

# Główne problemy robotyzacji doju krów

JAN OLECHNOWICZ, MARIAN LIPIŃSKI\*, JĘDRZEJ M. JAŚKOWSKI

Katedra Weterynarii Rolniczej Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt AR, ul. Wojska Polskiego 52, 61-625 Poznań

\*Instytut Inżynierii Rolniczej Wydziału Rolniczego AR, ul. Wojska Polskiego 50, 60-625 Poznań

Olechnowicz J., Lipiński M., Jaśkowski J. M.

## Main issues in robotic milking of cows

### Summary

The time needed for cow udder preparation before robotic milking depends on the length of the preceding interval in milking and is related to the extent of udder filling. The greater this extent, the more time required for milking preparation. In multibox robots this may be as long as 2 minutes from the time of teat stimulation to the beginning of milking and causes merely a temporarily decline in the concentration of oxytocin in blood and an insignificant increase of residual milk.

Robotic milking results in an increase in the frequency of milked cows, although this is rarely higher than 3 and on average ranges from 2.6 to 2.8; on the other hand, cows visit the robot between 4.9 to 6.9 times per day, and failure to attach the teat cup ranges from several to 15%. In this study the daily yield milk was intermediate (27.1 kg) between the milk production of twice (24.4 kg) and thrice milked cows (30.3 kg). After the introduction of robotic milking (especially in first 3 months) a significant increase of somatic cells (from 246 000/ml to 302 000/ml) and total bacterial amount (from  $7.4 \times 10^3$ /ml to  $14.6 \times 10^3$ /ml) was observed in the milk. During the following months the freezing point of the milk obtained in the process of robotic milking increased by about  $0.007^\circ\text{C}$  compared with milk obtained in the traditional manner. The content of free fatty acids in cow milk from robotic milking was also higher ( $-0.588$  mmol/100 g fat) compared with cows milked twice ( $-0.893$  mmol/100 g fat) and three times ( $-0.722$  mmol/100 g fat).

Significantly lower frequencies of teat skin redness traits appeared in robot-milked cows (3.9 and 6.6%) but they displayed a significantly higher frequency of dry teat skin traits (26.3 and 3.6%) than that occurring in traditionally milked cows, which additionally displayed a higher frequency of extended teat canals in the front teats rather than rear teats. Milk leakage from teats occurred more often in robotic milking (39%) than in cows conventionally milked and housed in a free-stall barn (13.2%) or a tie-stall barn (9.7%). Combining robotic milking together with grazing the cows during the summer period may be a possible method of achieving a high standard of welfare for the animals.

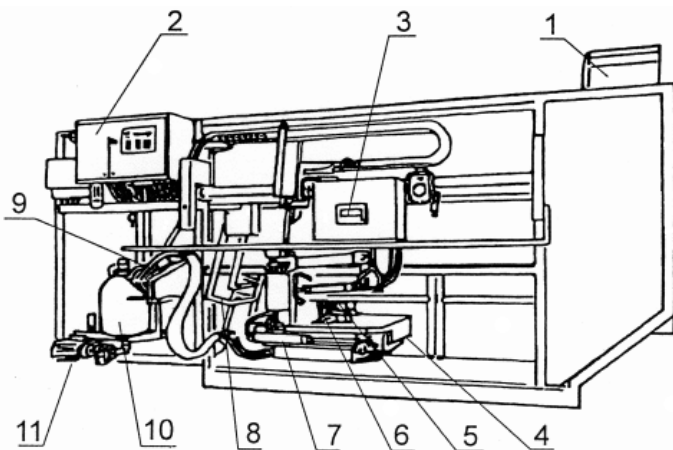
**Keywords:** robot milking, cows, somatic cells

Urządzenia do automatycznego doju, na razie tylko krów, określane są jako roboty udojowe (RU) lub systemy doju dobrowolnego. Nie zawsze jest to jednak dój dobrowolny. W niektórych rozwiązaniach krowy najpierw przechodzą przez robota, a potem znajdują dostęp do paszy. Robot wykonuje następujące czynności: rozpoznaje krowę, masuje strzyki, zakłada, zdejmuje w kolejności wydojenia ćwiartki wymienia oraz myje kubki udojowe i w końcu dokonuje oprysku higienicznego wymion po doju. Jednocześnie dokonywany jest pomiar wielkości udoju oraz jakości mleka. Podczas doju robot wydaje krowie porcję zgranulowanej paszy treściwej w celu zachęcenia jej do ponownego podejścia do robota i oddawania mleka.

RU produkowane są jako jednostanowiskowe i wtedy umieszcza się je bezpośrednio w oborze, między legowiskami dla krów, lub jako kilkustanowiskowe i wówczas lokalizuje się je w osobnym pomieszczeniu, podobnie jak dojarnię. Robot jednostanowisko-

wy obsłużyć może w ciągu doby stado około 60 krów. Największe roboty kilkustanowiskowe pozwalają na obsługę około 160 sztuk, przy założeniu, że krowy doje się około trzech razy dziennie. Maksymalną częstość doju każdej krowie może ograniczyć komputer oborowy. RU jest zintegrowany elektronicznie z komputerowym systemem zarządzania stadem krów. Jest on urządzeniem skomplikowanym, na które składają się liczne elementy mechaniczne i elektroniczne (ryc. 1).

