

Ocena przydatności maszyn podczas zrywki drewna w drzewostanach sosnowych na podstawie podstawowych wskaźników pracy

Evaluating the suitability of machinery use during skidding of wood in pine stands, based on basic work indicators

Katarzyna Szewczyk*, Piotr Iwanicki

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Techniki Leśnej, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

*Tel. +48 500001208, e-mail: katarzyna.szewczyk@up.poznan.pl

Abstract. Skidding of large-sized logs requires special machinery such as skidders, clambunks, forwarders or farm tractors with a winch or hydraulic tongs. The precise choice of which skidding machine to use depends largely on the desired efficiency and economic factors. The aim of this research was to evaluate the suitability of three different machines (LKT 81 skidder, John Deere 1110D forwarder and Pronar 1221A agricultural tractor with hydraulic tongs) for wood skidding based on technical and economic indicators. The practical work for this research was carried out in the Mirosławiec Forest Division in areas with fresh mixed coniferous forest habitats where the dominant species in the stands was pine and strip-like clear cutting the preferred management practice.

The best machinery performance values were obtained for skidding using the John Deere forwarder.

Keywords: coniferous logs, skidding, efficiency

Słowa kluczowe: drewno dłużycowe iglaste, zrywka, wydajność

1. Wprowadzenie

Zrywka drewna jest pierwszą operacją transportową wykonywaną w ramach procesu pozyskiwania drewna. Polega ona na przemieszczaniu surowca drzewnego z miejsca jego ścinki do najbliższej składowej przejściowej, skąd następuje jego wywóz (Sosnowski 2003; Dudek 2010a; Maciak, Popczyński 2019). W zależności od warunków terenowych, hodowlanych, ochronnych oraz od długości i miąższości pojedynczych ładunków, do zrywki drewna stosowane są ciągniki rolnicze, zaadaptowane do pracy w warunkach leśnych z dodatkowym oprzyrządowaniem (Sosnowski, Porczak 2005; Sowa, Szewczyk 2005; 2010; Porter, Strawa 2006; Sowa, Kulak 2008; Dudek 2009; Dudek 2011; Chmielewski, Porter 2012; Kulak et al. 2013; Jabłoński, Stempki 2015; Poje et al. 2016) oraz specjalistyczne maszyny leśne, a także kolejki linowe i konie (Dudek 2012).

Wykorzystanie ciągnika rolniczego do zrywki drewna zależy od jego osprzętu. Najprostszym rozwiązaniem, stosunkowo często stosowanym, jest lina lub łańcuch zrywkowy. Zrywka ma wówczas charakter wleczony, a zrywany ładunek powoduje duże uszkodzenia pokrywy leśnej (Jodłowski 2009a).

Spośród maszyn wykorzystywanych do półpodwieszanej zrywki drewna należy wymienić skidery linowe, skidery chwytakowe, klembanki oraz wspomniane ciągniki rolnicze, wyposażone we wciągarki lub kleszcze hydrauliczne. Do zrywki drewna długiego stosowane są także forwardery, z zamontowanymi na ich tylnej ramie kleszczami hydraulicznymi.

W polskich warunkach spotyka się forwardery zrywające dłużycę bez stosowania specjalistycznych kleszczy hydraulicznych, gdzie drewno ładowane jest na przestrzeń ładunkową ciągnika, a podczas transportu przytrzymywane jest przez żuraw hydrauliczny. Z kolei skidery linowe są specjalistycznymi kołowymi maszynami leśnymi przeznaczonymi do zrywki całych strzał lub dłużyc, wykorzystywanymi podczas cięć rębnych oraz trzebieży późnych (Jodłowski 2009b).

Obecnie w krajach europejskich głównymi środkami transportu drewna do dróg wywozowych są forwardery (Byblyuk, Byblyuk 2007). Stanowią one podstawowe wyposażenie firm pozyskujących drewno w systemie CTL (cut to length) (Jodłowski 2010). Duża ładowność oraz ich walory trakcyjne pozwalają na ograniczenie liczby przejazdów po powierzchniach leśnych i na łączenie zrywki z podwozem (Stempki 2007).

Wpłynęło: 28.02.2019 r., recenzowano: 14.07.2019 r., zaakceptowano: 25.08.2019 r.

Dobór właściwego zestawu maszyn i dostosowanie technologii do cech drzewostanu oraz ukształtowania terenu jest elementem gwarantującym uzyskanie wysokiej wydajności (Maksymiak, Grieger 2008).

Określenie poziomu pracochłonności konkretnych rozwiązań technologicznych powinno każdorazowo uwzględniać badanie struktury dnia roboczego. Pozwala ono na wykrycie przyczyn zmienności, dając możliwość jakościowej oceny czynników zewnętrznych, kształtujących poziom pracochłonności. Ich analiza, przy znanych rozwiązaniach technicznych, oraz odniesienie do rozkładu czasu w rozwiązaniach obecnie funkcjonujących, pozwala na optymalizację prac i konstruowanie właściwych procesów technologicznych (Szewczyk, Stańczykiewicz 2012).

