

Wpłynęło 11.04.2013 r.
Zrecenzowano 23.05.2013 r.
Zaakceptowano 18.09.2013 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Usuwanie i zagospodarowywanie nawozu naturalnego w zrównoważonej produkcji zwierzęcej

Wacław ROMANIUK^{ABD}, Witold J. WARDAL^{BEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu sposobu utrzymania bydła na nakłady i koszty eksploatacyjne usuwania i magazynowania nawozu naturalnego, celami szczegółowymi zaś: wyznaczenie poziomu mechanizacji badanych obiektów w zakresie zabiegu III, określenie jednostkowych kosztów eksploatacyjnych oraz wybór najkorzystniejszego rozwiązania. Zakres pracy obejmował analizę techniczną i ekonomiczną obór wolnostanowiskowych ściółkowych i bezściółkowych w gospodarstwach rodzinnych i farmerskich. Zastosowany model oceny i wyboru rozwiązania najkorzystniejszego w zakresie zabiegu usuwania i magazynowania nawozu naturalnego umożliwił wybór obory boksowej, bezściółkowej, z kanałami gnojowicowymi przykrytymi podłogą szczelinową, gdzie gnojowica była przepompowywana z kanału znajdującego się w budynku do zbiornika zewnętrznego. Parametry techniczne i ekonomiczne były następujące: koszt inwestycyjny maszyn i urządzeń przeznaczonych do realizacji ww. zabiegu wynosił 5815,17 zł·DJP⁻¹, dzienne nakłady robocizny – 0,34 rbmin·DJP⁻¹, jednostkowe koszty eksploatacji – 78,90 zł·DJP⁻¹·rok⁻¹.

Słowa kluczowe: produkcja zwierzęca, krowa, nawóz naturalny, mechanizacja, nakłady, koszty eksploatacyjne, rozwój zrównoważony

Wstęp

Dotychczasowe badania krajowe [FIEDOROWICZ 2007; ROMANIUK, OVERBY 2005a] i zagraniczne [HANSEN 2000; SONCK 1993] wskazują na potrzebę szerszego stosowania wolnostanowiskowego systemu utrzymania bydła mlecznego o obsadzie ponad 30 krów stada podstawowego. Duńskie źródło literaturowe [DAAS Rapport 2001] dostarcza wielu argumentów za wyborem wolnostanowiskowego chowu krów mlecznych: zapewnienie zwierzętom możliwości swobodnego poruszania się, lepsze

wskaźniki rozrodu, względy ergonomii pracy personelu obsługującego, więcej możliwości mechanizacji zabiegów produkcyjnych. Obory wolnostanowiskowe można podzielić następująco: boksowe (ściółkowe i bezściółkowe), na głębokiej ściółce i samospławialne. Producentów bydła mlecznego, którzy stoją przed wyborem systemu chowu, szczególnie interesują następujące zagadnienia: wydajność produkcji, praco-chłonność, zapotrzebowanie na ściółkę, koszty produkcji, np. mleka. Zasada zrównoważonego rozwoju dyktuje potrzebę zbilansowania nakładów robocizny i kosztów eksploatacyjnych, a także ograniczenia możliwości wystąpienia zanieczyszczeń środowiska ze źródeł rolniczych [PIETRZAK 2001; ROMANIUK, OVERBY 2005b]. W tę strategię wpisuje się gospodarka nawozami naturalnymi, a szczególnie prawidłowe rozwiązanie zabiegu usuwania i magazynowania obornika, gnojówki i gnojowicy. W literaturze nie znaleziono wyników badań porównawczych rozwiązań usuwania i magazynowania nawozów naturalnych, łączących ze sobą elementy zrównoważonego rozwoju intensyfikacji produkcji zwierzęcej z poniesionymi nakładami robocizny oraz jednostkowymi kosztami eksploatacyjnymi.

Celem publikacji jest przedstawienie najkorzystniejszych rozwiązań z punktu widzenia standaryzacji usuwania i magazynowania nawozu naturalnego.

Przedmiot i metody badań

Przedmiotem badań były obory wolnostanowiskowe o zróżnicowanym sposobie utrzymania bydła (tab. 1). Do szczegółowych rozważań w niniejszej pracy posłużyły obiekty nr 1 i 9, jako najbardziej zróżnicowane.

