściwej pobranej bezpośrednio po okresie siary, liczba dojów w okresie siary, czas doju/wizytę (8-14 dzień laktacji) i przewodność elektryczna siary. Spośród uwzględnionych w badaniach wskaźników rejestrowanych przez AMS, biorąc pod uwagę wartości współczynników korelacji, jedynie przewodność elektryczną mleka (pierwsze 2



tyg. laktacji) i szybkość jego oddawania (pierwsze 4 tyg. laktacji) można by zaproponować do uwzględniania w działalności zmierzającej do skrócenia OMW ( $r=0,13^{xx}$ ;  $r=0,11^{xx}$ ). Z kolei technika drzew klasyfikacyjnych wykazała wydajność siary, ilość pobranej w AMS paszy treściwej (ostatni tydzień przed wycieleniem i 5-7 dzień laktacji) i czas przeżuwania (8-14 i 22-28 dzień laktacji) jako zmienne odpowiedzialne za długość OMW. Udowodniono, że zastosowanie metody drzew decyzyjnych może ułatwić hodowcom dobór już w okresie poporodowym krów, odpowiednich poziomów czynników związanych z dojeniem w AMS, które zapewnią wysoką wydajność mleka w laktacji lub dobrą płodność krów w stadzie.

## **ABSTRACT**

### **Cow performance prediction based on periparturient data recorded by milking robots**

Master of Engineering Piotr Kliś

**Key words:** Automatic milking system, cows, decision trees, milk yield, fertility

The aim of the study was to determine the possibility of using AMS (automatic milking system) data from the periparturient period of cows to predict their performance. This included: 1) model considerations for analysing the effect of selected factors on milk and reproductive performance of the cows and their survival to next calving; 2) estimating simple correlation coefficients among rumination time (during the periparturient period), electrical conductivity and temperature of milk, and those among intake of AMS concentrate/day, number of milkings/day, milking duration/visit (in the first 28 days of lactation), lactational milk yield and composition, and fertility parameters such as reproductive rest period, productive period, services per conception, and calving interval. The data were collected from Lely's herd management system T4C and SYMLEK National Milk Recording System. The analysis covered data on 18055 milkings of 524 Polish Holstein-Friesian cows of Black-and-White variety, which calved in 2016 and/or 2017 and were used in 3 herds equipped with the automatic milking system by Lely (Astronaut A4). Numerical data were statistically analysed using the procedures MIXED, FREQ, CORR and Enterprise Miner 15.1 from the SAS package.

Correlations ( $P \leq 0.01$ ,  $P \leq 0.05$ ) were found between AMS parameters recorded during the periparturient period, daily milk yield, lactational milk yield and survival of the cows to the next calving. The factor that most differentiated daily colostrum yield as well as lactational milk yield was rumination time (with its extension, the increase was 9.3 kg and 2925 kg, respectively), and in the case of daily milk yield it was the number of milkings/day (with its increase, the increase was 6.8 kg). The proportion of cows surviving to the next lactation increased with decreasing milk conductivity (by 24.8%) and with increasing number of milkings/day (by 15.3%). The lengthening rumination time and milking time/visit, as well as the increasing intake of AMS concentrate contributed to an increase in lactational milk yield, and the magnitude of these relationships increased with each week of lactation ( $r = 0,10^x$  vs  $0,31^{xx}$ ;  $r = 0,12^{xx}$  vs  $0,17^{xx}$ ;  $r = 0,11^{xx}$  vs  $0,20^{xx}$ ). Useful for predicting the milk yield per lactation was also the number of milkings/day ( $r =$  from  $0.25^{xx}$  to  $0.30^{xx}$  depending on the week of lactation). The decision tree method showed that the most important factors responsible for lactation yield of the AMS cows was, in descending order of importance: survival to the next calving, milking time/visit and number of milkings/day (22-28 days of lactation), milking speed (8-14 days of lactation), milking time/visit (5-7 days of lactation), and protein content of colostrum. The correlations observed between AMS-recorded parameters and services per conception were not significant, while the variables shown by the decision tree method to be responsible for services per conception were, in descending order of importance: amount of concentrate ingested directly after the colostrum period, number of milkings in the colostrum period, milking time/visit (8-14 days of lactation) and electrical conductivity of colostrum. Among the tested parameters recorded by the AMS, considering the correlation coefficient values, only electrical conductivity of milk (the first two weeks of lactation) and milking speed (the first four weeks of lactation) could be proposed for inclusion in the measures to shorten the calving interval ( $r = 0.13^{xx}$ ;

$r=0.11^{xx}$ ). In turn, the classification tree technique showed colostrum yield, amount of AMS concentrate intake (last week before calving and 5-7 days of lactation) and rumination time (8-14 and 22-28 days of lactation) to be the variables responsible for calving interval length. We proved that the application of the decision tree method could allow breeders to select, already in the postparturient period, appropriate levels of AMS milking variables, which will ensure high milk yield per lactation or good cow fertility in the herd.