

JAK TWORZYĆ I EFEKTYWNIIE UŻYTKOWAĆ AGREGATY ZRYWKOWE Z PRZYCZEPĄ NASIĘBIERNĄ.

Część 2. Wpływ długości drewna na efekty zrywki przyczepą nasiębierną

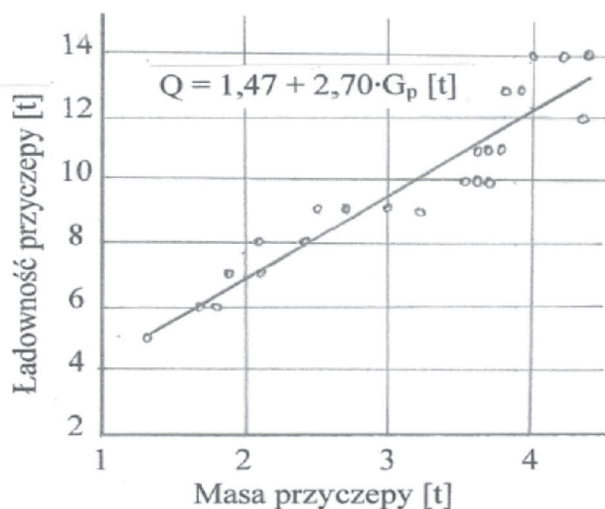
Streszczenie

Ładowość oferowanych na rynku przyczep nasiębiernych do zrywki drewna zawiera się w granicach od 3 do 14 ton. Parametr ten różnicuje odpowiednio cenę przyczepy i towarzyszącego jej ciągnika. Ma więc istotny wpływ na wydajność pracy i koszty eksploatacji agregatu. Jednak aby dokonać wyboru optymalnego zestawu, konieczne jest uwzględnienie też długości transportowanego drewna. Zmiana długości wyrabianych sortymentów jest bowiem znaczna. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w przypadku gdy przyczepa nie ma możliwości zmiany standardowych wymiarów skrzyni ładownej najkorzystniejsze efekty zapewnia agregat największy z rozważanych.

Słowa kluczowe: zrywka drewna, ciągnik rolniczy, przyczepa z żurawiem hydraulicznym, wydajność, koszty eksploatacji

Parametry techniczne przyczep nasiębiernych

Aktualnie na rynku maszyn leśnych znajduje się bardzo duża ilość przyczep zrywkowych o różnych parametrach technicznych i rozwiązaniach konstrukcyjnych. Na przykład tylko firma Kellfri oferuje odbiorcom 25 różnych modeli, a firm takich jest wiele. Zatem, jaką przyczepę - o jakich parametrach technicznych, wyposażoną w jaki żuraw - należy nabyć, by uzyskiwać najkorzystniejsze efekty pracy?



Rys. 1. Zależność ładowności przyczepy zrywkowej od jej masy własnej

Fig. 1. Dependence of trailer load capacity on its own weight

Podstawowym parametrem technicznym przyczepy nasiębiernej jest jej ładowność. Oferowane są przyczepy o ładowności od 3 do 14 ton. Stosownie do ładowności przyczepa ma odpowiednią masę własną wynikającą z warunków konstrukcyjnych oraz skrzynię ładowną o wymiarach przestrzennych umożliwiających pomieszczenie odpowiedniej ilości drewna.

Przykładową zależność ładowności od masy własnej przyczepy modeli oferowanych przez firmę Kellfri przedstawiono na rys. 1. Przebieg funkcji wskazuje, że ładowność przyczepy zrywkowej zwiększa się proporcjonalnie z jej masą własną. W przypadku modeli Kellfri można przyjąć, że ładowność przyczepy jest ok. 3,5-krotnie większa od jej masy własnej.