Z uwagi na to, że przyjęty system utrzymania bydła mlecznego determinuje sposób postępowania z nawozami naturalnymi, na rysunku 1. przedstawiono schematycznie tę zależność.

Oceny i wyboru rozwiązania najkorzystniejszego w odniesieniu do usuwania i magazynowania nawozu naturalnego (zabieg III) oraz w aspekcie zrównoważonego rozwoju produkcji zwierzęcej można dokonać, korzystając z funkcji celu, jaką jest minimalizacja jednostkowych kosztów eksploatacyjnych, które można obliczyć z następujących wzorów [ROMANIUK 1996]:

$$k_{3e} = \frac{K_3 \text{utr}z + K_3 \text{uż}}{N_{DJP}} \rightarrow \min \quad [\text{zł} \cdot \text{DJP}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (1)$$

lub

$$k_{3e} = \frac{K_3 \text{utr}z + K_3 \text{uż}}{\sum m_{\text{naw.natur.}}} \rightarrow \min \quad [\text{zł} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (2)$$

gdzie:

- k_{3e} – jednostkowe koszty eksploatacyjne w zabiegu III [zł·DJP⁻¹·rok⁻¹];
- $K_3 \text{utr}z$ – koszty utrzymania w zabiegu III [zł·rok⁻¹];
- $K_3 \text{uż}$ – koszty użytkowania w zabiegu III [zł·rok⁻¹];
- N_{DJP} – liczba dużych jednostek przeliczeniowych zwierząt (500 kg = 1 DJP);
- $\sum m_{\text{naw.natur.}}$ – masa usuniętego nawozu naturalnego [kg];

Tabela 1. Ogólna charakterystyka badanych obór
Table 1. General characteristics of cowsheds under study

Nr No.	System chowu zwierząt Cattle housing system
1	obora wolnostanowiskowa z głęboką ściółką z wydzielonym korytarzem gnojowo-spacerowym, z podłogą szczelinową free-stall cowshed with deep litter and separate dung-walking passage with slatted-floor
2	obora wolnostanowiskowa z głęboką ściółką z wydzielonym korytarzem gnojowo-spacerowym, z podłogą szczelinową free-stall cowshed with deep litter and separate dung-walking passage with slatted-floor
3	obora wolnostanowiskowa na ściółce z podłożem samosplawialnym (samoczyszczącym) oraz podłogą pełną na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall cowshed with self-cleaning bedding and dung-walking passage with full floor
4	obora wolnostanowiskowa boksowa z trocinami oraz podłogą szczelinową na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall box cowshed with sawdust and slatted-floor in the dung-walking passage
5	obora wolnostanowiskowa boksowa ściółkowa z podłogą pełną na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall box cowshed with litter and full floor in the dung-walking passage
6	obora wolnostanowiskowa boksowa ściółkowa z podłogą pełną na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall box cowshed with litter and full floor in the dung-walking passage
7	obora wolnostanowiskowa boksowa ściółkowa z podłogą pełną na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall box cowshed with litter and full floor in the dung-walking passage
8	obora wolnostanowiskowa boksowa bezściółkowa z podłogą pełną na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall litter-less box cowshed with full floor in the dung-walking passage
9	obora wolnostanowiskowa boksowa bezściółkowa z podłogą szczelinową na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall litter-less box cowshed with slatted-floor in the dung-walking passage
10	obora wolnostanowiskowa boksowa bezściółkowa z podłogą szczelinową na korytarzu gnojowo-spacerowym free-stall no-litter box cowshed with slatted-floor in the dung-walking passage

Źródło: WARDAL [2012]. Source: WARDAL [2012].

w warunkach następujących ograniczeń:

I. Jednostkowe roczne koszty inwestycyjne [zł·DJP⁻¹·rok⁻¹]:

$$k_{invest.} \leq k_{gr.invest.}$$

gdzie:

$k_{invest.}$ – jednostkowe koszty inwestycyjne [zł·DJP⁻¹·rok⁻¹];

$k_{gr.invest.}$ – graniczne jednostkowe koszty inwestycyjne [zł·DJP⁻¹·rok⁻¹].

