

KRZYSZTOF JABŁOŃSKI, KAROL CHLEBOWSKI

Katedra Techniki Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

STRUKTURA CZASU ROBOCZEGO I WYDAJNOŚCI PRACY PODCZAS PAKIETOWANIA POZOSTAŁOŚCI ZRĘBOWYCH PAKIECIARKĄ JOHN DEERE 1490E

WORK TIME STRUCTURE AND PRODUCTIVITY
IN BUNDLING LOGGING RESIDUES
WITH A JOHN DEERE 1490E BUNDLER

Streszczenie. Jedną z metod pozyskiwania biomasy leśnej przeznaczonej do celów energetycznych jest zastosowanie technologii pakietowania pozostałości zrębowych, składających się z gałęzi i wierzchołków drzew pozyskanych w cięciach rębnych. Analizie poddano strukturę czasu pracy i uzyskane wydajności pracy. Analizy czasu pracy dokonano przez wykonanie fotografii dnia roboczego na pięciu powierzchniach badawczych w rębnych drzewostanach sosnowych. Przeciętny udział operacyjnego czasu pracy w czasie ogólnym zmiany wynosił 72%. Średnia wydajność operacyjna wynosiła 20,57 mp/h, wydajność eksploatacyjna zaś kształtowała się na poziomie 15,5 mp/h. W czasie 1 h operacyjnego czasu pracy pakieciarka wytworzyła średnio 22 baloty.

Słowa kluczowe: pozostałości zrębowe, pakieciarka, wydajność pracy, czas pracy

Wstęp

Wzrastające zużycie energii, konieczność przeciwdziałania zmianom klimatycznym oraz zobowiązania wynikające z umów międzynarodowych zmuszają do wykorzystywania biomasy jako odnawialnego źródła energii. Polska, w wyniku działania dyrektywy europejskiej (DYREKTYWA... 2009) oraz „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku (POLITYKA... 2009), zobowiązana jest do osiągnięcia udziału energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu energii na poziomie 15% w roku 2020. W polskich warunkach zobowiązanie to jest i będzie realizowane z wykorzystaniem biomasy – ona właśnie jest postrzegana jako główne odnawialne źródło energii w Polsce (MOŻLIWOŚCI... 2007).

Z uwagi na stawiany podmiotom produkującym energię i handlującym nią wymóg uzyskiwania określonego w poszczególnych latach udziału energii pochodzących ze źródeł odnawialnych wiele zakładów energetycznych wykazuje zainteresowanie biomasą, w tym również biomasą leśną. Wydaje się, że stosunkowo łatwo dostępnym rodzajem tej biomasy są pozostałości zrębowe w postaci gałęzi i wierzchołków drzew (głównie sosna i świerk), jakie pozostają na powierzchni zrębowej po zakończeniu cięć i zrywce sortymentów drewna okrągłego. Surowiec ten, mimo szeregu wątpliwości dotyczących skutków biologicznych jego usuwania ze środowiska leśnego (GORNOWICZ 2002), coraz częściej trafia do kotłów przystosowanych do spalania biomasy lub biomasy z węglem. Ze względu na znaczną powierzchnię zrębów zupełnych, na jakich w ciągu roku prowadzi się cięcia rębne, można rocznie pozyskać około 1 mln t tego surowca (JABŁOŃSKI i RÓŻAŃSKI 2003).