Charakterystycznymi parametrami skrzyni ładownej przyczepy zrywkowej są pole powierzchni poprzecznej określone rozstawieniem kłonic na tej samej ławie i ich wysokością oraz jej długość (liczona od kraty oporowej do końca podłużnic). W oferowanych na rynku modelach pierwszy parametr zawiera się w przedziale od 1,40 do 3,45 m², drugi od 2,5 do 5,5 m. Z reguły przyczepa o małym polu poprzecznym ma też niewielką długość. Określona tymi parametrami objętość skrzyni może wynosić od 3,5 do 19 m³. Objętość drewna umieszczona na przyczepie, jeśli nie przekracza ładowności, może być większa, ponieważ drewno okrągłe może wystawać poza podłużnice ramy o 0,5-1,0 m zależnie od długości sortymentu.

Ważnym elementem przyczepy samoładowniczej jest żuraw hydrauliczny. Jego parametry mają duży wpływ na czas za- i wyładunku drewna. Charakterystycznymi parametrami żurawia są: wysięg, udźwig i pole poprzeczne uchwytu chwytaka. Wysięg żurawia montowanych na przyczepach zrywkowych wynosi od 5 do 9 m, udźwig od 4 do 8 kN, pole poprzeczne uchwytu chwytaka od 0,12 do 0,25 m². Wartości tych parametrów są skorelowane z wielkością (ładownością) przyczepy, są one tym większe, im większa jest jej ładowność. Ograniczony wysięg żurawia wymusza, by przygotowane do zrywki drewno znalazło się w dostatecznej bliskości drogi (szlaku) przemieszczania się agregatu.

Charakterystyka agregatów i koszty ich pracy

Różnorodność warunków użytkowania agregatów zrywkowych sprawia, że wybór dla nich odpowiednich zestawów, nie jest łatwy. Wymaga bowiem uwzględnienia szeregu czynników.

W niniejszym opracowaniu dla przykładu przedstawiono analizę efektów pracy trzech zestawów różniących się ładownością przyczepy: Q = 6, 10 i 14 ton dokonujących zrywki drewna pozyskanego z trzebieży. Przyjmuje się, że z drzewostanu o zasobności 200 m³/ha pozyskano 50 m³/ha. Obłożenie szlaków technologicznych (q_a) wykonanych w odstępach 20 m (rys. 2) wynosi więc 0,1 m³/m długości szlaku [3]. Z pozyskanego drewna przewidziano wyrabianie sortymentów o różnej długości: od 2,0 do 5,2 m.

W stworzonych dla analizy agregatach charakterystyczne

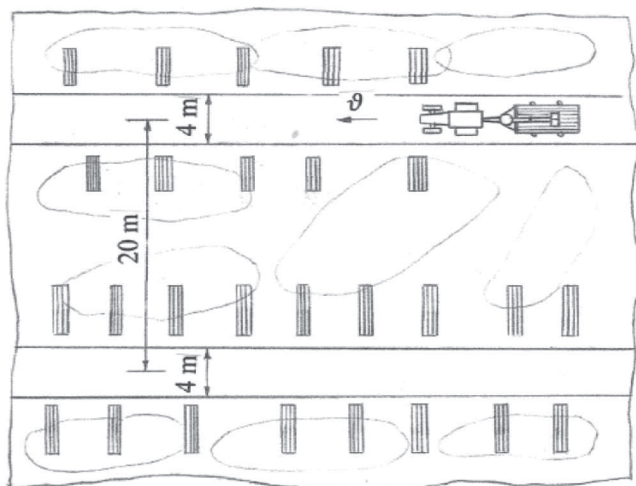
Tab. 1. Parametry agregatów
Table 1. Aggregate parameters

Nr agregatu	Parametry przyczepy								Parametry ciągnika			
	Ładowność		Masa	Skrzynia ład.		Żuraw		Cena (brutto)	Masa	Moc	Zużycie paliwa	Cena (brutto)
				Pole poprz.	Długość	Udźwig	Pole chw.					
	t	m ³	t	m ²	m	kN	m ²	zł	t	kW	dm ³ /h	zł
1	6	7,0	1,6	1,9	3,4	4,8	0,16	35 400	3,8	55	7,55	135 300
2	10	12,0	2,0	2,3	3,8	7,0	0,20	54 300	6,0	85	9,65	209 100
3	14	16,5	2,4	2,9	4,2	7,6	0,24	73 100	8,2	115	11,75	282 900

Przeliczenia ładowności w m³ dokonano przy założeniu gęstości drewna 0,85 t/m³.