Celem badań było określenie i porównanie podstawowych wskaźników techniczno-ekonomicznych wykorzystywanych do oceny pracy środków zrywkowych stosowanych w drzewostanach rębnych sosnowych na siedliskach boru mieszanego świeżego (BMśw).

2. Materiał i metody

Powierzchnie badawcze (I–III) założono w Nadleśnictwie Mirosławiec, na siedliskach BMśw, w drzewostanach z sosną jako gatunkiem panującym, zagospodarowanych rębnią I B (tab. 1). Surowiec wielkowymiarowy wyrabiano w postaci dłużyc. Charakterystykę stosowanych na poszczególnych powierzchniach procesów technologicznych pozyskiwania i zrywki drewna przedstawiono poniżej:

Powierzchnia nr I

Proces pozyskiwania i zrywki drewna odbywał się na ręczno-maszynowym poziomie techniki, w systemie LWS (ang. long wood system). Wyróżniono następujące operacje technologiczne:

- ścinę, okrzesywanie i odcięcie wierzchołka pilarką,
- zrywkę całej strzały skiderem LKT 81,
- manipulację drewna,
- zrywkę wymanipulowanych dłużyc na składnice przyrębowe skiderem LKT 81 na średnią odległość 100 m,
- mygłowanie drewna.

Na powierzchni pracowało 5 robotników. Dwóch ścinało i okrzysywało drzewa na powierzchni roboczej, jeden zrywał drewno skiderem LKT 81. Kolejnych dwóch robotników zajmowało się manipulacją surowca na stole manipulacyjnym oraz układaniem w stopy wyrobionych sortymentów krótkich (S2a, S2b, S4).

Powierzchnia nr II

Proces pozyskiwania i zrywki drewna odbywał się na ręczno-maszynowym poziomie techniki, w systemie TLS (ang. tree length system). Wyróżniono następujące operacje technologiczne:

- ścinę, okrzesywanie i manipulację drewna pilarką,

- układanie w pakiety drewna krótkiego na powierzchni,
- zrywkę drewna krótkiego ciągnikiem z przyczepą nasiębierną,
- zrywkę drewna długiego ciągnikiem rolniczym Pronar 1221A, wyposażonym w hydraulicznie zaciskane kleszcze zrywkowe, na średnią odległość 100 m,
- mygłowanie drewna ciągnikiem.

Po ścinie, na powierzchni roboczej wyrabiano sortymenty drewna, następnie ciągnik przystępował do zrywki drewna długiego wielkowymiarowego.

Powierzchnia nr III

Proces pozyskiwania i zrywki drewna odbywał się na pół-automatycznym poziomie techniki, w systemie TLS. Wyróżniono następujące operacje technologiczne:

- ścinę, okrzesywanie i manipulację drewna harvesterem,
- zrywkę drewna forwarderem John Deere 1110D na średnią odległość 200 m.

Na powierzchni harvester wyrabiał dłużyce oraz drewno krótkie średniowymiarowe (S2a, S4). Forwarder zrywał drewno długie z wykorzystaniem standardowej przestrzeni ładunkowej. Dłużyce odziomkami ładowane były na skrzynię ładunkową, tylne końce drewna wleczone były po powierzchni. Podczas zrywki operator przytrzymywał odziomki żurawiem hydraulicznym.

Ocenę czasu pracy maszyn stosowanych do zrywki drewna prowadzono zgodnie z normą BN-76/9195-01. Określono następujące wskaźniki techniczno-ekonomiczne: wydajność efektywną, wydajność operacyjną, wydajność w czasie roboczym zmiany, wydajność w ogólnym czasie zmiany i w czasie zmiany kontrolnej, współczynnik pewności technicznej, współczynnik pewności technologicznej, współczynnik wykorzystania czasu roboczego zmiany oraz współczynnik wykorzystania ogólnego czasu zmiany, a także pracochłonność w czasie efektywnym, w operacyjnym czasie zmiany, w czasie roboczym zmiany, w ogólnym czasie zmiany oraz w czasie zmiany kontrolnej (Laurow 1999, za Botwin 1993).

Podczas badań w ramach czasu efektywnego wyróżniono: T_{1L} – czas, podczas którego maszyna (forwarder) ładowała surowiec, przemieszczając się po powierzchni,

T_{1Z} – czas zaczepiania sztuk drewna (skider, ciągnik rolniczy),

T_{1JL} – czas jazdy ładownej po zakończonym procesie zaczepiania sztuk (załadunku drewna w przypadku forwardera) do miejsca składowania drewna (ciągnik rolniczy, forwarder) lub jego manipulacji (skider),

T_{1R} – czas rozładunku drewna żurawiem hydraulicznym (forwarder),

T_{1O} – czas odczepiania drewna w miejscu jego mygłowania (skider, ciągnik rolniczy),

T_{1P} – czas przejazdu maszyny (skidera) z wymanipulowanym ładunkiem ze stołu manipulacyjnego na myglę,

T_{1M} – czas mygłowania surowca (skider, ciągnik rolniczy).

