

BARTŁOMIEJ NASKRENT, KRZYSZTOF POLOWY, WITOLD GRZYWIŃSKI, ANGELIKA SOB CZAK

Zrywka drewna średniowymiarowego w drzewostanach trzebieżowych przy użyciu ciągnika rolniczego z przyczepą nasiębierną

Timber extraction in thinned stands using agricultural tractor coupled with a trailer with a hydraulic crane

ABSTRACT

Naskrent B., Polowy K., Grzywiński W., Sobczak A. 2019. Zrywka drewna średniowymiarowego w drzewostanach trzebieżowych przy użyciu ciągnika rolniczego z przyczepą nasiębierną. Sylwan 163 (2): 121-129.

The amount of timber extracted from Polish forests is expected to increase in near future. The most common equipment for timber extraction is an agricultural tractor with a trailer equipped with a hydraulic crane. The research was carried out in the Wymiarki Forest District (Regional Directorate of the State Forests in Zielona Góra) in the third (TP1) and fourth age class (TP2) in Scots pine stands, during extraction of timber from thinning. Extraction was carried out using BELARUS MTZ 1221.2 agricultural tractor with PALMS 120 forest trailer equipped with PALMS 700 hydraulic crane. The scope of the study was to conduct time studies of extraction process and to estimate the extraction productivity as well as time and fuel consumption. Working time was measured by stopwatch, while the forwarding distance was determined with measuring wheel. The exact number of logs in each load was established. Average volume of each log and each load was calculated. The dominant work time category was effective working time 74.78% (TP1) and 73.60% (TP2), while the prevailing work task was loading 56.82% (TP1) and 58.99% (TP2). In older stands, the extraction productivity was higher than in younger ones reaching 11.28 and 9.62 m³/h, respectively. Statistical analysis proved that extraction distance significantly affect productivity and time consumption. With increasing extraction distance productivity decreases and time consumption increases. Fuel consumption was exactly the same in younger and older stands (0.52 l/m³).

KEY WORDS

timber extraction, time studies, forest trailer, working day photography

ADDRESSES

Bartłomiej Naskrent ⁽¹⁾ – e-mail: bartlomiej.naskrent@mail.up.poznan.pl

Krzysztof Polowy ⁽²⁾ – e-mail: krzypol@up.poznan.pl

Witold Grzywiński ⁽¹⁾ – e-mail: witold.grzywinski@up.poznan.pl

Angelika Sobczak ⁽³⁾ – e-mail: angelika.sobczak@up.poznan.pl

⁽¹⁾ Katedra Użytkowania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań

⁽²⁾ Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

⁽³⁾ Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

Wstęp

Rozwijająca się gospodarka oraz wzrost liczby przedsiębiorstw zajmujących się przetwarzaniem surowca drzewnego wiążą się z rocznym wzrostem ilości drewna pozyskiwanego w Polsce. Powszechnie wiadomo, że pozyskiwanie drewna za pomocą pilarek spalinowych jest procesem niebezpiecznym, ciężkim i mało wydajnym [Moskalik 2002; Grzywiński 2004, 2017], dlatego w okresie powojennym na szeroką skalę rozpoczęto proces wprowadzania do produkcji leśnej rozmaitych środków technicznych umożliwiających częściową lub całkowitą mechanizację prac leśnych [Barraclough 1967; Rządowski 1995; Moskalik 2009]. Nadal jednak zdecydowaną większość drewna w Polsce pozyskuje się w technologii ręczno-maszynowej. Tempo wprowadzania przez firmy leśne nowoczesnych maszyn wielooperacyjnych jest stosunkowo powolne. Wiąże się to przede wszystkim z wysokimi kosztami zakupu i eksploatacji maszyn oraz brakiem wystarczającego frontu robót [Tomczak i in. 2012].