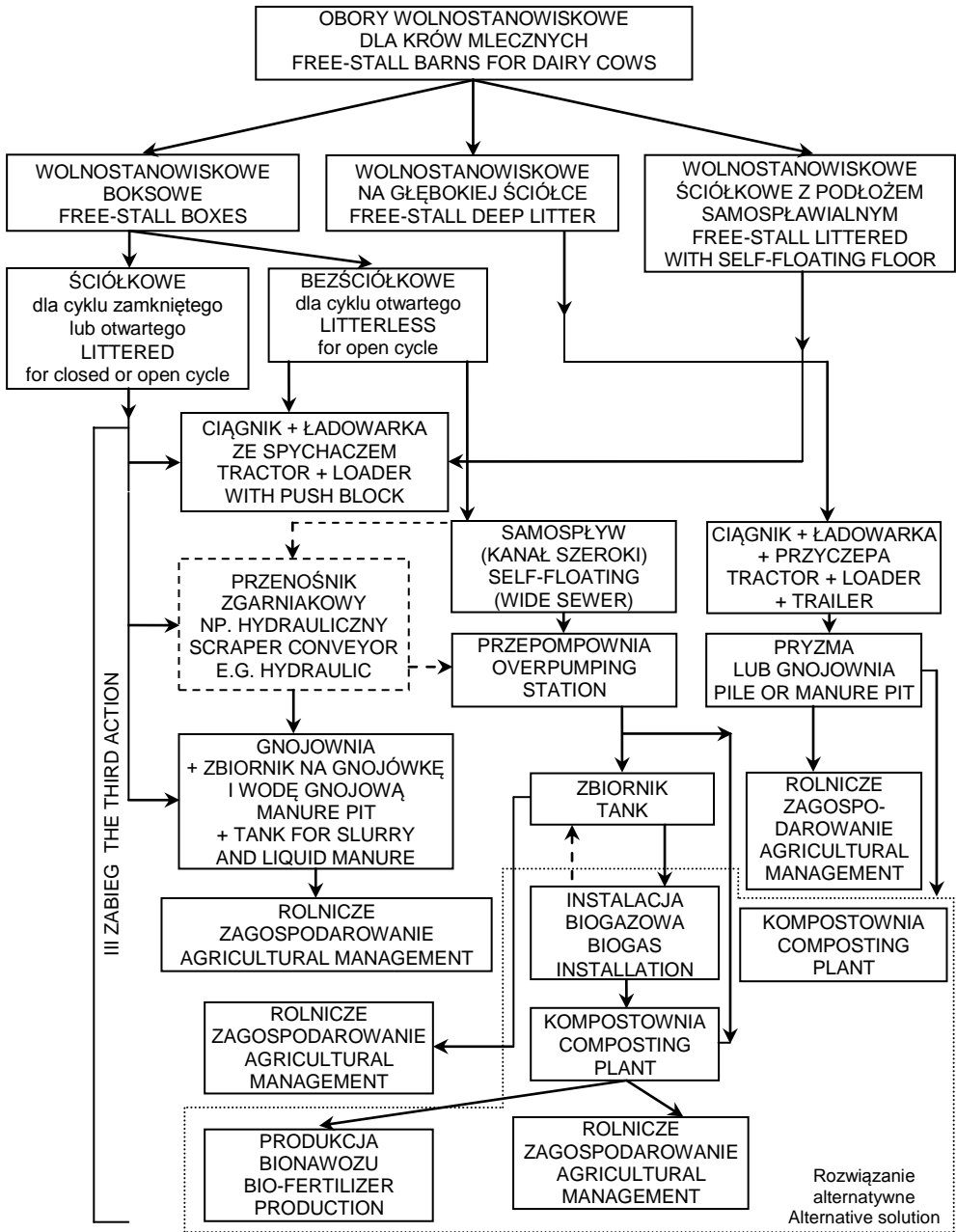
II. Nakłady robocizny [rbmin·DJP⁻¹·dzień⁻¹]:

$$n_r \leq n_{gr.}$$

gdzie:

n_r – nakłady robocizny [rbmin·DJP⁻¹];

$n_{gr.}$ – graniczne jednostkowe nakłady robocizny [rbmin·DJP⁻¹].