W przypadku czasu pomocniczego na potrzeby badań wyszczególniono:

Tabela. 1. Opis taksacyjny powierzchni badawczych

Table 1. Stand characteristics of research areas

Numer powierzchni / Lokalizacja Area number / Location	Powierzchnia [ha] Area [ha]	TSL Forest site type	Zadrzewienie Stocking	Zwarcie Canopy density	Udział gatunkowy Species share	Wiek [lata] Age [years]	Bonitacja Site Index	Pierśnica [cm] DBH [cm]	Wysokość [m] Height [m]	Grubizna [m ³ /ha] Stand volume [m ³ /ha]
I / Hanki, 461c	1,80	BMśw	1,0	przerwane broken	10 So	110	II	40	24	389
II / Mirosławiec, 25g	2,40	BMśw	0,7	przerwane broken	8 So	100	II	38	26	219
					1 Św	100	III	43	25	42
					1 Św	60	II	22	19	31
III / Mirosławiec, 46b	2,17	BMśw	0,9	przerwane broken	10 So	90	I	35	26	381

Explanation: BMśw – fresh mixed coniferous, So – Scots pine, Św – Norway spruce

T_{22} – czas jazdy pustej, podczas której środki zrywkowe przemieszczały się z miejsca rozładunku drewna na powierzchnię manipulacyjną do miejsca, w którym rozpoczynał się ponowny załadunek (skider, forwarder, ciągnik rolniczy),

T_{23S} – czas, podczas którego surowiec był manipulowany (skider).

Badane środki zrywkowe wykonywały następujące cykle pracy:

Skider LKT 81

- jazda pusta do miejsca zaczepiania sztuk drewna,
- zaczepianie sztuk,
- jazda z ładunkiem do miejsca manipulacji surowca,
- postój na stole manipulacyjnym, gdzie pilarz dokonywał manipulacji surowca,
- przejazd od stołu manipulacyjnego do miejsca składowania drewna,
- odczepianie sztuk przy mygłe,
- mygłowanie surowca.

Ciągnik rolniczy Pronar 1221A agregowany z hydraulicznie zaciskanymi kleszczami zrywkowymi

- jazda pusta do miejsca zaczepiania sztuk drewna,
- zaczepianie sztuk,
- jazda z ładunkiem do miejsca składowania drewna,
- odczepianie sztuk przy mygłe,
- mygłowanie surowca.

Forwarder John Deere 1110D

- jazda pusta do miejsca rozpoczęcia załadunku,
- załadunek, podczas którego maszyna ładowała surowiec, przemieszczając się po powierzchni manipulacyjnej,

- jazda z ładunkiem do miejsca składowania drewna,
- rozładunek drewna

3. Wyniki

Z powierzchni badawczych (I–III) badanymi środkami technicznymi zerwano odpowiednio: 62,28 m³; 61,35 m³ i 103,75 m³ drewna. W przypadku pracy skidera zrywka drewna wielkowymiarowego obejmowała 21 cykli. Jednocześnie ciągnik zrywał od 3 do 8 sztuk. Średnia miąższość ładunku w 1 cyklu wynosiła 2,97 m³. Czas efektywny (T_1) stanowił 67% roboczego czasu zmiany (tab. 2). Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny spowodowane były przerwami w pracy powstałymi w wyniku zawieszenia drzew (3 zdarzenia) oraz oczekiwaniem na uprzążenie stołu manipulacyjnego (1 zdarzenie).

Z kolei w przypadku zrywki z użyciem ciągnika rolniczego Pronar wykonano 44 cykle. Ciągnik zrywał maksymalnie 2 sztuki w 1 cyklu. Średnia miąższość zrywanego ładunku wynosiła 1,39 m³. Czas efektywny (T_1) stanowił 61% roboczego czasu zmiany. Czas usuwania usterek (T_4) i czas odpoczynku (T_5) stanowiły odpowiednio 1% i 7% czasu zmiany kontrolnej. Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny (T_8) w przypadku ciągnika rolniczego nie wystąpiły.

Zrywka forwarderem obejmowała 15 cykli. Średnia miąższość zrywanego ładunku wynosiła 6,92 m³. Efektywny czas pracy (T_1) podczas zrywki dłużyc forwarderem JD 1110D stanowił 77% roboczego czasu zmiany. Czas pomocniczy (T_2), tj. czas jazdy pustej od miejsca składowania drewna do miejsca rozpoczęcia załadunku na powierzchni stanowił 23% czasu T_{04} . Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny ($T_8=2\%$) były wynikiem przerwy na rozmowę ope-

Tabela 2. Wartości poszczególnych kategorii czasu pracy dla badanych środków zrywkowych
 Table 2. Values of individual work time categories for the analyzed skidding machines

