

OPTYMALNE WYPOSAŻENIE GOSPODARSTW ROLNYCH W CIĄGNIKI ROLNICZE

*Stanisław Zajac**, *Dariusz Kusz***

*Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej
w Krośnie

Kierownik: dr inż. Janusz Kilar

**Katedra Gospodarki Żywności i Towaroznawstwa Politechniki Rzeszowskiej
Kierownik: prof. dr hab. inż. Maria Ruda

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, koszty eksploatacji, optymalne wyposażenie

Key words: tractor, operating costs, optimal equipment

S y n o p s i s. W pracy przedstawiono metodę wyznaczania optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze przy najniższych kosztach eksploatacji w zmiennym otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym. Wykazano, że optymalną strategią wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze jest strategia S_2 , natomiast strategia S_1 nie jest wskazana dla gospodarstw rolnych, zaś strategia S_4 może być uznana za optymalną dla małych gospodarstw rolnych.

WSTĘP

Park ciągnikowy polskiego rolnictwa jest stary i w dalszym ciągu się starzeje. Około 70% użytkowanych ciągników to maszyny liczące ponad 15 lat, zaś tylko 2% ogólnej liczby stanowią ciągniki 5-letnie i młodsze. Eksploatacja starego parku ciągnikowego oznacza wzrost kosztów produkcji rolnej w wyniku wysokich kosztów napraw, dużej zawadności i niskiej wydajności. Tymczasem ważnym czynnikiem umożliwiającym zmniejszenie kosztów produkcji jest obniżenie kosztów eksploatacji [Pasyniuk 2005]. Wysoki udział kosztów mechanizacji, który waha się od 30 do 50% [Muzalewski 2007] w kosztach produkcji roślinnej, uzasadnia znaczenie optymalnych inwestycji w zakresie techniki rolniczej, która w dużym stopniu ma wpływ na wyniki finansowe gospodarstwa rolnego. Niezbędne jest zatem ustalenie optymalnego wyposażenia gospodarstwa w maszyny i ciągniki rolnicze.

Celem badań jest określenie optymalnego wyposażenia gospodarstw rolnych w ciągniki rolnicze z uwzględnieniem awaryjności ciągników oraz ewentualnych strat i korzyści z podjętych decyzji w zmiennym otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym.

METODYKA BADAŃ

Przed wyborem optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i podjęciem ostatecznej decyzji dotyczącej tej strategii należy ustalić możliwe stany otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego, które mogą wystąpić w gospodarstwie rolnym w okresie użytkowania ciągników od możliwie sprzyjających do niesprzyjających (bardzo niesprzyjający – Y_1 , niesprzyjający – Y_2 , średni – Y_3 , sprzyjający – Y_4 , bardzo sprzyjający – Y_5). Stosując metodę ekspercko-matematyczną [Izdebski 2003], wyznaczono parametry analizowanych stanów od Y_1 do Y_5 dla założonych i możliwych do przyjęcia strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze. Badania mające na celu określenie zaistniałych sytuacji dla przyjętych stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego gospodarstwa rolnego przeprowadzono przy udziale ekspertów (właściciele gospodarstw rolnych). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

W celu dokonania analizy kosztów eksploatacji ciągników rolniczych przyjęto następujące strategie:

- S_1 – gospodarstwo posiada ciągniki o najwyższej niezawodności i najdroższe na rynku, co pozwala na wykonanie prac w odpowiednim terminie w każdych warunkach otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego; ciągniki mogą być wynajmowane użytkownikom spoza gospodarstwa,
- S_2 – gospodarstwo posiada ciągniki średniej klasy niezawodności, charakteryzujące się średnią ceną, co pozwala na wykonanie prac w odpowiednim terminie w sprzyjających warunkach otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego; w mniej sprzyjających warunkach i przy awarii ciągnika są one najmowane spoza gospodarstwa, natomiast w bardziej sprzyjających mogą świadczyć usługi,
- S_3 – gospodarstwo posiada ciągniki najtańsze na rynku i o odpowiednio niskiej niezawodności, co pozwala na wykonanie prac w odpowiednim terminie w bardzo sprzyjających warunkach otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego; w mniej sprzyjających warunkach i przy awarii ciągnika są one najmowane, natomiast w bardzo sprzyjających mogą świadczyć usługi,
- S_4 – gospodarstwo nie posiada własnych ciągników; wszystkie niezbędne prace wykonywane są ciągnikami najmowanymi.

