

Krzysztof Wiśniewski

Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Grzegorz Fiedorowicz

Institut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

w Warszawie

ENERGOCHŁONNOŚĆ W TECHNOLOGIACH USUWANIA I MAGAZYNOWANIA NAWOZÓW NATURALNYCH NA PRZYKŁADZIE 10 OBÓR WOLNOSTANOWISKOWYCH ŚCIÓŁKOWYCH

Streszczenie

Dokonano oceny rozwiązań systemowych związanych z zabiegiem usuwania i magazynowania nawozu naturalnego w dziesięciu oborach wolnostanowiskowych ściółkowych o liczbie stanowisk 44-124. Przeprowadzono analizę nakładów energetycznych ponoszonych w poszczególnych rozwiązaniach projektowych tych obór na oceniany zabieg. Wskazano najkorzystniejsze rozwiązania spośród przebadanych obiektów. Przeanalizowano zależności zachodzące między poszczególnymi strumieniami energetycznymi a skumulowanymi na cały zabieg usuwania i magazynowania odchodów. Obliczono strukturę zużycia energii wyrażoną w procentach strumieni energetycznych: nośniki energii, surowce i materiały, praca ludzka, budynki i budowle oraz maszyny i urządzenia.

Słowa kluczowe: zabieg usuwania odchodów, magazynowanie obornika, obora wolnostanowiskowa, strumienie energetyczne, nośniki energii, praca ludzka, nakłady energetyczne, energochłonność

Wstęp

Zabieg usuwania i magazynowania odchodów z obór wolnostanowiskowych ściółkowych należy do jednych z najważniejszych, obok zabiegu żywienia i doju, czynności wpływających bezpośrednio na warunki bytowe zwierząt, jak również wartość nawozową obornika. Jak wynika z badań przeprowadzonych przez Romaniuka [1996], zabieg usuwania odchodów w hierarchii ponoszonych nakładów energetycznych zajmuje trzecie miejsce (średnio 12,8%) po zabiegu żywienia (64,75%) i dojenia (20,4%), a pozostałe zabiegi (2,05%). Nakłady energetyczne związane z zabiegiem usuwania obornika w dużej mierze zależą od urządzeń stosowanych do tego celu, a przede

wszystkim ich energochłonności. Sposób magazynowania odchodów jest ściśle związany z systemem ich usuwania, ale także z systemem utrzymania zwierząt (głęboka lub płytka ściółka). Wybór odpowiedniego rozwiązania w zabiegu usuwania i magazynowania odchodów wiąże się z nakładami energetycznymi, jakie są ponoszone na ten zabieg.

Biorąc pod uwagę wspomniane badania, dotyczące nakładów energetycznych podstawowych zabiegów związanych z utrzymaniem zwierząt oraz czynniki wpływające na skład obornika w wyniku jego magazynowania, stwierdzono, że celowe jest prowadzenie dalszych badań nad wpływem rozwiązań techniczno–technologicznych na energochłonność systemów usuwania i magazynowania nawozu naturalnego w oborach wolnostanowiskowych ściółkowych.

Głównym celem badań było dokonanie oceny przyjętych rozwiązań systemowych związanych z usuwaniem i magazynowaniem nawozu naturalnego z obór wolnostanowiskowych, a szczególnie analiza nakładów energetycznych, ponoszonych w poszczególnych rozwiązaniach tego zabiegu oraz wskazanie na podstawie uzyskanych wyników najkorzystniejszego rozwiązania systemów usuwania i magazynowania nawozów naturalnych.

Materiały i metoda

Zakres pracy obejmował badania zabiegu usuwania i magazynowania odchodów z 10 obór wolnostanowiskowych ściółkowych w gospodarstwach zajmujących się produkcją mleka. Koncentracja krów w oborach wynosiła od 44 do 124 sztuki.

Materiały do badań stanowiły zarówno dokumenty i publikacje innych autorów dotyczące magazynowania nawozów naturalnych (dyrektywy, ustawy, rozporządzenia, literatura) oraz materiały zebrane podczas badań własnych przeprowadzonych w 10 oborach wolnostanowiskowych ściółkowych dla krów mlecznych.

Wytypowane do badań obory były wcześniej nagrodzone bądź wyróżnione nagrodami w ogólnopolskim konkursie „Złota Wiecha”. Jedna z badanych obór wzniesiona w systemie Fermstal była zmodernizowana, gdzie zmianie uległ system utrzymania zwierząt z bezściółkowego na ściółkowy oraz sposób usuwania i magazynowania nawozów naturalnych.