Kategoria czasu pracy Work time categorie	Skider LKT 81 Skider LKT 81	Ciągnik rolniczy Pronar 1221A z hydraulicznymi kleszczami zrywkowymi Pronar 1221A agricultural tractor with hydraulic tongs	Forwarder John Deere 1110D Forwarder John Deere 1110D
Czas efektywny T_1, min¹ Effective active time T_1 , min ¹	169,17	220,37	245,45
T_{1L} , min	-	-	85,48
T_{1JL} , min	42,77	166,32	67,87
T_{1R} , min	-	-	92,10
T_{1P} , min	8,62	-	-
T_{1M} , min	31,67	27,12	-
T_{1Z} , min	73,03	22,20	-
T_{1O} , min	13,08	4,73	-
Czas pomocniczy T_2, min² Subsidiary time T_2 , min ²	76,70	136,13	73,57
T_{22} , min	41,23	136,13	73,57
T_{23S} , min	35,47	-	-
Czas usuwania usterek T_4, min Faults deletion time T_4 , min	4,33	1,82	-
T_{41} , min ³	4,33	1,82	-
Czas odpoczynku T_5, min Rest time T_5 , min	50,48	27,88	46,73
Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny T_8, min Losses of time due to reasons independent of the researched machine, min	13,83	-	8,65
T_{81} , min ⁴	13,83	-	8,65

¹ $T_1 = T_{1L} + T_{1JL} + T_{1R} + T_{1P} + T_{1M} + T_{1Z} + T_{1O}$; T_{1L} – czas, podczas którego maszyna ładowała surowiec przemieszczając się po powierzchni / the time, within which machine was loading wood, moving on working area; T_{1JL} – czas jazdy ładowej po zakończonym procesie zaczepiania sztuk, z powierzchni manipulacyjnej do miejsca składowania drewna lub jego manipulacji / the load drive time from stump area to wood storage place other bucking place; T_{1R} – czas rozładunku drewna żurawiem hydraulicznym / the time of wood unloading using hydraulic crane; T_{1P} – czas przejazdu maszyny z wymanipulowanym ładunkiem ze stołu manipulacyjnego na myglę / the time, within which machine was driving with wood from bucking place to pile of wood; T_{1M} – czas mygłowania surowca / lay in a pile of wood time; T_{1Z} – czas zaczepiania sztuk drewna / the time of wood pieces catching; T_{1O} – czas odczepiania drewna w miejscu jego mygłowania / uncoupling time in lay in a pile of wood place

² $T_2 = T_{22} + T_{23S}$; T_{22} – czas jazdy pustej, podczas której środki zrywkowe przemieszczały się z miejsca rozładunku drewna na powierzchnię manipulacyjną do miejsca, w którym rozpoczął się ponowny załadunek / waste drive time from wood unloading place to loading place; T_{23S} – czas, podczas którego surowiec był manipulowany / the time of wood bucking

³ T_{41} – czas usuwania usterek technologicznych / technological faults deletion time

⁴ T_{81} – straty czasu z przyczyn organizacyjnych / losses of time from organizational reasons

ratora z leśniczym oraz czasu poświęconego na odcinanie pi-larką spalinową sęków pozostałych na zrywanych dłuźcach (3 zdarzenia).

W przypadku wszystkich kategorii czasu pracy najwyższymi wartościami wydajności charakteryzowała się zrywka z użyciem forwardera JD 1110D (tab. 3).

Tabela 3. Podstawowe wskaźniki techniczno-ekonomiczne badanych środków zrywkowych
 Table 3. The basic technical and economic indicators of the analyzed skidding machines

Wskaźnik / Jednostka Indicator / Unit	Skider LKT 81 Skider LKT 81	Ciągnik rolniczy Pronar 1221A z hydraulicznymi kleszczami zrywkowymi Pronar 1221A agricultural tractor with hydraulic tongs	Forwarder John Deere 1110D Forwarder John Deere 1110D
Czas efektywny T_1/h, min Effective active time T_1/h , min	2,81	3,67	4,09
Czas operacyjny T_{02}, min Operative active time T_{02} , min	4,10	5,94	5,32
Roboczy czas zmiany T_{04}, min Working shift time T_{04} , min	4,17	5,97	5,32
Ogólny czas zmiany T_{07}, min Total shift time T_{07} , min	5,01	6,44	6,24
Czas zmiany kontrolnej T_{08}, min Control shift time T_{08} , min	5,24	6,44	6,38
Wydajność efektywna $W_1/m^3 \cdot h^{-1}$ Effective efficiency $W_1/m^3 \cdot h^{-1}$	22,16	16,71	25,37
Wydajność operacyjna $W_{02}/m^3 \cdot h^{-1}$ Operational efficiency $W_{02}/m^3 \cdot h^{-1}$	15,19	10,33	19,50
Wydajność w czasie roboczym zmiany $W_{04}/m^3 \cdot h^{-1}$ Efficiency in working shift time $W_{04}/m^3 \cdot h^{-1}$	14,93	10,28	19,50
Wydajność w ogólnym czasie zmiany $W_{07}/m^3 \cdot h^{-1}$ Efficiency in total shift time $W_{07}/m^3 \cdot h^{-1}$	12,43	9,53	16,63
Wydajność w czasie zmiany kontrolnej $W_{08}/m^3 \cdot h^{-1}$ Efficiency in control shift time $W_{08}/m^3 \cdot h^{-1}$	11,88	9,53	16,26
Współczynnik pewności technologicznej K_{41} Technological robustness coefficient K_{41}	0,98	1,00	1,00
Współczynnik pewności technicznej K_{42} Technical robustness coefficient K_{42}	1,00	1,00	1,00
Współczynnik wykorzystania czasu roboczego zmiany K_{04} Working shift time use coefficient K_{04}	0,67	0,61	0,77
Współczynnik wykorzystania ogólnego czasu zmiany K_{07} Total shift time use coefficient K_{07}	0,56	0,57	0,65
Pracochłonność w czasie efektywnym $P_1/h \cdot m^{-3}$ Effective labour consumption $P_1/h \cdot m^{-3}$	0,045	0,060	0,039
Pracochłonność w operacyjnym czasie zmiany $P_{02}/h \cdot m^{-3}$ Operative labour consumption $P_{02}/h \cdot m^{-3}$	0,066	0,097	0,051
Pracochłonność w czasie roboczym zmiany $P_{04}/h \cdot m^{-3}$ Labour consumption in working shift time $P_{04}/h \cdot m^{-3}$	0,067	0,097	0,051
Pracochłonność w ogólnym czasie zmiany $P_{07}/h \cdot m^{-3}$ Labour consumption in total shift time $P_{07}/h \cdot m^{-3}$	0,080	0,105	0,060
Pracochłonność w czasie zmiany kontrolnej $P_{08}/h \cdot m^{-3}$ Labour consumption in control shift time $P_{08}/h \cdot m^{-3}$	0,084	0,0105	0,061