Część mechaniczna urządzenia to: stanowisko udojowe ze stacją paszową i bramkami, urządzenie do fiksacji krowy, manipulator z kubkami udojowymi, urządzenia do mycia i masażu wymion oraz mycia kubków udojowych i instalacji mlecznej. Z robotem technologicznie związany jest schładzalnik wydojonego mleka oraz system przegród i bramek w oborze zapewniający jednokierunkową cyrkulację krów na trasie obora → robot → obora.



**Ryc. 1.** Ogólna budowa jedno stanowiskowego robota dojoju

Objaśnienia: 1 – automatyczna stacja paszowa; 2 – blok sterowania; 3 – wyświetlacz; 4 – manipulator; 5 – głowica lasera; 6 – kubek dojoju; 7 – siłownik manipulatora; 8 – ramię do wzdłużnego ustawiania krowy; 9 – wąż mleczny; 10 – uwalniacz; 11 – pompa mleczna

Część elektroniczną obejmują składowe systemu komputerowego zarządzania stadem: komputer z wyposażeniem, elektroniczne identyfikatory krów, mierniki (ilości wydojonego mleka, aktywności motorycznej krów, elektroprzewodności i temperatury mleka, waga elektroniczna dla krów), sterowniki siłowników bramek do segregacji krów, lokalizator strzyków i blok sterowania manipulatorem.

Mycie strzyków i towarzyszące temu pobudzenie wymienia może być osiągane na drodze mechanicznej lub hydraulicznej. Do tego celu służą wirujące szczotki: dwie mniejszej średnicy lub pojedyncza większa, nasączone płynami myjąco-dezynfekującymi. Wykorzystuje się też strumienie wody, intensywnie obmywające strzyki, a zabieg ich oczyszczania kończy się osuszaniem podgrzany powietrzem.

Występują znaczne różnice w metodach lokalizacji położenia strzyków w przestrzeni, niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania manipulatora, obsługującego kubki dojoju. Naczelną rolę pełni wszędzie komputer, archiwizujący i stale, po każdym doju aktualizujący dane o geometrii strzyków krowy. Ich lokalizacja jest zawsze podwójna: zgrubna i dokładna. Ta ostatnia pozwala ostatecznie namierzyć położenie każdego strzyka. Wykorzystuje się różne urządzenia: pozycjometry mechaniczne, dalmierze laserowe, wideokamery cyfrowe, urządzenia ultradźwiękowe i optyczne (4, 23).

### Fizjologiczne aspekty doju krów robotami dojoju

Systemy doju o wysokim poziomie technicznego wyposażenia mają wpływ na wydzielanie i oddawanie mleka przez krowy. W doju krów robotem Astronaut średni okres pomiędzy dojami wynosił 9,2 godziny (2,6 dojów/dzień), a okres poprzedzający dój był dłuższy

w 17,7 i 4,2% odpowiednio od 12 i 16 godzin, natomiast krótszy w 9,7 i 0,5% od 6 i 4 godzin (12). Okresy pomiędzy dojami wpływały na wskaźnik spływu mleka (szybkość oddawania i prędkość wypływu) oraz poziom produkcji. Długie okresy były związane ze wzrostem wskaźnika spływu mleka, lecz nie wpływały na poziom produkcji mleka, a krótkie wskazywały na jej wzrost. Wydajność mleka wzrastała od 30 do 90 dni po wycieleniu krów, a najkrótsze okresy pomiędzy dojami (8,44 godzin) były w drugim miesiącu (31-60 dni) laktacji. Wydłużały się znacznie u krów w późnej laktacji. Produkcja mleka krów dojonych robotami wynosiła 11,8 kg/dój przy wskaźniku spływu mleka 2,5 kg/min. i średnim czasie doju 5 minut, przy czym dla większości dojów wynosił on 4 minuty, a 8,6 i 2,7% wszystkich dojów miało czasy odpowiednio dłuższe niż 8 i 10 minut. Stwierdzono znaczne różnice w czasie wydajania ćwiartek wymienia (12).

Czas przygotowania wymienia krowy do doju RU zależy od okresu poprzedzającego dój i związany jest ze stopniem wypełnienia wymienia (przewidywana wydajność mleczna podzielona przez maksymalną pojemność wymienia). Większy stopień wypełnienia wymienia krowy wymaga dłuższego czasu przygotowania do doju (8, 12). Krótsze okresy pomiędzy dojami krów powodują wydłużenie czasu od stymulacji strzyka do wydzielania mleka. Podobnie wydłużony czas reakcji obserwowano u krów w późnej laktacji (2). W robotach kilkustanowiskowych (z wydzielonym boksem do przygotowania wymienia) wydłużony do 2 minut czas od stymulacji strzyków do rozpoczęcia doju powoduje jedynie przelotne obniżenie się stężenia oksytocyny we krwi i nieznaczny wzrost ilości mleka resydualnego (2). Również dłuższy czas (> 3 min.) pomiędzy myciem strzyków a rozpoczęciem doju nie wpływał na obniżenie stężenia oksytocyny i oddawanie mleka. Stężenie oksytocyny we krwi wzrastało także przy celowym opóźnieniu rozpoczęcia doju, to jest do momentu założenia pierwszego kubka dojoju, a nieznacznie obniżało się od założenia pierwszego kubka dojoju do mycia ostatniego strzyka (24). Podczas zakładania kubków dojoju, wcześniej założone indukowały uwalnianie oksytocyny nawet bez stymulacji wibracyjnej (25). Zróżnicowany czas mycia strzyków zimną lub ciepłą wodą nie wpływał na stężenie oksytocyny we krwi, wydajność mleka, czas spływu mleka oraz czas doju (7, 12). Częstość dwumodalnych krzywych spływu mleka zmniejszała się wraz ze wzrostem liczby cykli czyszczących strzyki przed rozpoczęciem doju (7). Optymalne oddawanie mleka obserwowano u krów z małym wypełnieniem wymienia po 4 cyklach oczyszczania strzyków (64 s), a bardziej wypełnione wymiona były przygotowane do doju po 2 cyklach (32 s). Duża zmienność częstości dojenia w automatycznych systemach wskazuje, że mechaniczne pobudzenie strzyków powinno być dostosowane do indywidualnych potrzeb krów (7, 12).