Należy podkreślić, że pozostałości zrębowe są ważnym źródłem energii w Szwecji, gdzie surowiec drzewny w postaci pozostałości zrębowych, drewna pniakowego oraz cienkich drzew dostarcza około 15 TW·h energii na rok, a energia pochodząca z surowca drzewnego pod różną postacią dostarcza około 25% całej energii zużywanej w tym kraju (SKOGEN... 2010). Ze względu na to, że kraje skandynawskie szeroko stosują pozostałości zrębowe do celów energetycznych, oczywiście przy wielu ograniczeniach dotyczących warunków ich pozyskiwania, stamtąd także pochodzą technologie umożliwiające pobieranie pozostałości z powierzchni zrębowych. Obecnie wyróżnia się w zasadzie dwa główne procesy technologiczne pozyskiwania tego typu surowca. Jeden z nich oparty jest na stosowaniu przejezdnych rębarek bębnowych z własnym zasobnikiem na produkowane zrębki, a drugi bazuje na maszynach pakietujących. Maszyny pakietujące pozostałości zrębowe (pakieciarki) stosowane są dziś głównie w Finlandii, nieco rzadziej w Szwecji. W Polsce, według rozeznania autorów, pracują trzy maszyny tego typu. Są to: dwie maszyny John Deere 1490D oraz jedna maszyna John Deere 1490. Typowa technologia pracy przedstawia się w sposób następujący: po zabraniu z powierzchni zrębowej sortymentów drewna okrągłego pojawia się na niej pakieciarka, która zbiera i wiąże w pakiety pozostałości zrębowe. Pakiety te są pozostawiane przez pakieciarkę na powierzchni zrębowej. Operacja technologiczna zrywki wykonywana jest z użyciem forwardera, który zrywa pakiety i układa je przy drodze wywozowej, skąd są transportowane do odbiorcy.

Badania nad organizacją pracy z wykorzystaniem maszyn leśnych opierają się w znacznym stopniu na analizie czasu pracy i uzyskiwanych efektów. Są to badania ważne, bowiem nie tylko dają wgląd w strukturę czasu pracy, lecz także informują o przyczynach przerw w pracy, dając w efekcie możliwość racjonalizowania organizacji pracy. Z uwagi na to, że do tej pory niewiele pakieciarek pracuje w lasach w Polsce oraz ze względu na to, że technologia ta jest stosunkowo nowa i wciąż niedostatecznie zbadana, postanowiono dokonać analizy czasu pracy jednej z pakieciarek oraz określić jej wydajność.

Material i metody

Badania struktury czasu roboczego i wydajności pracy podczas pakietowania pozostałości zrębowych przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Lubichowo (RDLP

Gdańsk) w roku 2010. Badania przeprowadzono na pięciu powierzchniach zrębowych zlokalizowanych w drzewostanach sosnowych. Szczegółową charakterystykę powierzchni badawczych przedstawiono w tabeli 1.

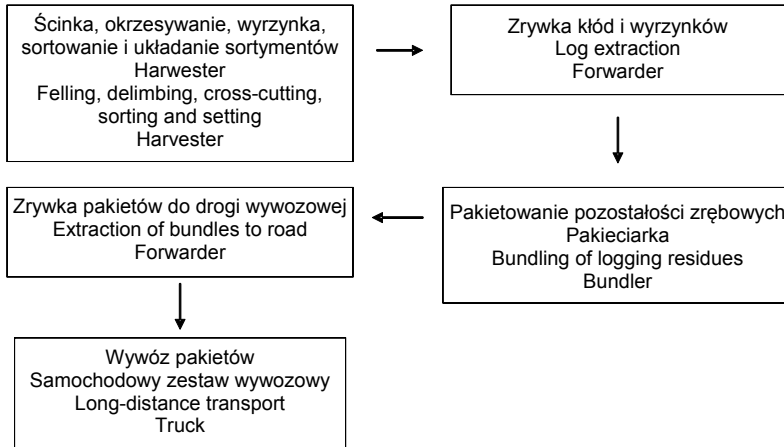
Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych
Table 1. Description of experimental plots

Cecha Trait	Powierzchnia badawcza – Experimental plot				
	1	2	3	4	5
Oddział Compartment	385b	379b	379b2	306b	306g
Drzewostan Tree-stand	Sosna zwyczajna – Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>)				
Wiek (lata) Age (years)	90	75	75	115	85
Pierśnica (cm) DBH (cm)	22	19	19	35	26
Wysokość (m) Height (m)	17	16	16	24	23
Zadrzewienie Stand density	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
Bonitacja Site quality	III	III	III	II	I,5
Powierzchnia (ha) Area (ha)	4,06	4,36	4,36	0,99	1,78

Proces technologiczny pozyskiwania i zrywki drewna z pakietowaniem pozostałości zrębowych składał się z następujących operacji technologicznych (rys. 1):

- ścinka, okrzesywanie i wyrzynka sortymentów drewna okrągłego z użyciem harwestera John Deere 1270D,
- zrywka kłód i wyrzynków z użyciem forwardera John Deere 1010D,
- pakietowanie z użyciem pakieciarki John Deere 1490E,
- zrywka pakietów z użyciem forwardera John Deere 1010D,
- wywóz pakietów do odbiorcy pojazdem wysokotonazowym.