Uzyskane wartości współczynników pewności technicznej i technologicznej dla badanych środków zrywkowych były bliskie bądź równe jedności. Najwyższą wartością pracochłonności we wszystkich kategoriach czasu pracy charakteryzowała się zrywka surowca z użyciem ciągnika Pronar 1221A.

4. Dyskusja

Jednym ze skutków rozpoczętej na początku lat 90. XX wieku prywatyzacji prac leśnych jest to, że szczególnego znaczenia nabrała efektywność ekonomiczna stosowanych rozwiązań, dla której punktem wyjścia jest wydajność obserwowana na poszczególnych stanowiskach pracy (Sowa et al. 2007).

Wydajność wyraża rozmiar wytworzonego produktu (świadczonej usługi) w jednostce czasu (Glazar, Wojtkowiak 2009). Składową czasu nie jest tylko jedna jego kategoria, lecz cały garnitur, który tworzy w rezultacie zmianę roboczą. Im szerzej rozpatrywany jest czas wytworzenia produktu (czas efektywny, operacyjny itd.), tym bardziej obiektywna ocena danej technologii (Sowa et al. 2007).

Warunkiem uzyskania wysokiej wydajności jest między innymi dobór odpowiednich środków technicznych do cech drzewostanu i ukształtowania terenu, jak również technika prowadzenia cięć, ułożenia sztuk drewna czy zaleganie na powierzchni pozostałych sortymentów (Suwała 2002; Maksymiak, Grygier 2008).

Na założonych powierzchniach badawczych warunki terenowe były zbliżone do siebie. Teren był lekko pagórkowaty, bez przeszkód terenowych, które mogłyby utrudniać zrywkę drewna.

Analizując uzyskane wyniki, warto zwrócić uwagę na wielkości zrywanych ładunków. Ciągnik rolniczy Pronar 1221A agregowany z hydraulicznie zaciskanymi kleszczami zrywkowymi jednorazowo przemieszczał dwie, czasami jedną dłużyce, skider LKT 81 zrywał ich już kilka, tj. od 3 do 8 sztuk. Średnia miąższość ładunku w 1 cyklu w przypadku zrywki skidera wynosiła 2,97 m³, i koresponduje z wynikami uzyskanymi przez Griegera i in. (2016). Forwarder JD 1110D ładował najwięcej sztuk, dlatego też wykonywał najmniej przejazdów. Średnia odległość zrywki na powierzchni nr III wynosiła 200 m i była dwukrotnie dłuższa niż średnia odległość zrywki na powierzchniach nr I i II (100 m), mimo to forwarder uzyskał najwyższą wydajność.

Zdaniem Suwały i Rzadkowskiego (2001) różnica w wydajności pracy na korzyść zastosowania forwardera w porównaniu ze skiderem wyraźnie rośnie w miarę zwiększania się odległości zrywki.

W celu maksymalnego wykorzystania miejsca do składowania surowca zarówno skider LKT 81, jak i ciągnik Pronar 1221A mygłowały zerwane dłużyce za pomocą specjalnego lemiesza zwanego mygłownicą. Czas mygłowania wynosił odpowiednio 32 min i 27 min. Forwarder JD 1110D z racji swojej budowy technicznej takich czynności nie wykonywał. Surowiec drzewny był przemieszczany na mygłę za pomocą

chwytaka hydraulicznego. Po ułożeniu części odziomkowej operator bardzo często poprawiał tylny fragment dłużyce, chwytając ją za koniec i układając na mygłę. Czas na wymienione czynności został zaklasyfikowany do rozładunku drewna. Układając dłużyce za pomocą żurawia hydraulicznego w wysokie mygły, maksymalnie wykorzystano dostępną powierzchnię do składowania drewna, co niewątpliwie miało wpływ na ogólną wartość wydajności zrywki. Przy braku miejsca na składowanie drewna operator jest zmuszony zrywać drewno na coraz większe odległości.