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

parametry skrzyni ładownej przyczepy, żurawia i ciągnika dobrano odpowiednio do ładowności przyczepy zgodnie z ogólnie przyjętymi wymaganiami technicznymi. Przedstawiono je w tab. 1.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 2. Schemat powierzchni trzebieżowej
Fig. 2. Scheme of the thinning area

Do określenia kosztów pracy agregatów przyjęto następujące założenia: okres amortyzacji ciągnika i przyczepy $T_a = 7$ lat, liczbę godzin pracy w roku $N_r = 1500$, cenę paliwa $C_{pl} = 4,50$ zł/dm³, wskaźnik kosztów napraw $\beta_n = 0,7$, wskaźnik kosztów zużycia smarów $\beta_s = 0,1$, wskaźnik narzutów na płacę $\beta_r = 0,25$ i płacę operatora $P_r = 40$ zł/h. Obliczone z podanego w części 1 [3] wg wzoru (11), wartości kosztów godzinowych użytkowania agregatów i ich strukturę przedstawiono w tab. 2.

Wraz z wielkością agregatu i odpowiednio wyższą ceną ciągnika i przyczepy wzrastają też koszty całkowite jego użytkowania. Przy przyjętych założeniach godzina pracy agregatu z przyczepą o ładowności 6 t kosztuje 115,01 zł, gdy agregatu z przyczepą o ładowności 14 t - 165,80 zł. W przypadku agregatu z najmniejszą przyczepą największy udział w kosztach ma płaca operatora (43,48%), natomiast z przyczepą największą - zużycie paliwa (35,08%).

Do analizy wydajności zrywki, korzystając z badań własnych [1, 2], przyjmuje się: prędkości przejazdów - bez

Tab. 2. Struktura kosztów eksploatacji agregatów zrywkowych
Table 2. The cost structure of the hauling aggregates' operation

Nr agregatu	Całkowite		Amortyzacja i naprawy		Paliwo i smary		Płaca i składki	
	zł/h	%	zł/h	%	zł/h	%	zł/h	%
1	115,01	100	27,64	24,03	37,37	32,49	50,00	43,48
2	140,42	100	42,65	30,37	47,77	34,02	50,00	35,61
3	165,80	100	57,64	34,76	58,16	35,08	50,00	30,16

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

ładunku $\vartheta_1 = 1,5$ m/s (5,4 km/h), zmiany miejsca załadunku drewna $\vartheta_2 = 0,5$ m/s (1,8 km/h), z ładunkiem $\vartheta_3 = 1,25$ m/s (4,5 km/h) oraz współczynnik wypełnienia pola poprzecznego skrzyni ładownej przyczepy drewnem okrągłym $k_1 = 0,785$, czas cyklu pracy żurawia $t_0 = 30$ s, współczynnik wypełnienia pola chwytaka przy załadunku $k_2 = 0,5$ i wyładunku $k_4 = 0,8$, współczynnik wykorzystania dyspozycyjnego czasu pracy $k_{07} = 0,6$. Dla założonych warunków podany w cz. 1 opracowania [3] wzór (8) określający czas cyklu przyjmuje następującą postać:

$$t_c = 1,47 \cdot L + \left(20 + \frac{97,5}{F_{ch} \cdot L_d} \right) \cdot Q_d \quad [s], \quad (1)$$

gdzie:

F_{ch} pole powierzchni uchwytu chwytaka żurawia, m²,

L odległość zrywki, m,

L_d długość drewna, m,

Q_d ładunek drewna, m³.