### Poziom produkcji i jakość mleka

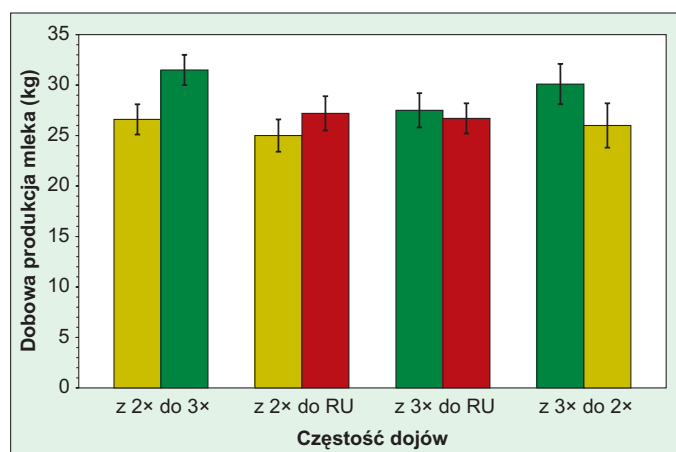
Znaczący wzrost produkcji mleka obserwowano u krów po zmianie częstości dojów z 2-krotnego na 3-krotny (z 26,2 do 31,5 kg mleka dziennie) oraz po przejściu z doju 2-krotnego w hali udojowej na dój robotami (z 25,0 do 27,2 kg dziennie). Przy zastąpieniu doju 3-krotnego dojem zrobotyzowanym stwierdzano podobny poziom produkcji mleka (27,5 i 26,7 kg) (ryc. 2).

Przy zastosowaniu robotów wzrasta dobową częstotliwość dojów krów (19, 21, 28, 31, 34), jednak zwykle nie przekracza 3 (21) i wynosi średnio od 2,6 do 2,8 (2, 12, 19, 20). Według niektórych autorów, wzrastająca liczba dojów związana jest z 5% wzrostem produkcji mleka (34, 35), ale inni autorzy tego wzrostu nie potwierdzają (20, 31). Podczas pierwszego tygodnia doju krów robotem uzyskano dziennie 5 kg mleka mniej w porównaniu z dojem tradycyjnym (hala udojowa), lecz w drugim i trzecim tygodniu doju nie było różnic w poziomie produkcji mleka pomiędzy krowami obu grup (33). Według niektórych autorów średnia dobową produkcja mleka krów dojonych robotem była pośrednia (27,1 kg) pomiędzy produkcją mleka krów dojonych 2-krotnie (24,4 kg) i 3-krotnie (30,3 kg) (20), natomiast inni stwierdzili podobny poziom produkcji mleka u krów dojonych robotem i w systemie tradycyjnym (24,47 i 24,30 kg) (27). U krów dojonych RU wzrasta dobową produkcja mleka, tłuszczu i białka w mleku wraz z większą liczbą dojów (ryc. 3), lecz zmniejsza się zawartość procentowa tłuszczu i białka w mleku (29).

W trzech grupach gospodarstw holenderskich, w których stosowano dój krów robotem oraz 3-krotny i 2-krotny w ciągu doby w hali udojowej, krowy produkowały w laktacji 305-dniowej odpowiednio: 8001 kg (28 ferm), 10 208 kg (28 ferm) 7907 kg (49 ferm), a w każdej fermie utrzymywano od 50 do 80 krów (19).

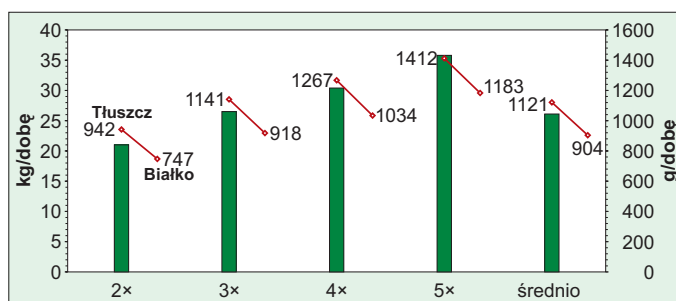
Zwiększona częstość dojenia krów w systemach automatycznych nie stanowi dodatkowego obniżenia ujemnego bilansu energetycznego (NEB) podczas pierwszych miesięcy laktacji (21). Dój RU nie wpływał ujemnie na płodność krów mierzoną wskaźnikiem niepowtarzalności (NR 56). Jednak dojenie RU wydłużało przestój poporodowy o 9 i 14 dni w porównaniu z krowami dojonymi dwu- i trzykrotnie w ciągu doby (20).