Koszty eksploatacji z uwzględnieniem stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego, przy zastosowaniu jednej z czterech strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze, składać się będą z kosztów utrzymania (koszty stałe), kosztów użytkowania (koszty zmienne), ewentualnych dochodów związanych ze świadczeniem usług ciągnikiem lub kosztów najmu ciągników, kosztu alternatywnego oraz strat wynikających ze straty plonu lub jego jakości na skutek awarii i przestoju ciągnika.

Dla pierwszej, drugiej i trzeciej strategii (S_1 , S_2 i S_3) jednostkowe koszty eksploatacji ciągników wyznaczono z zależności:

$$ke(S_1, S_2, S_3) = \frac{C_m}{T} + 0,02 \cdot C_m + K_{ub} + \frac{k_n \cdot C_m}{T_h \cdot 100} + 1,2 \cdot Z_p \cdot C_p + \frac{\sum A \cdot P \cdot C_p \cdot S_p}{W_{rG} + W_{rZ}} + \frac{\sum T_{wc} \cdot C_{wc}}{W_{rG} + W_{rZ}} - \frac{\sum (T_{pz} \cdot C_{wu} + Z)}{W_{rG} + W_{rZ}} + \frac{C_m \cdot i}{W_{rG} + W_{rZ}} \left[\frac{zt}{h} \right] \quad (1)$$

Tabela 1. Charakterystyka sytuacji w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym gospodarstwa rolnego dla założonych strategii

Przyjęta strategia	Możliwe sytuacje w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym				
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
S ₁	długi czas przeglądów okresowych; 20% godz. wykonanych przez ciągniki z najmu; 8% – straty plonu na skutek przestoju; 30% wykonania zleconych prac na zewnątrz; krótki okres wykonania zabiegów agrotechnicznych spowodowany niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi;	15% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 5% – straty plonu na skutek przestoju; 35% wykonania zleconych prac na zewnątrz; krótki okres wykonania zabiegów agrotechnicznych spowodowany niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi;	10% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu w okresie spiętrzenia prac w gospodarstwie; 2% – straty plonu na skutek przestoju; 65% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	mała dostępność usług na rynku; cena usług podwyższona o 10%; 5% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 1% – straty plonu na skutek przestoju; 80% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	mała dostępność usług na rynku; cena usług podwyższona o 20%; 100% wykonania zleconych prac na zewnątrz;
S ₂	awaria dwa razy w roku; awaria usuwana we własnym gospodarstwie, czas oczekiwania na części 8 dni; 30% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 14% straty plonu na skutek przestoju; 20% wykonania zleconych prac na zewnątrz; krótki okres wykonania zabiegów agrotechnicznych spowodowany niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi;	awaria raz w roku; czas oczekiwania na serwis 7 dni; 20% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 8% – straty plonu na skutek przestoju; 30% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	awaria raz w roku; czas oczekiwania na serwis 5 dni; 15% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 5% straty plonu na skutek przestoju; 50% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	awaria raz w roku; mała dostępność usług na rynku; cena usług podwyższona o 5%; 10% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 3% straty plonu na skutek przestoju; 70% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	100% godzin wykonanych własnym ciągnikiem; 90% wykonania zleconych prac na zewnątrz;
S ₃	awaria trzy razy w roku; awaria usuwana we własnym gospodarstwie, czas oczekiwania na części 14 dni; 40% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 18% straty plonu na skutek przestoju; 10% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	awaria trzy razy w roku; awaria usuwana we własnym gospodarstwie, czas oczekiwania na części 8 dni; 30% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 11% straty plonu na skutek przestoju; 20% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	awaria dwa razy w roku; awaria usuwana we własnym gospodarstwie; czas oczekiwania na części 5 dni; 20% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 7% straty plonu na skutek przestoju; 40% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	awaria raz w roku; 15% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 5% straty plonu na skutek przestoju; 60% wykonania zleconych prac na zewnątrz;	10% godzin wykonanych przez ciągniki z najmu; 2% straty plonu na skutek przestoju; 80% wykonania zleconych prac na zewnątrz;
S ₄	mała dostępność do usług na rynku; zabiegi agrotechniczne wykonywane z opóźnieniem; 20% straty plonu na skutek przestoju; cena usług podwyższona o 20%;	mała dostępność do usług na rynku; zabiegi agrotechniczne wykonywane z opóźnieniem; 10% straty plonu na skutek przestoju; cena usług podwyższona o 10%;	zabiegi agrotechniczne wykonywane w terminie;	zabiegi agrotechniczne wykonywane w terminie; duża dostępność usług na rynku; cena usług obniżona o 10%;	zabiegi agrotechniczne wykonywane w terminie; duża dostępność usług na rynku; cena usług obniżona o 15%.
prawdopodobieństwo zaistnienia stanu	7	18	50	18	7