Szczegółowej analizie poddano operację pakietowania pozostałości zrębowych prowadzonej z użyciem pakieciarki John Deere 1490E. Maszyna ta jest przeznaczona do pakietowania biomasy pozostającej na zrębach w postaci gałęzi, wyrzynków, drobnych wałków i wierzchołków drzew. Jednostką napędową i transportową jest podwozie forwardera John Deere 1410E, wyposażonego w silnik o mocy 136 kW. Maszyna o masie 23 t posiada żuraw, za którego pośrednictwem biomasa jest przenoszona na stół podawczy pakieciarki. Następnie podajnik wprowadza materiał do kompaktora, urządzenia, w którym zostanie on skompresowany do postaci wiązki i związany sznurkiem. Siła kompresji kompaktora zmniejsza objętość pakietu o 50%. Ostatnia faza procesu tworzenia



Rys. 1. Schemat procesu technologicznego pozyskiwania surowca energetycznego w postaci pakietów pozostałości zrębowych
Fig. 1. Technology of woody fuel harvesting in the form of bundles from logging residues

wiązek to odcinanie nadmiaru gałęzi wystających poza normatywną długość wiązki, prowadzone pilarką łańcuchową (podziałka $\frac{3}{4}$ cala, prowadnica o długości 1 m). Produkcowane pakiety mogą mieć długość od 230 do 250 cm, szerokość 50-80 cm, a ich masa, zależnie od rodzaju pakietowanego materiału oraz jego wilgotności, mieści się w przedziale 300-700 kg.

Badania struktury czasu roboczego prowadzono metodą chronometrażu i fotografii dnia roboczego na podstawie normy BN-76/9195-01 „Maszyny rolnicze. Podział czasu pracy. Symbole i określenia”. Pomiaru poszczególnych kategorii czasu pracy prowadzono z dokładnością do 1 s. Na każdej z powierzchni badawczych poddano analizie jedną zmianę roboczą.

Na podstawie bilansu czasu pracy określono następujące wskaźniki wyrażone formułami (BOTWIN 1993):

1) współczynnik wykorzystania operacyjnego czasu pracy:

$$K_{02} = T_1 \cdot T_{02}^{-1}$$

2) współczynnik wykorzystania roboczego czasu pracy:

$$K_{04} = T_1 \cdot T_{04}^{-1}$$

3) współczynnik wykorzystania eksploatacyjnego czasu pracy:

$$K_{07} = T_1 \cdot T_{07}^{-1}$$

gdzie:

T_1 – efektywny czas pracy,

T_{02} – operacyjny czas pracy ($T_{02} = T_1 + T_2$, gdzie T_2 – czas pomocniczy),

T_{04} – roboczy czas pracy ($T_{04} = T_{02} + T_3 + T_4$, gdzie T_3 – czas obsługi technicznej, T_4 – czas usuwania usterek),

T_{07} – eksploatacyjny czas pracy ($T_{07} = T_{04} + T_5 + T_6 + T_7$, gdzie T_5 – czas odpoczynku, T_6 – czas przejazdów transportowych, T_7 – czas codziennej obsługi technicznej maszyn towarzyszących).

W pracy określono wydajność operacyjną (W_{02}), wydajność w czasie roboczym (W_{04}) oraz wydajność eksploatacyjną (W_{07}). Wydajności pracy badanej pakieciarki określono na podstawie następujących formuł:

$$W_{02} = Q \cdot T_{02}^{-1} \text{ (mp/h)}$$

$$W_{04} = Q \cdot T_{04}^{-1} \text{ (mp/h)}$$

$$W_{07} = Q \cdot T_{07}^{-1} \text{ (mp/h)}$$

gdzie Q – rozmiar wykonanej pracy podany w liczbie wykonanych pakietów lub w metrach przestrzennych (mp), stanowiących sumę miąższości wykonanych pakietów w odpowiedniej kategorii czasu pracy.