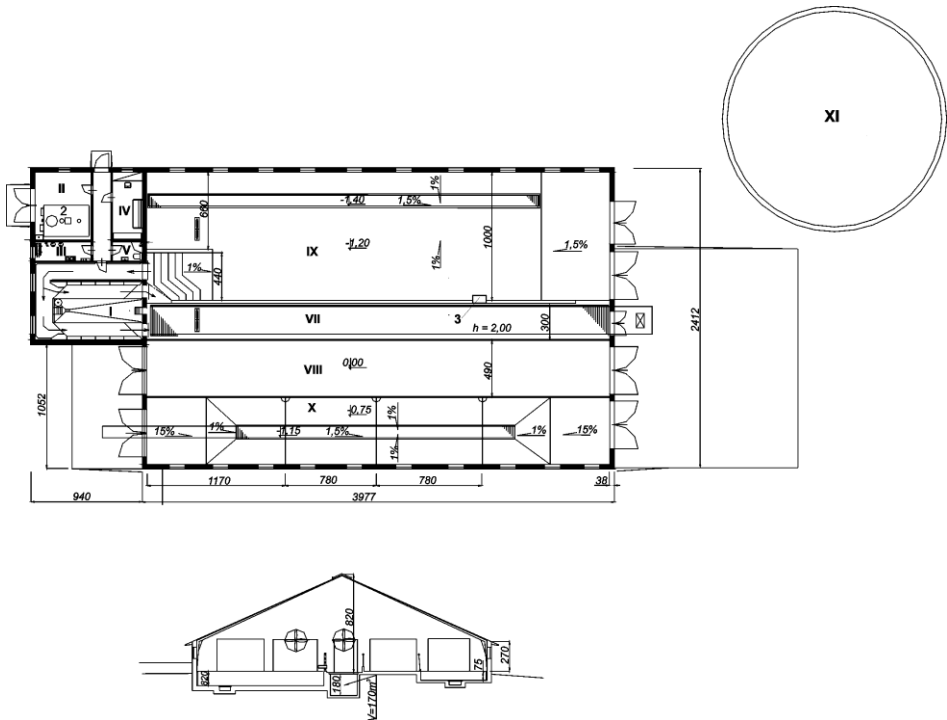
Źródło: opracowanie własne na podstawie: ROMANIUK [1996].
Source: own elaboration based on ROMANIUK [1996].

Rys. 1. Mechanizacja usuwania i magazynowania nawozów naturalnych w oborach wolnostanowiskowych

Fig. 1. Mechanization of manure disposal and storage in free-stall cowsheds

Wyniki badań

Poniżej przedstawiono wyniki badań zabiegu usuwania i magazynowania nawozu naturalnego dla obiektów nr 1 i 9. w zależności od zastosowanego systemu utrzymania bydła. Schemat obory wolnostanowiskowej z głęboką ściółką, z wydzielonym korytarzem gnojowo-spacerowym z podłogą szczelinową przedstawiono na rysunku 2., a schemat obory wolnostanowiskowej boksowej bezściółkowej (fot. 1), z podłogą szczelinową na korytarzu gnojowo-spacerowym na rysunku 3.



Źródło: WARDAL [2012], rys. B. Łochowski. Source: WARDAL [2012], fig. B. Łochowski.

Rys. 2. Schemat techniczno-funkcyjny obory nr 1 wolnostanowiskowej z głęboką ściółką: I – pomieszczenie z dojarnią, II – pomieszczenie na mleko, III – maszynownia, IV – pomieszczenie biurowe, V – pomieszczenie socjalne, VI – poczekalnia, VII – obszar paszowy na podłodze szczelinowej o pojemności 170 m³, VIII – korytarz paszowy, IX – obszar legowiskowo-spacerowy (gnojowy) dla krów dojnych, X – obszar legowiskowo-spacerowy (gnojowy) dla jałówek i krów zaszuszonych, XI – zbiornik gnojowicowy (magazyn); 1 – dojarnia typu rybia ość 2x5, 2 – schładzarka do mleka, 3 – poidła, 4 – czochradło, 5 – wentylatory

Fig. 2. Technical and functional scheme of cowshed No. 1 free-stall with deep litter: I – room with milking plant; II – store for milk; III – machinery space; IV – office; V – social room; VI – waiting room; VII – feeding area on slatted floor of capacity of 170 m³; VIII – feeding passage; IX – den-walking (dung) area for dairy cow; X – den-walking (dung) area for heifers and dry cows; XI – cow dung reservoir (store); 1 – milking plant “fish bone” 2x5, 2 – milk cooler, 3 – drinking bowls, 4 – swinging cow brush, 5 – ventilators



Źródło: fot. W.J. Wardal. Source: photo W.J. Wardal.