Źródło: opracowanie własne.

Jednostkowe koszty według czwartej strategii (S_4) będą stanowiły koszty poniesione na prace wykonane jednostką usługową:

$$ke(S_4) = \frac{\sum T_{wc} \cdot C_{wc}}{\sum T_{wc}} + \frac{\sum A \cdot P \cdot C_p \cdot S_p}{\sum T_{wc}} \left[\frac{zł}{h} \right] \quad (2)$$

gdzie:

C_m – cena zakupu ciągnika rolniczego [zł], K_{ub} – koszty ubezpieczenia [zł/rok], k_n ($\%C_m$) – wskaźnik kosztu napraw, T_h – zdolność przerobowa ciągnika [h], i – stopa procentowa lokaty długoterminowej, C_p – cena paliwa [zł/l] lub [zł/kg], Z – zysk z wykonanych usług [zł/rok], A – powierzchnia uprawy [ha], P – plon [t/ha], C_s – cena zbytu płodu [zł/t], T – przewidywany okres użytkowania ciągnika [lata], Z_p – średnie jednostkowe zużycie paliwa [l/h lub kg/h], T_{pz} – liczba godzin świadczenia usług ciągnikiem [h], C_{wu} – jednostkowy koszt eksploatacji ciągnika rolniczego pracującego w usługach [zł/h], T_{wc} – liczba godzin przepracowanych przez ciągnik z najmu [h], C_{wc} – stawka godzinowa za najem ciągnika zastępczego [zł/h], S_p – strata plonu na skutek niewykonania zabiegu [%], W_{rG} – wykorzystanie roczne ciągnika we własnym gospodarstwie [h], W_{rz} – wykorzystanie roczne ciągnika do świadczenia usług [h].

Aby wyznaczyć optymalną strategię wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze, należy wyznaczyć jednostkowe koszty eksploatacji [zł/h] dla strategii, które są możliwe do przyjęcia w zależności od stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego. Jednostkowe koszty eksploatacji ciągników rolniczych ustalono dla użytkowania ciągnika od 300 do 1100 godzin rocznie. Wybrano ciągniki produkowane w Polsce oraz najczęściej kupowane przez polskich rolników [Płocki 2005]. Parametry techniczne tych ciągników, takie jak moc silnika i jednostkowe zużycie paliwa, przyjęto na podstawie danych publikowanych przez producentów. Do obliczeń uwzględniono średnią cenę oleju napędowego w 2009 roku, która wyniosła 4,06 zł/l [IERiGŻ 2009]. Założono, że maksymalna liczba godzin świadczenia usług, będzie równa 100, stawka godzinowa za wynajem ciągnika zastępczego będzie równa średniej wartości kosztów eksploatacji dla ciągników z danej strategii i przy danym wykorzystaniu rocznym ciągnika, obliczonych za pomocą metodyki zaproponowanej przez Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa [Muzalewski 2005]. Zysk z wykonanej usługi przyjęto na poziomie 10% wartości poniesionych kosztów eksploatacji ciągnika. W obliczeniach przyjęto koszt kapitału zaangażowanego w zakup ciągnika na poziomie 5,6% (średnia wartość oprocentowania 12-miesięcznych lokat terminowych oferowanych przez 10 największych banków funkcjonujących w Polsce). Procentową stratę plonu na skutek niewykonania zabiegu określono na podstawie strat plonu dla danej strategii. Ponadto, w obliczeniach przyjęto powierzchnię, na której wystąpiła utrata plonu wynosząca 40 ha, planowany plon 6 t/ha oraz średnią cenę zbytu produktów rolnych 600 zł/t. Dla tej powierzchni i ciągników o mocy od 60 do 90 kW przedstawiono pełny tok obliczeń i analiz, natomiast dla powierzchni 20 i 60 ha, na której wystąpiła strata plonu i ciągników o mocy od 40 do 60 i od 90 do 150 kW końcowe wyniki przedstawiono w tabeli 10.