Miąższość pakietów ustalono na podstawie ich przeciętnej długości i średnicy, korzystając z powszechnie znanych wzorów matematycznych. Obliczone wartości poddano analizie statystycznej obejmującej określenie wartości średnich, odchylenia standardowego oraz współczynnika zmienności.

Wyniki

Przeciętny łączny czas zmiany roboczej (T_{08}) na analizowanych powierzchniach badawczych, na których pakieciarka dokonywała operacji pakietowania pozostałości zrębowych, wynosił 497,4 min i mieści się w przedziale od 465 do 497 min, przy niewielkim współczynniku zmienności – na poziomie 2,4% (tab. 2). W łącznym czasie pracy dominował czas efektywny (T_1), którego średnia wartość wynosiła 323,4 min, po nim największą wartość osiągnął czas obsługi technicznej pakieciarki (T_3) – średnio 52 min, a więc blisko godzinę zajmowało przygotowanie maszyny do pracy i przeprowadzenie koniecznych regulacji. Czynności te obejmowały głównie smarowanie punktów smarowniczych żurawia, uzupełnienie paliwa i oleju oraz sznurka do wiązania pakietów. Czas usuwania usterek technicznych (T_{42}) nieznacznie przekraczał 1/2 h, chociaż na jednej z powierzchni zajął aż 80 min. W każdym przypadku usterka dotyczyła pilarki hydraulicznej służącej do odcinania wykonanego z gałęzi pakietu. Na uwagę zasługuje stosunkowo krótki średni czas odpoczynku operatora (T_5) – 22 min, który na jednej z badanych powierzchni wynosił zaledwie 10 min, ale za to na innej osiągnął wartość 45 min. W czasie prowadzenia obserwacji terenowych nie odegrały istotniejszej roli takie kategorie czasu pracy, jak czas przejazdów transportowych (T_6) czy straty czasu pracy z przyczyn niezależnych od maszyny (T_8).

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna analizowanych kategorii czasu roboczego pakieciarki
 Table 2. Workplace time statistical analysis of the bundler

Kategoria czasu pracy Workplace time category	Średnia Average (min)	Odchylenie standardowe Standard deviation (min)	Wartość minimum Minimum value (min)	Wartość maksimum Maximum value (min)	Współczynnik zmienności Coefficient of variability (%)
T ₁	323,4	71,48	203	378	22,10
T ₂	23,0	10,24	14	36	44,55
T ₃	52,4	17,07	26	68	30,67
T ₅	22,0	14,65	10	45	66,57
T ₆	8,2	18,34	0	41	223,61
T ₈	18	38,05	0	86	211,40
T ₄₁	0,6	1,34	0	3	223,61
T ₄₂	31,8	34,15	0	80	107,39
T ₀₂	346,4	75,79	217	410	21,88
T ₀₄	431,2	60,70	328	482	14,08
T ₀₇	461,4	47,01	379	497	10,19
T ₀₈	479,4	11,59	465	497	2,42
K ₀₂	0,93	0,0247	0,90	0,96	2,64
K ₀₄	0,74	0,0816	0,62	0,84	10,99
K ₀₇	0,69	0,1008	0,54	0,79	14,53

Operacyjny czas pracy pakieciarki (T₀₂), a więc ta kategoria czasu pracy, która jest związana z produkcją pakietów, osiągnął przeciętną wartość 346,4 min, tj. o 23 min większą niż średni czas efektywny. Różnica między tymi kategoriami czasu pracy, stanowiąca czas pomocniczy (T₂), obejmowała głównie przejazdy pakieciarki na powierzchni zrębowej w celu takiego wyboru miejsca postoju, z którego operator mógł sięgnąć żurawiem jak najwięcej materiału gałęziowego. Na uwagę zasługuje duża średnia wartość czasu eksploatacyjnego zmiany roboczej, o kilka zaledwie minut mniejsza od łącznego czasu zmiany roboczej.