Ręczno-maszynowe pozyskanie drewna jest procesem technologicznym polegającym na ścinie i manipulacji drzew wykonywanej przez wykwalifikowanych drwali przy użyciu pilarek spalinowych oraz zrywce pozyskanego drewna przy użyciu różnego rodzaju maszyn. Zestawy zrywkowe składające się z ciągnika rolniczego i przyczepy leśnej stały się jednymi z najbardziej powszechnie wykorzystywanych środków do nasiębiernej zrywki drewna [Karaszewski i in. 2013; Więsik 2017a]. Głównymi powodami atrakcyjności tego typu maszyn jest lepsza dostępność na rynku i niska cena [Spinelli i in. 2015; Więsik 2017a], dzięki czemu mogą sobie na nie pozwolić nawet słabsze ekonomicznie firmy leśne. W porównaniu z forwarderami ciągniki rolnicze są szybsze i bardziej mobilne, co zdecydowanie zmniejsza koszty transportu [Spinelli i in. 2015]. Istnieje również możliwość odłączenia przyczepy od ciągnika i wykorzystania go do innych zadań.

Zrywka jest pierwszym etapem transportu drewna z powierzchni, na której prowadzone było pozyskanie, do miejsca wywozu drewna. Maksymiak i Grieger [2008a] podają, że jest ona najtrudniejszym i najdroższym etapem transportu drewna, a czynnikami, które mają największy wpływ na efektywność zrywki, są otwartość powierzchni, konfiguracja terenu oraz rodzaj sortymentu. Według innych badań czynnikami najbardziej wpływającymi na pracochłonność zrywki nasiębiernej są gęstość ładunków i liczba sortymentów [Manner i in. 2013]. Więsik [2017b] badał także wpływ długości drewna na wydajność zrywki przyczepami.

Obecnie mamy do czynienia z proekologicznym modelem gospodarstwa leśnego. Jest on nastawiony na wykorzystywanie w pracach związanych z użytkowaniem lasu środków technicznych, które w jak najmniejszym stopniu obciążają środowisko. W przypadku operacji zrywki surowca drzewnego w znacznym stopniu wymagania te spełniają środki zrywkowe umożliwiające transportowanie drewna bez kontaktu z podłożem [Stemski 2012]. Przy wykonywaniu zabiegów trzebieżowych na terenach nizinnych zalecana jest metoda sortymentowa ze zrywką nasiębierną [Kapral 2004].

Prowadząc badania, należy brać pod uwagę wszystkie możliwe do pomiaru i oceny aspekty towarzyszące realizacji procesów technologicznych, a mianowicie ekologię, ergonomię i ekonomię [Giefing i in. 2012], a wprowadzaniu nowych technologii powinna towarzyszyć rejestracja i analiza osiągniętych wyników zarówno pod kątem zysków ekonomicznych, jak i poniesionych strat [Glazar, Maciejewska 2008; Glazar, Wojtkowiak 2009].

Celem pracy było ustalenie fotografii dnia roboczego, określenie struktury czasu pracy i wydajności zrywki drewna dla jednego z najczęściej stosowanych w naszym kraju wariantów technologicznych zrywki drewna w przedrębnych drzewostanach sosnowych.

Material i metody

Powierzchnie badawcze położone były na terenie Nadleśnictwa Wymiarki (RDLP Zielona Góra). Badania przeprowadzono w lutym 2016 roku na pięciu powierzchniach badawczych w leśnictwie Wymiarki (tab. 1), w drzewostanach sosnowych rosnących na siedlisku boru świeżego – w wieku 54 i 61 lat (drzewostany młodsze TP1) oraz 75 (dwie powierzchnie) i 74 lat (drzewostany starsze TP2).

Zakres badań obejmował nasiębierną zrywkę drewna w ramach zabiegu trzebieży późnej. Prace trzebieżowe zostały wykonane przez zespół wykwalifikowanych drwali. Na powierzchniach badawczych pozyskiwano wyłącznie sortymenty średniowymiarowe S2A, S2B i S4. Maszyna poruszała się po szlakach zrywkowych zaprojektowanych w odstępach co 20 m. Pozyskane drewno ułożono wzdłuż szlaków w postaci pakietów składających się z kilku do kilkunastu wałków.