Zebrany materiał badawczy obejmował dane dotyczące: nakładów pracy związanych z zabiegiem usuwania i magazynowania obornika, nakładów energetycznych związanych z zabiegiem usuwania i magazynowania obornika.

Całkowite zużycie energii skumulowanej wyliczono według zależności:

$$E_c = E_n + E_z + E_s + E_m + E_b \quad [\text{MJ}],$$

gdzie:

E_n - energia zawarta w nośnikach energii – paliwa i energia elektryczna,

E_z - energia zawarta w pracy ludzkiej,

E_s - energia zawarta w surowcach i materiałach – ściółka, obornik, gnojówka i gnojowica,

E_m - energia zawarta w maszynach i urządzeniach,

E_b - energia zawarta w budynkach i budowlach (w tym wypadku budynku obory oraz osobno korytarzy gnojowych, gnojowni oraz zbiorników gnojówki i gnojowicy).

Niezbędne obliczenia statystyczne potrzebne do określenia wpływu rozwiązań funkcjonalno–technologicznych na energochłonność zabiegu usuwania i magazynowania obornika oraz zależności zachodzące między nimi wykonano według metody najmniejszych kwadratów i współczynników regresji prostej, potęgowej i wykładniczej. W opracowaniu określono współczynniki korelacji (r), stopień istotności, poziom prawdopodobieństwa za pomocą testu t-Studenta, błąd standardowy estymacji określający stopień odchylenia od wyliczonej regresji przy zastosowaniu programu komputerowego *Statgraphics plus. Version 4.0*.

Wyniki badań

Wytypowane do badań obiekty obór wolnostanowiskowych zlokalizowane są na obszarze województw mazowieckiego, lubelskiego i podlaskiego. Wśród badanych obiektów najczęściej stosowanym systemem usuwania obornika były zgarniaki hydrauliczne w połączeniu z prasą końcową (5 obiektów), na drugim miejscu znalazł się system usuwania obornika za pomocą spychacza czołowego (4 obiekty), a także jeden obiekt z utrzymaniem zwierząt na głębokiej ściółce.

W systemach usuwania i magazynowania nawozów naturalnych w przebadanych obiektach dominuje wysoki stopień mechanizacji (zgarniaki hydrauliczne) oraz stosowanie maszyn uniwersalnych (spychacze czołowe), które obok zabiegu usuwania i formowania pryzmy z obornika są wykorzystywane także do innych prac w gospodarstwie.

Wartości nakładów energetycznych w zabiegu usuwania obornika określono opierając się na przelicznikach Wójcickiego [2003] z danych badawczych, a ich wyniki umieszczono w tabeli 1, w której przedstawiono dzienne nakłady jednostkowe energii wydatkowanej na ten zabieg, podzielone na poszczególne strumienie energetyczne, przedstawione we wzorze w metodyce.

W tabeli 2 przedstawiono procentowy udział poszczególnych strumieni energetycznych składających się na całkowitą energię skumulowaną w zabiegu usuwania i magazynowania odchodów.

Tabela 1. Dzielne jednostkowe nakłady energetyczne na zabieg usuwania i magazynowania obornika w badanych obiektach

Table 1. Daily inputs of energy (per 1 LU) on operation of cattle manure disposal and storage in surveyed objects

Nr	Obiekt	Zużycie energii [MJ/ dz. SD]					
		E_b	E_s	E_n	E_m	E_z	E_c
1	Transbór - 50	0,249	16,28	1,47	0,25	1,67	19,92
2	Transbór - 45	0,184	15,51	1,63	0,17	1,85	19,34
3	Bobino - Grzybki	0,135	16,55	1,17	0,15	2,00	20,01
4	Bożenica	0,275	23,35	0,57	0,88	1,29	26,37
5	Zaluski Lipniewo	0,222	16,37	4,80	0,86	2,14	24,39
6	Kąty Wielgi	0,205	16,10	2,85	0,22	2,31	21,69
7	Żeszczynka	0,195	15,16	4,50	0,53	1,74	22,13
8	Niewęłtosz	0,324	18,55	3,13	0,55	2,08	24,63
9	Obory SGGW	0,157	18,35	2,93	0,41	1,48	23,33
10	Dąbrowa Łazy	0,128	18,36	1,10	0,084	0,83	20,50