Czas operacyjny kształtował się średnio na poziomie 72% czasu ogólnego zmiany, a główną jego składową był czas efektywny (67,27%). Czas roboczy osiągał średnio 90% czasu ogólnego zmiany (od 71 do 98%), przy małej wartości współczynnika zmienności (12,4%). Tak duży udział czasu roboczego w łącznym czasie zmiany świadczy o bardzo dobrym wykorzystaniu czasu pracy na produkcję pakietów i o dobrej organizacji czasu pracy. Niepokoi jednakże stosunkowo krótki czas odpoczynków, który na trzech spośród badanych powierzchni zrębowych nie przekraczał 15 min. Udział tej kategorii czasu pracy nie przekraczał 5%. Zasługujące na uwagę niewielkie udziały czasów usuwania usterek (łącznie blisko 7%) wynikały zapewne z faktu, że użytkowana

pakieciarka była maszyną stosunkowo nową. W przypadku zaistnienia poważniejszych awarii wartość tej kategorii czasu pracy może znacznie wzrosnąć.

Znaczny udział czasu efektywnego w łącznym czasie zmiany roboczej (T_{08}) oraz stosunkowo niewielkie wartości czasu przejazdów transportowych, odpoczynków, usuwania usterek i obsługi oraz czasu pomocniczego skutkowały dużymi wartościami współczynników: wykorzystania czasu operacyjnego ($K_{02} = 0,92$), wykorzystania czasu roboczego ($K_{04} = 0,74$) oraz wykorzystania czasu eksploatacyjnego ($K_{07} = 0,69$). Na uwagę zasługuje zwłaszcza ostatni z nich – współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego, który mówi ile czasu maszyna rzeczywiście przepracowała w ogólnym czasie zmiany. Wartości tego współczynnika na poszczególnych powierzchniach badawczych wynosiły od 0,54 do 0,79 (tab. 2), co z pewnym przybliżeniem oznacza, że badana maszyna przepracowała od 50 do 80% łącznego czasu zmiany roboczej. Udział czasu operacyjnego w czasie eksploatacyjnym osiągnął średnią wartość 75%, a w łącznym czasie zmiany roboczej – 72%. Oznacza to, że średnio w czasie 8 h roboczych zmiany maszyna przepracowała 5,75 mth (motogodziny).

Efektom pracy pakieciarki na powierzchniach badawczych były pakiety (baloty) wykonane z pozostałości zrębowych pozostałych po maszynowym pozyskaniu i zrywce sortymentów drewna okrągłego. Przeciętne wymiary pakietów były następujące: długość – 240 cm, średnica – 70 cm. Miąższość jednego przeciętego pakietu wynosiła 0,92 mp. Wydajność pracy określona w czasie operacyjnym, roboczym oraz eksploatacyjnym została przedstawiona w tabeli 3.

Tabela 3. Wydajność pakietowania pozostałości zrębowych za pomocą pakieciarki John Deere 1490E w ciągu 1 h

Table 3. Productivity of logging residue bundling with the John Deere 1490E bundler per 1 h

Wydajność Productivity	Średnia Average		Odchylenie standardowe Standard deviation		Wartość minimum Minimum value		Wartość maksimum Maximum value		Współczynnik zmienności Coefficient of variability (%)	
	baloty bun- dles	mp spm	baloty bun- dles	mp spm	baloty bun- dles	mp spm	baloty bun- dles	mp spm		
Operacyjna W_{02} In productive work time (PW)	22,28	20,57	5,29	4,88	15,98	14,75	28,92	26,70	23,73	23,73
W czasie roboczym W_{04} In work time (WT)	17,88	16,51	5,41	4,99	12,44	11,48	25,46	23,51	30,25	30,25
Eksploatacyjna W_{07} In workplace time (WP)	16,79	15,50	5,54	5,11	10,77	9,94	23,95	22,11	32,97	32,97

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że w czasie operacyjnym formowano średnio 22,28 balota, co odpowiadało 20,57 mp/h. W zależności od powierzchni badawczej wartości te zawierały się w przedziale od blisko 16 do ponad 29 balotów i cechowały się znaczną zmiennością, czego obrazem jest dość duża wartość współczynnika zmienności (23,73%). Średnia wydajność eksploatacyjna kształtowała się na poziomie

blisko 17 balotów na godzinę (15,5 mp/h). Wydajność eksploatacyjna cechowała się zmiennością na poziomie blisko 33% i znacznymi różnicami pomiędzy wartościami maksymalnymi i minimalnymi uzyskiwanymi na poszczególnych powierzchniach badawczych. Wydajność w czasie roboczym wynosiła średnio blisko 18 balotów na godzinę (16,51 mp/h), przy 30-procentowej zmienności.