Fot. 1. Obora boksowa bezściółkowa z matami gumowymi na legowiskach
Photo 1. Free-stall box cowshed with rubber mats on dens

Schemat przeprowadzania zabiegu III – usuwania i magazynowania nawozu naturalnego – zaprezentowano na rysunku 4.

Kolejnym etapem badań było wyznaczenie wskaźników technicznych i technologicznych. Wartości wskaźników technicznych (tab. 2) określono na podstawie pomiarów w budynku.

Tabela 2. Przykładowe wartości wskaźników technicznych badanych obór
Table 2. Example values of technical indicators in the surveyed cowsheds

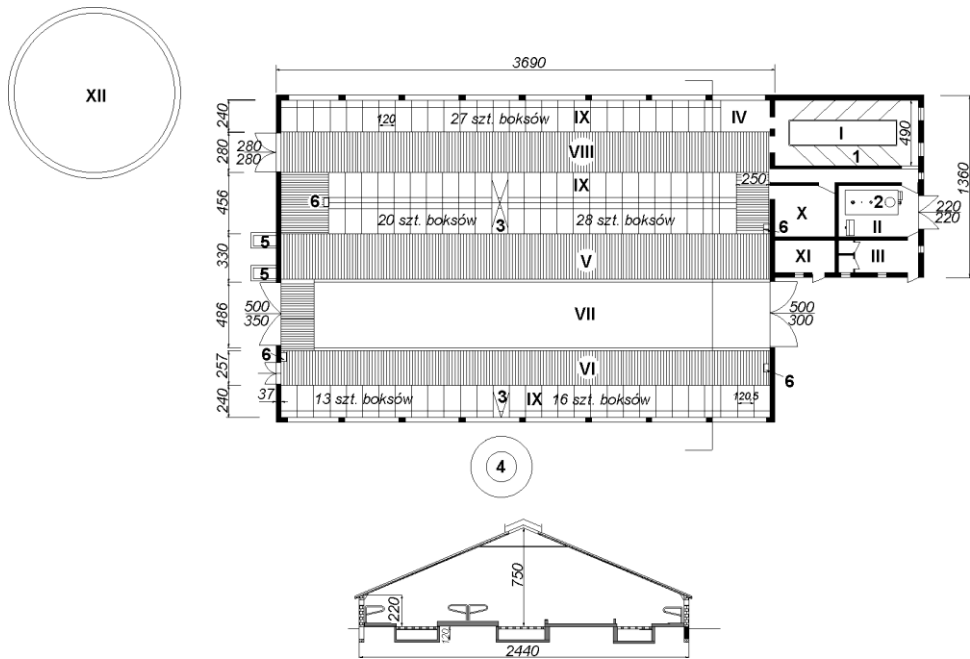
Nr obory No. cow barn	Wskaźniki techniczne Technical indicators						Uwagi Notes
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
1	5,40 ¹⁾	1,70 ¹⁾	75,40	7,69	6,48	5,40	
	4,70 ²⁾				3,55	4,70	
9	2,88 ³⁾	3,35	40,29	13,10	0	0	
	2,64 ⁴⁾						

Objaśnienia: x_1 – jednostkowa powierzchnia legowiska [$m^2 \cdot DJP^{-1}$], x_2 – jednostkowa powierzchnia korytarzy gnojowych [$m^2 \cdot DJP^{-1}$], x_3 – kubatura obory [$m^3 \cdot DJP^{-1}$], x_4 – jednostkowa pojemność magazynowania nawozu ciekłego (gnojówki, gnojowicy) [$m^3 \cdot DJP^{-1}$], x_5 – pojemność magazynowania nawozu stałego (obornika) [$m^3 \cdot DJP^{-1}$], x_6 – jednostkowa powierzchnia składowania nawozu stałego [$m^2 \cdot DJP^{-1}$]; ¹⁾ – krowy dojne; ²⁾ – krowy zasuszone, jałówki cielne; ³⁾ boksy przyścienne; ⁴⁾ boksy środkowe.