Badania obejmowały obserwację pracy ciągnika rolniczego BELARUS MTZ 1221.2 sprzężonego z przyczepą leśną PALMS 122 z żurawiem hydraulicznym PALMS 700. BELARUS MTZ 1221.2 o mocy 90,4 kW i pojemności 7120 cm³ ma sześciocylindrowy silnik oraz napęd na cztery koła. Przyczepa PALMS 122 o ładowności 12 t jest wyposażona w żuraw hydrauliczny PALMS 700 o maksymalnym zasięgu 7 m i udźwigu na wysięgu 4 m wynoszącym 1150 kg. Prace terenowe polegały na pomiarze czasu trwania poszczególnych kategorii czasu roboczego, czynności wykonywanych podczas cykli roboczych, a także odległości pokonywanych przez maszynę w trakcie pracy.

Podczas prowadzenia badań na wszystkich powierzchniach maszyna była sterowana przez tego samego operatora. Sporządzono fotografię dnia roboczego oraz przeprowadzono chronometraż. Klasyfikacji czasu pracy ciągnika BELARUS MTZ 1221.2 oraz przyczepy leśnej PALMS 122 z żurawiem hydraulicznym PALMS 700 dokonano w oparciu o normę BN-76/9195-01. Natomiast pomiar odległości pozwolił określić wpływ dystansu zrywki na wydajność. Czas pracy mierzono przy użyciu stopera, a pomiaru odległości zrywki dokonywano za pomocą kółka pomiarowego firmy STANLEY.

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych
Main features of the study plots

	TP1		TP2		
	147b	147d	146a	146g	146h
Powierzchnia [ha] Area	1,43	6,72	2,49	2,7	1,11
Skład gatunkowy Species composition	So	So	So	So	So
Wiek [lata] Age [years]	54	61	74	75	75
Zadrzewienie Density	1,1	1	0,9	0,9	0,9
Bonitacja Bonitation	II	II	III	III	III
Pierśnica [cm] DBH	14	17	19	18	20
Grubizna [m ³ /ha] Volume	260	261	223	226	226
Typ siedliskowy lasu Forest site type	Bśw	Bśw	Bśw	Bśw	Bśw

Pomiar czasu i odległości rozpoczynał się każdego dnia roboczego od momentu wyjazdu na powierzchnię roboczą. Odległość pokonaną przez ciągnik podczas dojazdu na powierzchnię odczytywano z licznika samochodu. Koniec dnia roboczego następował w chwili powrotu maszyny na miejsce garażowania. Każdego dnia po zakończeniu pracy ciągnik był tankowany do pełna w celu określenia średniego zużycia paliwa. Jeden cykl roboczy trwał od momentu rozpoczęcia jazdy pustej, przez załadunek, jazdę ładowną, aż do momentu zakończenia rozładunku. W drzewostanach TP1 zarejestrowano 25 cykli roboczych, natomiast w drzewostanach TP2 26 cykli.

Podczas badań określono wydajność operacyjną $W02$ [m^3/h]:

$$W02 = Q / T02$$

gdzie:

Q – miąższość zerwanego drewna [m^3],

$T02$ – czas operacyjny [h].

Wartość Q , która stanowiła rozmiar wykonanej pracy, określono poprzez pomiar stosów zerwanego drewna osobno dla każdego sortymentu w drzewostanach młodszych i starszych. Pomiar stosów przeprowadzony został przez pracownika służby leśnej i polegał na określeniu ich długości, szerokości i wysokości. Poprzez pomnożenie tych wartości otrzymano wyniki wyrażone w metrach przestrzennych. W celu przeliczenia metrów przestrzennych na sześciennie otrzymane wyniki pomnożono przez przelicznik 0,62 stosowany w PGL LP. Określono również liczbę wałków zerwanych w każdym cyklu. Po pomiarze miąższości całego stosu podzielono ją przez liczbę wałków w stosie, co pozwoliło na obliczenie średniej miąższości wałka danego sortymentu. Dzięki temu możliwe było wyliczenie miąższości każdego ładunku. Ilość paliwa zużyta na zerwanie $1 m^3$ drewna została wyliczona ze stosunku ogólnej ilości zużytego paliwa do miąższości zerwanego drewna.

Opracowanie statystyczne wyników przeprowadzono w programie Statistica 12. Różnice pomiędzy wydajnościami oceniono za pomocą testu t-Studenta na poziomie istotności $p=0,05$, natomiast korelacje między odległością zrywki a pracochłonnością określono analizą korelacji rang Spearmana, również na poziomie istotności $p=0,05$.