Wzrost częstości dojenia krów (z 2 × do 3 ×) w systemach tradycyjnych nie wpływał znacząco na wzrost liczby komórek somatycznych w mleku, jednak po wprowadzeniu RU obserwowano istotny wzrost liczby komórek somatycznych (ryc. 4). Liczba ta wzrasta, zwłaszcza w pierwszych trzech miesiącach doju (z 246 000/ml do 302 000/ml) w porównaniu z wynikiem roku poprzedniego, kiedy krowy dojono systemem tradycyjnym. Odsetek prób mleka z liczbą komórek somatycznych > 400 000/ml wynosił 8,7% w ro-

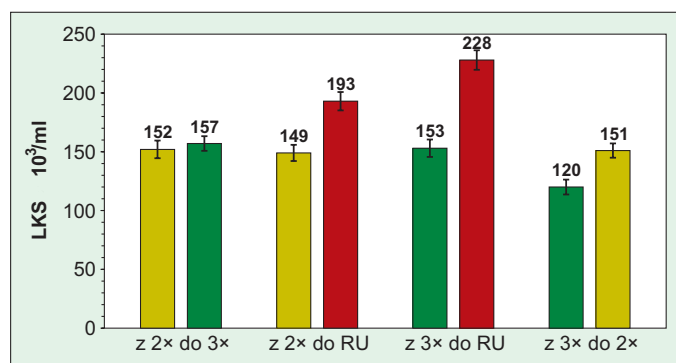


Ryc. 2. Dobowa produkcja mleka (kg) u krów przy zmianach częstości dojów (Kruip i wsp. 2002)

Objaśnienie: RU – robot udojowy



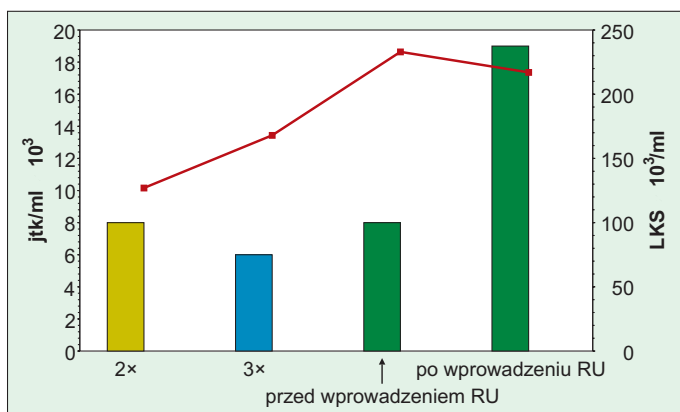
Ryc. 3. Dobowa produkcja mleka (kg) oraz tłuszczu i białka (g) u krów przy różnej częstości doju robotami (Peeters i Galesloot 2002)



Ryc. 4. Liczba komórek somatycznych (LKS × 10<sup>3</sup>/ml) w mleku krów przy zmianach częstości dojów (Kruip i wsp. 2002)

Objaśnienie: jak na ryc. 2.

ku poprzednim, a po wprowadzeniu doju automatycznego podczas pierwszych 3 miesięcy doju wzrósł do 25,4%, lecz po wprowadzeniu programu monitorującego jakość mleka (DHI), to jest segregowania zwierząt oraz kontroli i badania przyczyn obniżonej jakości mleka, zmniejszył się do 11%, a w kolejnych 9 miesiącach doju – do 8,8%. DHI redukuje liczbę komórek somatycznych w mleku do 261 000/ml, a w kolejnych 9 miesiącach doju liczba komórek była na poziomie roku poprzedniego (256 000/ml), wykluczając podkliniczne stany zapalne gruczołów mlekowych (30).



Ryc. 5. Ogólna liczba bakterii (jtk/ml  $\times 10^3$ ) i komórek somatycznych (LKS  $\times 10^3$ /ml) w mleku krów dojonych 2- i 3-krotnie dziennie oraz przed i po wprowadzeniu doju robotem (Klungel i wsp. 2000)

Po robotyzacji doju punkt zamrażania mleka wzrastał o około  $0,007^\circ\text{C}$  zarówno w gospodarstwach, które nie stosowały DHI (od  $-0,525^\circ\text{C}$  do  $-0,518^\circ\text{C}$ ), jak również w tych, które go stosowały (od  $-0,525^\circ\text{C}$  do  $-0,517^\circ\text{C}$ ). Należy zaznaczyć, że wysoki poziom punktu zamrażania mleka notowano w kolejnych miesiącach doju krów RU (30). Podobnie, wyniki autorów holenderskich potwierdzają wysoki punkt zamrażania mleka zbiorczego ( $-0,516^\circ\text{C}$ ) przy doju RU w porównaniu z tą cechą mleka pozyskiwanego systemem tradycyjnym (19, 36). Przyczyny wzrostu punktu zamrażania mleka to duża częstość mycia aparatury dojowej i eksploatacja systemu bez należytego wysuszenia (36).