Dyskusja

Uzyskane wyniki pozwalają na ich porównanie z wydajnościami podobnych operacji technologicznych badanych przez innych autorów. SADOWSKI (2008) prowadził badania wydajności pracy pakieciarki John Deere 1490D i uzyskał wydajność eksploatacyjną o blisko 24% większą oraz wydajność operacyjną o blisko 36% większą niż w naszych badaniach. Z kolei średni udział czasu operacyjnego podawany przez SADOWSKIEGO (2008) – 70% – w zasadzie był zgodny z naszymi wynikami. Prawdopodobnie ułożenie materiału gałęziowego w postaci wałów lub stosów skutkowało wzrostem wydajności pracy. Na powierzchniach badanych przez nas materiał gałęziowy nie był wstępnie gromadzony w postaci wałów ani stosów.

Wydajność operacyjna pracy uzyskana przez RÓŻAŃSKIEGO i JABŁOŃSKIEGO (2010) po przeliczeniu miąższości balotów z metrów przestrzennych (mp) na sześciennie (m^3) była zasadniczo zgodna z cytowanymi powyżej wynikami SADOWSKIEGO (2008), a więc o blisko 25% większa niż wartości przedstawione w tabeli 3.

Liczba balotów w przeliczeniu na godzinę pracy określona w niniejszych badaniach była zgodna z wartościami, które podawali SADOWSKI (2008) (16-17,8 balota) oraz KÄRHÄ i VARTIAMÄKI (2006). Ci ostatni autorzy, po przeprowadzeniu badań na różnych modelach pakieciarek, uzyskali wydajności na poziomie 8-10 m^3/h ; podkreślali oni znaczny wpływ na takie wydajności tak operatora, jak i modelu pakieciarki. Dla modelu Timberjack 1490D wydajność wynosiła średnio 18,1 balota na 1 h. Ponadto KÄRHÄ i VARTIAMÄKI (2006) obliczyli współczynnik przeliczeniowy z metrów sześciennych (m^3) na metry przestrzenne (mp) i uzyskali wartość 0,50. Podana przez nich wydajność pracy w czasie operacyjnym dla pakieciarki Timberjack 1490D wynosiła 9,1 m^3/h . Wydajność operacyjna pakietowania pozostałości zrębowych na powierzchni leśnej uzyskana przez LISSA (2003) wynosiła 20 balotów na 1 h.

Podsumowując, można stwierdzić, iż wyniki wydajności pracy przedstawione w niniejszym artykule nie odbiegają znacznie od wartości podanych przez innych badaczy. Niestety, w cytowanych powyżej pracach badawczych brak informacji dotyczących charakterystyki drzewostanów, z których pozyskano pozostałości zrębowe. Biorąc jednak pod uwagę, że badania przeprowadzono w Szwecji, można przyjąć, że surowiec w postaci pozostałości zrębowych pochodził z drzewostanów sosnowo-świerkowych.

Wnioski

1. Technologia pakietowania pozostałości zrębowych pozostających na powierzchni zrębowej po cięciach rębnych w drzewostanach sosnowych jest w Polsce technologią

nową i do tej pory stosowaną w ograniczonym zakresie. Pakietowanie pozostałości zrębowych za pomocą maszyny John Deere 1490E jest w pełni efektywną metodą pozyskiwania biomasy leśnej w postaci pakietów przeznaczonych do celów energetycznych.

2. Badana technologia cechuje się dobrym wykorzystaniem czasu pracy. Przeciętny udział operacyjnego czasu pracy kształtował się na poziomie 72% czasu ogólnego zmiany, a główną jego składową stanowił czas efektywny (68%). Maszyna pracowała efektywnie przez 50-80% łącznego czasu zmiany roboczej.