Explanations: x_1 – den unit area [$m^2 \cdot LSU^{-1}$]; x_2 – dung passage unit area [$m^2 \cdot LSU^{-1}$]; x_3 – cowshed air space [$m^3 \cdot LSU^{-1}$]; x_4 – unit area of liquid manure storage [$m^3 \cdot LSU^{-1}$]; x_5 – storage capacity for solid manure [$m^3 \cdot LSU^{-1}$]; x_6 – unit area for solid manure storage [$m^2 \cdot LSU^{-1}$]; ¹⁾ – dairy cows, ²⁾ – dry cows, heifers with calves; ³⁾ boxes at the walls; ⁴⁾ central boxes.

Źródło: WARDAL [2012]. Source: WARDAL [2012].

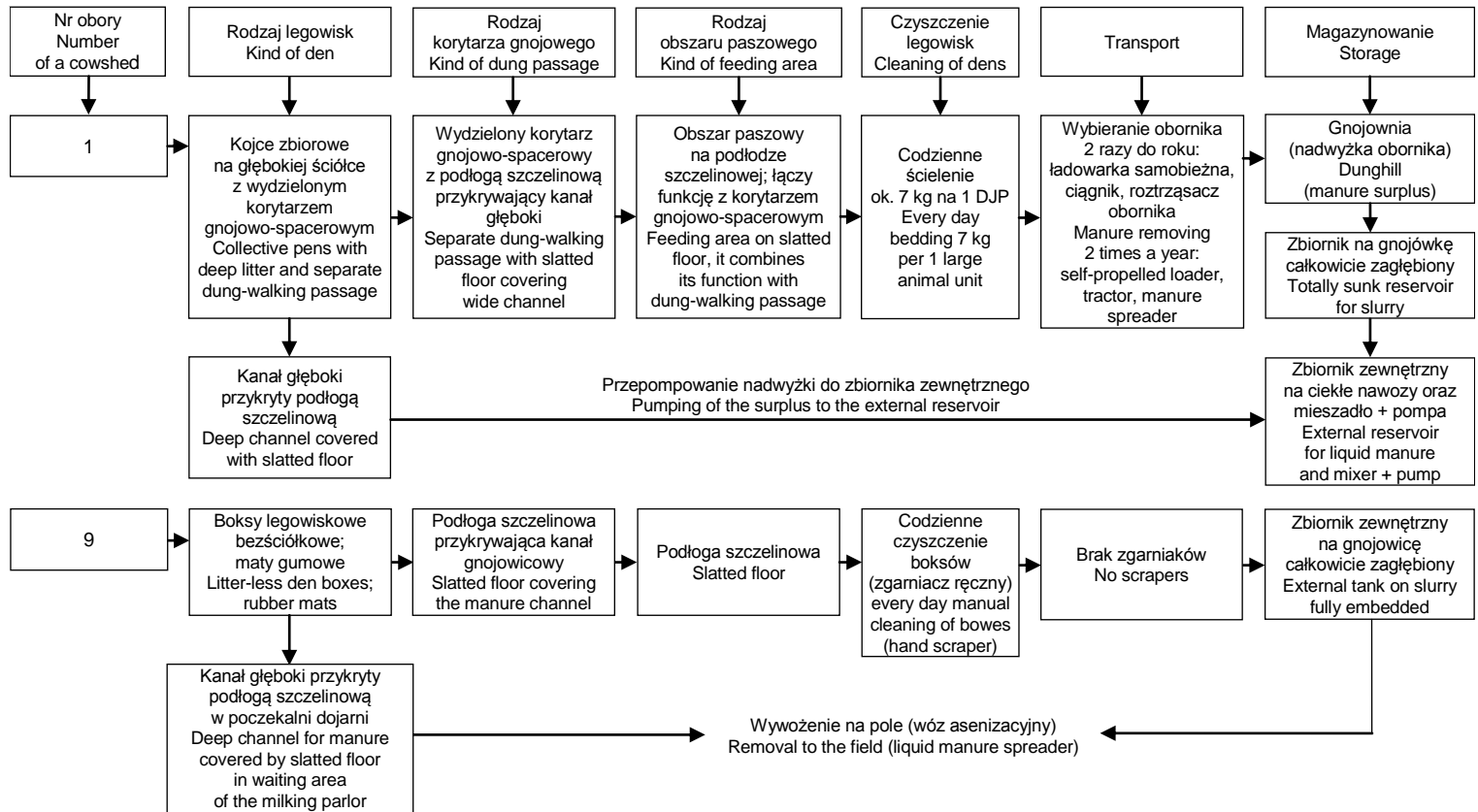
Wartości wskaźników technologicznych (tab. 3) określono na podstawie chronometry pracy podczas realizacji zabiegu III.