W zależności od liczby rzędów drewna wielkość ładunku określają następujące zależności:

$$Q_d = F_p \cdot L_d \cdot k_1 \quad [m^3], \quad (2)$$

gdy drewno jest ułożone w jednym rzędzie,

$$Q_d = 2 \cdot F_p \cdot L_d \cdot k_1 \quad [m^3], \quad (3)$$

gdy drewno jest ułożone w dwóch rzędach,

gdzie: F_p pole poprzeczne skrzyni ładownej przyczepy w m².

Uwzględniając zależności (2) lub (3) wzór określający czas cyklu przyjmuje postać następująca:

$$t_c = 1,47 \cdot L + \left(15,7 \cdot L_d + \frac{96,5375}{F_{ch}} \right) \cdot F_d \quad [s], \quad (4)$$

gdy drewno jest w jednym rzędzie,

$$t_c = 1,47 \cdot L + \left(31,4 \cdot L_d + \frac{153,075}{F_{ch}} \right) \cdot F_d \quad [s], \quad (5)$$

gdy drewno jest w dwóch rzędach.

Przeciętna odległość zrywki drewna w lasach polskich wynosi ok. 500 m. Przyjmując tę wartość do ustalenia dla każdego agregatu formuł określających zmianę wielkości jednorazowego ładunku (Q_d), wydajności eksploatacyjnej (W_{07}) i kosztów jednostkowych. Przedstawiono je w tab. 3.

Tab. 3. Formuły opisujące wpływ długości sortymentów na wielkość zrywanego ładunku (Q_d), wydajność eksploatacyjną (W_{07}) i koszty jednostkowe agregatów

Table 3. Formulas describing the influence of the length of the assortments on the size of the hauled load (Q_d), operating productivity (W_{07}) and unit costs of aggregates

Nr agregatu	Ładowność Q [m^3]	Liczba rzędów	Długość drewna L_d [m]	Wielkość ładunku Q_d [m^3]	Wydajność eksploatacyjna W_{07} [m^3/h]	Koszt jednostkowy k_j [zł/ m^3]
1	7	1	2,2 do 4,4	$1,4915 \cdot L_d$	$\frac{3222 \cdot L_d}{1644 + 29,83 \cdot L_d}$	$1,06 + \frac{58,69}{L_d}$
		2	2,0 do 2,2	$2,9830 \cdot L_d$	$\frac{6444 \cdot L_d}{2553 + 59,66 \cdot L_d}$	$1,06 + \frac{45,57}{L_d}$
2	12	1	2,4 do 4,8	$1,8055 \cdot L_d$	$\frac{3900 \cdot L_d}{1615 + 36,11 \cdot L_d}$	$1,30 + \frac{58,15}{L_d}$
		2	2,0 do 2,4	$3,6110 \cdot L_d$	$\frac{7800 \cdot L_d}{2495 + 72,22 \cdot L_d}$	$1,30 + \frac{49,92}{L_d}$
3	16,5	1	2,6 do 5,2	$2,2765 \cdot L_d$	$\frac{4917 \cdot L_d}{1660 + 45,53 \cdot L_d}$	$1,54 + \frac{55,97}{L_d}$
		2	2,0 do 2,6	$4,5530 \cdot L_d$	$\frac{9834 \cdot L_d}{2585 + 91,06 \cdot L_d}$	$1,54 + \frac{43,58}{L_d}$

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Dodatkowo założono, że najkrótszy sortyment ma długość 2 m, a najdłuższy nie powinien wystawać poza długość ramy więcej niż 1 m. Sortymenty krótkie, spełniając ten warunek, będą na przyczepie układane w dwóch rzędach.