Przykładowe wyposażenie w ciągniki rolnicze w gospodarstwach rolnych o powierzchni 50, 100, 220 ha i założonej strategii przedstawiono w tabeli 2. Z przedstawionej grupy ciągników do gospodarstwa można dobrać ciągniki różnych producentów lub kilka ciągników jednego producenta, co byłoby uzasadnione ze względu na użytkowanie i serwis.

W celu wyznaczenia optymalnego wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rol-

nicze najbardziej wskazane jest wykorzystanie kryteriów indywidualnego wyboru, będących elementami teorii gier. Wyposażenie gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze należy analizować w zależności od wielkości kosztów eksploatacji, a wyboru optymalnej strategii można dokonać przy zastosowaniu dwóch grup kryteriów indywidualnego wyboru. W pierwszym przypadku analiza prowadzona jest z wyznaczonym lub założonym prawdopodobieństwem zaistnienia stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego. Do pierwszej grupy kryteriów zalicza się maksymalną średnią wygraną oraz minimalne średnie ryzyko, zaś do drugiej grupy, o nieznanym prawdopodobieństwie zaistnienia stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego, zaliczamy trzy kryteria: maksymalnego pesymizmu, minimalnego ryzyka oraz pesymizmu – optymizmu.

Tabela 2. Przykładowe wyposażenie gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze w zależności od powierzchni gospodarstwa i założonej strategii

Powierzchnia gospodarstwa [ha]	Strategia	Charakterystyka wyposażenia		
		rodzaj ciągnika	moc [kW]	cena* [zł]
50	S1	McCormick GM 55	39,9	163 285
	S2	PRONAR 5112	60,0	125 782
	S3	CASE JX 60	43,5	80 400
100	S1	LAMBORGHINI R2. 56 Target	40,4	172 606
		McCormick MC 115	87,0	264 203
	S2	NEW HOLLAND TCE 55	39,8	101 400
		JOHN DEERE 6420S	88,0	194 164
	S3	MASY FERGUSON 5425	60,0	91 000
		ZETOR 10641 Forterra TURBO-EKO	76,0	149 989
220	S1	McCormick GM 55	39,9	163 285
		LAMBORGHINI R6.110 E3	82,0	351 848
		CASE Puma 210	150,0	506 393
	S2	NEW HOLLAND TCE 55	39,8	101 400
		JOHN DEERE 6420S	88,0	194 164
		Fendt Favorit 712 Vario	99,0	295 025
	S3	MASY FERGUSON 5425	60,0	91 000
		PRONAR 1025 A	77,0	139 080
		URSUS 1614	114,0	157 900

* Średnie ceny brutto w kwietniu w 2010 roku, cena ciągnika przeliczona z kursu euro według NBP z dnia 01.04.2010 r. Źródło: opracowanie własne.

WYNIKI BADAŃ

Wielkość jednostkowych kosztów eksploatacji przy zastosowaniu jednej z czterech strategii waha się od 70,6 zł/h do 267,9 zł/h. Na wielkość tych kosztów główny wpływ mają: założona strategia wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze, stan w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym i roczne wykorzystanie ciągnika w gospodarstwie.

Tabela 3. Jednostkowe koszty eksploatacji ciągnika rolniczego w zależności od przyjętej strategii, liczby godzin wykorzystania w ciągu roku i stanu otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego gospodarstwa rolnego [zł/h]