Ogólna liczba bakterii w mleku (jtk  $\times 10^3$ /ml) znacznie wzrasta po wprowadzeniu RU (ryc. 5). Wzrost ten jest większy w pierwszych trzech miesiącach doju (od  $7,4 \times 10^3$ /ml do  $14,6 \times 10^3$ /ml). Przyczyną może być zwiększona częstość dojów krów w tym okresie (30). Na wzrost ogólnej liczby bakterii w mleku zbiorczym wpływa wzrost przetrwalników beztlenowych pochodzących częściowo z zakażonego mleka, a częściowo z powierzchni strzyków i z braku czystości urządzeń dojowych oraz nieprawidłowego schładzania mleka. Należy zaznaczyć, że DHI nie zmniejszała ogólnej liczby bakterii w mleku, która wynosiła w kolejnych 9 miesiącach doju dla ferm nie stosujących ( $13,0 \times 10^3$ /ml) i stosujących program ( $13,6 \times 10^3$ /ml). Wzrost ogólnej liczby bakterii w mleku może być wynikiem ciągłej eksploatacji aparatu dojowego, niższą częstością mycia urządzeń udojowych, długim rurociągami pomiędzy robotem a cysterną na mleko zbiorcze oraz rozpoczęciem schładzania mleka po napełnieniu cysterny (36). W gospodarstwach duńskich, w mleku krów dojonych RU ogólna liczba bakterii przekraczała  $30 \times 10^3$ /ml w 3% próbek mleka w klasie specjalnej i  $100 \times 10^3$ /ml w 1% próbek mleka w klasie pierwszej (30).

Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w mleku krów dojonych RU była wyższa ( $-0,588$  mmol/100 g tłuszczu) w porównaniu do mleka krów dojonych 2-krotnie ( $-0,893$  mmol/100 g tłuszczu) i 3-krot-

nie ( $-0,722$  mmol/100 g tłuszczu) w ciągu doby (19). Krótkie okresy pomiędzy dojami u krów dojonych robotami sprzyjają procesom lipolizy mleka, stąd podwyższona zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w mleku (19, 36).

### Stan zdrowotny gruczołów mlekowych

Wykrywanie podklinicznych stanów zapalnych gruczołów mlekowych u krów podczas doju RU jest automatyczne (5). We wczesnym stadium zakażenia nowe infekcje wykrywane są przez pomiar elektroprzewodności mleka (22, 31, 32, 36). Pomiar ten przeprowadzany jest przy każdym doju, a zmiany w mleku generują sygnał alarmowy, przesyłając hodowcy informację telefonicznie. Aktualnie wdrażany jest test kolorymetryczny (zażółcenie mleka) dostarczający informacji o zdrowiu gruczołów mlekowych krów (22). Zwiększona częstość dojów i zróżnicowane okresy pomiędzy dojami u krów dojonych RU wpływają na wybór zmiennych uwzględnianych w modelu dla wykrywania *mastitis*. Dla zachowania elastyczności modelu uwzględnia się wydajność i elektroprzewodność mleka (5).

Wyniki prac autorów holenderskich (12, 19) i duńskich (31, 32) wskazują, że po wprowadzeniu doju krów RU wzrasta liczba komórek somatycznych w mleku zbiorczym. Główną przyczyną wzrostu liczby komórek somatycznych jest większy stopień zakażenia mleka w porównaniu do mleka pochodzącego z doju tradycyjnego (31). Według autorów kanadyjskich (15), przyczyna nieznacznego wzrostu liczby komórek somatycznych w mleku krów dojonych robotami nie jest do końca wyjaśniona. U krów utrzymywanych w jednej oborze i dojonych w tym samym czasie RU i w systemie tradycyjnym stwierdzono mniejszą liczbę komórek somatycznych w mleku ćwiartkowym u dojonych RU (1). Natomiast pomiędzy stadami większa liczba komórek somatycznych w mleku była u krów dojonych RU w porównaniu do dojonych w systemie tradycyjnym (9, 31). Analizy bakteriologiczne wykazały większy odsetek zakażonych próbek mleka pochodzących od krów dojonych systemem tradycyjnym w porównaniu z próbkami mleka pobranymi od krów dojonych robotami, odpowiednio: 34,6 i 29,8% (1), a najczęściej izolowanymi drobnoustrojami z próbek mleka były gronkowce koagulazo-ujemne (CNS).

System mleczny RU jest przepłukiwany po doju kolejnej krowy, jednak w niektórych typach urządzeń zlikwidowano elementy czyszczące kubki udojowe (15). Ich likwidacja może być czynnikiem ryzyka w zakażeniu ćwiartek wymienia pomiędzy krowami. Analiza zawartości bakterii w mleku zbiorczym w okresie 33 tygodni po wprowadzeniu doju automatycznego krów wskazuje, że 13% miesięcznych testów bakteriologicznych wykazywało ponad 100 000 jtk/ml (16), przy średniej zawartości drobnoustrojów w mleku 41 000 jtk/ml. W mleku krów dojonych w systemie tradycyjnym stwierdzono w tym okresie 19 000 jtk/ml

mleka (15). W pierwszych dwóch miesiącach po wprowadzeniu doju krów robotami znacznie zwiększał się odsetek krów (w 66 z 69 farm) z wysokim poziomem ( $> 200\ 000/\text{ml}$ ) komórek somatycznych w mleku (z 9,7% do 15,4%), a jednocześnie wzrastał wskaźnik nowych infekcji (31, 32). Należy zaznaczyć, że wzrost liczby komórek somatycznych w mleku zbiorczym jest skutkiem nowych, jak i chronicznych infekcji (przed wprowadzeniem doju robotami) gruczołów mlekowych (32).