Źródło: WARDAL [2012], rys. B. Łochowski. Source: WARDAL [2012], fig. B. Łochowski.

Rys. 3. Schemat techniczno-funkcjonalny obory nr 9 wolnostanowiskowej bezściółkowej z podłogą szczelinową: I – pomieszczenie z dojarnią typu rybia ość, II – pomieszczenie na mleko, III – pomieszczenie biurowo-socjalne, IV – poczekalnia, V – obszar paszowy dla krów mlecznych, VI – obszar paszowy dla krów zasuszonych i jałowizny, VII – korytarz paszowy, VIII – korytarz gnojowo-spacerowy, IX – boksy legowiskowe – izolatka, X – porodówka, XI – magazyn, XII – zbiornik na gnojowicę; 1 – dojarnia typu rybia ość 2x5, 2 – schładzarka na mleko, 3 – stacje paszowe, 4 – silos na paszę treściwą, 5 – studzienka do umieszczenia mieszadła, 6 – poidła

Fig. 3. Technical and functional scheme of cowshed No. 9 free-stall litter-less with slotted floor: I – room with milking plant "fish-bone"; II – store for milk; III – office and social room; IV – waiting room; V – feeding area for dairy cows; feeding area for dry cows and heifers; VII – feeding passage; VIII – dung-walking passage; IX – den boxes – isolation room; X – calving space; XI – store; XII – dung reservoir; 1 – milking plant "fish bone" 2x5, 2 – milk cooler, 3 – feeding stations, 4 – silo for concentrate, 5 – well for mixer, 6 – drinking bowls



Źródło: WARDAL [2012]. Source: WARDAL [2012].

Rys. 4. Przykładowa charakterystyka realizacji zabiegu III w obiekcie z głęboką ściółką oraz w oborze bezściółkowej
Fig. 4. Example characteristics of realization of operation No. III in the deep litter and less-litter cowsheds

Tabela 3. Wartości wskaźników technologicznych badanych obór
 Table 3. Values of technological indices in surveyed cowsheds

Nr obory No. cow barn	Wskaźniki techniczne Technical indicators						Uwagi Notes
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	
1	0,49	0,00	0,244	149,41	4 946,77	0,49	
9	0,34	0,00	0,122	78,90	5 815,17	0,34	

Objaśnienia: $y_1 = n_r$ – jednostkowe nakłady robocizny [rbmin·DJP⁻¹·dzień⁻¹]; $y_2 = k_{ee}$ – jednostkowe nakłady energii elektrycznej [zł·kWh⁻¹·dzień⁻¹]; $y_3 = k_{em}$ – jednostkowe nakłady energii mechanicznej [kWh·DJP⁻¹·dzień⁻¹]; y_4 – jednostkowy koszt eksploatacyjny [zł·DJP⁻¹·rok⁻¹]; y_5 – jednostkowy koszt inwestycyjny – maszyny i urządzenia [zł·DJP⁻¹].

Explanations: $y_1 = n_r$ – unit labor inputs [workmin·LSU⁻¹·day⁻¹], $y_2 = k_{ee}$ – unit electric energy inputs [PLN·kWh⁻¹·day⁻¹]; $y_3 = k_{em}$ – unit mechanical energy inputs [kWh·LSU⁻¹·day⁻¹], y_4 – unit operating cost [PLN·LSU⁻¹·year⁻¹]; y_5 – unit cost of investment – machinery and equipment [PLN·LSU⁻¹].

Źródło: WARDAL [2012]. Source: WARDAL [2012].