Wykorzystując podane w tab. 3 formuły przebiegi zmian wydajności eksploatacyjnej (W_{07}), kosztów jednostkowych (k_j) i wykorzystania ładowności (100 Q_d/Q %) w zależności od długości zrywanego drewna przedstawiono na rys. 3.

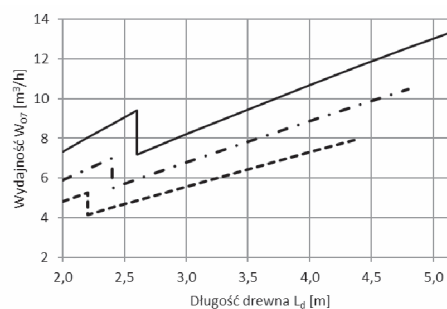
Agregat 1 (z przyczepą najmniejszą) może uzyskać wydajność od 4,8 m^3/h przy załadunku w dwóch rzędach drewna długości 2 m do 8,0 m^3/h przy załadunku w jednym rzędzie drewna długości 4,4 m. Wydajność agregatu 2 (z przyczepą średniej wielkości) może wynieść od 5,9 m^3/h przy załadunku w dwóch rzędach drewna długości 2 m do 10,5 m^3/h przy załadunku drewna długości 4,8 m. Natomiast wydajność agregatu 3 - od 7,1 m^3/h przy załadunku drewna o długości 2 m do 13,5 m^3/h przy załadunku drewna długości 5,2 m. Przy założeniu 1500 godzin pracy agregatów w roku mogą one dokonać zrywki na odległość 500 m: agregat 1 od 7200 do 12000 m^3 , agregat 2 od 8850 do 15 750 m^3 , agregat 3 od 10650 do 20250 m^3 zależnie od długości sortymentu.

Koszty jednostkowe zrywki dla podanych wyżej warunków wynoszą odpowiednio: agregatu 1 - 23,84 i 14,40 zł/ m^3 , agregatu 2 - 26,26 i 13,41 zł/ m^3 , agregatu 3 - 23,33 i 13,41 zł/ m^3 .

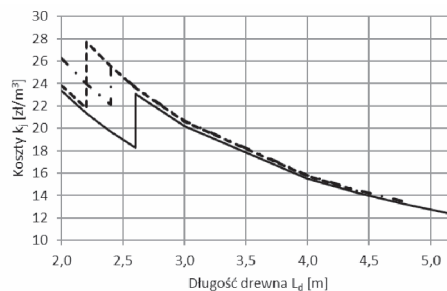
Przebiegi zmiany tak wydajności, jak i kosztów jednostkowych wykazują jednoznacznie jak duże znaczenie dla osiąganych efektów ma długość zrywanych sortymentów, gdy nie ma możliwości korygowania wymiarów skrzyni ładownej stosownie do ich długości. W takim przypadku należałoby zalecić do stosowania agregat największy z rozważanych. Ma on bowiem możliwość uzyskania znacznie większej wydajności i nieco mniejszych kosztów.

Należy jednak zwrócić uwagę na znaczenie poprawności kojarzenia agregatu przyczepy i ciągnika. W powyższych rozważaniach tworząc agregat dobrano tak parametry ciągnika, aby jego siła uciągu tylko z niewielkim nadstatkiem była większa od oporów ruchu przyczepy z pełnym ładunkiem. Zatem ciągnik agregatu 1 nie mógłby być skojarzony z pełną

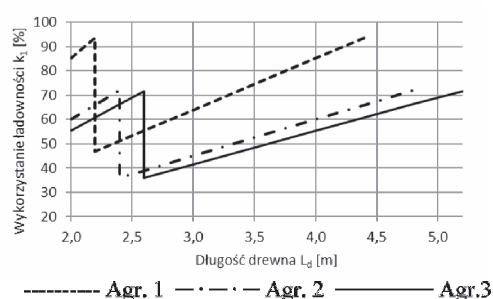
a)



b)



c)