Wykorzystanie w ciągu roku [h]	Założona strategia	Założone stany w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym				
		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
300	S ₁	267,9	231,6	184,2	148,1	131,1
	S ₂	215,6	172,6	142,4	122,3	94,1
	S ₃	225,4	177,3	135,6	113,3	85,6
	S ₄	230,3	198,3	144,3	129,9	122,6
500	S ₁	182,9	162,0	135,6	114,2	104,0
	S ₂	146,4	122,6	105,6	94,0	76,9
	S ₃	152,2	126,3	103,0	90,3	74,1
	S ₄	165,4	143,9	109,2	98,3	92,8
700	S ₁	152,9	138,2	120,7	105,5	98,6
	S ₂	122,1	105,7	94,3	86,5	74,5
	S ₃	126,1	108,4	92,7	84,2	73,0
	S ₄	141,3	124,1	97,4	87,6	82,8
900	S ₁	135,8	124,5	111,5	100,1	94,5
	S ₂	108,4	95,9	87,4	81,7	72,4
	S ₃	111,7	98,3	86,5	80,2	71,7
	S ₄	127,7	112,8	90,5	81,5	77,0
1100	S ₁	124,7	115,6	105,3	95,8	91,6
	S ₂	99,6	89,5	82,8	78,2	70,8
	S ₃	102,7	91,9	82,4	77,5	70,6
	S ₄	118,9	105,5	86,1	77,5	73,2

Źródło: badania własne.

Zmniejszanie jednostkowych kosztów eksploatacji ciągników rolniczych wraz z poprawą warunków otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego jest dość oczywiste, bowiem wynika z większego rocznego wykorzystania ciągnika w gospodarstwie. Z danych przedstawionych w tabeli 3. wynika, iż przyjęcie różnych strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki

rolnicze w różnych stanach otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego i przy zróżnicowanej liczbie godzin przepracowanych przez ciągnik w ciągu roku prowadzi do otrzymania dużej liczby znacznie różniących się wyników.

Przy przyjęciu kryterium maksimum średniej wygranej optymalna jest ta strategia wyposażenia, dla której suma wartości $M(S_i, Y_j)$ przyjęta z poszczególnych kolumn tabeli 4. jest minimalna.

Tabela 4. Suma wartości $M(S_i, Y_j)$ dla kryterium maksymalnej średniej wygranej w zależności od wykorzystania rocznego ciągnika rolniczego

Założona strategia	Roczne wykorzystanie ciągnika [h]				
	300	500	700	900	1100
	$\sum_{j=1}^5 P_j M(S_i, Y_j)$				
S ₁	188,40	137,62	121,81	112,29	105,81
S ₂	145,96	107,40	95,49	88,32	83,52
S ₃	141,87	106,33	94,92	88,22	83,82
S ₄	141,50	116,25	102,47	94,57	89,45

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 4. można stwierdzić, że wybór optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze według tego kryterium nie jest trudny. Przy tym wyborze duże znaczenie ma roczne wykorzystanie ciągnika, które może być większe lub mniejsze w zależności od powierzchni gospodarstwa, struktury zasiewów i liczby godzin świadczonych usług. Przy rocznym wykorzystaniu ciągnika na poziomie 300 godzin optymalna jest strategia S_4 . Przy rocznym wykorzystaniu ciągnika przez 500-900 godzin optymalna jest strategia S_3 , zaś przy rocznym wykorzystaniu ciągnika przez powyżej 900 godzin optymalna staje się strategia S_2 .

Aby zastosować kryterium minimalnego średniego ryzyka, należy przekształcić macierz kosztów (tab. 3.) w macierz ryzyka. Według kryterium minimalnego średniego ryzyka za optimum uznaje się te wielkości, których sumy wartości w poszczególnych wierszach dążą do minimum.

Kryterium minimalnego średniego ryzyka opiera się na założeniu dużego ryzyka, którego celem jest osiągnięcie dodatkowych korzyści; w analizowanym przypadku było to zmniejszenie jednostkowych kosztów eksploatacji. Ryzyko to polega głównie na założeniu korzystnego otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego, głównie jego części obiektywnej, niezależnej od właściciela gospodarstwa (warunki atmosferyczne, rynek usług maszynowych). Z danych przedstawionych w tabeli 5. wynika, że dla gospodarstw, w których roczne wykorzystanie ciągnika jest mniejsze od 700 godzin, optymalna jest strategia S_3 . Oznacza to, że straty wynikające z awarii i nieterminowego wykonania prac agrotechnicznych rekompensują niższe koszty eksploatacji ciągnika. W takim wypadku opłaca się zakupić ciągniki tańsze na rynku, ale o niskiej niezawodności, niż droższe, ale niezawodne. W mniej sprzyjających warunkach i przy awariach ciągniki są najmowane z zewnątrz, natomiast w bardzo sprzyjających mogą świadczyć usługi. Przy wykorzystaniu rocznym powyżej 700 godzin optymalną jest strategia S_2 . Oznacza to, że wraz ze wzrostem liczby godzin pracy ciągnika w gospodarstwie lub poza nim należy wnikliwiej analizować wielkość ponoszonego ryzyka i dodatkowych zysków lub strat.