Wnioski

1. W badanych oborach zabieg III – usuwania i magazynowania nawozu naturalnego – został rozwiązany zgodnie z obowiązującym prawodawstwem oraz ze „Standardami dla gospodarstw rolnych” [ROMANIUK, OVERBY 2005a,b]. W oborach wolnostanowiskowych ściółkowych, w zależności od zastosowanego systemu utrzymania krów, zużycie ściółki ze słomy było zróżnicowane i wynosiło od 2 do 7 kg.
2. Zastosowany model oceny i wyboru rozwiązania najkorzystniejszego w zakresie zabiegu III pozwolił na wybór obory nr 9, która spełnia następujące ograniczenia:
 - koszt inwestycyjny maszyn i urządzeń przeznaczonych do realizacji ww. zabiegu był niższy od wartości granicznej 6000 zł·DJP⁻¹ i wynosił 5815,17 zł·DJP⁻¹;
 - dzienne nakłady robocizny wynosiły 0,34 rbmin·DJP⁻¹ i były niższe od nakładów granicznych 0,83 rbmin·DJP⁻¹·dzień⁻¹;
 - ze względu na założony cel – minimalizację jednostkowych kosztów eksploatacyjnych oraz nakładów robocizny na usuwanie i magazynowanie nawozów naturalnych – najkorzystniejszym rozwiązaniem okazało się utrzymanie bydła mlecznego w oborze bezściółkowej.

Bibliografia

- DAAS Rapport 2001. Indretning af stalde til kvaeg – Danske anbefalinger ss. 114.
- FIEDOROWICZ G. 2007. Technika w chowie bydła z podstawowymi elementami zootechniki. Warszawa. IBMER. ISBN 978-8-389806-18-5 ss. 290.
- HANSEN M. N. 2000. Comparison of the labour requirement involved in the housing of dairy cows in different housing systems. Acta Agriculturae Scandinavica. Sect. A. Animal Sciences. Vol. 50 s. 153–160.
- PIETRZAK S. 2001. Sposoby ograniczenia emisji amoniaku z produkcji rolnej. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE”. 25–26 września 2001. Warszawa. IBMER s. 194–202.
- ROMANIUK W. 1996. Wpływ funkcjonalno-technologicznych rozwiązań obór na energochłonność i koszty produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych. Rozprawa habilitacyjna. Prace Naukowo-Badawcze. Warszawa. IBMER. ISSN 0209-1380 ss. 136.

ROMANIUK W., OVERBY T. 2005a. Standardy dla gospodarstw rolnych. Systemy utrzymania bydła. Poradnik. Praca zbiorowa. Wyd. II. Warszawa. IBMER, DAAS Skejby. ISBN 83-89806-00-2 ss. 172.

ROMANIUK W., OVERBY T. 2005b. Standardy dla gospodarstw rolnych. Magazynowanie nawozów naturalnych. Poradnik. Praca zbiorowa. Wyd. II. Warszawa. IBMER, DAAS Skejby. ISBN 83-89806-03-7 ss. 81.

SONCK B. 1993. The modern littered house for dairy cows: too much labour? The International Committee of Work Study and Labour Management in Agriculture, Proceedings XXV CIOSTA – CIGR V Congress, Farm planning. Labour and labour conditions. Computers in agricultural management. May 10–13. Wageningen Press s. 260–269.

WARDAL W.J. 2012. Wpływ systemu chowu bydła na nakłady usuwania i magazynowania nawozu naturalnego. Rozprawa doktorska. Maszynopis. Falenty. ITP ss. 131.

Wacław Romaniuk, Witold J. Wardal

DISPOSAL AND AGRICULTURAL USE OF MANURE IN SUSTAINABLE LIVESTOCK PRODUCTION

Summary

The studies focus on definition of the impact of the method of cattle keeping on the exploitation inputs and costs related to disposal and storage of manure. The specific objectives include designation of the level of mechanization of the farms under study as regards breeding procedure III and definition of both the unit exploitation cost and selection of the most favorable solution. The scope of work included technical and economical analysis of free-stall litter and litter-less cowsheds in family farms and big farms, as well. The applied model of evaluation and selection of the most effective solution for disposal and storage of manure allowed selection of a box litter-less cowsheds with channels for liquid manure covered by a slatted-floor. Liquid manure was pumped into the external reservoir from the channel installed in the building. Technical and economical parameters were as follows: capital cost of machinery and equipment for implementation of the above operation amounted to 5815.17 PLN·LSU⁻¹ and daily labor expenditure amounted to 0.34 man-min·LSU⁻¹, unit exploitation cost was 78.90 PLN·LSU⁻¹·year⁻¹.

Key words: livestock production, cow, manure, mechanization, inputs, exploitation costs, sustainable development

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Wacław Romaniuk
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-78; e-mail: w.romaniuk@itep.edu.pl