Wyniki

Łączny czas pracy maszyn wyniósł 16 h 29 min i 10 s w drzewostanach młodszych oraz 20 h 30 min i 15 s w drzewostanach starszych. Ogólna miąższość zerwanego drewna wyniosła $113,40 m^3$ w drzewostanach młodszych (TP1) i $167,5 m^3$ w drzewostanach starszych (TP2). Łączny dystans przejechany przez maszynę wyniósł 17,25 km w drzewostanach młodszych oraz 21,23 km w drzewostanach starszych.

Kategorią, która stanowiła największą część ogólnego czasu pracy, był czas efektywny T1, odpowiednio 74,78 i 73,60% dla powierzchni TP1 oraz TP2 (tab. 2). Kolejnymi kategoriami stanowiącymi znaczący odsetek ogólnego czasu pracy maszyny były czas przyjazdu na powierzchnię (5,59% w TP1 i 2,93% w TP2) oraz czas powrotu (4,89% w TP1 i 3,94% w TP2). Podczas pracy nie zabrakło również czasu na odpoczynek i regenerację. Na posiłki operator poświęcił 5,74% czasu (TP1) oraz 5,19% (TP2), natomiast przerwy fizjologiczne zajęły odpowiednio 0,46 i 1,14%.

Efektywny czas pracy wyniósł łącznie 27 h 25 min i 9 s, w tym 12 h 19 min i 40 s w TP1 oraz 15 h 5 min i 29 s w TP2. Czas trwania jednego cyklu w drzewostanach młodszych wahał się w przedziale od 18 min i 20 s do 47 min i 35 s, średnio wyniósł 29 min i 35 s. Natomiast w drzewostanach starszych czas trwania jednego cyklu wahał się w granicach od 17 min i 15 s do 49 min i 28 s, średnio wyniósł 34 min i 50 s.

Mięższność zerwanego drewna z wyszczególnieniem sortymentów przedstawiono w tabeli 3. Udział czynności w obu badanych drzewostanach wyglądał podobnie, a różnice wynosiły zaledwie 2-3% (ryc. 1).

Na powierzchniach TP1 średnia mięższność drewna zerwanego w jednym cyklu wynosiła 4,54 m³, a na powierzchniach TP2 6,44 m³. Średnia wydajność w drzewostanach TP1 osiągnęła wartość 9,62 m³/h, a w drzewostanach TP2 11,28 m³/h. Średnia pracochłonność wynosiła natomiast 6,55 min/m³ w drzewostanach młodszych oraz 5,48 min/m³ w drzewostanach starszych (tab. 4). Stwierdzono istotne statystycznie różnice między wydajnością w TP1 a TP2 ($t=-2,90$, $P<0,05$).

Dystans, który pokonywała maszyna w trakcie jednego cyklu, wahał się w przedziale od 280 do 1464 m w TP1 oraz od 517 do 1744 m w TP2. Średnia długość przejazdów w trakcie cyklu

Tabela 2.

Udział [%] kategorii czasu roboczego dla powierzchni TP1 i TP2
Fraction [%] of working time categories for areas TP1 and TP2

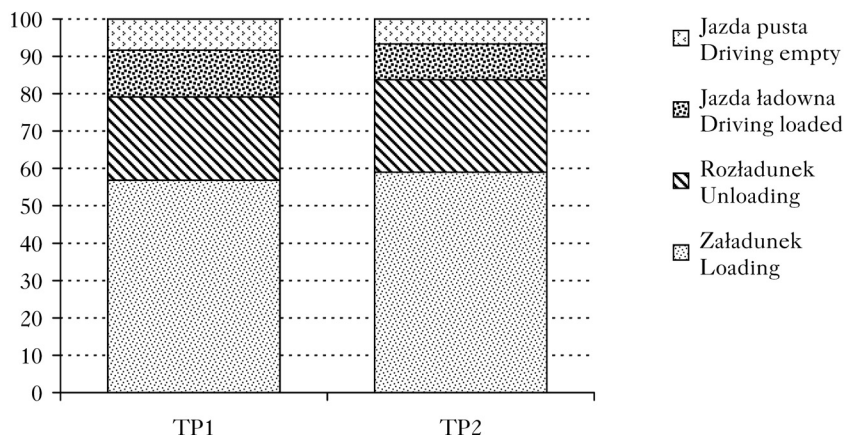
	TP1	TP2
Czas efektywny T1 Effective time	74,78	73,60
Przerwa na posiłek T5 Meal break	5,74	5,19
Czas przyjazdu na powierzchnię T6 Travel time to the plot	5,59	2,93
Czas powrotu T6 Travel time from the plot	4,89	3,94
Przerwa organizacyjna T8 Organisational break	3,93	7,58
Czas obsługi technicznej T3 Maintenance time	3,13	2,19
Czas usuwania usterek T4 Repair time	0,9	1,33
Rozmowa telefoniczna T8 Phone call	0,59	2,09
Przerwa fizjologiczna T5 Physiological break	0,46	1,14