Kryterium maksymalnego pesymizmu Walda zakłada, że nawet dla najbardziej niesprzyjającego stanu otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego gwarantowana jest minimalna „wygrana”. Wartości S_i dla kryterium maksymalnego pesymizmu w zależności od wykorzystania rocznego i strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 5. Zsumowane wartości S_i dla kryterium minimalnego średniego ryzyka w zależności od rocznego wykorzystania ciągnika rolniczego

Założona strategia	Roczne wykorzystanie ciągnika [h]				
	300	500	700	900	1100
	$\sum_{j=1}^5 P_j R(S_i, Y_j)$				
S_1	48,05	32,36	27,66	24,73	22,61
S_2	5,61	2,14	1,34	0,65	0,33
S_3	1,53	1,07	0,77	0,66	0,63
S_4	15,57	10,99	8,31	7,01	6,26

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Wartość S_i dla kryterium maksymalnego pesymizmu w zależności od strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i wykorzystania rocznego

Założona strategia	Roczne wykorzystanie ciągnika [h]				
	300	500	700	900	1100
	$\min_i \max_j M(S_i, Y_{rj})$				
S_1	267,85	182,90	152,90	135,79	124,75
S_2	215,64	146,41	122,10	108,42	99,64
S_3	225,41	152,20	126,08	111,73	102,65
S_4	230,34	165,35	141,34	127,72	118,94

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7. Wartość S_i dla kryterium minimalnego ryzyka w zależności od strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i wykorzystania rocznego

Założona strategia	Roczne wykorzystanie ciągnika [h]				
	300	500	700	900	1100
	$\min_i \max_j R(S_i, Y_{rj})$				
S_1	58,95	39,39	32,55	28,60	26,03
S_2	9,06	3,69	2,36	1,44	0,79
S_3	9,77	4,99	3,98	3,31	3,01
S_4	37,02	21,27	19,24	19,30	19,29

Źródło: opracowanie własne.

zależności od strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i wykorzystania rocznego przedstawiono w tabeli 7.

Według tego kryterium jako podstawę zakłada się ryzyko, dlatego też kryterium to jest odpowiednie dla tych, którzy lubią podejmować ryzyko. Ryzyko to jest jednak umiarkowane, ponieważ jako podstawę przyjmuje się jego wartość minimalną. Z tabeli 7. wynika, że optymalną strategią według tego kryterium jest strategia S_2 . W takim wypadku bardziej opłaca się zakupić ciągniki o średniej cenie na rynku i o średniej niezawodności niż droższe, ale niezawodne.

Przy uwzględnieniu kryterium pesymizmu – optymizmu Hurwicza, zakłada się pewien kompromis podczas wyboru ostatecznej decyzji między lekkomyślnym ryzykiem (optymizmem) a skrajnym pesymizmem. Wartości S_i dla kryterium pesymizmu – optymizmu, w zależności od strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i wykorzystania rocznego, przedstawiono w tabeli 8.

W rozpatrywanym przypadku współczynnik k określono dzięki ekspertom, a jego wartość wynosiła 0,4, co oznacza, że w 40% każda strategia jest pesymistyczna i w 60% optymistyczna. Według danych przedstawionych w tabeli 8., optymalną strategią dla wykorzystania rocznego 300 godzin jest strategia S_3 . Przy wyższym wykorzystaniu rocznym optymalna staje się strategia S_2 . Jak wynika z przedstawionych analiz, przy określaniu jednostkowych kosztów eksploatacji ciągników rolniczych z uwzględnieniem ich awaryjności, bardzo ważnym czynnikiem jest ich roczne wykorzystanie. Dlatego też przy wyznaczeniu końcowej i optymalnej strategii ważne jest przeanalizowanie, jak ulegają zmianie optymalne strategie wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze dla poszczególnych kryteriów w zależności od rocznego wykorzystania, mocy ciągnika i powierzchni, na której wystąpiła utrata plonu.