Wyciek mleka i ociekające mlekiem strzyki krów pomiędzy dojami są oznaką osłabienia funkcji zwieracza strzyków i stanowią ryzyko zakażenia gruczołów mlekowych (18, 39). Obserwacje wskazują, że zdarza się on częściej przy doju krów robotami (39%) niż u krów dojonych w systemie tradycyjnym w oborze wolnostanowiskowej (13,2%) czy uwięziowej (9,7%). W doju krów RU zmienne okresy pomiędzy dojami (zwłaszcza okresy  $\leq 4$  godzin) oraz wyższe tempo oddawania mleka (kg/min.) z ćwiartek wymienia związane były z wyciekami mleka (39). Krótkie strzyki z wyciętym kanałem strzykowym, zwłaszcza we wczesnym stadium laktacji krów, stanowią wzrastające ryzyko wycieku mleka i zapalenia gruczołów mlekowych przez *Escherichia coli*. Należy zaznaczyć, że ryzyko wycieku mleka wzrastało u krów wysoko wydajnych i łatwo dojących się (18), ale wyciek mleka nie miał związku z poziomem produkcji mleka, kolejnym porodem, stadium laktacji czy objawami rui (39). W przypadkach nieudanego podłączenia kubków dojowych, u krów wychodzących z RU w 60% przypadków stwierdzano wyciek mleka ze strzyków (37).

Zwiększona częstość doju krów RU ma korzystny i jednocześnie niekorzystny wpływ na zdrowotność pojedynczej ćwiartki wymienia i strzyka (32). Częstsze dojenie skraca okres namnażania się bakterii w gruczole mlekowym. Krótkie okresy pomiędzy dojami są jednak niewystarczające dla zregenerowania tkanki strzyka po doju (6, 32), a czas powrotu do kondycji przed dojem był dłuższy niż zakładano (6). Reakcja końca strzyków na sposób dojenia krów była znacząco zróżnicowana. U krów dojonych RU stwierdzano mniejszy odsetek zaczerwienienia skóry strzyków (3,9% i 6,6%), lecz znacznie większy (26,3% i 3,6%) suchej skóry strzyka, jak u krów dojonych w systemie tradycyjnym (1). Interesująca jest istotna interakcja sposobu doju krów i ćwiartki wymienia w odsetku wyciętych kanałów strzykowych. Większą częstość wyciętych kanałów strzykowych stwierdzano u krów dojonych w systemie tradycyjnym w przednich ćwiartkach wymienia w porównaniu z tylnymi, natomiast u krów dojonych RU takich różnic pomiędzy analogicznymi ćwiartkami nie znaleziono (1). Inni autorzy wskazują jednak na brak znaczących różnic w kondycji strzyków podczas doju krów robotami mlecznymi i w systemie tradycyjnym, jednak zaznaczają, że pierwiastki były bardziej podatne na urazy

końca strzyków niż wieloródki (6). U krów dojonych RU wczesne wykrywanie *mastitis* i unikanie pustodoju przednich ćwiartek wymienia wpływa korzystnie na kondycję strzyków i zdrowie gruczołów mlekowych. Należy zaznaczyć, że ustalenie wpływu doju RU na stan zdrowotny wymienia krów nie jest w pełni możliwe, ponieważ wiele nieznanych dotąd czynników wpływa na liczbę drobnoustrojów w gruczołach mlekowych (31). Automatyczne technologie oprysku dezynfekcyjnego strzyków po eksperymentalnym zakażeniu gruczołów mlekowych krów redukowały nowe infekcje *Staphylococcus aureus* w 88,2%, *Streptococcus agalactiae* w 94,4% i *Streptococcus uberis* w 93,8%, a ze skóry strzyków nie izolowano innych drobnoustrojów (9).

### Zachowanie się krów dojonych robotami

Motywacja krów do doju zautomatyzowanego jest stosunkowo niska (11). Przyuczenie ich do korzystania z RU trwa kilka dni i jest łatwiejsze, jeżeli poprzednio były dojone w hali dojowej. W każdym stadzie jest od 5% do 15% krów, które przystosowują się do RU przez 3-4 tygodnie, a około 15% nie akceptuje doju robotem (22).

W doju krów RU należy brać pod uwagę biologiczną zmienność wymiarów wymienia i strzyków. Odległości między strzykami prawej i lewej połowy wymienia nie powinny być mniejsze niż 3 cm, a między strzykami przednimi i tylnymi – 7 cm. Optymalne wymiary strzyków to: średnica od 1,5 do 3,5 cm, a minimalna długość to 3 cm. Strzyki nie powinny być odchylone od pionu o kąt większy niż  $30^\circ$ . Najniżej położone strzyki powinny znajdować się 33 cm powyżej posadzki, a piętrowość końców strzyków nie może przekraczać 6 cm (22, 26). Największą przeszkodą w zakładaniu kubków dojowych RU jest odległość pomiędzy tylnymi strzykami u pierwiastek a przednimi – u wieloródek (26).