Tabela 3.

Najmniejsza (Min) i największa (Max) średnica [cm] wałka, mięższność stosu (Vst [m³]), liczba wałków (N) oraz średnia mięższność wałka (Vkl [m³]) zrywanych sortymentów w drzewostanach młodszych (TP1) oraz starszych (TP2)

Minimum (Min) and maximum (Max) log diameter [cm], stack volume (Vst [m³]), number of logs (N) and mean volume of a log (Vkl [m³]) for the timber extracted from younger (TP1) and older (TP2) stands

	Sortyment Assortment	Min	Max	Vst	N	Vkl
TP1	S2B 3,0	5	12	83,09	3241	0,0256
	S2B 1,8	13	24	30,31	839	0,0361
	S2B 4,0	5	12	56,24	1368	0,0411
	S4 2,4	7	–	5,83	183	0,0319
TP2	S2A 2,4	7	24	29,06	1017	0,0286
	S2B 2,6	14	24	56,07	1188	0,0472
	S2B 2,4	14	24	20,30	354	0,0573



Ryc. 1.

Udział [%] czynności wykonywanych przez zestaw zrywkowy wchodzących w skład kategorii czasu efektywnego w drzewostanach młodszych (TP1) oraz starszych (TP2)

Structure [%] of activities of a tractor trailer unit that constitute the effective worktime for younger (TP1) and older (TP2) stands

Tabela 4.

Średnia (M), mediana (Me), minimum (Min), maksimum (Max), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV [%]) wydajności zrywki [m^3/h] w drzewostanach młodszych (TP1) oraz starszych (TP2)

Mean (M), median (Me), minimum (Min), maximum (Max) standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV [%]) of extraction productivity [m^3/h] for younger (TP1) and older (TP2) stands

	N	M	Me	Min	Max	SD	CV
TP1	25	9,616	9,407	5,805	13,145	2,061	21,437
TP2	26	11,279	11,098	7,737	16,525	2,028	17,981