Tabela 2. Struktura nakładów energetycznych

Table 2. The structure of energy inputs

Nr obory	Liczba stanowisk	Energochłonność E_c [MJ/dz. SD]	Struktura zużycia energii w %				
			Nośniki energii	Surowce i materiały	Praca ludzi	Budynki i budowle	Maszyny i urządzenia
1	50	19,10	7,38	81,73	8,38	1,25	1,26
2	45	19,34	8,43	80,18	9,56	0,95	0,88
3	50	20,01	5,85	82,73	10	0,67	0,75
4	60	26,37	2,16	88,56	4,9	1,04	3,34
5	70	24,39	19,68	67,11	8,77	0,91	3,53
6	44	21,69	13,14	74,25	10,65	0,95	1,01
7	96	22,13	20,34	68,52	7,86	0,88	2,4
8	80	24,63	12,71	75,3	8,44	1,32	2,23
9	124	23,33	12,6	78,63	6,34	0,67	1,76
10	120	20,50	5,37	89,55	4,05	0,62	0,41
Średnio		22,285	10,766	78,656	7,895	0,926	1,757

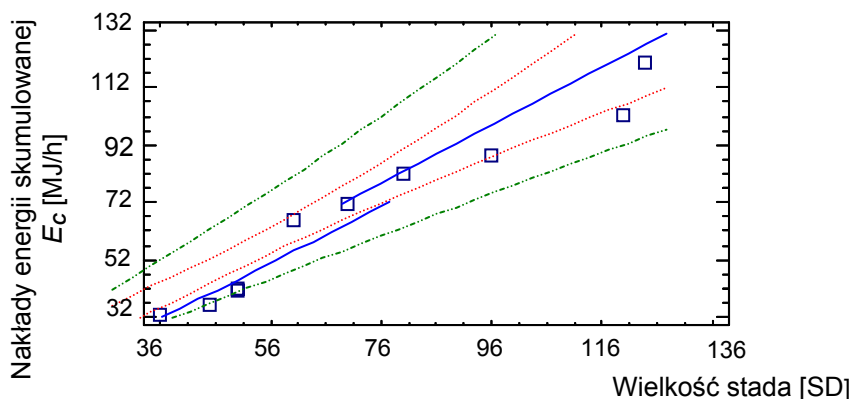
Na podstawie obliczonych poszczególnych strumieni jednostkowych nakładów energetycznych określono skumulowane nakłady energetyczne dla każdej z badanych obór na zabieg usuwania i magazynowania obornika.

Jak wynika z uzyskanych wyników, największy udział w strukturze nakładów energetycznych zajmują materiały i surowce w postaci obornika i ściółki. Drugie miejsce w hierarchii nakładów energetycznych zajmują nośniki energii (paliwa i energia elektryczna), natomiast trzecie miejsce zajmuje praca ludzi.

Z przeprowadzonych analiz statystycznych wynika, że istnieje silna zależność między całkowitymi nakładami energii skumulowanej w zabiegu usuwania obornika od wielkości stada znajdującego się w oborze. Powyższą zależność przedstawiono na wykresie regresji (rys. 1) określającej zależność nakładu energii skumulowanej całkowitej E_c (MJ/h) na zabieg usuwania obornika od wielkości stada w oborze, występuje tu bardzo silna korelacja między zmiennymi wynoszącą $r = 0,976275$ przy współczynniku determinacji $R^2 = 95,2964\%$, teście t-Studenta = 12,7312, poziomie istotności $p = 0,0001$ oraz standardowym błędzie estymacji wynoszącym 0,10694. Zależność tę należy uznać za bardzo istotną i potwierdzającą prawidłowość, że wzrost liczebności stada wpływa na większe zużycie energii na zabieg usuwania i magazynowania obornika.

$$Y = 0,676493X^{1,07345} \quad r = 0,976275 \quad R^2 = 95,2964\% \quad t\text{-Studenta} = 12,7312$$