Niepowodzenia w zakładaniu kubków dojowych podczas doju krów RU występują od kilku do 15% (37). Szereg eksperymentów wskazuje, że krowy wizytują robot od 4,9 do 6,9 razy dziennie, jednak średnia dzienna częstość doju jest mniejsza od 3 (2, 16, 17). Krowy nie wydojone wykazują oznaki dyskomfortu widoczne w dłuższym czasie stania, częstszym oddawaniu moczu, przewodzeniu grupie w odwiedzeniu hali udojowej. Po nieudanym doju u znacznego odsetka krów obserwowano wyciek mleka ze strzyków, a w ciągu 1 godziny krowy wykazywały większą skłonność do picia, lecz nie pobierały więcej paszy i nie były agresywne podczas kolejnego doju (37). U krów dojonych RU obserwuje się wyraźnie osłabione konkurowanie o miejsce w hierarchii stada (22) i jednocześnie niższe stężenie adrenaliny i noradrenaliny we krwi podczas doju w porównaniu z tradycyjnymi systemami doju (13).

W modelach symulacyjnych projektujących obory z RU uwzględnia się głównie dobrostan krów i opty-

malne rozwiązania funkcji żywieniowych dostosowanych do wielkości stada i praktycznego systemu zarządzania (3, 10). Wymagany dobrostan zwierząt zapewnia stado nie przekraczające 60 krów, które zajmują korytarz paszowy w ponad 70%. Bezczynny czas gotowego do doju robota wynosi wówczas średnio 25% doby, a 3 krowy czekają do doju, każda około 3 minut. Obserwacje wskazują, że pod względem ekonomicznym robot powinien być wykorzystany przez 22 godziny na dobę (3, 14). Lokalizacja robota w oborze wpływa na motywację doju i częstość odwiedzin (11). Zachowania krów przy pobieraniu paszy są podobne przy doju robotem i w systemie tradycyjnym. Aktywność krów do doju i pobierania paszy w zrobotyzowanym systemie doju wzrastała od godziny 7. Wysoki odsetek krów obserwowano w robocie od godziny 8 do 13 i ponownie od 15 do 19, a najmniejszy od północy do godziny 6 rano (38).

Dla osiągnięcia wysokiego poziomu dobrostanu krów istnieje możliwość połączenia doju robotami z pastwiskowaniem ich w okresie letnim. Robot dostępny był w oborze, a pastwisko o powierzchni 1,5 ha przylegało do obory. Krowy preferowały leżenie na pastwisku niż na stanowiskach w oborze. Przy całodobowym pastwiskowaniu krów średnia częstość dojów wynosiła 2,3 dziennie, a przy 12-godzinnym okresie pastwiskowania i w grupie krów nie korzystających z pastwiska – od 2,5 do 2,8 (17). Większy porost trawy na pastwisku był przyczyną zwiększonej częstości dojów krów od 2,6 do 3,0 (16).