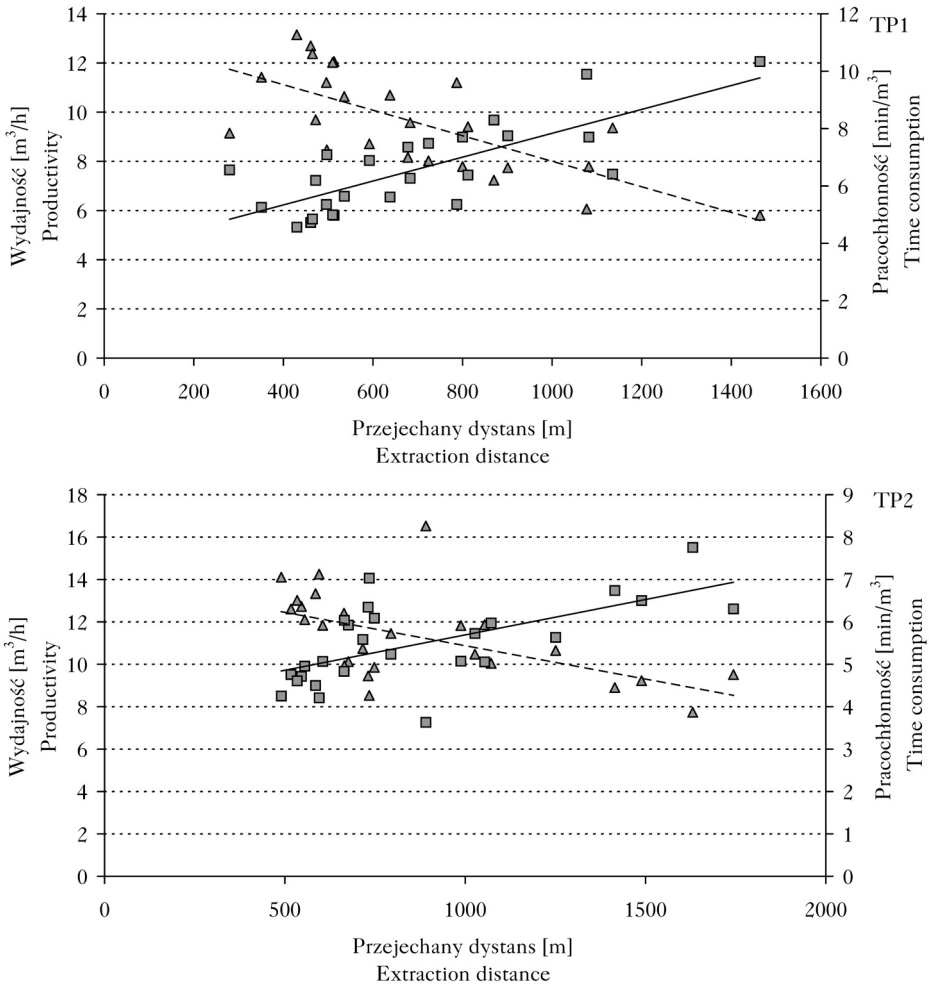
wyniosła 873,73 m w drzewostanach starszych i 690,16 m w drzewostanach młodszych. Wraz ze wzrostem dystansu zrywki spadała wydajność i rosła pracochłonność (ryc. 2). Stwierdzono istotny statystycznie związek między odległością a wydajnością zrywki. W TP1 współczynnik korelacji rang Spearmana wyniósł $-0,73$ ($p=0,000033$), a w TP2 $-0,68$ ($p=0,000133$).

Podczas zrywki drewna zużyto łącznie 145,5 l paliwa, z czego na powierzchniach TP1 58,5 l, natomiast na powierzchniach TP2 87,0 l. Średnie zużycie paliwa osiągnęło wartość 0,52 l/m^3 dla obu rodzajów drzewostanów.

Dyskusja

Wśród czynników mających znaczący wpływ na wydajność i pracochłonność zrywki wymienić można: umiejętności i doświadczenie operatora, stan techniczny maszyn, pogodę, rzeźbę terenu, rodzaj i liczbę zrywanych sortymentów, technikę pozyskania, a przede wszystkim odległość zrywki i gęstość ułożenia materiału przy szlaku zrywkowym [Maksymiak, Grieger 2008a; Stempki, Pilarek 2012; Manner i in. 2013].

Na podstawie chronometrażu określono czas trwania poszczególnych czynności składowych efektywnego czasu pracy. Otrzymano zbliżone wyniki zarówno dla drzewostanów młodszych, jak i starszych (ryc. 1). Wpłynąć na to mogło podobieństwo sortymentów oraz gęstość pakietów na szlakach zrywkowych. Największą część efektywnego czasu pracy zajmował załadunek – około 60%.



Ryc. 2.

Wydajność (trójkąty, linia przerywana) i pracochłonność (kwadraty, linia ciągła) zrywki w drzewostanach młodszych (TP1) i starszych (TP2) w zależności od dystansu

Productivity (triangles, dashed line) and time consumption (squares, solid line) of timber extraction in younger (TP1) and older (TP2) stands with relations to the distance

Podobne wyniki uzyskali Maksymiak i Grieger [2008a, b] oraz Stempski i Pilarek [2012] prowadzący badania dotyczące zrywki drewna miniforwarderami Vimek 606. W przypadku przyczep leśnych czynność ta wiąże się dodatkowo z koniecznością ciągłego składania podpór przy przejeżdżaniu od pakietu do pakietu. Czynność rozładunku zajęła zdecydowanie mniejszą część efektywnego czasu pracy. Wynikało to głównie z braku konieczności przejazdów w czasie tej czynności.