Standardowy błąd estymacji = 0,107309, poziom istotności $p = 0,0001$



$$\text{Równanie regresji } Y = 0,676493X^{1,07345}$$

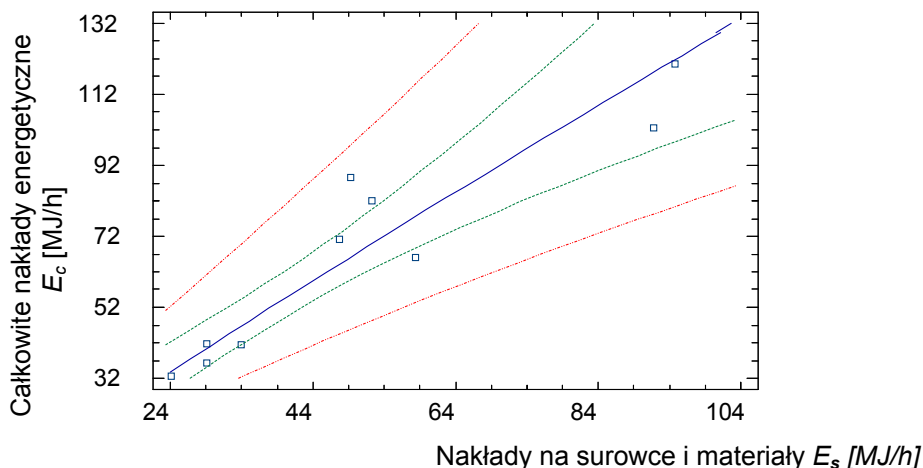
Rys. 1. Regresja określająca zależność nakładu energii skumulowanej E_c od wielkości stada [SD] według funkcji potęgowej - $y = aX^b$

Fig. 1. Regression determining dependence of cumulated energy inputs E_c on the herd size (LU), according to power function $Y = aX^b$

W trakcie przeprowadzonych badań przeanalizowano także zależności zachodzące między poszczególnymi strumieniami energetycznymi a skumulowanymi nakładami energetycznymi związanymi z zabiegiem usuwania i magazynowania nawozów naturalnych z obór wolnostanowiskowych ściółkowych. Przeprowadzone badania potwierdziły istotną zależność, jaka zachodzi między poszczególnymi strumieniami energetycznymi związanymi z zabiegiem usuwania i magazynowania obornika a całkowitymi nakładami energii skumulowanej E_c , w tym zabiegu (rys. 2-5).

$$Y = 1,7378 X^{0,933695} \quad r = 0,948252 \quad R^2 = 89,9181\% \quad t\text{-Studenta} = 8,4469$$

Standardowy błąd estymacji = 0,156568, poziom istotności $p = 0,00001$



$$\text{Równanie regresji } Y = 1,7378 X^{0,933695}$$

Rys. 2. Wykres regresji określającej zależność całkowitych nakładów energetycznych w zabiegu usuwania i magazynowania obornika E_c do nakładów energetycznych na surowce i materiały E_s wg funkcji potęgowej $Y = aX^b$

Fig. 2. Diagram of regression determining relationship between total energy inputs in process of cattle manure disposal and storage E_c and energy inputs on raw materials and materials E_s , according to power function $Y = aX^b$

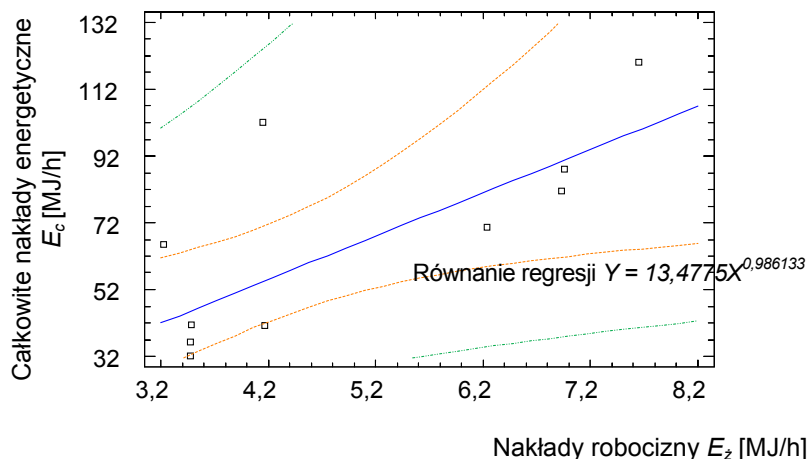
Najkorzystniejsze efekty rozwiązań techniczno-funkcjonalnych uzyskano w oborach o wysokim poziomie mechanizacji, dużej dbałości o ochronę środowiska i dobrostan zwierząt przy dużej koncentracji zwierząt.

Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno w oborach na płytkiej ściółce i różnych systemach usuwania obornika oraz w oborach na głębokiej ściółce można uzyskać niskie nakłady pracy ludzkiej, głównie dzięki wysokiej mechanizacji tego zabiegu, ale również przez zastosowanie maszyn o niskiej energochłonności.

W przypadku obory na głębokiej ściółce niskie nakłady pracy, niskie nakłady energetyczne na nośniki energii, wysoki poziom mechanizacji przy jednoczesnym wysokim wskaźniku funkcjonalności mogą być polecane do szerszego stosowania. Znacznie wyższe zużycie ściółki w porównaniu z oborami na płytkiej ściółce zapobiega niekorzystnemu mikroklimatowi w oborze.

$$Y = 13,4775X^{0,986133} \quad r = 0,730508 \quad R^2 = 53,3642\% \quad t\text{-Studenta} = 3,02559$$

Standardowy błąd estymacji = 0,336738, poziom istotności $p = 0,0164$

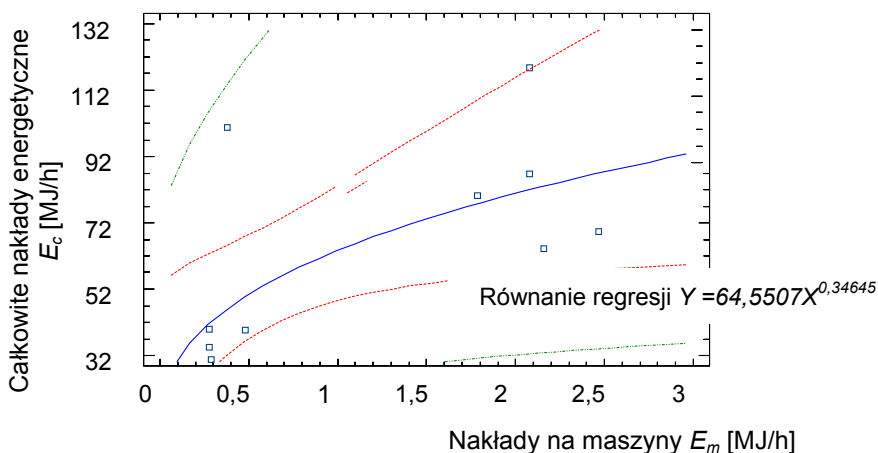


Rys. 3. Wykres regresji określającej zależność całkowitych skumulowanych nakładów energetycznych E_c w zabiegu usuwania i magazynowania obornika do nakładów energetycznych na pracę ludzką E_z wg funkcji potęgowej $Y = aX^b$

Fig. 3. Diagram of regression determining relationship between total cumulated energy inputs in the process of cattle manure disposal and storage, and energy inputs in human labour E_z , according to power function $Y = aX^b$

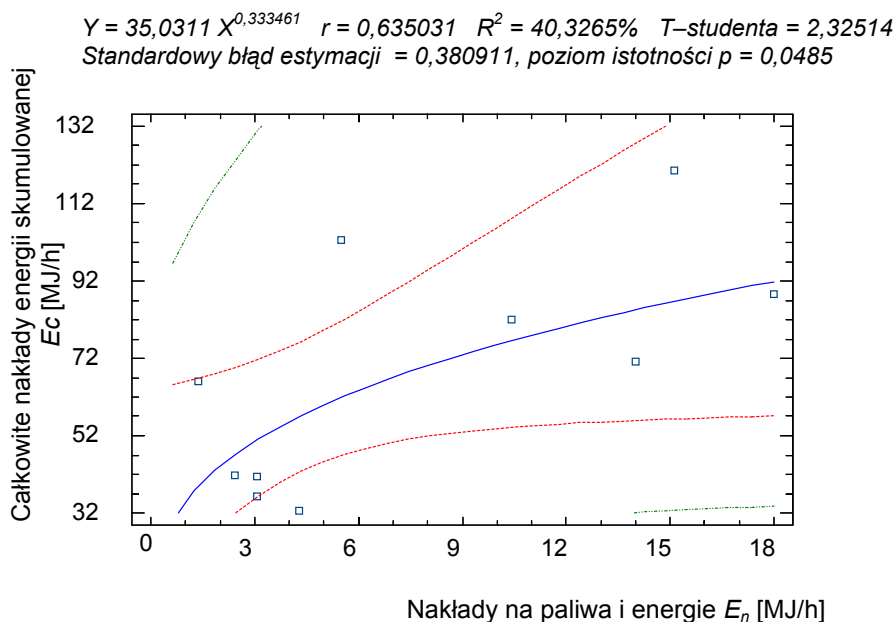
$$Y = 64,5507X^{0,34645} \quad r = 0,69596 \quad R^2 = 48,436\% \quad t\text{-Studenta} = 2,7413$$