Tabela 8. Wartość S_i dla kryterium pesymizmu – optymizmu w zależności od strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze i wykorzystania rocznego dla współczynnika $k = 0,4$

Założona strategia	Roczne wykorzystanie ciągnika [h]				
	300	500	700	900	1100
	$\min_i [k \max_j M(S_i, Y_j) + (1 - k) \min_j M(S_i, Y_j)]$				
S_1	185,80	135,55	120,29	111,04	104,84
S_2	142,71	104,71	93,56	86,83	82,32
S_3	141,54	105,34	94,20	87,68	83,39
S_4	165,72	121,83	106,19	97,27	91,49

Źródło: opracowanie własne.

Z danych przedstawionych w tabeli 6. wynika, że wybór optymalnej strategii według tego kryterium jest jednoznaczny: optymalna jest strategia S_2 . W takiej sytuacji właściciele gospodarstwa powinni szukać możliwości świadczenia usług.

Wyznaczenia optymalnej strategii według kryterium minimalnego ryzyka Sevice'a, dokonuje się nie według „wygranej”, lecz według ryzyka. Wartość S_i dla kryterium minimalnego ryzyka w

Tabela 9. Zestawienie najbardziej korzystnych strategii według rozpatrywanych kryteriów w zależności od wykorzystania rocznego ciągnika rolniczego

Wykorzystanie roczne [h]	Kryterium wyznaczenia optymalnej strategii				
	maksymalnej średniej wygranej	minimalnego średniego ryzyka	maksymalnego pesymizmu	minimalnego ryzyka	pesymizmu - optymizmu
300	S ₄	S ₃	S ₂	S ₂	S ₃
500	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
700	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
900	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂
1100	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 9. przedstawiono, jak zmienia się optymalna strategia dla ciągników o mocy od 60 do 90 kW i powierzchni 40 ha, na której nastąpiła utrata plonu.

Wybór ostatecznej i optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze przy wykorzystaniu rocznym 300 godzin nie jest jednoznaczny, gdyż strategię S₂ i S₃ są optymalne według dwóch rozpatrywanych kryteriów. Dlatego też należy zazna-

Tabela 10. Zestawienie strategii według rozpatrywanych kryteriów, wykorzystania rocznego, powierzchni, na której nastąpiła utrata plonu i mocy ciągników

Wykorzystanie roczne	Powierzchnia 60 ha					Powierzchnia 40 ha					Powierzchnia 20 ha				
	Ciągniki o mocy 40-60 kW														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
300	S ₄	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
500	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
700	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
900	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
1100	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
Ciągniki o mocy 60-90 kW															
300	S ₄	S ₄	S ₂	S ₂	S ₂	S ₄	S ₃	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₂	S ₃	S ₃
500	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
700	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂
900	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂
1100	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂
Ciągniki o mocy 90-150 kW															
300	S ₄	S ₄	S ₃	S ₃	S ₂	S ₄	S ₃	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃
500	S ₄	S ₄	S ₃	S ₃	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃
700	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃
900	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃
1100	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃

Oznaczenia: kryterium 1 – maksymalnej średniej wygranej, 2 – minimalnego średniego ryzyka, 3 – maksymalnego pesymizmu, 4 – minimalnego ryzyka, 5 – pesymizmu – optymizmu.

Źródło: opracowanie własne.

czyć, że jeżeli w analizowanych gospodarstwach sytuacja w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym będzie bardziej sprzyjająca od założonej w tabeli 1. to strategię S_3 należy przyjmować jako optymalną, natomiast gdy w gospodarstwach rolnych, w których sytuacja w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym będzie gorsza od przedstawionych w tabeli 1, jako optymalną należy wybrać strategię S_2 .