Średnia wydajność operacyjna dla drzewostanów starszych i młodszych wyniosła 10,45 m³/h. Wyższą wydajność osiągnięto w drzewostanach starszych (TP2), różnica wyniosła około 2 m³/h. Na różnicę tę mógł mieć wpływ rodzaj zrywanych sortymentów, a także ich miąższość oraz odległość zrywki. Maksymiak i Grieger [2008b] oraz Stempski i Pilarek [2012] wykazali, że średnia wydajność operacyjna zrywki drewna forwarderem Vimek 606 wynosiła ponad 7 m³/h. W tym przypadku największe znaczenie miała gęstość ładunków i ich koncentracja przy szlakach opera-

cyjnych. Spinelli i in. [2015] podają średnią wydajność zestawów traktora z przyczepą na poziomie 6,8 m³/h w lasach górskich, należy jednak wziąć pod uwagę, że średnia długość przejazdu wyniosła w tym przypadku 5,5 km. Na plantacjach eukaliptusa w Hiszpanii wydajność ciągnika rolniczego z przyczepą wyniosła średnio 13,4 m³/h, przy średniej odległości zrywki 174 m [Spinelli i in. 2004]. W prezentowanych badaniach nie we wszystkich cyklach przyczepa była załadowana do pełna, co obniżyło ogólną wydajność. Najlepsze efekty ekonomiczne uzyskuje się przy pełnym wykorzystaniu przestrzeni ładownej [Więsik 2017c].

Rzadkowski [1995] podaje, że w badaniach prowadzonych przez Instytut Badawczy Leśnictwa na zrębach zupełnych oraz w drzewostanach trzebieżowych wydajność agregatów zrywkowych była w zależności od warunków 7-20 razy mniejsza od wydajności forwardera, a koszty zrywki około dwukrotnie wyższe. Na zrębach zupełnych, gdzie pozyskiwano kłody tartaczne i grubiznę stosową, wydajność zrywki grubizny stosowej przyczepami leśnymi wyniosła około 1,25 m³/h. Natomiast na powierzchniach trzebieżowych, gdzie pozyskiwano tylko grubiznę stosową o długości 2,4 m, wydajność agregatów zrywkowych wyniosła 2,2 m³/h. W przypadku tych badań odległość zrywki miała znaczący wpływ tylko na wydajność forwardera.

Zarówno w drzewostanach młodszych, jak i starszych ciągnik zużył taką samą ilość paliwa. Nordfjell i in. [2010], prowadząc badania ankietowe dotyczące różnych środków zrywkowych, uzyskali informacje o średnim zużyciu paliwa od 0,37 l/m³ w przypadku miniforwardera Vimek 606 do 1,12 l/m³ w przypadku forwardera Ösa/Fmg 250. W badaniach terenowych ci sami autorzy uzyskali wartości w zakresie od 0,28 l/m³ dla drewna tartaczno do 0,66 l/m³ dla drewna stosowego zrywanego bardzo dużymi forwarderami [Nordfjell i in. 2010]. Zużycie paliwa przez zestaw ciągnik z przyczepą zanotowane w warunkach górskich wyniosło średnio 0,95 l/m³ [Spinelli i in. 2015]. Zróżnicowanie ilości zużywanego paliwa wynikało przede wszystkim z pojemności silników, mocy oraz wielkości maszyn zrywkowych, a także odległości pokonywanych przez maszyny w trakcie pracy. Zużycie paliwa ciągnika BELARUS MTZ 1221.2 w porównaniu z maszynami przebadanymi przez innych badaczy było stosunkowo niskie.

Wnioski

- ✦ Czynność rozładunku podczas zrywki drewna ciągnikiem agregowanym z przyczepą nasiębierną jest zdecydowanie mniej czasochłonna niż załadunek, głównie z powodu braku konieczności przejazdów oraz każdorazowego rozkładania i składania podpór.
- ✦ Odległość zrywki drewna w drzewostanach sosnowych w trakcie trzebieży późnej ma znaczący wpływ na wydajność i pracochłonność. Wraz ze wzrostem odległości zdecydowanie maleje wydajność i rośnie pracochłonność zrywki.