Istotną informacją jest to, iż będący przedmiotem badań forwarder nie był przystosowany do zrywki drewna długiego. Nieprzebrojona maszyna zrywała najpierw dłużyce, a następnie drewno krótkie.

Ze względów organizacyjnych i ekonomicznych możliwość wykorzystania forwarderów do zrywki drewna długiego jest bardzo ważna z punktu widzenia właścicieli maszyn (Grodecki, Stempski 2002). Należy jednak pamiętać, że zrywka powinna być prowadzona zgodnie z przepisami bhp, z użyciem odpowiedniego sprzętu – w przypadku zrywki drewna długiego przy użyciu ciągników przysposobionych do półpodwieszanej zrywki drewna (Domżańska 2016). Zdaniem Grodeckiego i Stempskiego (2002) przebrojenie maszyny do wersji klembank poszerza zakres prac możliwych do wykonania. Stosowanie maszyn nieprzebrojonych może prowadzić do przyspieszonego zużycia podzespołów konstrukcyjnych pojazdu.

W praktyce do zrywki drewna długiego stosuje się nieprzebrojone maszyny.

Według Grodeckiego i Stempskiego (2002) zrywka drewna długiego forwarderem w wersji klembank przy mniejszych odległościach (do 100 m) cechowała się wyższą wydajnością w porównaniu ze zrywką drewna krótkiego forwarderem przeznaczonym do zrywki kłód i wyrzynków. Powyżej odległości wynoszącej 300 m wydajności uzyskane przez klembank zrywający dłużyce okazały się znacznie mniejsze, a różnica ta pogłębiała się wraz ze wzrostem odległości.

Szczegółowa analiza poszczególnych kategorii czasu pracy może przyczynić się do optymalizacji stosowanych procesów. Nie bez znaczenia pozostaje udział poszczególnych kategorii czasu pracy podczas zmiany roboczej oraz przyjęta w metodyce klasyfikacja wykonywanych czynności.

Zgodnie z wynikami Nurka i Gendka (2016) czas operacyjny jest rzeczywistym czasem pracy maszyny i można do niego zaliczyć czas trwania wszystkich operacji technologicznych. W przypadku forwardera będzie to czas jazdy ze składnicy przyrębowej do pierwszego pobieranego surowca, czas pracy żurawia przy załadunku, czas przejazdu między kolejnymi stosami drewna, czas przejazdu ładownego z powierzchni manipulacyjnej na składnicę, czas rozładunku. Czasy te są zależne od parametrów technicznych maszyny, wielkości realizowanych zadań oraz od warunków przyrodniczo-leśnych panujących na danej powierzchni.

Operacyjny czas pracy stanowi zazwyczaj 70% czasu trwania całej zmiany roboczej (Glazar, Wojtkowiak 2009).

W przypadku analizowanych środków technicznych stosu-

nek czasu operacyjnego do czasu zmiany kontrolnej stanowił dla skidera – 78%, dla ciągnika rolniczego – 92%, dla forwardera – 83%. Współczynniki wykorzystania czasu roboczego zmiany (K_{04}) i ogólnego czasu zmiany (K_{07}) wyniosły odpowiednio: dla skidera 0,67 i 0,56; dla ciągnika rolniczego 0,61 i 0,57; dla forwardera 0,77 i 0,65.

W 95-letnim drzewostanie sosnowym, w przypadku zrywki drewna z użyciem harwardera, stosunek czasu operacyjnego do czasu zmiany kontrolnej wynosił 79%. Z kolei współczynniki wykorzystania czasu roboczego zmiany (K_{04}) i ogólnego czasu zmiany (K_{07}) były, w porównaniu ze zrywką z użyciem forwardera, nieco wyższe i wyniosły odpowiednio 0,79 i 0,73 (Glazar, Maciejewska 2008).

Podczas prowadzonych badań, w przypadku wszystkich kategorii czasu pracy, najwyższymi wartościami wydajności charakteryzowała się zrywka z użyciem forwardera JD 1110D.

Właściwe oszacowanie poziomów czasochłonności jest kluczowym zagadnieniem zarówno dla wykonawców (pozwała na racjonalne kształtowanie cen na usługi), jak i dla zlecniodawców (umożliwia urealnienie cen proponowanych przez usługodawców i wyeliminowanie ofert o zaniżonej cenie) (Szewczyk et al. 2013).

Na zrębach zupełnych w drzewostanach sosnowych o większej miąższości drzew, oprócz metody drewna krótkiego z użyciem harwestera i forwardera, proponuje się metodę dłużycową ze ścinką, okrzesywaniem i wyróbką harvesterem oraz zrywką dłużyc skiderem i wałków forwarderem, szczególnie przy małych jej odległościach (Suwała, Jodłowski 2002).

W przypadku sortymentów o większej wartości harvester można zastąpić pilarką.

Większa miąższość przeciętnej dłużycy i mniejsze zadrzewienie na powierzchniach rębnych, ułatwiające poruszanie się środków zrywkowych, skutkują większą wydajnością zrywki (Dudek 2010b).