Standardowy błąd estymacji = 0,354083, poziom istotności $p = 0,0254$



Rys. 4. Wykres regresji określającej zależność całkowitych skumulowanych nakładów energetycznych E_c do nakładów energetycznych na maszyny w zabiegu usuwania i magazynowania obornika E_m wg funkcji potęgowej $Y = aX^b$

Fig. 4. Diagram of regression determining relationship between total cumulated energy inputs E_c and energy inputs on the machines in the process of cattle manure disposal and storage E_m , according to power function $Y = aX^b$



Rys. 5. Wykres regresji określającej zależność całkowitych nakładów energetycznych na nośniki energii E_n do całkowitej energii skumulowanej E_c

Fig. 5. Diagram of regression determining relationship between total energy inputs on energy carriers E_n and total cumulated energy E_c

Wnioski

Wartości całkowitych jednostkowych nakładów pracy ludzkiej na zabieg usuwania obornika łącznie z zabiegiem ścielenia wahały się od 0,5 rbmin na dzień i SD (w oborze 10) do 1,38 rbmin na dzień i SD (w oborze 6). Największe jednostkowe nakłady pracy ludzkiej na ten zabieg przypadły w oborze 6 o najmniejszej liczebności stada. Potwierdza to fakt obliczona zależność wyrażająca się korelacją $r = 0,639$ przy progu istotności $p < 0,05$ i współczynnikiem determinacji $R^2 = 40,842\%$.

Największe nakłady energii skumulowanej (E_c) w zabiegu usuwania i magazynowania odchodów związane są z surowcami i materiałami (E_s), a przede wszystkim ze ściółką i obornikiem. Wynoszą one średnio w strukturze całkowitych nakładów energetycznych 78,5%, przy wahaniach od 67,11% w oborze 5 do 89,55% w oborze 10 oraz 88,56% w oborze 4. Korelacja tych zmiennych wynosi $r = 0,948252$, przy współczynniku determinacji $R^2 = 89,9181\%$, wartości testu t-Studenta = 8,4469 i standardowym błędzie estymacji = 0,156568 ($p < 0,01$).

Obok nakładów energetycznych na surowce i materiały oraz nakładów na pracę znaczny udział mają nakłady na nośniki energii E_n , które wyniosły średnio 10,963% z wahaniami od 20,34% w oborze 7 do 2,16% w oborze 4. Korelacja $r = 0,649065$ przy współczynniku determinacji $R^2 = 42,1286\%$ i poziomie istotności $p < 0,05$.

Biorąc pod uwagę niskie jednostkowe nakłady pracy ludzkiej E_z i nakłady energetyczne na nośniki energii E_n oraz zapewnienie dobrostanu bydła, należałoby preferować system utrzymania zwierząt z linią usuwania i magazynowania obornika na głębokiej ściółce (obora 4) w gospodarstwach dysponujących odpowiednią ilością słomy.

Bibliografia

Fiedorowicz G., Lewandowski J. 1997. Koszty i nakłady energetyczne budowy gnojowni projektowanych w IBMER. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1(15)

Głaszczka A. i in. 2004. Magazynowanie nawozów naturalnych – Poradnik – IBMER – Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego – Projekt bliźniaczy Phare – Standardy technologiczne dla gospodarstw rolnych. Warszawa

Romaniuk W. 1996. Wpływ funkcjonalno–technologicznych rozwiązań obór na energochłonność i koszty produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych. Rozprawa habilitacyjna. *Prace Naukowo Badawcze IBMER*, Warszawa

Szeptycki A., Wójcicki Z. 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. Wydawnictwo IBMER, Warszawa

Wiśniewski K. 2006. Sposoby usuwania nawozu naturalnego z obór wolnostanowiskowych ściółkowych. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza i Leśna*, 9/10: 36-38