Literatura

- Barracough J. W. 1967. Timber extraction by light agricultural tractor. Forestry Commission, London.
- Gieffing D. F., Bembek M., Gackowski M., Grzywiński W., Karaszewski Z., Klentak I., Kosak J., Mederski S. P., Siewert S. 2012. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych. Metodologia badań. Nauka Przyroda Technologie 6 (3): 1-7.
- Glazar K., Maciejewska H. 2008. Struktura czasu i wydajność pozyskiwania i zrywki drewna w drzewostanach sosnowych przy użyciu harwardera Buffalo Dual. Inżynieria Rolnicza 1 (99): 111-118.
- Glazar K., Wojtkowiak R. 2009. Koszty pracy maszyn leśnych. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań.
- Grzywiński W. 2004. Energy load of workers employed at timber harvesting. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry 7 (2): 1-7.
- Grzywiński W. 2017. Koszt energetyczny pracy i możliwości jego kształtowania w leśnictwie. Postępy Techniki w Leśnictwie 136 (Ergonomia w leśnictwie): 32-37.
- Kapral J. 2004. Nowe techniki i technologie leśne przyjazne środowisku. Biblioteczka leśniczego. Wydawnictwo Świat, Warszawa.

- Karaszewski Z., Giefing D. F., Mederski P. S., Bemberek M., Dobek A., Stergiadou A. 2013. Stand damage when harvesting timber using a tractor for extraction. *Forest Research Papers* 74 (1): 27-34.
- Maksymiak M., Grieger A. 2008a. Analiza wydajności półpodwieszanej zrywki drewna ma przykładzie maszyn Timberjack 1010 i Valmet 863.3. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 4: 2-5.
- Maksymiak M., Grieger A. 2008b. Analiza wydajności pracy miniforwardera Vimek 606TT w trakcie zrywki w drzewostanie trzebieżowym. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 5: 1-3.
- Manner J., Nordfjell T., Lindroos O. 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica* 47 (4): 1-19.
- Moskalik T. 2002. Rozwój technik i technologii maszynowego pozyskiwania drewna. *Sylwan* 146 (10): 31-38.
- Moskalik T. 2009. Perspektywy rozwoju zastosowania maszyn wielooperacyjnych w pozyskaniu i zrywce drewna. Biblioteczka leśniczego, Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Nordfjell T., Athanassiadis D., Talbot B. 2010. Fuel consumption in forwarders. *International Journal of Forest Engineering* 14 (2): 1-10.
- PN BN-76/9195-01. 1982. Maszyny rolnicze. Podział czasu pracy. Symbole i określenia.
- Rzadkowski S. 1995. Wydajność oraz koszty zrywki drewna forwardelem i przyczepą kłonicową agregatowaną z ciągnikiem rolniczym. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 7: 8-10.
- Spinelli R., Magagnotti N., Pari L., De Francesco F. 2015. A comparison of tractor-trailer units and high-speed forwarders used in Alpine forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30 (5): 470-477.
- Spinelli R., Owende P. M. O., Ward S. M., Tornero M. 2004. Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia. *Silva Fennica* 38 (1): 85-94.
- Stempski W. 2012. Wpływ sposobu przygotowania drewna na czas formowania ładunku forwardelem. *Nauka Przyroda Technologie* 6 (4): 1-10.
- Stempski W., Pilarek Z. 2012. Charakterystyka zrywki drewna miniforwardelem Vimek 606D. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 3: 8-10.
- Tomczak A., Jelonek T., Grzywiński W. 2012. Pozyskiwanie drewna pilarką. Techniczne, ergonomiczne i organizacyjne aspekty pracy drwala. G&P, Poznań.
- Więsik J. 2017a. Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Część 1. Opis procesu zrywki nasiębiernej i zasady tworzenia agregatu. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 4: 18-21.
- Więsik J. 2017b. Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Część 2. Wpływ długości drewna na efekty zrywki przyczepą nasiębierną. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 5: 15-18.
- Więsik J. 2017c. Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Część 3. Efekty zrywki przy pełnym wykorzystaniu ładowności przyczepy. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna* 6: 16-18.