Prace związane z pozyskaniem i zrywką drewna są jednymi z najbardziej pracołłonnych (Szewczyk et al. 2013), a obecnie stosowane w tych procesach maszyny osiągają bardzo duże wydajności operacyjne (Maksymiak, Grygier 2008; Długosiewicz, Grzebieniowski 2009; Walsh, Strangard 2014).

W ostatnich latach można zaobserwować istotny przyrost liczby specjalistycznego sprzętu do pracy w lesie. Jest to sygnał gwałtownych przemian zachodzących w technologiach pozyskiwania i zrywki drewna oraz w organizacji prac w firmach świadczących usługi leśne. Zmiany wymusza zarówno wewnętrzny rynek pracy, jak i emigracja do krajów zachodnich w poszukiwaniu lepiej płatnej pracy. Nie bez znaczenia pozostają również wymagania ekologiczne i jakościowe stawiane surowcowi drzewnemu. Zmiany polityczne i gospodarcze w Polsce po 1989 roku doprowadziły do gwałtownych przemian w rejonach wiejskich. Wszędzie tam, gdzie praca wymaga dużego nakładu energetycznego, wysiłku fizycznego, zauważyć można coraz większe braki siły roboczej. Ciężka praca fizyczna we współczesnych czasach nie jest atrakcyjna dla młodych ludzi. W Polsce co trzeciej firmie leśnej brakuje pracowników (Nowacka 2009).

5. Wnioski

W przypadku wszystkich kategorii czasu pracy, najwyższymi wartościami wydajności charakteryzowała się zrywka z użyciem forwardera. Pomimo uzyskanych korzystnych wyników na tle pozostałych środków technicznych należy pamiętać o tym, że pracująca przy zrywce drewna długiego maszyna nie była do tej zrywki przystosowana. Stąd nie należy uzyskanych wyników traktować jako rekomendacji takiego sposobu zrywania drewna.

Zrywka drewna długiego z użyciem skidera okazała się bardziej wydajna w porównaniu ze zrywką z użyciem ciągnika rolniczego wyposażonego w kleszcze.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródło finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych.

Literatura

- BN-76/9195-01. Maszyny rolnicze. Podział czasu pracy. Symbole i określenia.
- Botwin M. 1993. Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Byblyuk N., Byblyuk N. 2007. Transport leśny w Karpatach: aspekty historyczne i inżyniersko-ekologiczne. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAU* 9: 9–18.
- Chmielewski S., Porter B. 2012. Waloryzacja wybranych metod pozyskiwania i zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 3: 23–25.
- Długosiewicz L., Grzebieniowski W. 2009. Porównanie wybranych technologii pozyskania drewna pod względem wydajności i kosztów. *Inżynieria Rolnicza* 8(117): 7–13.
- Domżańska T. 2016. Specjalistyczne maszyny leśne. Cz. I. Pozyskanie i zrywka drewna. *Inspektor Pracy* 3(397): 20–25.
- Dudek T. 2009. Wydajność zrywki drewna długiego na zrębie zupełnym ciągnikiem rolniczym z wciągarką lub kleszczami hydraulicznymi. *Sylwan* 153(6): 386–392.
- Dudek T. 2010a. Badanie wydajności technologii zrywki drewna w lasach górskich. Część 1. Drzewostany przedrębne. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 3: 3–5.
- Dudek T. 2010b. Badanie wydajności technologii zrywki drewna w lasach górskich. Część 2. Drzewostany rębne. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 4: 2–4.
- Dudek T. 2011. Efektywność wybranych technologii zrywki drewna krótkiego w lasach górskich. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 8–10.
- Dudek T. 2012. Efektywność wybranych technologii zrywki drewna długiego w lasach górskich. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 14–16.
- Glazar K., Maciejewska H. 2008. Struktura czasu i wydajność pozyskiwania i zrywki drewna w drzewostanach sosnowych przy użyciu harwardera Buffalo Dual. *Inżynieria Rolnicza* 99(1): 273–281.