## Piśmiennictwo

- Berglund I., Pettersson G., Svennersten-Sjaunja K.: Automatic milking: effect on somatic cell count and teat end-quality. *Livest. Prod. Sci.* 2002, 78, 115-124.
- Bruckmaier R. M., Macuhova J., Meyer H. H. D.: Specific aspects of milk ejection in robotic milking: review. *Livest. Prod. Sci.* 2001, 72, 169-176.
- Cooper K., Parsons D. J.: An economic analysis of automatic milking using a simulation model. *J. Agric. Engng Res.* 1999, 73, 311-321.
- Czarnociński F., Lipiński M.: Roboty udojowe – najnowsza technologia doju krów. *ATR Express* 2001, 20-21, 27-30.
- De Mol R. M., Ouweltjes W.: Detection model for mastitis in cows milked in an automatic milking system. *Prev. Vet. Med.* 2001, 49, 71-82.
- De Vliegher S., Laevens H., Barkema H. W., Opsomer G., Hemling T., de Kruif A.: Short-term effect of transition from conventional to automated milking on teat skin and teat end condition. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 1646-1652.
- Dzidic A., Macuhova J., Bruckmaier R. M.: Effect of cleaning duration and water temperature on oxytocin release and milk removal in an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 2004, 4163-4169.
- Dzidic A., Weiss D., Bruckmaier R. M.: Oxytocin release, milk ejection and milking characteristics in a single stall automatic milking system. *Liv. Prod. Sci.* 2004, 86, 61-68.
- Galton D. M.: Effect of an automatic postmilking teat dipping system on new intramammary infections and iodine in milk. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 225-231.
- Halachmi I., Dzidic A., Metz J. H. M., Speelman L., Dijkhuizen A. A., Kleijnen J. P. C.: Validation of simulation model for robotic milking barn design. *Europ. J. Operat. Res.* 2001, 134, 677-688.
- Halachmi I., Adan I. J. B. F., van der Wal J., van Beek P., Heesterbeek J. A. P.: Designing the optimal robotic milking barn by applying a queuing network approach. *Agric. System.* 2003, 76, 681-696.
- Hogeveen H., Ouweltjes W.: Sensors and management support in high-technology milking. *J. Anim. Sci.* 2003, 81 (suppl. 3), 1-10.
- Hopster H., Bruckmaier R. M., Van der Werf J. T. N., Korte S. M., Macuhova J., Korte-Bouws G., van Reenen C. G.: Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 3206-3216.
- Hyde J., Engel P.: Investing in robotic milking system: a Monte Carlo simulation analysis. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 2207-2214.
- Kelton D. F., Rodenburg J., Hand K.: Udder health and milk quality on Ontario dairy farms utilizing voluntary milking systems. *Proc. 2<sup>nd</sup> Inter. Symp. on Mastitis and Milk Quality* 2001, s. 410-414.
- Ketelaar-de Lauwere C. C., Ipema A. H., Lokhorst C., Metz J. H. M., Noordhuizen J. P. T. M., Schouten W. G. P., Smits A. C.: Effect of sward height and distance between pasture and barn on cows' visits to an automatic milking system and other behaviour. *Liv. Prod. Sci.* 2000, 65, 131-142.
- Ketelaar-de Lauwere C. C., Ipema A. H., Ouwwerker E. N. J., Hendriks M. M. W. B., Metz J. H. M., Noordhuizen J. P. T. M., Schouten W. G. P.: Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows. Milking frequency and effect on behaviour. *App. Anim. Behav. Sci.* 1999, 64, 91-109.
- Klaas I. C., Enevoldsen C., Ersbjll A. K., Tölle U.: Cow-related risk factors for milk leakage. *J. Dairy Sci.* 2005, 88, 128-136.
- Klungel G. H., Slaghuys B. A., Hogeveen H.: The effect of the introduction of automatic milking system on milk quality. *J. Dairy Sci.* 2000, 83, 1998-2003.
- Kruij T. A. M., Morice H., Robert M., Ouweltjes W.: Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 2576-2581.
- Kruij T. A. M., Stefanowska J., Ouweltjes W.: Robot milking and effect on reproduction in dairy cows: a preliminary study. *Anim. Reprod. Sci.* 2000, 60-61, 443-447.
- Lipiński M.: Aktualne poglądy o robotach udojowych. *PTPN, Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leś.* 2004, 97, 354-357.
- Lipiński M.: Robotyzacja pozyskiwania mleka. *Prz. Hod.* 1997, 5, 24-25.
- Mačuhová J., Tančin V., Bruckmaier R. M.: Oxytocin release and milk removal after delayed or long-lasting teat cup attachment during automatic milking. *Livest. Prod. Sci.* 2004, 87, 237-244.
- Mačuhová J., Tančin V., Bruckmaier R. M.: Oxytocin release, milk ejection and milk removal in a multi-box automatic milking system. *Liv. Prod. Sci.* 2003, 81, 139-147.
- Miller R. H., Fulton L. A., Erez B., Williams W. F., Pearson R. E.: Variation in distances among teats of Holstein cows: implications for automated milking. *J. Dairy Sci.* 1995, 78, 1456-1462.
- Mulder H. A., Groen A. F., De Jong D., Bijma P.: Genotype x environment interaction for yield and somatic cell score with automatic and conventional milking systems. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 1487-1495.
- Ordolf D., Artmann R.: Surface temperatures of udder and teats in conventional automatic milking systems. *Robotic milking: Proc. Inter. Symp.* Eds. H. Hogeveen and A. Meijering. The Netherlands, Leystad, 17-19 August 2000, s. 300-302.
- Peeters R., Galesloot P. J. B.: Estimating daily fat yield from a single milking on test day for herds with a robotic milking system. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 682-688.
- Rasmussen M. D., Bjerring M., Justesen P., Jepsen L.: Milk quality on Danish farm with automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 2869-2878.
- Rasmussen M. D., Blom J. Y., Nielsen L. A. H., Justesen P.: Udder health of cows milked automatically. *Liv. Prod. Sci.* 2001, 72, 147-156.
- Rasmussen M. D., Blom J. Y., Nielsen L. A. H., Justesen P.: The impact of automatic milking on udder health. *Proc. 2<sup>nd</sup> Inter. Symp. on mastitis and milk quality* 2001, s. 397-400.
- Reinemann D. J., Ruegg P. L., Davis M. A.: Assessment of robotic milking in Wisconsin. Paper No. 013008. written for presentation at the 2001 ASAE Ann. Inter. Meet., Sacramento California, August 2001, s. 1-6.
- Reinemann D. J.: Automatic milking systems in the United States. *Milking Systems and Parlors Conf.*, Harrisburg, PA, 30 January 2001, s. 1-3.
- Rotz C. A., Coiner C. U., Soder K. J.: Automatic milking systems, farm size, and milk production. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 4167-4177.
- Schukken Y. H., Hogeveen H., Smink B. J.: Robot milking and milk quality, experiences from the Netherlands. *Nat. Mast. Coun. Reg. Meet. Proc.* 1999, s. 64-69.
- Stefanowska J., Plavsic M., Ipema A. H., Hendriks M. M. W. B.: The effect of omitted milking on the behaviour of cows in the context of cluster attachment failure during automatic milking. *App. Anim. Behav. Sci.* 2000, 67, 277-291.
- Wagner-Storch A. M., Palmer R. W.: Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 1494-1502.
- Waller K. P., Westermarck T., Ekman T., Svennersten-Sjaunja K.: Milk leakage – an increased risk in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 3488-3497.