3. Wydajność operacyjna pracy pakieciarki kształtowała się średnio na poziomie przekraczającym 20 mp/h. W ciągu godziny pracy pakieciarka może wytworzyć 22 baloty składające się ze skompresowanych gałęzi i wierzchołków drzew pozostałych na powierzchni zrębowej po pozyskaniu i zerwaniu z niej sortymentów drewna okrągłego.

4. Wydajność pracy pakieciarki cechuje się znaczną zmiennością, sięgającą około 30%. Istnieje potrzeba wykonywania dalszych badań w celu poznania przyczyn tak dużej zmienności.

Literatura

- BN-76/9195-01. Maszyny rolnicze. Podział czasu pracy. Symbole i określenia. 1976. Dz. Norm Miar 11, poz. 39.
- BOTWIN M., 1993. Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Wyd. SGGW, Warszawa.
- DYREKTYWA Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. 2009. Dz. Urz. UE L 140: 16.
- ERIKSSOON L., GUSTAVSSON L. 2010. Comparative analysis of wood chip and bundles – costs, carbon dioxide emissions, dry-matter losses and allergic reactions. *Biomass Bioenerg.* 34: 82-90.
- GORNOWICZ R., 2002. Wpływ pozyskiwania biomasy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wycofywanie pierwiastków biogenych ze środowiska leśnego. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 331.
- JABŁOŃSKI K., RÓZAŃSKI H., 2003. Prospects for fuel wood harvesting in Poland. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 2, 1: 19-26.
- KÄRHÄ K., VARTIAMÄKI T., 2006. Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. *Biomass Bioenerg.* 30: 1043-1052.
- LISS J.-E., 2003. Cost comparison between bundle systems and traditional chip systems for forest fuel. Department of Mathematics, Natural Sciences and Engineering, Dalarna University, Garpenberg.
- MOŻLIWOŚCI wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020. 2007. Red. G. Wiśniewski. Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa. [www.ieo.pl – 15.01.2009].
- POLITYKA energetyczna Polski do 2030 roku. 2009. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa. [www.mg.gov.pl – 6.05.2011].
- RÓZAŃSKI H., JABŁOŃSKI K., 2010. Nakłady energii przy pozyskiwaniu pozostałości zrębowych z drzewostanów sosnowych. W: *Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych*. Red. J. Walczyk. Pr. Kom. Nauk Roln. Leśn. Wet. PAU 14: 237-246.
- SADOWSKI J., 2008. Wykorzystanie maszyny pakietującej „Slash bundler 1490D” do utylizacji pozostałości zrębowych. W: *Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego*. Red. H. Różański, K. Jabłoński. Katedra Techniki Leśnej UP, Poznań: 183-188.
- SKOGEN – en växande energikälla. 2010. Red. A. Thorsen, R. Björheden. Forestry Research Institute of Sweden, Skogforsk.

WORK TIME STRUCTURE AND PRODUCTIVITY IN BUNDLING LOGGING RESIDUES WITH A JOHN DEERE 1490E BUNDLER

Summary. The bundling of logging residues in the form of branches and tree tops left behind on clear-cut areas in final fellings is one of forest biomass harvesting methods for energy purposes. The work time and productivity of a bundling technology were analysed and the analysis comprised the data collected through time studies carried out on five experimental plots in adult pine tree-stands. The average productive work time participated with 72% in the total work shift time. The average productivity reached 20.57 m³ per PMH (productive machine hour) and 15.50 m³ per SMH (scheduled machine hour). The bundler produced 22 bundles in one productive machine hour on average.

Key words: logging residues, bundler, productivity, work time

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Krzysztof Jabłoński, Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71 C, 60-625 Poznań, Poland, e-mail: jabkrys@up.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

23.02.2012

Do cytowania – For citation:

*Jabłoński K., Chlebowski K., 2012. Struktura czasu roboczego i wydajności pracy podczas pakietowania pozostałości zrębowych pakieciarką John Deere 1490E. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 3, #48.*