- Glazar K., Wojtkowiak R. 2009. Koszty pracy maszyn leśnych. PIMR, Poznań. ISBN 978-83-927505-2-9.
- Grieger A., Sedłak P., Stawicki T., Lewaszkiewicz Ł. 2016. Analiza wydajności wywozu drewna ze zrębu w zależności od rodzaju środka zrywkowego. *Autobusy* 6: 574–577.
- Grodecki J., Stempski W. 2002. Analiza porównawcza wydajności zrywki ciągnikiem typu forwarder i klembank. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 486: 203–208.
- Jabłoński K., Stempski W. 2015. Optymalizacja zrywki drewna według kryterium minimalizacji pracy transportowej. *Sylwan* 159(7): 540–548.
- Jodłowski K. 2009a. Maszyny wielooperacyjne, techniki i technologie pozyskania oraz zrywki drewna stosowane w drzewostanach starszych klas wieku. *Biblioteczka Leśniczego* 294: 3–12.
- Jodłowski K. 2009b. Klasyfikacja maszyn wielooperacyjnych. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 107: 7–11.
- Jodłowski K. 2010. Maszynowe technologie pozyskania i zrywki drewna stosowane na powierzchniach zrębowych. *Biblioteczka Leśniczego* 313: 3–16.
- Kulak D., Stańczykiewicz A., Szewczyk G., Kobiałka P. 2013. Wpływ zrywki drewna z użyciem ciągników typu skider na uszkodzenia gleby w górskich drzewostanach jodłowo-bukowych. *Forestry Letters* 105(3): 35–46.
- Laurow Z. 1999. Pozyskiwanie drewna. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Maciak A., Popczyński B. 2019. Wpływ sposobu zrywki i doświadczenia wykonawcy na wielkość uszkodzeń drzew na powierzchniach trzebieżowych Nadleśnictwa Chojnów. *Sylwan* 163(1): 25–34.
- Maksymiak M., Grieger A. 2008. Analiza wydajności pracy przy maszynowym pozyskaniu drewna na przykładzie harwestera Valmet 901.3 I forwardera Valmet 840.2 *Inżynieria Rolnicza* 99(1): 273–281.
- Nowacka W.Ł. 2009. Ergonomia i bezpieczeństwo prac w stosowanych technologiach pozyskania i zrywki drewna maszynami wielooperacyjnymi. *Biblioteczka Leśniczego* 283: 3–16.
- Nurek T., Gendek A. 2016. Wpływ wybranych czynników logistycznych na wydajność i koszty eksploatacji maszyn leśnych. *Ekonomika i Organizacja Logistyki* 1(2): 45–55.
- Poje A., Potočník I., Danilovič M., Antonič S. 2016. A Case Study of the Impact of Skidding Distance on Tractor Operator Exposure to Noise. *Baltic Forestry* 22(2): 357–364.
- Porter B., Strawa P. 2006. Analiza pozyskiwania i zrywki drewna w drzewostanach jodłowych. *Sylwan* 1: 67–72.
- Sosnowski J. 2003. Zasady proekologicznej zrywki drewna w warunkach gospodarki leśnej w górach. *Sylwan* 5: 58–64.
- Sosnowski J., Porczak K. 2005. Comparison of technical and economic indexes of logging by means of the tractor and the horse on the example of the Krasiczyn Forest District. *Zeszyty Akademii Rolniczej w Krakowie, Sesja Naukowa* 91: 267–273.
- Sowa J.M., Kulak D. 2008. Charakterystyka uszkodzeń powierzchniowych warstw gleby podczas zrywki drewna ciągnikami rolniczymi w trzebieżowych drzewostanach sosnowych. *Inżynieria Rolnicza* 99(1): 353–361.
- Sowa J.M., Kulak D., Leszczyński K., Szewczyk G. 2007. Związki struktury dnia roboczego z fizjologiczną gotowością do pracy na stanowisku operatora pilarki spalinyowej. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk* 101: 205–215.
- Sowa J.M., Szewczyk G. 2005. The analysis of the relationships between the structure of a workday and the actual skidding distance in selected timber harvesting technologies during thinning, in: *Proceedings Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management*. Kraków-Krynica, 283–290.
- Sowa J.M., Szewczyk G. 2010. Time consumption of skidding in mature stands performed by means of winches aggregated with farm tractor. *Proceedings of FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment*, Padova, Italy, ISBN/ISSN 978 88 6129 569 8.
- Stempski W. 2007. Efektywność pozyskania drewna kłodowanego w użytkowaniu rębnym drzewostanów sosnowych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 101: 223–231.
- Suwała M. 2002. Wydajność pracy i koszt jednostkowy pozyskiwania drewna w wybranych rębniach złożonych na terenach nizinnych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A* 4(946): 43–71.
- Suwała M., Jodłowski K. 2002. Wpływ procesów technologicznych na wydajność pracy i koszty pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych starszych klas wieku. Cz. II. Zręby zupełne. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A* 3(939): 43–64.
- Suwała M., Rzadkowski S. 2001. Wydajność pracy, koszty i uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w trzebieżach drzewostanów górskich. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A* 1(911): 85–111.
- Szewczyk G., Sowa J., Kulak D., Stańczykiewicz A. 2013. Podstawy metodyczne waloryzacji uzupełniających czasów pracy w operacjach pozyskiwania i zrywki drewna. *Forestry Letters* 105: 47–56.
- Szewczyk G., Stańczykiewicz A. 2012. Model szacowania pracochłonności pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegółomami. *Leśne Prace Badawcze* 73(2): 167–173. DOI 10.2478/v10111-012-0017-1.
- Walsh D., Strangard T. 2014. Productivity and cost of harvesting a stemwood biomass product from integrated cut-to-length harvest operations in Australian Pinus radiata plantations. *Biomass and Bioenergy* 66: 93–102. DOI 10.1016/j.biombioe.2014.01.017.

Wkład autorów

K.Sz. – koncepcja, przegląd literatury, metodyka, opracowanie wyników, dyskusja – 50%; napisanie artykułu – 100%;
P.I. – koncepcja, przegląd literatury, metodyka, opracowanie wyników, dyskusja – 50%, prace terenowe – 100%.