Wybór optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze przy wykorzystaniu rocznym od 500 do 1100 godzin jest prostszy. Z wyników uzyskanych i przedstawionych w tabeli 10. wynika, że dla takiego wykorzystania rocznego ciągnika należy się zdecydować na strategię S_2 , która jest optymalna dla 3 lub 4 spośród 5 analizowanych kryteriów. W tabeli 10. przedstawiono zmiany optymalnej strategii dla ciągników z przedziału mocy od 40 do 60 kW i od 90 do 150 kW oraz dla powierzchni 20, 40 i 60 ha, na której nastąpiła utrata plonu. Struktura rozpatrywanych strategii przedstawia się następująco: strategia S_1 stanowi 0%, strategia S_2 – 65%, strategia S_3 – 31%, zaś strategia – S_4 – 4%, co oznacza, że strategia S_2 jest najbardziej korzystna dla rozpatrywanych wariantów.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona w pracy metoda, w której dąży się do uzyskania najniższych kosztów eksploatacji, jak również dokonana na jej podstawie analiza, umożliwiły wyznaczenie optymalnej strategii wyposażenia gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze. Przy czym pojęcie najniższe koszty eksploatacji obejmuje koszty ponoszone w całym przedziale rozpatrywanych stanów otoczenia przyrodniczo-ekonomicznego gospodarstwa rolnego. Z przeprowadzonej analizy wynika, że optymalnym wyposażeniem gospodarstwa rolnego w ciągniki rolnicze jest strategia S_2 . Strategia S_1 nie jest wskazana dla gospodarstw rolnych, ponieważ generuje bardzo duże koszty eksploatacji ciągników rolniczych przy małym prawdopodobieństwie wystąpienia bardzo niekorzystnych warunków w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym. Należy zaznaczyć, że jeżeli powstaną sprzyjające warunki w otoczeniu przyrodniczo-ekonomicznym, pozwalające na wykonanie usług dla innych producentów, np. w ramach grup producenckich, a sytuacja taka będzie trwała w długim okresie (8-12 lat), to można przyjąć za optymalną strategię S_1 .

Strategia S_4 bazuje na korzystaniu z usług, może być przyjęta, jako optymalna dla małych gospodarstw rolnych, których sytuacja finansowa nie pozwala na kupno własnych ciągników i maszyn rolniczych. Sytuacja taka może zaistnieć w gospodarstwach, w których roczne wykorzystanie ciągnika jest niskie i nie przekracza 300 godzin. Dla dużych gospodarstw rolnych trudno przyjąć tę strategię jako optymalną ze względu na niestabilność rynku usług i duże ryzyko poniesienia strat na skutek niewykonania prac w optymalnym terminie agrotechnicznym, jak również ze względu na wysoki koszt najmu ciągników spoza gospodarstwa.

LITERATURA

- Izdebski W. 2003: *Strategie wyposażenia gospodarstw rolnych w kombajny zbożowe*, Wyd. SGGW, Warszawa.
- Muzalewski A. 2005: *Koszty eksploatacji maszyn*, Wyd. IBMER, Warszawa.
- Muzalewski A. 2007. *Model optymalizacji wyboru pomiędzy zakupem maszyny a najmem usługi*, „Problemy Inżynierii Rolniczej”, nr 2(90).

- Pasyniuk P. 2005: *Nowe ciągniki w polskim rolnictwie – sprzedaż i ceny*, „Wieś Jutra”, nr 85/86, s. 25-26.
- Płocki K. 2005: *Serwis ciągników*, „Rolniczy Przegląd Techniczny”, nr 4, s. 32.
- Rynek środków produkcji i usług dla rolnictwa*, IERiGŻ-PIB, nr 36, 2009.

Stanisław Zajęc, Dariusz Kusz

OPTIMAL FARM EQUIPMENT WITH TRACTORS

Summary

The paper presents a method and conducted based on it analysis that gives the possibility to develop the optimal strategy for farm equipment with agricultural tractors which allows to obtain relatively lowest operating costs in a changing natural and economic environment. The analysis showed that the optimum strategy for farm equipment, agricultural tractors is the strategy S_2 . The analysis clearly indicates that the strategy S_1 is not indicated for the farm while the S_4 strategy can be accepted, as optimal for small farms.

Adres do korespondencji:

mgr inż. Stanisław Zajęc
Państwowa Wyższa szkoła zawodowa w Krośnie
Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich
ul Rynek 1
38-400 Krosno
tel. (13) 437 55 50
e-mail: zajacstanislaw@op.pl

dr inż. Dariusz Kusz
Politechnika Rzeszowska
Wydział Zarządzania i Marketingu
Katedra Gospodarki Żywności i Towaroznawstwa
al. Powstańców Warszawy 8
tel. (17) 865 11 64
e-mail: dkusz@prz.edu.pl