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 3. Wpływ długości zrywanego drewna na efekty zrywki: a - wydajności eksploatacyjnej (W_{07}), b - kosztów zrywki (k_j), c - wykorzystania ładowności (k_l)

Fig. 3. Influence of the length of transported timber on skidding effects: a - operational productivity (W_{07}), b - skidding costs (k_j), c - load capacity utilization (k_l)

przyczepą agregatu 2, ale możliwe jest skojarzenie ciągnika agregatu 2 z przyczepą agregatu 1. Wydajność tak zestawionego agregatu będzie taka sama, jak poprzednio agregatu 1, ponieważ o jej wartości decydują parametry przyczepy. Jednak takie niefrasobliwe rozwiązanie spowoduje zmianę kosztów eksploatacyjnych nowego agregatu, które w tym przypadku wyniosą 137,36 zł/h. To sprawi, że koszty jednostkowe zrywki zwiększą się o 19,4%. Firma leśna dokonując odpowiedniego zakupu elementów do tworzenia agregatów zrywkowych powinna brać powyższe skutki pod uwagę. Dołączenie przyczepy o ładowności 6 t (7 m^3) do ciągnika o mocy 75 kW przy całorocznej pracy agregatu powoduje dodatkowe koszty 33525 zł, a to jest kwota bliska ceny nowej przyczepy.

Standardowe wymiary skrzyni ładownej, przy zmiennej długości sortymentów drzewnych, nie dają możliwości pełnego wykorzystania potencjalnych możliwości agregatu. Jak wynika z rys. 3c nawet, gdy długość drewna jest większa o 1 m od długości skrzyni, to ilość załadowanego drewna na każdej przyczepie jest mniejsza od jej ładowności, w najkorzystniejszym przypadku na przyczepie najmniejszej stanowi 94% jej ładowności, ale w pozostałych tylko 72%. To wskazuje na możliwość uzyskania lepszych efektów pracy agregatów

zrywkowych. Producenci dostrzegli ten problem i w ostatnich latach proponują użytkownikom nowe konstrukcje dające możliwość łatwego dostosowywania wymiarów skrzyni do długości drewna, tak aby jego ilość na przyczepie odpowiadała przewidzianej ładowności. Obecnie bez możliwości korygowania objętości skrzyni ładownej są jeszcze użytkowane przyczepy starszych typów. Omówienie sposobów zmiany wymiarów skrzyni w przyczepach nowych typów i uzyskiwane przez nie efekty zrywki będą przedmiotem rozważań trzeciej części opracowania.

Bibliografia

- [1] Więsik J.: Jak efektywnie użytkować forwardery? Cz. II. Czynniki mające wpływ na efekty pracy. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 1998, 11.
- [2] Więsik J.: Analiza zużycia paliwa przez ciągnik zrywkowy nasiębierny - forwarder. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 2003, 3.
- [3] Więsik J.: Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Cz. 1. Opis procesu zrywki nasiębiernej i zasady tworzenia agregatu. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2017, 4.

WOOD HAULING AGGREGATE WITH SELF-LOADING TRAILER. PRINCIPLES OF CREATION AND EFFECTIVE USE. PART 2. THE EFFECT OF THE LENGTH OF THE WOOD ASSORTMENTS ON THE EFFECTS OF HAULING WITH SELF-LOADING TRAILER

Summary

The load capacity of self-loaded wood hauling trailers offered on the market ranges from 3 to 14 tons. This parameter differentiates the price of the trailer and accompanying tractor accordingly. It has a significant impact on the performance and operating costs of the aggregate. However, in order to select the optimum set, the length of the transported timber must also be taken into account. The range of variability of the length of the processed assortments is significant. The analysis shows that if the trailer does not have the possibility to change the standard dimensions of the load space, the most beneficial effects will be provided by the largest aggregate.

Key words: timber hauling, agricultural tractor, trailer with hydraulic crane, efficiency, operating costs



KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

ISBN 978-83-927505-2-9

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>